

USO DE REVESTIMENTOS DE QUITOSANA VISANDO A
ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DE MAMÕES DAS
VARIEDADES GOLDEN E UENF/CALIMAN 01

ANDERSON FERNANDES SOUZA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
JUNHO - 2013

USO DE REVESTIMENTOS DE QUITOSANA VISANDO A
ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DE MAMÕES DAS
VARIEDADES GOLDEN E UENF/CALIMAN 01

ANDERSON FERNANDES SOUZA

“Tese 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 Doutor em Genética e Melhoramento
de Plantas.”

Orientador: Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira
Coorientador: Marcelo Gomes da Silva

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
JUNHO – 2013

USO DE REVESTIMENTOS DE QUITOSANA VISANDO A
ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DE MAMÕES DAS
VARIEDADES GOLDEN E UENF/CALIMAN 01

ANDERSON FERNANDES SOUZA

“Tese 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 Doutor em Genética e Melhoramento
de Plantas.”

Aprovada em 11 de junho de 2013.

Comissão Examinadora:

Prof. Walter Ruggeri Waldman (D.Sc., Química) – UFSCar

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal/Fitotecnia) – UENF

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D., Genética e Melhoramento) – UENF

Prof. Marcelo Gomes da Silva (D.Sc., Física) – UENF

Prof. Jurandi Gonçalves de Oliveira (D.Sc., Biologia Vegetal) – UENF
(Orientador)

**Dedico este trabalho a Deus e à minha mãe
Aurora Fernandes Souza (*in memoriam*),
razões da minha busca, aos quais devo meu existir.**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo discernimento, calma e perseverança a mim concedidos diante das dificuldades. À UENF, representada pelo Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e, em especial, aos professores Jurandi Gonçalves de Oliveira e Marcelo Gomes da Silva, pela oportunidade de desenvolver este projeto e pela orientação. Ao CNPq, pela concessão de bolsa, e à empresa Caliman Agrícola S. A., pela doação dos frutos utilizados neste trabalho. Agradeço a todos docentes do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, que se fizeram exemplos e compartilharam seus conhecimentos para que pudéssemos desenvolver os nossos. A todos os meus amigos e colegas da UENF e de doutorado que se fizeram presentes nessa jornada de alguma maneira, seja com uma palavra de conforto e/ou estímulo. Aos meus colegas dos laboratórios de fisiologia pós-colheita e ciências físicas, William, Marcos, Ygor, Adilson, Fábio, Gláucia, Lígia, Wily, Sávio, Luiza, Leonardo e Sâmela, que, quando puderam, não deixaram de colaborar de alguma forma no desenvolvimento do trabalho, com merecido destaque para os colegas William e Wily, pois sem a participação ativa do primeiro este projeto não seria possível e o segundo atuou de forma determinante, pois, partilhando seu conhecimento a respeito dos equipamentos de aferição de gases, me propiciou autonomia na execução dos ensaios mesmo em sua ausência. Ao técnico do Laboratório de Ciências Físicas Luis (vulgo “São Luis”), que, com uma paciência e pronto-

atendimento invejáveis, me “salvou” por inúmeras vezes em que tive problemas com o funcionamento no laser de CO₂ e outros equipamentos, e ao secretário da genética Daniel, extremamente eficiente, sempre dando as orientações adequadas e forças para a continuidade. Agradeço em especial à minha esposa Luciana e a toda sua família, pelo apoio, paciência, compreensão, companheirismo, palavras de conforto, orações e pela disposição de ajudar sempre no que foi possível. À minha família, em especial à tia Teca, minha comadre Suzanea, meu irmão Gonçalves e minha afilhada Isabela, pela força e orações. Enfim, agradeço a todos que mesmo aqui não referidos de alguma maneira fizeram parte da conclusão de mais esta etapa.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. CAPÍTULOS	4
3.1. FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO DO MAMÃO. ESTUDO COMPARATIVO SOB CONDIÇÕES DE PRATELEIRA ENTRE AS PRINCIPAIS VARIEDADES COMERCIALIZADAS NO BRASIL	4
3.1.1. INTRODUÇÃO.....	4
3.1.2. REVISÃO	5
3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1.5. CONCLUSÕES.....	21
3.2. REVESTIMENTO DE QUITOSANA PARA ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DO MAMÃO ‘GOLDEN’	23
3.2.1. INTRODUÇÃO.....	23
3.2.2. REVISÃO	23
3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.2.3.1. Material vegetal.....	25
3.2.3.2. Preparação das soluções de quitosana e aplicação dos tratamentos	25
3.2.3.3. Emissão de etileno e respiração	26
3.2.3.4. Determinação dos atributos físicos	26
3.2.3.5. Determinação dos atributos químicos	27
3.2.3.6. Análise estatística	27

3.2.4. RESULTADOS	28
3.2.4.1. Efeito dos revestimentos de quitosana na emissão de etileno e CO ₂ do mamão 'Golden'	28
3.2.4.1.1. Etileno	28
3.2.4.1.2. Emissão de CO ₂	29
3.2.4.2. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características físicas em frutos de mamão 'Golden'	30
3.2.4.2.1. Perda de massa	30
3.2.4.2.2. Coloração da casca	31
3.2.4.2.3. Firmeza	33
3.2.4.3. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características químicas em frutos de mamão 'Golden'	35
3.2.4.3.1. Teor de sólidos solúveis	35
3.2.4.3.2. Acidez Titulável	38
3.2.4.3.3. Razão TSS/AT	38
3.2.5. DISCUSSÃO	38
3.2.6. CONCLUSÕES	43
3.3. REVESTIMENTO DE QUITOSANA PARA ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DO MAMÃO 'UENF/CALIMAN 01'	45
3.3.1. INTRODUÇÃO	45
3.3.2. REVISÃO	46
3.3.3. MATERIAL E MÉTODOS	47
3.3.3.1. Material vegetal	47
3.3.3.2. Preparação das soluções de quitosana e aplicação dos tratamentos	47
3.3.3.3. Emissão de etileno e respiração	48
3.3.3.4. Determinação dos atributos físicos	48
3.3.3.5. Determinação dos atributos químicos	49
3.3.3.6. Análise estatística	49
3.3.4. RESULTADOS	50
3.3.4.1. Efeito dos revestimentos de quitosana na emissão de etileno e CO ₂ em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'	50
3.3.4.1.1. Etileno	50
3.3.4.2. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características físicas em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'	51
3.3.4.2.1. Perda de massa	51
3.3.4.2.2. Coloração da casca	52
3.3.4.2.3. Firmeza	54
3.3.4.3. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características químicas em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'	56
3.3.4.3.1. Teor de Sólidos solúveis	56
3.3.4.3.2. Acidez Titulável	59
3.3.4.3.3. Razão TSS/AT	59
3.3.5. DISCUSSÃO	59
3.3.6. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

RESUMO

SOUZA, Anderson Fernandes; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; junho, 2013; Uso de revestimentos de quitosana visando a estender o tempo de prateleira de mamões das variedades Golden e UENF/CALIMAN 01. Orientador: Jurandi Gonçalves de Oliveira; Conselheiros: Marcelo Gomes da Silva e Messias Gonzaga Pereira.

O mamão é um fruto climatérico, altamente perecível e com baixo tempo de prateleira, tendo sua conservação relacionada ao controle da atividade respiratória e da produção de etileno. Grande atenção tem sido dada ao uso de atmosferas modificadas (AM), principalmente com a utilização de embalagens semipermeáveis que restringem parte das trocas gasosas do tecido com o ambiente, reduzindo a taxa respiratória. O uso de revestimentos comestíveis como as ceras e a quitosana também figuram entre as formas de atmosfera modificada, pois também representam uma barreira à difusão gasosa, à perda de massa e conferem maior proteção física aos frutos recobertos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar o potencial do revestimento de quitosana para prolongar a vida de prateleira dos mamões 'GOLDEN' e 'UENF/CALIMAN 01' e avaliar a influência de diferentes concentrações de revestimento de quitosana na emissão de etileno, respiração e nas características físico-químicas a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e $80 \pm 5\%$ UR. Nos mamões 'GOLDEN', os frutos cobertos com maiores concentrações de quitosana apresentaram redução na emissão de etileno e dióxido de carbono, além de atraso do climatério. A quitosana propiciou atraso na mudança de cor e

manutenção da firmeza por até 7 dias pós-colheita. Houve redução na perda de massa conforme foi aumentada a concentração dos revestimentos de quitosana, enquanto o teor de sólidos solúveis (TSS), a acidez titulável (AT) e a razão TSS/AT não foram alterados. Já nos mamões 'UENF/CALIMAN 01', os frutos cobertos com maiores concentrações de quitosana também apresentaram redução na emissão de etileno e dióxido de carbono, mas causaram incremento na taxa respiratória nos primeiros dias de avaliação. Os revestimentos de quitosana propiciaram também atraso na mudança de cor e intensificaram a perda de firmeza dos frutos em relação aos frutos não revestidos. Houve redução na perda de massa nos frutos revestidos com quitosana, manutenção do TSS, AT e razão TSS/AT. Os melhores resultados foram obtidos com os revestimentos de quitosana a 1,0% que, no entanto, não diferiram estatisticamente dos frutos não revestidos. Estes resultados sugerem que os revestimentos de quitosana podem ser utilizados comercialmente para prolongar a vida de prateleira de mamão 'Golden', o que não se confirmou nos mamões 'UENF/CALIMAN01', em que os revestimentos intensificaram a velocidade de amolecimento dos frutos, reduzindo a vida de prateleira.

Palavras-chave: revestimento comestível, etileno, respiração, *Carica papaya* L.

ABSTRACT

SOUZA, Anderson Fernandes; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; June, 2013; Use of chitosan coatings to extend the shelf life of papaya varieties Golden and UENF/ CALIMAN 01. Advisor: Jurandi Gonçalves de Oliveira; Committee members: Marcelo Gomes da Silva and Messias Gonzaga Pereira.

Papaya is a climacteric fruit, highly perishable and low shelf life, with conservation related to the respiration control and ethylene production. Great attention has been given to the use of modified atmosphere (MA), especially with the use of semipermeable packages restricting part of gas exchange with the environment, reducing the respiratory rate. The use of edible coatings such as waxes and chitosan are also among the forms of modified atmosphere. They also represent a gaseous diffusion barrier, the mass loss and provide greater physical protection to the coated fruits. In this context, this study aimed to investigate the potential of chitosan coating to prolong the shelf life of papayas 'GOLDEN' and 'UENF/CALIMAN 01' and evaluate the influence of different concentrations of chitosan coating on emission of ethylene, respiration and the physicochemical characteristics of the temperature 25 ± 1 ° C and $80 \pm 5\%$ RH. In papayas 'GOLDEN', coated fruits with higher concentrations of chitosan showed a reduction in the emission of carbon dioxide and ethylene, and delay in the climacteric. Chitosan provided delay in color change and maintain the firmness up to 7 days post harvest. There was a reduction in weight loss with increased of the concentration of chitosan coatings while the soluble solids (TSS), titratable acidity

(TA) and TSS / TA have not changed. Already in papayas 'UENF/CALIMAN 01', fruits covered with higher concentrations of chitosan also showed a reduction in the emission of ethylene and carbon dioxide, but caused an increase in respiratory rate during the initial days of evaluation. The chitosan coatings also favored delay in color change and intensified the loss of fruit firmness compared to non-coated fruits. There was a reduction in weight loss in fruits treated with chitosan, maintenance of TSS, TA and TSS / TA. The best results were obtained with coatings of chitosan 1.0%, however not statistically different from the not coatings. These results suggest that the chitosan coatings can be used commercially to prolong the shelf life of papaya 'GOLDEN', which was not confirmed in papayas 'UENF/CALIMAN 01', where the coatings increase the speed of softening of the fruit, reducing the shelf life.

Keywords: edible coating, ethylene, respiration, *Carica papaya* L.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é oriundo da América Central e apresenta excelentes valores nutricionais e digestivos. É um fruto climatérico que apresenta, a 20°C, taxa de emissão de etileno da ordem de 1,0 a 15,0 $\mu\text{L.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e respiração entre 15 e 35 $\text{mL CO}_2.\text{Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ (Kader, 2009), com picos de emissão ocorrendo simultaneamente. Apesar de as taxas de emissão de gases não serem consideradas altas, este fruto é considerado bastante perecível em pós-colheita (Paull, 1993), por conta do rápido amolecimento e da elevada incidência de podridões (Lazan et al., 1995; Jacomino et al., 2002).

Dada a sua alta perecibilidade, o controle do amadurecimento do mamão é fundamental para o aumento da vida útil pós-colheita desse fruto visando aos mercados interno e externo.

Para diversos frutos, tem sido utilizada a atmosfera controlada (AC) para o controle do amadurecimento, contudo fracamente para frutos tropicais. No caso do mamão em especial, a utilização da AC não tem sido estimulada por apresentar resultados indesejáveis quanto à qualidade do fruto (Fonseca et al., 2003; 2004).

Especial atenção tem sido dada à utilização da atmosfera modificada (AM), seja com o uso de embalagens plásticas ou coberturas comestíveis, como as ceras, óleos e os revestimentos de quitosana. As embalagens ou coberturas que compõem a AM atuam como membranas semipermeáveis, modificando a mistura de gases como O_2 , CO_2 e N_2 ao redor do produto, em geral, reduzindo as

quantidades de oxigênio e aumentando a quantidade de dióxido de carbono, o que desempenha atividade inibitória ao crescimento bacteriano e redução no processo de degradação, por exemplo, em frutos. A quitosana é um aminopolissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, encontrada naturalmente em crustáceos, insetos e fungos (Cerqueira et al., 2011) e que tem relatada comumente sua atividade antimicrobiana. Tendo em vista essas propriedades, os revestimentos de quitosana se tornam uma opção bastante interessante a ser explorada visando à ampliação da vida de prateleira do mamão, seja na redução de injúrias resultantes da infestação de patógenos, seja em decorrência da redução da velocidade do metabolismo dos frutos através dos baixos níveis de O_2 e aumento do CO_2 superficial, reduzindo a emissão de etileno e a respiração.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Prolongar a vida de prateleira do mamão, utilizando revestimentos à base de quitosana.

2.2. Objetivos Específicos

- I) Monitorar a interferência dos revestimentos de quitosana nos padrões de emissão de etileno e CO₂ do mamão, durante o armazenamento a 25°C ± 1°C;
- II) Monitorar as transformações físicas e químicas nos frutos de mamão revestidos com quitosana, durante o armazenamento a 25°C ± 1°C;
- III) Avaliar e comparar as respostas dos frutos dos cultivares Golden e UENF/CALIMAN 01, sob diferentes concentrações de quitosana, durante o armazenamento a 25°C ± 1°C;
- IV) Propor os revestimentos de quitosana mais adequados a cada material, visando à ampliação da vida de prateleira.

3. CAPÍTULOS

3.1. FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO DO MAMÃO. ESTUDO COMPARATIVO SOB CONDIÇÕES DE PRATELEIRA ENTRE AS PRINCIPAIS VARIEDADES COMERCIALIZADAS NO BRASIL

3.1.1. INTRODUÇÃO

Um dos passos mais importantes no desenvolvimento de um trabalho de pesquisa são os estudos preliminares que objetivam um maior entendimento e conhecimento do objeto de estudo. Este capítulo aborda as diferenças na emissão de etileno, respiração e características físico-químicas sob condições de prateleira de três variedades de mamão bastante comuns no Brasil: o 'Golden', o 'Tainung01' e o 'UENF/Caliman 01'. Com base nessa caracterização preliminar, foram selecionados os genótipos 'Golden' e 'UENF/CAILMAN 01' para as avaliações subsequentes com os revestimentos de quitosana.

3.1.2. REVISÃO

A exploração comercial do mamão no Brasil tem por base principalmente nos genótipos Golden e Tainung01, sendo estes os principais produtos para exportação (Serrano e Cattaneo, 2010). Há cerca de onze anos foi lançado no mercado o primeiro híbrido nacional, o UENF/CALIMAN01 (UC01), e mais recentemente, a variedade Rubi INCAPER 511 (Costa e Pacova, 2003; Serrano e Cattaneo, 2010). Os frutos desses genótipos apresentam características distintas de tamanho, cor de casca e principalmente na qualidade da polpa. A qualidade do mamão está intrinsecamente ligada ao material genético e ao estágio de amadurecimento do fruto.

A cultivar Golden ou Sunrise Golden é uma linhagem originária da seleção massal entre plantas 'Sunrise Solo' ocorrida em pomares da empresa Caliman Agrícola S.A., no Estado do Espírito Santo, enquanto o genótipo Tainung 01 é um híbrido do grupo Formosa bastante produtivo e com grande aceitação no mercado brasileiro e americano, resultante do cruzamento entre o 'Sunrise Solo' e uma seleção de polpa vermelha da Costa Rica. Já o 'UC01', também conhecido pelo nome de "Calimosa", também 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 e Pacova, 2003; Salomão et al., 2007).

O mamão como um fruto climatérico, colhido após a maturação fisiológica, passa por profundas mudanças na fase de amadurecimento moduladas pelo etileno (Fabi et al., 2007; Sañudo-Barajas et al., 2009). Na fase de amadurecimento, o mamão apresenta um pico de emissão de etileno, geralmente em concordância com a atividade respiratória máxima (Jacomino et al., 2002; Corrêa et al., 2011). Porém, alguns autores já registraram ocorrência do pico de emissão de etileno não coincidente com a emissão máxima de CO₂ (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 CO₂ no mamão não permite concluirmos sobre a relação de causa e efeito entre produção de etileno e atividade respiratória.

O aumento dos níveis de produção de etileno desencadeia uma gama de transformações sensoriais nos frutos, como na coloração da casca, firmeza, cor e sabor da polpa (Rossetto et al., 2008). Como uma molécula gasosa, o etileno se difunde livremente de uma célula para outra através das membranas, atuando como ativador de uma cascata de sinais relacionada à expressão de genes ligados à resistência a patógenos (Marcos et al., 2005) e ao amadurecimento (Giovannoni et al., 2001; Sivakumar e Wall, 2013). Essa função de coordenação do etileno é reforçada pela capacidade de estimular sua própria síntese nos frutos climatéricos (Kende, 1993).

A respiração, que pode acompanhar a emissão de etileno, aumenta rapidamente durante o amadurecimento dos frutos climatéricos (Alexander e Grierson, 2002; Oliveira e Vitória, 2011). A intensidade da atividade respiratória e a ocorrência do pico de emissão de CO₂ dos frutos são dependentes da espécie vegetal, ainda podendo variar entre as 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-Nesi et al., 2010). Considerando a interdependência entre a emissão de etileno e o processo respiratório e sua participação nas transformações físico-químicas que ocorrem em grande intensidade na fase de amadurecimento dos frutos climatéricos, a caracterização destes processos em condições padrão de armazenamento das principais variedades comerciais de mamão no Brasil é fundamental para a determinação da qualidade desses frutos para o consumo. A caracterização do padrão respiratório e de emissão de etileno pode ser influenciada pelo genótipo e pelo estágio de amadurecimento dos frutos, refletindo-se na qualidade do mamão. Essa caracterização, apesar de já ter sido feita em diferentes genótipos como o 'Golden', 'Sunrise Solo', 'Maradol', entre outros, ainda não foi feita em condições padrão para os três cultivares mais comercializados no Brasil (Paul e Chen, 1983; Lam, 1990; Bron e Jacomino, 2006; Gayosso-García et al., 2010). Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi caracterizar a fisiologia do amadurecimento dos mamões 'Golden', 'Tainung01' e 'UC01' em condições de prateleira.

3.1.3. MATERIAL E MÉTODOS

Mamões no estágio 0 (fruto maduro com a casca 100 % verde) foram colhidos em pomar comercial da Empresa Caliman Agrícola S.A., localizada 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 Awi, 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 subperenifólia, relevo plano e suavemente ondulado (platôs litorâneos) (Marinho et al., 2008). Os frutos foram transportados, sob refrigeração, para a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, cerca de seis horas do local de colheita. Foram selecionados frutos dos cultivares Golden, Tainung01 e UC01, que apresentaram maior uniformidade de tamanho, forma, peso, maturação e ausência de injúrias e doenças para condução dos ensaios. Os frutos foram armazenados em câmara com cerca de 4 m³, à temperatura de 25 °C ± 1°C e umidade relativa de 80% ± 5%, sendo amostrados com intervalo de dois dias, com exceção dos mamões Tainung01, que foram avaliados diariamente até 3 dias após a colheita quanto à emissão de gases, com o intuito de evitar a perda do climatérico. A cada amostragem os frutos foram analisados quanto à taxa respiratória, taxa de emissão de etileno, coloração da casca, firmeza do fruto (FF) e da polpa (FP), teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e razão TSS/AT, conforme descrito a seguir. Três repetições, representadas por três frutos, foram tomadas por amostragem. Nas análises físico-químicas, as amostragens foram tomadas, pelo menos, em triplicata.

A taxa de emissão de etileno foi quantificada com o auxílio de um espectrômetro fotoacústico acoplado a um laser de CO₂. O etileno continuamente emitido pelos frutos foi transferido para a célula fotoacústica, utilizando ar comprimido como gás de arraste. Foi utilizada a linha de emissão 10P14 (949.479 cm⁻¹) do laser de CO₂ por ser intensamente absorvida pela molécula de etileno. A fim de remover o CO₂ e H₂O da amostra gasosa, foram utilizados, respectivamente, filtros químicos de hidróxido de potássio (KOH) e cloreto de cálcio (CaCl₂), em série. Adicionalmente, a amostra gasosa foi passada através

de uma “armadilha” *cold-trap* de nitrogênio líquido para aprisionar moléculas de água e pequenas moléculas de hidrocarbonetos que eventualmente tivessem superado os filtros anteriores. O espectrômetro fotoacústico foi calibrado diariamente utilizando uma mistura padrão de 1 ppm de etileno diluído em ar sintético. Todo o procedimento seguiu metodologia descrita por Silva et al. (2003) com adaptações de Corrêa et al. (2012).

A quantificação da taxa respiratória foi feita pela detecção do CO₂ emitido pelos frutos, utilizando 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 em linha ao espectrômetro fotoacústico em posição anterior aos filtros de KOH e CaCl₂. Essa montagem experimental foi feita para permitir a medição simultânea e em tempo real das emissões de etileno e de CO₂ dos frutos. Ambas as medidas foram feitas a 25°C com fluxo constante de 2 L.h⁻¹ e os resultados, expressos em μL.h⁻¹.kg⁻¹ e mL.h⁻¹.kg⁻¹, respectivamente, para as emissões de etileno e CO₂, sempre levando em consideração a massa fresca do fruto no momento da análise.

A coloração da casca foi determinada com um colorímetro digital (Minolta, modelo CR-300, Japan), tomando a média de 3 registros distintos na região equatorial dos frutos, com os resultados expressos na forma de luminosidade (L^*), cromaticidade (a^* e b^*) e ângulo de cor *hue* (McGuire, 1992).

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

O TSS foi determinado em um refratômetro digital (ATAGO model PR 201, Japan) no suco extraído de amostra da polpa por prensa de mão, sendo os resultados expressos em °Brix.

A AT foi determinada por titulometria de acordo com metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), sendo os resultados expressos em g de ácido cítrico (AC) por 100g de massa fresca (MF) de polpa (g AC 100g⁻¹MF). Com base nas medidas de TSS e AT, foi obtida a razão TSS/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 dos genótipos, 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. Nos casos de interação significativa, foram feitas análises de regressão com o desdobramento dos diferentes genótipos em cada tempo de avaliação, ajustando-se a equações de até segundo grau.

3.1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram diferenças significativas quanto à emissão de etileno entre os genótipos 'Golden', 'Tainung01' e 'UC01'. No mamão 'Golden', o pico de emissão de etileno ocorreu no terceiro dia, enquanto no 'Tainung01' e no 'UC01' a emissão máxima foi registrada no segundo e quinto dias, respectivamente (Figura 1A).

A máxima emissão de etileno no mamão 'Golden' foi de $2,61 \mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, aproximadamente quatro e três vezes superior às emissões máximas dos mamões 'Tainung01' ($0,67 \mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) e 'UC01' ($0,86 \mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$), respectivamente.

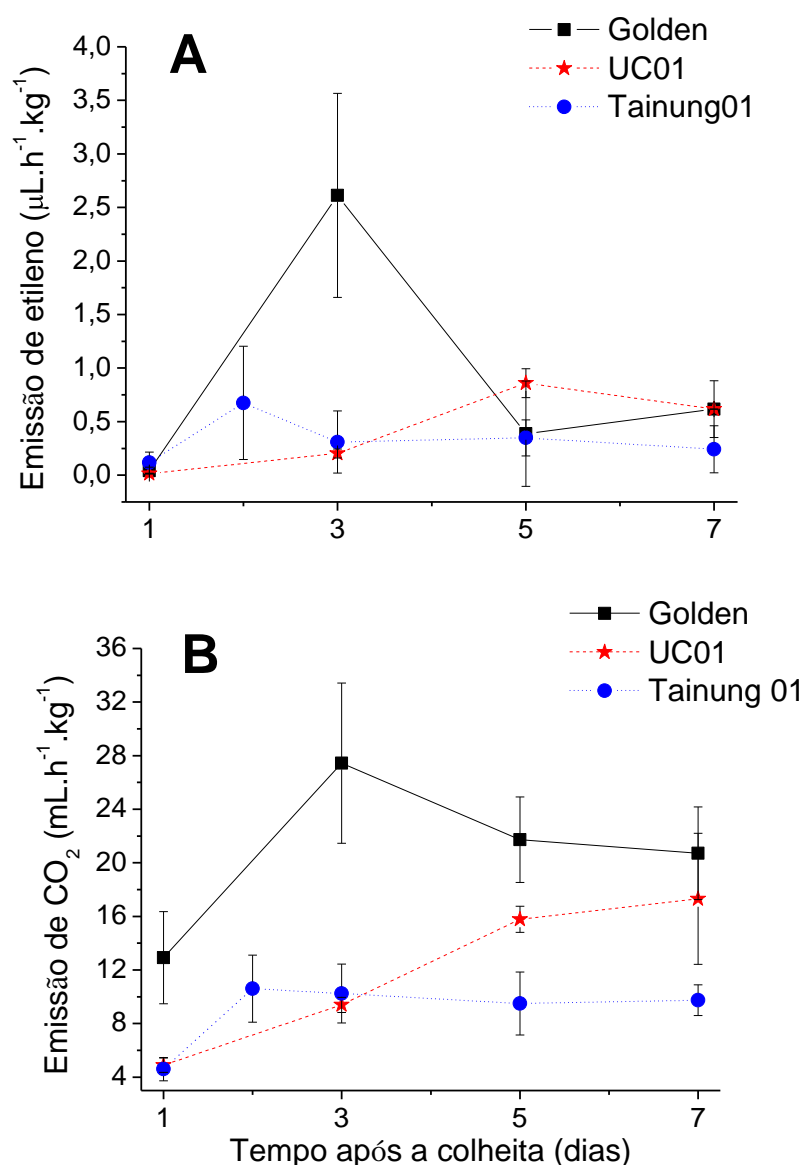


Figura 1 - Emissão de etileno (A) e de CO_2 (B) em mamões ‘Golden’, ‘Tainung01’ e ‘UC01’, sob condições de prateleira a 25°C , por 7 dias após a colheita. Os valores representam a média de 3 repetições. As barras verticais representam o intervalo de confiança de 95%.

Esses resultados diferem dos apresentados por Fonseca et al. (2006) em mamões ‘Golden’ e ‘Sunrise Solo’, que relataram a ocorrência de dois picos de etileno: o primeiro com três e o segundo aos oito dias após a colheita dos frutos no estágio 1 (até 10% de coloração amarela na casca). Além da ocorrência de mais de um pico, as emissões máximas de etileno verificadas (ambas inferiores a $2,12 \mu\text{L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) por esses autores foram inferiores, assim como houve atraso na ocorrência do pico, já que aqueles frutos foram colhidos em estágio de

amadurecimento mais avançado que aqueles analisados aqui nesse trabalho. Como se pode verificar, a emissão de etileno pelo mamão é variável em função do genótipo em análise. Jacomino et al. (2002) e Krongyut et al. (2011) verificaram em mamões das cultivares Sunrise Solo, Red Maradol e Kaek Dum ocorrência do pico de etileno aos quatro dias após a colheita desses materiais, enquanto Basulto et al. (2009) verificaram em mamões do cultivar Maradol ocorrência do pico de etileno 8 dias após a colheita.

A respiração também diferiu bastante entre os genótipos 'Golden', 'Tainung01' e 'UC01', seguindo tendência semelhante àquela observada para a emissão de etileno com o pico respiratório ocorrendo no mesmo tempo em que foi verificada a máxima emissão de etileno nos genótipos 'Golden' e 'Tainung01', enquanto no 'UC01', a maior taxa respiratória foi verificada no sétimo dia, não diferindo ($p>0,05$) daquela registrada no quinto dia (Figura 1B). O pico respiratório do mamão 'Golden' foi de $27,44 \text{ mL.h}^{-1}.\text{kg}^{-1}$, enquanto do 'Tainung01' foi de $10,60 \text{ mL.h}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ e no 'UC01' foi de $17,31 \text{ mL.h}^{-1}.\text{kg}^{-1}$. Assim como verificado para a emissão de etileno, a taxa respiratória do genótipo do grupo Formosa foi inferior em relação aos demais materiais, enquanto no 'Golden', material do grupo Solo, foram verificadas as maiores taxas, com o mamão 'UC01' apresentando níveis intermediários, justamente esse material que 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 aqui neste trabalho também foi relatada por Fonseca et al. (2006), Fabi et al. (2009) e Krongyut et al. (2011). Porém, essa coincidência não é uma resposta padrão em mamão, como 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), avaliando mamões 'Golden' em diferentes estádios de maturação, não observaram ocorrência de climatério característico no padrão respiratório dos frutos. A grande variação de resultados relacionados às emissões de etileno e de CO_2 nas diversas variedades de mamão encontrados na literatura reforça a necessidade da caracterização dos três principais materiais comercializados no Brasil quanto às emissões desses gases durante o amadurecimento dos frutos. Gayosso-García et al. (2010) avaliaram parâmetros fisiológicos e bioquímicos durante a fase de amadurecimento do mamão 'Maradol' e observaram um incremento na emissão

de CO₂ similar à observada neste trabalho durante o amadurecimento do mamão 'UC01'.

Os resultados mostraram também diferenças significativas na coloração da casca entre os três genótipos durante o amadurecimento dos frutos (Tabela 1 e Figura 2). O mamão 'Golden' apresentou coloração de casca mais clara, verificada pelos valores mais altos de L^* em relação àqueles registrados para o 'Tainung01' e 'UC01' durante o amadurecimento (Figura 2A), além de maior perda do verde (verificado pelo aumento do parâmetro a^*) e amarelecimento (dado pelo aumento no parâmetro b^*) (Figuras 2B e 2C). No primeiro dia após a colheita, a cor da casca dos mamões 'Tainung01' e 'UC01' não diferiu entre si ($p>0,05$), registrando valores do ângulo de cor *hue* próximos a 121 °h, enquanto o 'Golden', nomeadamente distinto devido à coloração verde-clara da sua casca, registrou ângulo *hue* próximo de 112°h (Tabela 1). Após sete dias de colhidos, durante o amadurecimento dos frutos, o ângulo de cor *hue* decresceu para 100 °h no mamão 'UC01' e próximo de 86 °h nos genótipos 'Golden' e 'Tainung01' (Figura 2D). O decréscimo nos valores do ângulo *hue* verificado na casca dos mamões representa a mudança de cor do verde para o amarelo (McGuire, 1992).

Tabela 1 – Desenvolvimento dos atributos de coloração de casca L^* , a^* , b^* e ângulo de cor *hue* em mamões ‘Golden’, ‘Tainung01’ e ‘UC01’, sob condições de prateleira a 25°C, por 7 dias após a colheita.

Variável	Genótipos	Tempo após a colheita (dias)			
		1	3	5	7
L^*	Golden	57,3 a	63,5 a	73,3 a	71,6 a
	Tainung01	40,9 b	50,4 b	47,0 b	55,6 b
	UC01	40,2 b	42,8 c	45,6 b	51,4 b
a^*	Golden	-17,5 a	-12,3 a	6,2 a	9,0 a
	Tainung01	-15,4 a	-11,7 a	-2,0 b	3,1 b
	UC01	-13,9 a	-13,0 a	-11,4 c	-7,0 c
b^*	Golden	43,0 a	48,3 a	63,6 a	63,5 a
	Tainung01	26,2 b	36,3 b	34,8 b	46,0 b
	UC01	22,1 b	26,1 b	30,3 b	38,8 b
Ângulo <i>hue</i>	Golden	112,1 b	104,3 b	84,4 b	82,0 c
	Tainung01	120,7 a	107,8 ab	93,4 b	86,3 b
	UC01	122,1 a	116,5 a	110,8 a	100,2 a

Médias com diferentes letras nas colunas são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de mínima diferença significativa (LSD). Cada valor representa a média de 3 repetições.

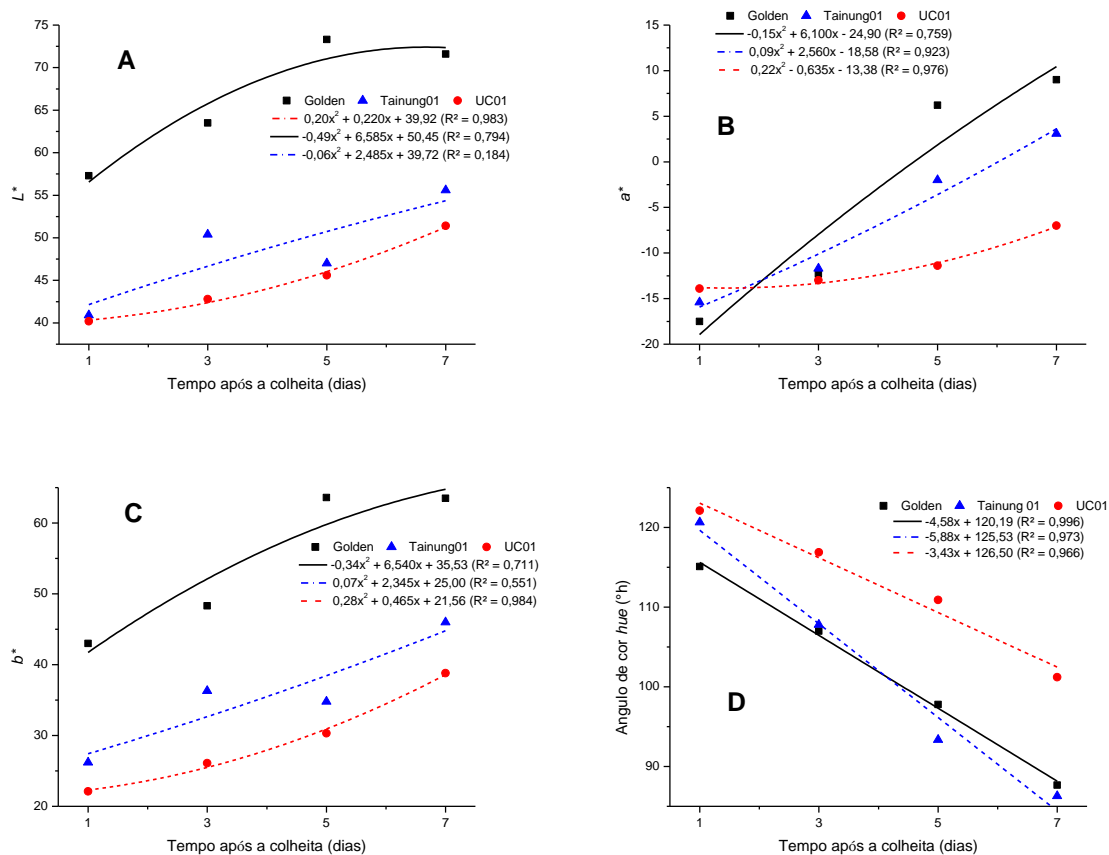


Figura 2 – Variação no tempo dos atributos de coloração de casca L^* (A), a^* (B), b^* (C) e hue (D) em mamões ‘Golden’, ‘Tainung01’ e ‘UC01’, sob condições de prateleira a 25°C, por 7 dias após a colheita.

A evolução da cor verde para o amarelo na casca do mamão é provavelmente uma das mais características transformações que ocorrem durante o amadurecimento do fruto (Oliveira e Vitória, 2011). Entre os genótipos avaliados, observa-se que, apesar de o mamão ‘Golden’ apresentar coloração de casca verde mais clara inicialmente, a cor amarelada do fruto completamente maduro não diferiu da cor de casca do ‘Tainung01’, mas diferiu do ‘UC01’. Já o ‘UC01’ que se destacou dos demais frutos ao apresentar uma coloração da casca menos amarelada aos sete dias, inicialmente apresentava cor verde de casca igual à do mamão ‘Tainung01’. Esses resultados estão de acordo com aqueles 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 ‘Tainung01’ e ‘UC01’ são caracterizados pela coloração de

casca verde escura (Costa e Pacova, 2003; Oliveira et al., 2005; Corrêa et al., 2011).

A firmeza é um atributo de qualidade do fruto importante tanto para o manejo do produto quanto para sua aceitação pelo consumidor (Cuquel et al., 2012). De modo geral, observa-se que a FF e a FP foram bastante semelhantes entre os genótipos 'Golden' e 'Tainung01', que diferiram do 'UC01' no aspecto firmeza durante o período pós-colheita de análise. No primeiro dia após a colheita, a FF dos genótipos 'Golden' e 'Tainung01' foi de cerca de 179 N e 169 N, respectivamente, não diferindo ($p>0,05$) entre si. A FF caiu drasticamente entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita, seguida de uma queda menos intensa até o quinto e, finalmente, até o sétimo dia, quando foi registrada média de 15,5 N na FF desses dois genótipos (Figura 3A).

No primeiro dia após a colheita, a FF do 'UC01' foi a menor entre todos os genótipos, registrando média de 126 N, com pouca variação ($p>0,05$) até o terceiro dia. A partir do terceiro dia, a FF caiu significativamente até o quinto dia e entre esse e o sétimo dia após a colheita, tendo sido verificada média de 1,0 N, também, inferior ($p<0,05$) ao registrado para os demais genótipos. A FP do 'Golden' no primeiro dia após a colheita foi de 94,6 N, não diferindo da média registrada para o 'Tainung01', que foi de 84,8 N, mas diferindo ($p<0,05$) da FP do 'UC01', que foi de 78,7 N, não diferindo da FP do 'Tainung01' (Figura 3B). Entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita, a FP do 'UC01' não mudou significativamente, caindo 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 'Tainung01' caiu significativamente entre o primeiro e o terceiro dia, quando foi registrada média de 7,1 N, inferior à FP do 'UC01'. Entre o terceiro e o sétimo dia após a colheita, a FP desses genótipos caiu para 1,9 N, não diferindo da FP do mamão 'UC01'.

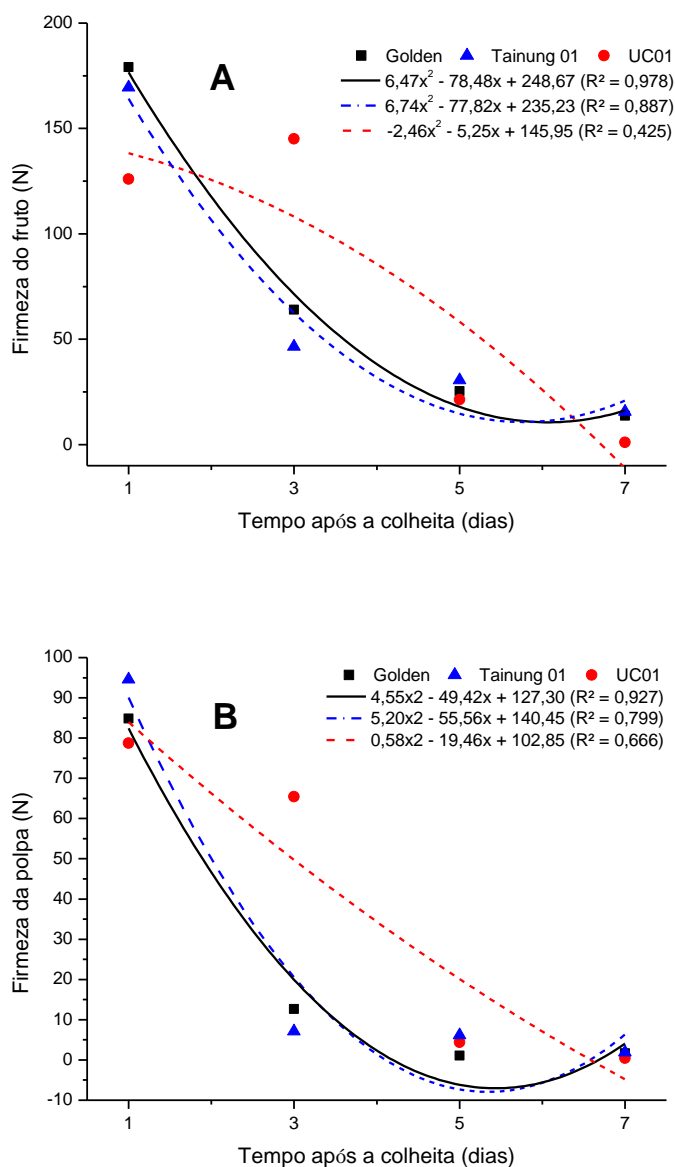


Figura 3 – Firmeza do fruto (A) e da polpa (B) de mamões ‘Golden’, ‘Tainung01’ e ‘UC01’, sob condições de prateleira a 25°C, por 7 dias após a colheita. Os valores representam a média de 3 repetições.

Os frutos de mamoeiro no início do processo de amadurecimento apresentam a polpa mais firme, independentemente do material genético, em parte pela maior presença de células do pericarpo bastante compactas, do tipo parenquimáticas, em estado túrgido (Oliveira et al., 2010; Oliveira e Vitória, 2011). Estas células vão perdendo essas características com a evolução do amadurecimento do fruto, ocorrendo solubilização da parede celular e deposição de substâncias pécticas nos espaços intercelulares (Pereira et al., 2009). A perda

de firmeza do mamão está diretamente relacionada à ação de enzimas pectohidrolíticas, responsáveis pela hidrólise de componentes da parede celular. Enzimas hidrolíticas como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras endoxilanase, glucanahidrolases e transglucosidades aumentam a atividade durante a fase de amadurecimento do mamão, com forte participação do etileno na modulação da sua atividade (Paull e Chen, 1983; Paull et al., 1999; Chen e Paull, 2003; Jiang et al., 2003; Fabi et al., 2010). Os dados aqui apresentados mostram uma forte evidência da ação do etileno com a perda da firmeza dos frutos em todos os genótipos. Os resultados mostram de forma bastante clara que a queda na firmeza foi mais pronunciada após um aumento na produção de etileno pelos frutos.

Considerando os atributos de qualidade, coloração de casca, FF e FP, indicadores do processo de amadurecimento do mamão, é possível inferir sobre a alta sensibilidade ao etileno apresentada pelo 'Tainung01' e pelo 'UC01' em relação ao 'Golden'. Esta afirmação se deve ao fato que mesmo com níveis de emissão de etileno muito mais baixos daqueles genótipos em relação ao 'Golden', eles foram suficientes para desencadear as transformações decorrentes do amadurecimento dos frutos daqueles genótipos.

Sendo o mamão um fruto climatérico, considerando uma maior sensibilidade do 'Tainung01' e do 'UC01' ao etileno, menores concentrações endógenas desse hormônio já seriam 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 útil pós-colheita desses genótipos (Inaba, 2007).

O TSS variou entre os genótipos, com destaque para o 'Tainung01', que apresentou de modo geral as maiores médias (Tabela 2). No primeiro e no terceiro dias após a colheita, o TSS do 'Tainung01' foi maior que o do 'Golden' e não diferiu ($p > 0,05$) do 'UC01', com todos os genótipos não diferindo entre si a partir do quinto até o sétimo dia após a colheita. Não houve mudanças significativas no TSS durante o amadurecimento dos frutos, exceção para o genótipo 'UC01', que mostrou um pequeno aumento entre o primeiro e o quinto dia após a colheita (Figura 4A). Para os demais genótipos, não houve variações significativas no TSS durante o amadurecimento dos frutos, como já verificado por outros autores (Gomes et al., 2002; Bautista-Baños et al., 2003; Sivakumar et al., 2005). O valor médio geral do TSS (11,5 °Brix) verificado aqui nos mamões

'UC01' foi bem próximo à média descrita por Costa e Pacova (2003) para esse genótipo, que é de 11,8 °Brix. Esses valores concordam com os resultados apresentados por Fontes et al. (2012), que avaliaram o efeito da adubação NPK nos mamões 'UC01'. No entanto, Moraes et al. (2007) avaliaram o híbrido 'UC01' cultivado no Rio Grande do Norte e encontraram valores médios do TSS de 13,5 °Brix, bem superiores a todos os resultados anteriormente relatados. Já o TSS verificado durante o amadurecimento do mamão 'Tainung01' é semelhante aos valores apresentados por Souza et al. (2009) (entre 11,7°Brix e 12,2 °Brix), como também superiores aos valores apresentados por Dias et al. (2011) (entre 8,4°Brix e 9,3 °Brix) e um pouco inferiores aos de Lima et al. (2009) (entre 12,6°Brix e 13,4°Brix) em mamões 'Tainung01' obtidos em diferentes estabelecimentos de Mossoró-RN. Os resultados do TSS verificado aqui para os mamões 'Golden' estão de acordo com os encontrados na literatura, corroborando outros trabalhos (Corrêa et al., 2008; Tezzoto et al., 2011).

Tabela 2 - Teor de sólidos solúveis (TSS), acidez titulável (AT) e da relação TSS/AT em mamões 'Golden', 'Tainung01' e 'UC01', sob condições de prateleira a 25°C, por 7 dias após a colheita.

Características químicas	Genótipos	Tempo após a colheita (dias)			
		1	3	5	7
TSS (°Brix)	Golden	10,1 b	10,5 b	11,0 a	11,7 a
	Tainung01	12,4 a	12,2 a	12,8 a	11,4 a
	UC01	10,6 ab	12,1 ab	12,5 a	11,7 a
AT (g AC100g ⁻¹ MF)	Golden	0,08 b	0,11 a	0,07 a	0,09 a
	Tainung01	0,09 a	0,07 b	0,07 a	0,06 a
	UC01	0,05 c	0,07 b	0,07 a	0,06 a
Razão TSS/AT	Golden	126,3 b	95,5 b	157,1 a	130,0 a
	Tainung01	137,8 b	174,3 a	182,9 a	190,0 a
	UC01	212,0 a	172,9 a	178,6 a	195,0 a

Médias com diferentes letras nas colunas são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de mínima diferença significativa (LSD). Cada valor representa a média de 3 repetições.

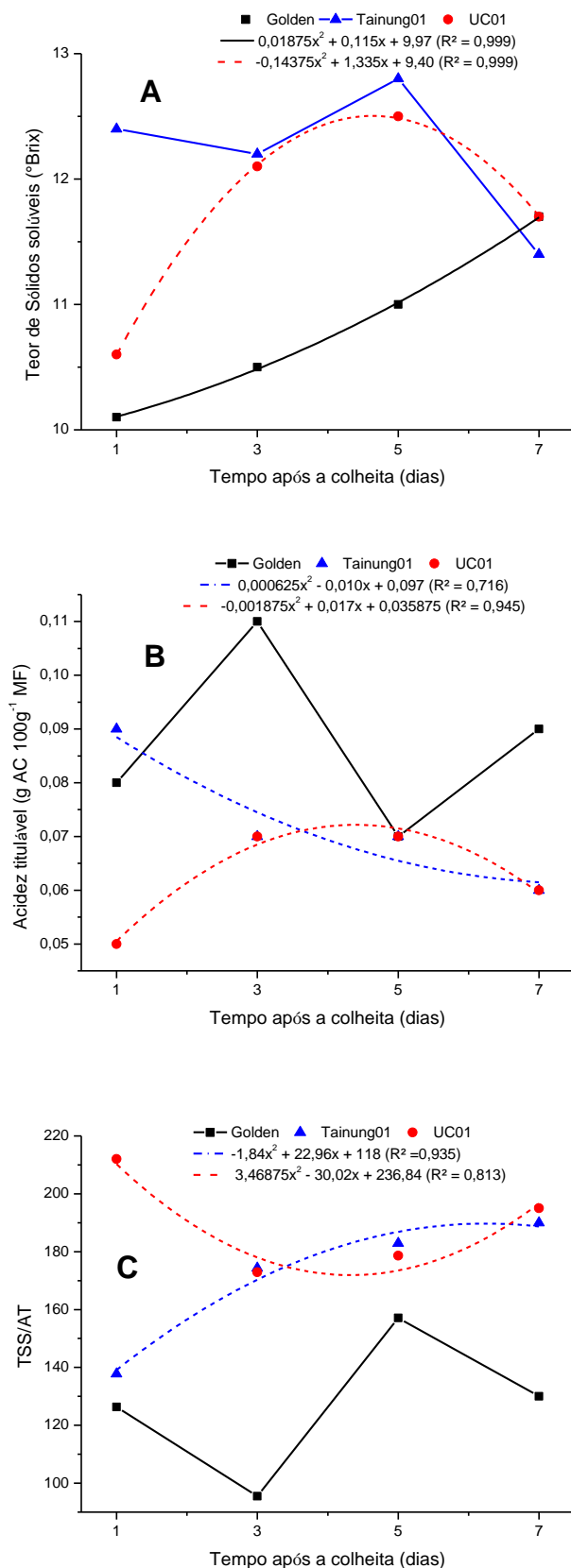


Figura 4 – Variação no tempo do teor de sólidos solúveis (TSS) (A), acidez titulável (AT) (B) e da relação TSS/AT (C) em mamões ‘Golden’, ‘Tainung01’ e ‘UC01’, sob condições de prateleira a 25°C, por 7 dias após a colheita.

Sabe-se que o mamão não acumula carboidratos de reserva na polpa, o que justifica a pouca variação no TSS durante o amadurecimento do fruto colhido (Gomes et al., 2002). Outra fonte de carboidrato utilizado em interconversões que pode justificar algum aumento no TSS durante o amadurecimento do mamão colhido são os carboidratos estruturais de parede celular. A atividade de 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 fazerem parte dos sólidos solúveis acumulados na polpa do fruto colhido em fase de amadurecimento (Brummell, 2006). Estas transformações justificariam as mudanças no TSS verificadas no 'UC01' durante o amadurecimento do fruto, Tabela 2, que poderiam ser sustentadas pela maior atividade de decomposição de componentes de parede celular, o que resultaria em menor firmeza desses frutos no primeiro dia após a colheita (Figura 2). As diferenças aqui observadas no TSS dos frutos em relação aos níveis registrados na literatura podem ser justificadas pela diferença em relação ao estágio de amadurecimento dos frutos utilizados nos referidos ensaios, ou ainda por diferença em relação às épocas de colheita ou ao somatório de calor (quantidade de graus dia) acumulados na formação dos frutos (Berilli et al., 2007).

A AT seguiu uma tendência similar à verificada par o TSS, em que se observa uma pequena diferença entre os genótipos entre o primeiro e o terceiro dias após a colheita (Tabela 2). No primeiro dia, o 'Tainung01' apresentou a maior AT, enquanto no terceiro dia o destaque ficou por conta do 'Golden', que se destacou dos demais, apresentando maior AT. Não foi possível observar nenhuma tendência marcante de aumento ou queda na AT ao longo do amadurecimento dos frutos dos genótipos em análise. Os valores aqui verificados foram inferiores aos observados por Fontes et al. (2012) (entre 0,15 gAC 100 g⁻¹MF e 0,37 gAC 100 g⁻¹MF) e Moraes et al. (2007) (entre 0,13 gAC 100 g⁻¹MF e 0,20 gAC 100 g⁻¹MF), no entanto, estão de acordo com os valores apresentados por Oliveira-Jr et al. (2007), Lima et al. (2009) e Gayosso-García et al. (2010) (variando entre 0,05 gAC 100 g⁻¹MF a 0,11 gAC 100 g⁻¹MF). Na literatura, há relatos de não alteração na AT durante o amadurecimento do maracujá (Vianna-Silva et al., 2010), da goiaba (Abreu et al., 2012) e do mamão 'Golden' (Corrêa et al., 2008), enquanto Pereira et al. (2006), avaliando mamões 'Tainung01',

observaram tendência de aumento na AT dos frutos ao longo do seu amadurecimento. Essa diversidade de resultados relacionados à AT pode ser atribuída ao fato de essa variável ser dependente das épocas de colheita, níveis de adubação e 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; Vianna-Silva et al., 2010; Fontes et al., 2012).

A razão TSS/AT é uma importante variável de qualidade na pós-colheita, pois expressa o equilíbrio entre a doçura e a acidez, representando em parte a sensação agradável no paladar do consumidor (Dias et al., 2011), sendo utilizado como um índice de maturação (Kechinski, 2007). Os valores da razão TSS/AT nos mamões 'Tainung01' e 'UENF/Caliman01' não apresentaram variação ao longo do amadurecimento, apenas no mamão 'Golden' parece ocorrer um aumento da razão TSS/AT entre o 3º e o 5º dias após a colheita (Tabela 2). Os mamões 'UENF/Caliman 01' apresentaram valores significativamente maiores para essa variável do que o observado nos mamões 'Golden', mas não diferindo dos mamões 'Tainung01'. Os valores da relação TSS/AT observados nesse ensaio foram superiores aos relatados por Fontes et al. (2012) (variando entre 32,8 e 78,5) nos três genótipos, contudo muito inferiores aos resultados apresentados por Souza et al. (2009) (variando entre 203,11 e 249,87) em mamões da variedade Tainung01. Embora os valores do teor de sólidos solúveis observado neste ensaio sejam relativamente baixos em relação a outras referências na literatura, a baixa acidez titulável observada propiciou maior percepção de doçura nos três genótipos avaliados, apresentando valores adequados aos genótipos avaliados (Kechinski, 2007; Souza et al., 2009).

3.1.5. CONCLUSÕES

O amadurecimento dos mamões 'Golden', 'Tainung01' e 'UC01' mostrou diferenças marcantes entre os genótipos colhidos no estágio 0 de amadurecimento e mantidos sob condições de prateleira durante os sete dias. O mamão 'Golden' apresentou taxas respiratórias e de emissão de etileno bastante superiores às aquelas registradas para o 'Tainung01' e 'UC01'. O mamão 'UC01'

manteve a coloração de casca verde por mais tempo, apresentando maior firmeza do fruto e da polpa em relação aos demais genótipos.

As cultivares Tainung01 e UC01 se mostraram mais sensíveis à ação do etileno do que o 'Golden', o que deve ser levado em consideração no manejo pós-colheita desses materiais no que diz respeito à vida útil dos frutos.

3.2. REVESTIMENTO DE QUITOSANA PARA ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DO MAMÃO 'GOLDEN'

3.2.1. INTRODUÇÃO

O mamão cultivar Golden é proveniente da seleção massal de plantas 'Sunrise Solo', sendo chamado também de "Sunrise Golden". A cultivar Golden é a preferida para a exportação, pois apresenta vantagens como menor susceptibilidade à mancha fisiológica, amarelecimento mais uniforme e maior brilho da casca, resultando numa aparência mais atrativa do fruto (Manica, 1996). Como anteriormente comentado, o mamão 'Golden', como os demais mamões, é considerado um fruto bastante perecível, com reduzida vida de prateleira. Nesse sentido, a utilização de atmosferas modificadas, como o uso do revestimento de quitosana, é uma alternativa promissora, viável e segura à saúde para ampliação da vida de prateleira dos mamões 'Golden', pela redução da velocidade de evolução do amadurecimento e de contaminação por patógenos.

3.2.2. REVISÃO

A deterioração pós-colheita do mamão causada por fatores físicos, fisiológicos e/ou patológicos é determinante na redução da vida de prateleira dos

frutos. A ocorrência de injúrias, por exemplo, pode desencadear aumento na emissão de etileno e respiração dos frutos, acelerando o progresso do amadurecimento e da senescência, favorecendo o desenvolvimento de doenças como a antracnose, principal doença fúngica no mamão, causada por *Colletotrichum gloeosporoides*, responsável por grande parte das perdas pós-colheita na cultura (Dantas et al., 2003; Al Eryani et al., 2008).

O mamão 'Golden' é um fruto climatérico, que apresenta a 25°C, uma taxa de emissão de etileno da ordem de 0,02 a 10,0 $\mu\text{L.Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e respiração entre 5 e 50 mL $\text{CO}_2.\text{Kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ (Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2011), com picos de emissão ocorrendo simultaneamente. Apesar de as taxas de emissão de gases não serem consideradas altas, este fruto é considerado bastante perecível em pós-colheita (Paull, 1993). Como um fruto climatérico, o mamão passa por profundas transformações químicas e físicas durante o amadurecimento, que irão determinar seu padrão de qualidade (Gomes et al., 2002) e aceitação pelo consumidor (Fagundes e Yamanishi, 2001).

Dada a sua alta perecibilidade, o controle do amadurecimento do mamão é fundamental para o aumento da vida útil pós-colheita desse fruto visando à sua comercialização nos mercados interno e externo. Os principais fatores que depreciam a qualidade pós-colheita do mamão são o rápido amolecimento da polpa e a elevada incidência de podridões (Lazan et al., 1995; Jacomino et al., 2003).

Como forma de minimizar a incidência de doenças e retardar a perda de qualidade na pós-colheita, tem-se utilizado revestir os frutos com produtos biodegradáveis (Al Eryani et al., 2008; Ali et al., 2011). Entre os revestimentos biodegradáveis utilizados, está a quitosana, um aminopolissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, encontrada naturalmente em crustáceos, insetos e fungos (Cerqueira et al., 2011). Quando dissolvida em meio ácido, aplicada sobre a superfície do fruto e deixada evaporar, a quitosana forma uma membrana semipermeável que tem sido amplamente utilizada na proteção de frutos ou de suas partes contra a desidratação, redução da respiração e manutenção da firmeza e da coloração (Bautista-Baños et al., 2006; No et al., 2007). A quitosana também é mencionada na literatura pela sua atividade antimicrobiana (Rabea et al., 2003), o que, aliado ao fato de ser comestível e segura para a saúde (Hirano et al., 1990), se torna uma boa opção a ser investigada para estender a vida de

prateleira do mamão 'Golden'. Há trabalhos na literatura (Al Eryani et al., 2008; Ali et al., 2011) utilizando a quitosana como revestimento em outras variedades de mamão com bons resultados quanto à manutenção da firmeza e outras características pós-colheita do fruto, porém nenhum destes trabalhos avaliou a atividade respiratória e a emissão de etileno nos frutos com a cobertura biodegradável.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação do revestimento de quitosana na emissão de etileno, respiração e nas características físico-químicas em frutos de mamão 'Golden' e investigar o potencial do revestimento de quitosana para prolongar a vida de prateleira do mamão 'Golden'.

3.2.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.3.1. Material vegetal

Mamões 'Golden' no estágio 0 de amadurecimento (fruto maduro com casca completamente verde) foram colhidos em área de produção da empresa Caliman Agrícola S.A., localizada no município de Linhares (19°15' S, 39°51'70" W), Espírito Santo, Brasil e transportados, sob refrigeração, para a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro a cerca de seis horas do local de colheita. No laboratório, os frutos foram selecionados uniformizando a amostragem para a aplicação dos tratamentos.

3.2.3.2. Preparação das soluções de quitosana e aplicação dos tratamentos

Utilizou-se quitosana (Sigma-Aldrich, UK) de médio peso molecular, com pureza de 99,5% e 75-85% de desacetilação. Foram preparadas soluções de quitosana nas concentrações de 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% (m/v), contendo 0,5 mL (v/v) de ácido acético glacial (Sigma-Aldrich, UK). A solução foi agitada durante 24 horas, sendo ajustado o pH para 5,8 com NaOH 1N. Às soluções de quitosana, foram adicionadas com pisseta volumétrica 0, 2, 4, 6 e 8 gotas, respectivamente, de Tween-20 como agente tensoativo, conforme Ziani et al.

(2008). Os frutos foram mergulhados nas soluções de quitosana por 1 min, após o qual foram retirados para o escoamento do excesso e armazenamento em câmara a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $80\% \pm 5\%$ (UR). Os dados foram tomados com intervalo de dois em dois dias num total de 14 dias de ensaio.

3.2.3.3. Emissão de etileno e respiração

A emissão de etileno foi quantificada com o auxílio de um espectrômetro fotoacústico acoplado a um laser de CO_2 (Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2012). O etileno continuamente emitido pelos frutos foi transferido para a célula fotoacústica utilizando ar comprimido como gás de arraste. Para remover o CO_2 e o H_2O da amostra gasosa, foram utilizados, em série, filtros químicos de KOH e CaCl_2 , respectivamente. Adicionalmente, foi utilizado um “cold-trap” de nitrogênio líquido para aprisionar 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 de etileno de 1 ppm, diluído em ar sintético.

A quantificação da taxa respiratória foi feita pela detecção de CO_2 emitido pelos frutos, utilizando um analisador de gases na faixa do infravermelho (URAS14-ABB) conectado em linha, antes dos filtros, ao espectrômetro fotoacústico (Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2012). Com essa montagem experimental, foi possível a medição simultânea e em tempo real da emissão de etileno e CO_2 dos frutos avaliados ao longo do experimento em relação à massa fresca do fruto. Ambas as medidas foram conduzidas com fluxo constante de 2 L.h^{-1} .

3.2.3.4. Determinação dos atributos físicos

A perda de massa dos frutos foi calculada pela diferença entre a massa inicial e a final, aferidas em balança analítica, tendo os resultados sido expressos em porcentagem. A coloração da casca foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300, tomando-se a média de 3 medições em locais distintos na região equatorial, e os resultados, expressos pelo ângulo de cor *hue* (h°) (McGuire, 1992). A firmeza foi obtida utilizando-se um penetrômetro digital (FFT- model

53205; Italy) com ponteira de prova de 8 mm na região equatorial do fruto. A firmeza do fruto consistiu na tomada de quatro leituras em pontos equidistantes no fruto inteiro, sem a retirada da casca. Já a firmeza da polpa foi obtida após a secção do fruto no sentido transversal, tomando-se quatro leituras diretamente sobre a polpa nas duas faces do fruto, sendo os resultados expressos em Newton (N).

3.2.3.5. Determinação dos atributos químicos

O teor de sólidos solúveis (TSS) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital (ATAGO modelo PR 201), e os resultados expressos em °Brix. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulometria de acordo com metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados de AT foram expressos em g de ácido cítrico (AC) por 100 g⁻¹ de massa fresca (MF) de polpa. Com base nesses dados, foi obtida a razão TSS/AT, dividindo os valores do teor de sólidos solúveis pela acidez titulável obtida.

3.2.3.6. Análise estatística

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 7 (5 tratamentos e 7 tempos de avaliação), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância 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. Nos casos de interação significativa, foram feitas análises de regressão pelo desdobramento dos diferentes genótipos em cada tempo de avaliação, ajustando-se equações de até segundo grau.

3.2.4. RESULTADOS

3.2.4.1. Efeito dos revestimentos de quitosana na emissão de etileno e CO₂ do mamão 'Golden'

3.2.4.1.1. Etileno

A produção de etileno seguiu o padrão climatérico durante o período de armazenamento a 25°C. No entanto, nos frutos cobertos com a quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0%, o pico de emissão ocorreu com atraso de quatro, seis e oito dias, respectivamente, em comparação aos frutos não cobertos com o revestimento biodegradável e àqueles cobertos com a quitosana a 0,5% (Figura 1).

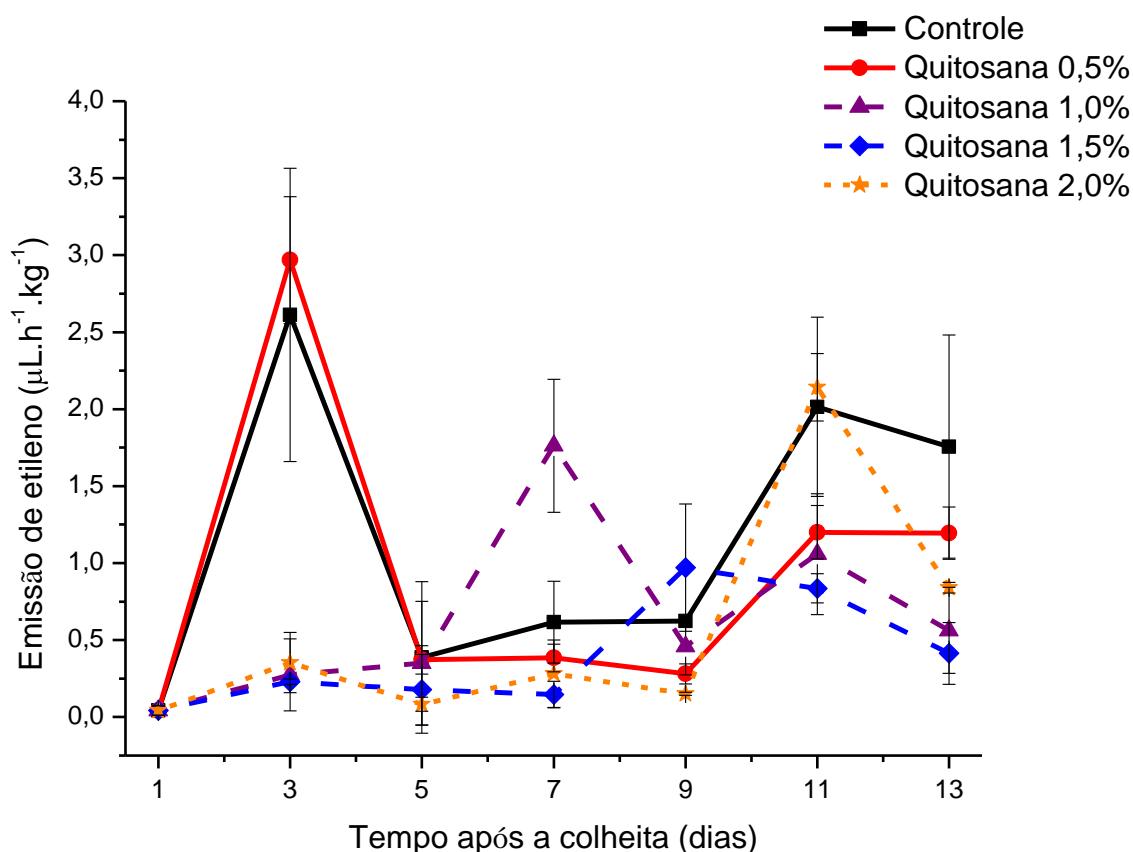


Figura 1 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a emissão de etileno em frutos de mamão 'Golden', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita. Os valores representam a média de 3 repetições. As barras verticais representam o intervalo de confiança a 95%.

Em todos esses tratamentos, a produção de etileno foi menor nos frutos cobertos com o filme de quitosana, Tabela 1, observado pela atenuação dos picos de máxima emissão de etileno. A capacidade de emissão de etileno nos frutos cobertos com quitosana a 0,5% foi muito similar àquela dos frutos não cobertos. Os frutos revestidos por quitosana apresentaram significativa redução na emissão de etileno em relação aos frutos não cobertos (Figura 2).

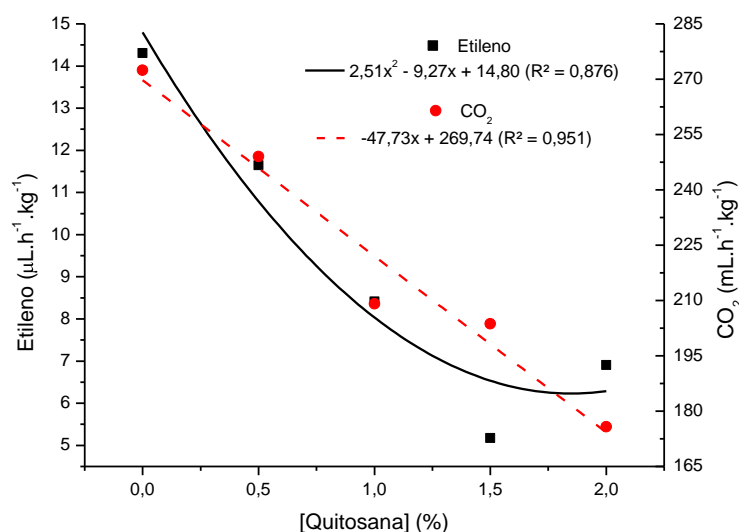


Figura 2 – Emissão total de etileno e de CO₂ em frutos do mamoeiro ‘Golden’ cobertos ou não com o revestimento à base de quitosana, em diferentes concentrações após 13 dias, à temperatura de 25°C.

3.2.4.1.2. Emissão de CO₂

Os frutos não cobertos com o revestimento biodegradável e aqueles cobertos com quitosana a 0,5% apresentaram dois picos respiratórios, identificados por duas subidas na emissão de CO₂, no terceiro e décimo primeiro dia de armazenamento a 25°C (Figura 3).

Já os frutos cobertos com a quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0% apresentaram basicamente um pico respiratório, registrado no décimo primeiro dia nos frutos cobertos com o revestimento nas concentrações de 1,0% e 1,5% e no décimo terceiro dia nos frutos cobertos com quitosana a 2,0%. Os resultados mostram, também, redução na emissão de CO₂ nos frutos revestidos com quitosana (Figura 2). Pode-se observar, ainda, que nos frutos não cobertos com o revestimento e naqueles revestidos com quitosana a 0,5%, o primeiro pico

respiratório ocorreu no mesmo tempo (terceiro dia) que o pico de etileno, enquanto nos demais tratamentos não foi possível identificar essa relação (Figura 3).

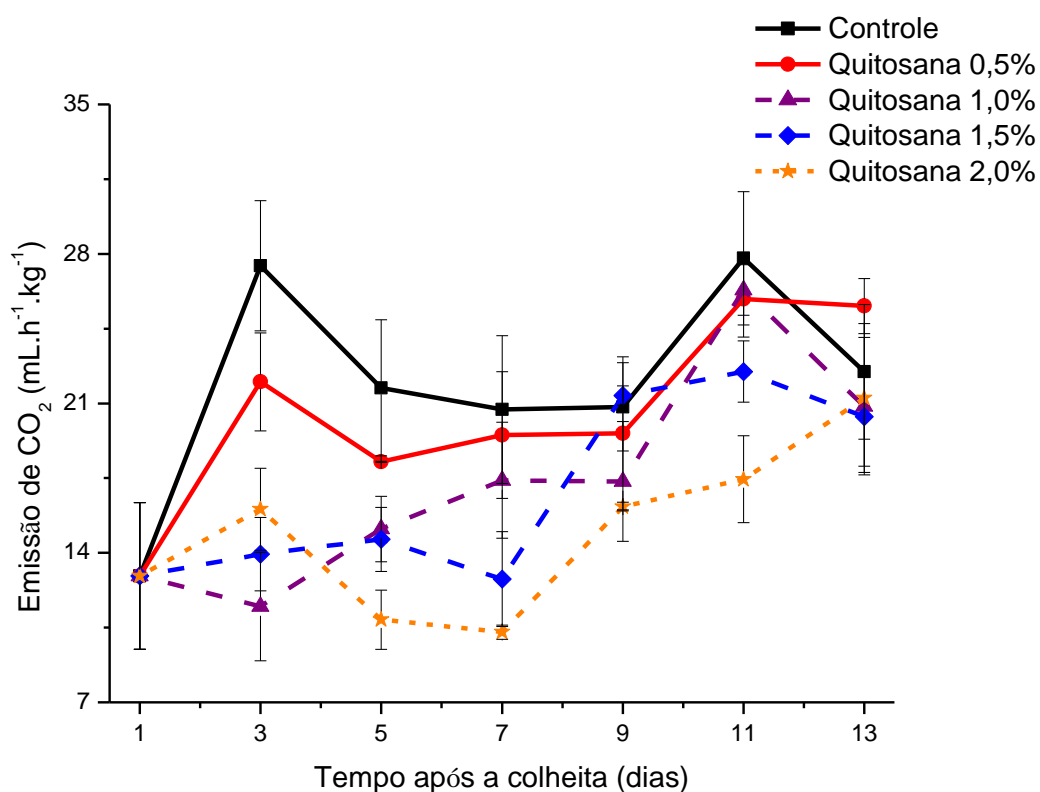


Figura 3 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a emissão de CO_2 em frutos de mamão 'Golden', sob armazenamento a 25°C , por 13 dias pós-colheita. Os valores representam a média de 3 repetições. As barras verticais representam o intervalo de confiança a 95%.

3.2.4.2. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características físicas em frutos de mamão 'Golden'

3.2.4.2.1. Perda de massa

A perda de massa do mamão 'Golden' foi influenciada pela presença do revestimento à base de quitosana nas concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% (Figura 4).

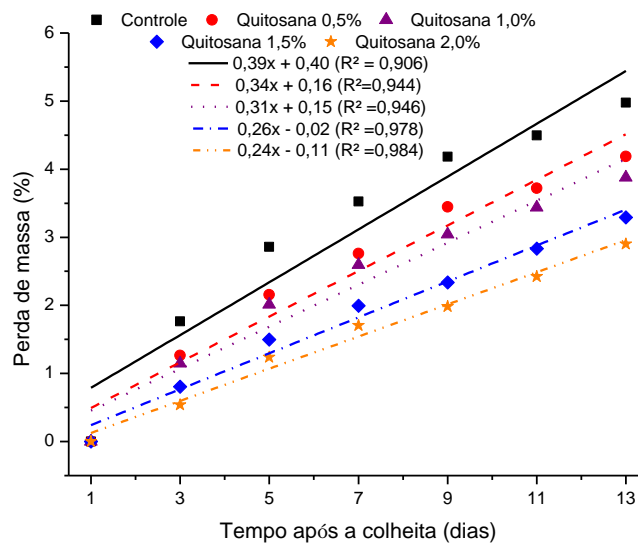


Figura 4 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a perda de massa em frutos de mamão 'Golden', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita. Os valores representam a média de 3 repetições.

A cobertura dos frutos com quitosana nas concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a perda de massa até o último dia de avaliação em comparação aos frutos não cobertos, sendo que o revestimento de quitosana na concentração de 2,0% propiciou redução na perda de massa do fruto de aproximadamente 50% em relação aos frutos não cobertos.

3.2.4.2.2. Coloração da casca

Os frutos foram selecionados pela coloração, apresentando no início do ensaio uma coloração, uniforme, verde claro, Figura 5, com o valor do ângulo de cor *hue* de 115°h (Figura 6).

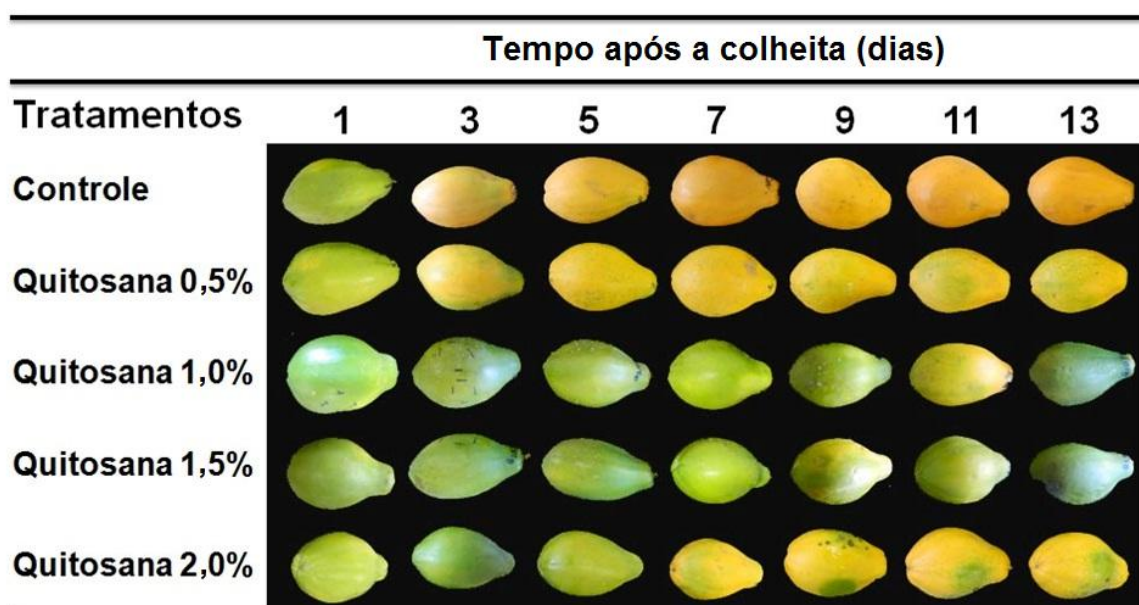


Figura 5 – Imagens do mamão ‘Golden’ coberto com quitosana de diferentes concentrações, mostrando a evolução de cor dos frutos durante o armazenamento a 25°C por 13 dias.

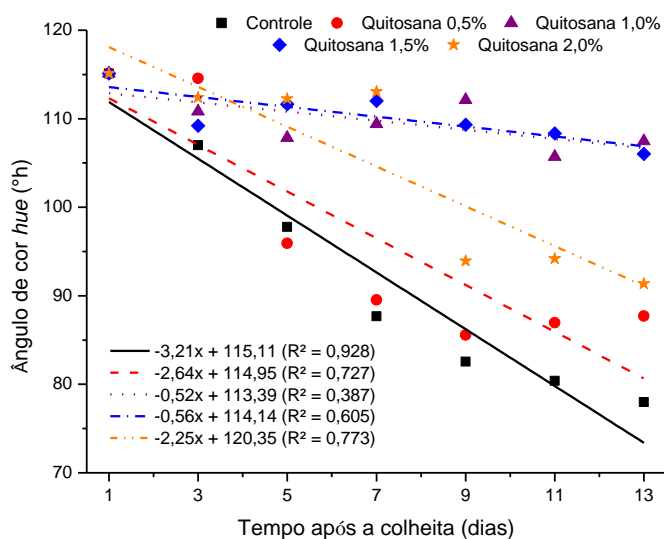


Figura 6 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre o ângulo de cor *hue* em frutos de mamão ‘Golden’, sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita. Os valores representam a média de 3 repetições.

A aplicação do revestimento de quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0%, retardou as mudanças de cor da casca dos frutos significativamente em relação ao controle. Os frutos cobertos com a quitosana nas concentrações de 1,0% e 1,5% mantiveram os frutos verdes, Figura 5, com valores do ângulo *hue* alto (em torno de 107°h) até o décimo terceiro dia, enquanto naqueles cobertos com quitosana a 2,0% o ângulo *hue* diminuiu de 113°h para 94°h entre o sétimo e o nono dia, mantendo-se próximo desse valor até o décimo terceiro dia (Figura 6). Nos frutos não cobertos, o ângulo *hue* foi decrescente durante os treze dias de análise, enquanto nos frutos cobertos com quitosana a 0,5%, a tendência foi semelhante ao controle até o nono dia, quando então os valores do ângulo *hue* se mantiveram próximos de 88°h.

Os resultados mostram uma relação muito próxima entre a mudança de cor e o pico da produção de etileno. A queda nos valores do ângulo *hue* ocorreu em paralelo com o início da subida para o climatério, tanto nos frutos não cobertos quanto naqueles cobertos com quitosana, a exceção ocorreu para os frutos cobertos com a concentração de 1,0%, que não apresentaram mudanças significativas em *hue* após a ocorrência do pico de emissão de etileno, no sétimo dia.

3.2.4.2.3. Firmeza

A perda de firmeza do fruto e da polpa do mamão 'Golden' foi influenciada pela presença do revestimento à base de quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0%. Já os frutos cobertos com quitosana a 0,5% apresentaram um padrão de perda de firmeza semelhante ao verificado para os frutos não cobertos (Figura 7).

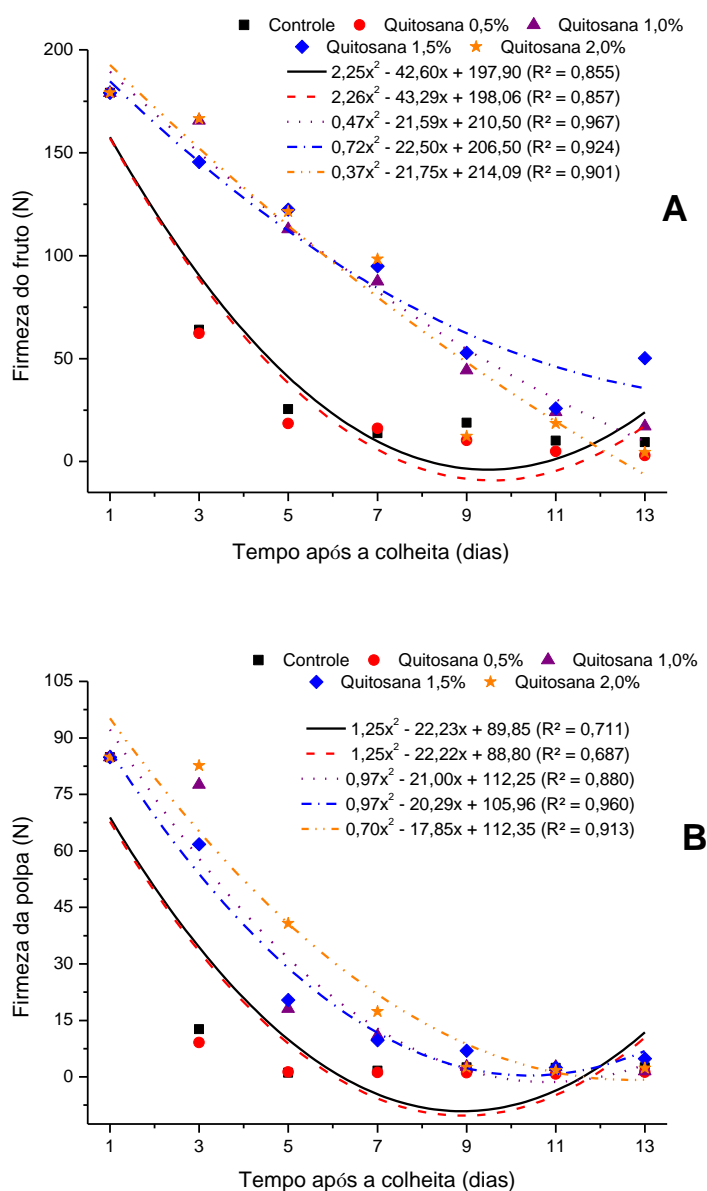


Figura 7 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a firmeza do fruto (A) e da polpa (B) em frutos de mamão 'Golden', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita. Os valores representam a média de 3 repetições.

A cobertura dos frutos com quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0% retardou significativamente a perda de firmeza do fruto e da polpa até o sétimo dia, em comparação aos frutos não cobertos ou àqueles cobertos com quitosana a 0,5%. A partir do nono dia, a firmeza do fruto e da polpa nos frutos cobertos ou não com a quitosana foi semelhante ($p > 0,05$), a exceção ocorreu para aqueles cobertos com quitosana a 1,5%, que apresentaram uma firmeza do fruto superior aos demais tratamentos no décimo terceiro dia (Figura 7A). De

modo geral, não houve diferenças estatísticas na firmeza do fruto e da polpa entre os frutos cobertos com os revestimentos de quitosana a 1,0%, 1,5% e 2.0%.

3.2.4.3. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características químicas em frutos de mamão 'Golden'

3.2.4.3.1. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis do mamão 'Golden' variou de 8,6°Brix a 12,3°Brix, em média, durante os treze dias de avaliação, não sendo influenciado ($p>0,05$) pela presença ou não dos recobrimentos a base de quitosana (Tabela 2). Houve tendência de aumento do teor de sólidos solúveis ao longo do tempo após a colheita nos frutos não revestidos e naqueles revestidos a 0,5%, tendo o máximo teor de sólidos solúveis sido alcançado a aproximadamente sete dias pós-colheita, com posterior decréscimo (Figura 8A).

Tabela 2 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre as características químicas de frutos de mamão 'Golden', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita.

Características químicas	Tratamentos	Tempo após a colheita (dias)						
		1	3	5	7	9	11	13
Teor de sólidos solúveis – TSS (°Brix)	Controle	10,1 a	10,5 a	11,0 a	11,7 ab	10,5 ab	11,1 ab	10,3 a
	Quitosana 0,5%	9,9 a	11,0 a	10,7 a	10,8 ab	11,0 ab	10,6 ab	10,3 a
	Quitosana 1,0%	10,2 a	8,6 b	12,3 a	10,6 bc	11,8 a	9,8 b	11,1 a
	Quitosana 1,5%	9,8 a	11,1 a	12,1 a	10,1 c	11,7 ab	10,7 ab	10,8 a
	Quitosana 2,0%	10,2 a	11,0 a	11,4 a	11,9 a	10,0 b	11,7 a	11,8 a
Acidez titulável - AT (g AC 100g ⁻¹ MF)	Controle	0,073 a	0,073 b	0,058 a	0,079 b	0,057 b	0,071 b	0,081 a
	Quitosana 0,5%	0,073 a	0,095 a	0,056 a	0,079 b	0,113 a	0,102 a	0,076 a
	Quitosana 1,0%	0,071 a	0,062 c	0,070 a	0,090 ab	0,061 b	0,079 b	0,087 a
	Quitosana 1,5%	0,068 a	0,063 c	0,062 a	0,102 a	0,058 b	0,089 ab	0,079 a
	Quitosana 2,0%	0,073 a	0,056 c	0,062 a	0,083 b	0,107 a	0,089 ab	0,089 a
Razão TSS/AT	Controle	138,2 a	144,7 b	189,8 a	147,9 a	184,3 a	156,2 a	126,9 a
	Quitosana 0,5%	137,6 a	115,6 c	193,0 a	137,8 ab	96,8 b	104,8 b	135,9 a
	Quitosana 1,0%	144,6 a	139,1 bc	180,9 a	117,5 bc	193,3 a	128,4 ab	129,9 a
	Quitosana 1,5%	142,9 a	178,1 a	197,2 a	100,5 c	212,4 a	121,9 ab	138,2 a
	Quitosana 2,0%	140,2 a	196,8 a	187,9 a	145,3 a	93,3 b	132,6 ab	134,6 a

Médias com letras diferentes nas colunas são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de mínima diferença significativa (LSD). Cada valor representa a média de 3 repetições.

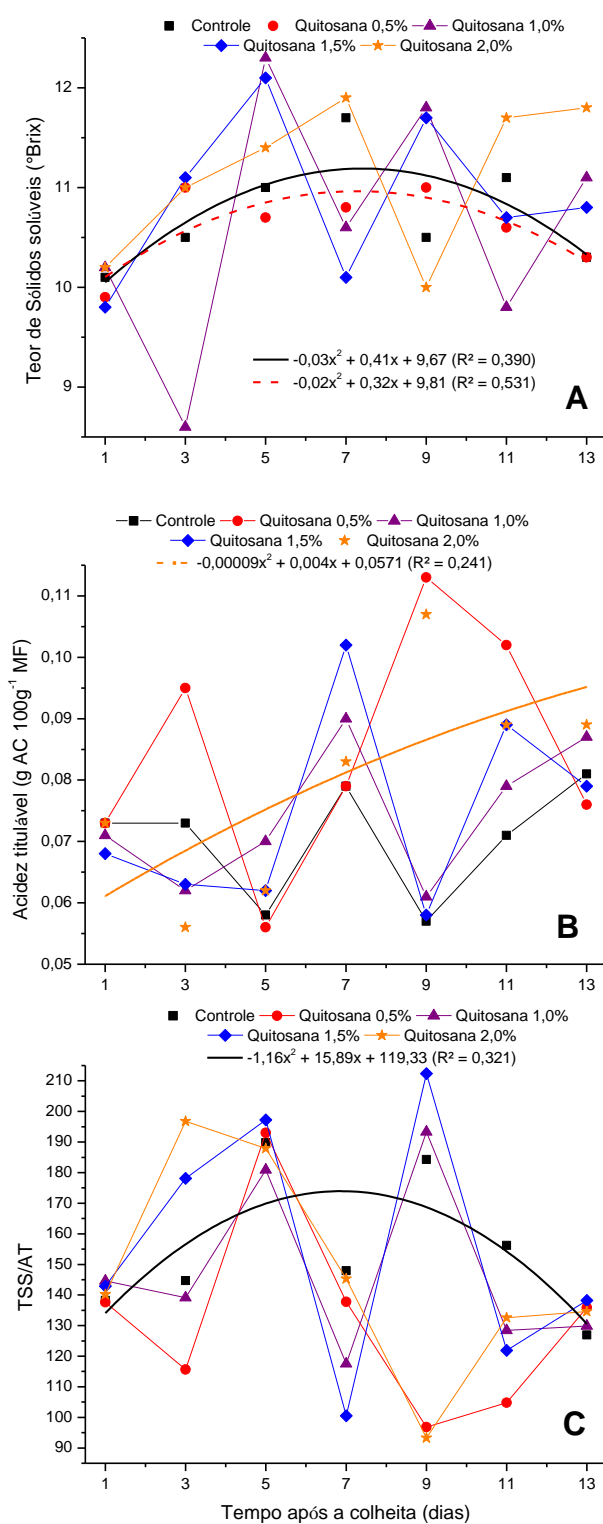


Figura 8 – Variação no tempo das características químicas de frutos de mamão 'Golden' revestidos ou não por diferentes concentrações de quitosana, sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita.

3.2.4.3.2. Acidez Titulável

A acidez titulável do mamão 'Golden' variou de 0,056 g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa fresca a 0,113 g de ácido cítrico.100g⁻¹ de polpa fresca, em média, durante os treze dias de avaliação, não sendo influenciada ($p>0,05$) pela presença ou não dos recobrimentos à base de quitosana (Tabela 2). Embora tenha ocorrido diferença significativa entre os tempos de avaliação, apenas nos frutos revestidos por quitosana a 2,0% foi possível observar tendência durante o período de avaliação por conta da variação ao longo dos tempos de amostragem (Figura 8B).

3.2.4.3.3. Razão TSS/AT

A razão TSS/AT não foi influenciada pelos recobrimentos ($p>0,05$) nas avaliações feitas após a colheita dos frutos, que variaram de 93,3 a 212,4 (Tabela 2). Foi possível observar suave aumento da razão TSS/AT nos frutos não revestidos de mamão 'Golden' até sete dias após a colheita, com posterior decréscimo (Figura 8C).

3.2.5. DISCUSSÃO

Neste estudo, verificou-se que a cobertura do mamão 'Golden' com quitosana como revestimento biodegradável foi capaz de prolongar a vida útil dos frutos, influenciando na evolução de atributos que determinam sua qualidade. A emissão de etileno foi alterada de forma significativa nos frutos cobertos com o revestimento à base de quitosana. A cobertura dos frutos com o biopolímero formou uma barreira às trocas gasosas, o que resultou também na menor respiração dos frutos, verificado pela queda na emissão de CO₂. O etileno é o hormônio envolvido diretamente no amadurecimento dos frutos (Li et al., 2013). Moduladas pela ação do etileno, uma série de transformações nos frutos vão

modificar sua firmeza, coloração de casca e de polpa e sabor, tornando o fruto mais palatável (Rossetto et al., 2008; Gayosso-García et al., 2011; Li et al., 2013).

Os efeitos das diferentes concentrações dos revestimentos de quitosana nas emissões de etileno e CO₂ foram especialmente marcantes. A produção de etileno e de CO₂ pelos frutos cobertos com a quitosana decresceu com o aumento da concentração do revestimento, mostrando um efeito de barreira à difusão gasosa provocada pelo revestimento biodegradável. O revestimento à base de quitosana é uma barreira à difusão do O₂ e CO₂, com permeabilidade aproximada da ordem de $1,04 \times 10^{-17}$ g/m s Pa de O₂ e $6,98 \times 10^{-17}$ g/m s Pa de CO₂ em gás seco nos filmes de quitosana a 2% (p/v) (Kurek et al., 2012). Quanto maior a concentração do revestimento, menor o nível endógeno de O₂ e maior o de CO₂ (El-Ghaouth et al., 1992). A alteração nas trocas gasosas entre o mamão e o ambiente causada pela presença do revestimento funcionou como uma “micro-atmosfera modificada” ao redor do fruto, provocando uma redução na sua respiração, como verificado pela menor produção de CO₂. A barreira à difusão do O₂ e do CO₂ também pode ter influenciado na produção e ação do etileno pelos frutos. Na via de biossíntese do etileno, a enzima ACC oxidase, que oxida o precursor imediato do etileno, o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC), formando etileno, é dependente da presença de O₂ (Abeles et al., 1992; Bleecker e Kende, 2000), enquanto o CO₂ em concentrações elevadas, da ordem de 5%, pode atuar como um inibidor da ação do etileno (Abeles et al., 1992).

Outra hipótese para a baixa emissão de etileno verificada nos frutos cobertos com o revestimento à base de quitosana, Figura 2, seria a menor difusão do hormônio gasoso, sintetizado pelo fruto, através do revestimento biodegradável. Porém, essa hipótese não se sustenta, uma vez que os resultados mostram que a cobertura de quitosana sobre os frutos afetou de fato, de forma significativa, a síntese do etileno, como também o tempo para a ocorrência do pico de etileno e a quantidade do hormônio emitida pelo fruto. Estas variações influenciaram na cinética de mudança de cor da casca e de perda de firmeza dos frutos. Se o revestimento de quitosana estivesse impedindo a emissão de etileno pelo mamão, ele estaria sendo acumulado no fruto, acarretando aceleração do seu amadurecimento. A redução na emissão de etileno utilizando revestimentos de quitosana também foi relatada por Alves et al. (2010) em maracujá, utilizando revestimentos de quitosana a 1,0 e 1,6%. Os autores verificaram que, em ambas

as concentrações de quitosana utilizadas, houve redução na emissão de etileno, porém, apenas nos frutos revestidos com quitosana a 1,6% foi verificada diferença significativa na coloração dos frutos em relação aos frutos não cobertos. Quanto aos frutos cobertos com o revestimento de quitosana a 0,5%, é provável que a concentração do filme não tenha sido suficientemente elevada a ponto de restringir a difusão gasosa e alterar a fisiologia dos processos decorrentes do amadurecimento.

Como já comentado, a cobertura dos frutos com a quitosana atrasou a ocorrência do pico de etileno no mamão. Esse atraso foi diretamente proporcional à concentração do revestimento aplicado no mamão, em que o pico na emissão de etileno nos frutos cobertos com a quitosana na concentração de 2,0% ocorreu oito dias após a emissão máxima nos frutos não cobertos com o revestimento, ou naqueles cobertos com quitosana a 0,5%. Em frutos climatéricos como o mamão, é conhecida a ocorrência de dois sistemas responsáveis pela síntese e regulação de etileno, chamados de sistema I e II (Alexander e Grierson, 2002). O sistema I representa o etileno basal sintetizado em frutos não maduros e em tecidos vegetativos, sendo regulado de modo autoinibitório pela produção de etileno, enquanto o sistema II representa um acentuado incremento na produção de etileno associado ao amadurecimento dos frutos e à senescência de flores, sendo regulado pelo próprio etileno de modo autocatalítico (Van de Poel et al., 2012). Logo, é possível afirmar que o recobrimento do mamão com os revestimentos de quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0% atuou atrasando a transição da síntese de etileno via sistema I para síntese via sistema II, em consequência da redução na produção de etileno via sistema I. Além da redução na síntese de etileno, também foi observada redução da atividade respiratória, e na velocidade do amadurecimento dos frutos revestidos com quitosana (Barry et al., 2000; Yokotani et al., 2009).

A respiração do mamão também foi influenciada pela aplicação do revestimento sobre os frutos, tendo em vista a ação de barreira às trocas gasosas provocadas pela presença do revestimento aplicado sobre o fruto (Kurek et al., 2012). A redução na respiração como resultado do uso de revestimentos de quitosana já foi citada na literatura em outras espécies (El Ghaouth et al., 1992; Jiang e Li, 2001; Lin et al., 2011). A respiração é responsável pela produção de energia prontamente disponível para a atividade celular, na forma de ATP, a partir

da oxidação de substâncias reduzidas, como, por exemplo, amido, açúcares solúveis e ácidos orgânicos, além de formar esqueletos carbônicos para várias rotas metabólicas (Nunes-Nesi et al., 2010). O surto respiratório típico nos frutos climatéricos, como o mamão, é fundamental para que eles sejam capazes de completar a sua ontogenia mesmo quando colhidos não maduros, desde que tenham atingido a maturação fisiológica. Esses frutos conseguem expressar grande parte do seu potencial em termos de qualidade (acúmulo de açúcares, produção de voláteis, mudança de cor de casca e de polpa etc.) mesmo desligados da planta mãe, pela capacidade de geração de intermediários de várias vias metabólicas a partir da atividade respiratória.

A menor atividade respiratória verificada nos frutos revestidos com a quitosana pode ter influenciado significativamente na diminuição da cinética das transformações típicas do amadurecimento do mamão, como as mudanças na coloração da casca dos frutos e na textura da polpa. Dessa forma, é muito provável que a aplicação do revestimento de quitosana no fruto contribua na ampliação da vida de prateleira do mesmo (Kirkland et al., 2008). Em geral, a redução nas taxas respiratórias em função dos revestimentos de quitosana é acompanhada de queda na emissão de etileno.

A perda de massa fresca representa a perda de água e está intimamente relacionada à deterioração dos frutos. Os revestimentos de quitosana apresentaram efetiva redução na perda de massa dos frutos de mamão 'Golden', sendo que os revestimentos a 1,0%, 1,5 e 2,0% apresentaram os melhores resultados nessa variável. Resultados semelhantes foram encontrados por Cerqueira et al. (2011) e Ali et al. (2011), embora na literatura tenha sido relatado por alguns autores que moléculas hidrofílicas como a quitosana não são boas barreiras à difusão de vapor de água (Azeredo et al., 2010).

A coloração do fruto é um importante atributo que tem grande peso na aceitação desse produto pelo consumidor (Campbell et al., 2004). O atraso na evolução da cor nos frutos revestidos com quitosana com maior concentração foi bem evidente. Isso mostra diminuição na velocidade de diferenciação dos cloroplastos em cromoplastos ao longo do amadurecimento (Egea et al., 2010). No mamão, as alterações na coloração da casca ao longo do amadurecimento são caracterizadas pela redução de compostos fenólicos como os ácidos ferrúlico, coumárico e cafeico e aumento dos carotenoides como o licopeno, a β -

criptoxantina e o β -caroteno (Barreto et al., 2011; Gayoso-Garcia et al., 2011). Já na polpa, no início da biossíntese dos carotenoides, há predominância de β -criptoxantina, que, com a evolução do amadurecimento, aumenta fortemente sua quantidade juntamente com o licopeno (Schweiggert et al., 2011). Ali et al. (2011), aplicando revestimentos de quitosana em mamões da variedade 'Eksotika II', atribuíram o atraso do desenvolvimento da cor à redução da taxa respiratória e à emissão de etileno em função da redução da permeabilidade da casca do fruto (Bai et al., 2003; Dutta et al., 2009), o que resultaria na redução da atividade metabólica dos frutos.

Outro atributo importante para a aceitação do fruto pelo consumidor é a firmeza (Cuquel et al., 2012). O atraso na perda de firmeza relatado neste trabalho está de acordo com os resultados apresentados por Ali et al. (2011), que também relataram efeitos significantes na firmeza dos frutos após aplicação de revestimentos, embora também não tenham verificado diferenças significativas entre os revestimentos de quitosana a 1,0%, 1,5% e 2,0%. Bautista-Baños et al. (2003) verificaram que a aplicação de revestimentos de quitosana em mamões da variedade 'Maradol' resultou em atraso na perda de firmeza nos frutos revestidos com quitosana a 1,5%. O amolecimento dos frutos é um processo majoritariamente mediado por enzimas e modulado pela ação do etileno, marcadamente fazendo parte do processo de amadurecimento (Santiago-Doménech et al., 2008). A mudança de textura na polpa dos frutos é resultado de alterações na parede celular como a degradação e solubilização de celulose e hemicelulose, além da solubilização de galacturananas de alta massa molecular da fração de pectina da parede celular (Lazan et al., 1995; Shiga et al., 2009). Sendo assim, a redução na velocidade de perda da firmeza dos frutos cobertos com quitosana nas concentrações de 1,0%, 1,5% e 2,0% se deve à redução na produção de etileno pela menor tensão de oxigênio sobre o tecido após o recobrimento, pois a conversão do ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) em etileno é dependente da disponibilidade de oxigênio (Bleecker e Kende, 2000).

Os açúcares solúveis presentes nas frutas na forma livre ou combinada são responsáveis por um dos principais atributos de qualidade de um fruto: a doçura (Gomes et al., 2002). O mamão, por não possuir carboidratos de reserva, como o amido, não muda significativamente o seu TSS após a colheita do fruto (Gomes et al., 2002; Sivakumar e Wall, 2013). Em alguns casos, a mudança no TSS no

mamão pode ser sustentada pelas transformações em carboidratos estruturais componentes da parede celular, que aumentam a solubilidade durante o amadurecimento do fruto (Gomes et al., 2002). A manutenção do teor de sólidos solúveis durante o amadurecimento do mamão já foi relatada por vários autores (Gomes et al., 1999; Bautista-Baños et al., 2003; Sivakumar et al., 2005). No entanto, Al Eryani et al. (2008) e Ali et al. (2011) observaram aumento no teor de sólidos solúveis durante o armazenamento do mamão, que foi menor nos frutos cobertos com revestimentos de quitosana.

A acidez titulável não foi influenciada pelos revestimentos, havendo grande variação entre os tratamentos e tempos de avaliação, não sendo possível observar alguma tendência. Essa variação observada pode ser atribuída à forte variação entre frutos para a referida característica. Ali et al. (2011) observaram decréscimo da acidez titulável até o final de 5 semanas de armazenamento refrigerado. No entanto, Costa e Balbino (2002) afirmam que o mamão pode apresentar algum incremento na acidez titulável em decorrência da síntese de ácido galacturônico, resultante da degradação das paredes celulares.

A razão TSS/AT ou "ratio" é um importante parâmetro qualitativo, pois dá o indicativo do sabor da fruta, uma vez que relaciona os constituintes de sabor doce e ácido (Berilli et al., 2011). A razão TSS/AT também não foi influenciada pelos revestimentos de quitosana e foi observada uma leve tendência de aumento, que atingiu seu ápice a aproximadamente 7 dias após a colheita. Essas variações na razão TSS/AT podem ser atribuídas principalmente às variações da acidez titulável, uma vez que o teor de sólidos solúveis variou muito pouco (Gomes et al., 2002; Sivakumar e Wall, 2013).

3.2.6. CONCLUSÕES

Nos mamões 'Golden', os revestimentos de quitosana avaliados, com exceção dos revestimentos a 0,5%, reduziram a velocidade do amadurecimento e, conseqüentemente, a perda de firmeza. O revestimento de quitosana a 2,0% apresentou os melhores resultados quanto à vida de prateleira. No mamão

'Golden', a utilização de revestimentos de quitosana para ampliar a vida de prateleira se mostrou bastante promissora.

3.3. REVESTIMENTO DE QUITOSANA PARA ESTENDER O TEMPO DE PRATELEIRA DO MAMÃO 'UENF/CALIMAN 01'

3.3.1. INTRODUÇÃO

A cultivar UENF/Caliman 01 ou "Calimosa", lançada em 2003, foi o primeiro híbrido de mamão produzido no Brasil. Este genótipo foi obtido pelo cruzamento de um progenitor do grupo Solo com um progenitor do grupo Formosa, apresentando características peculiares do grupo Formosa, com frutos alongados nas plantas hermafroditas e peso médio do fruto entre 1400g e 1600g (Salomão et al., 2007). Os frutos apresentam casca fina, com polpa firme, alaranjada, alto teor de sólidos solúveis, aroma intermediário, pouco tecido placentário e ótima qualidade de mesa (Costa e Pacova, 2003). No entanto, o mamão 'UENF/Caliman 01' tem sido caracterizado por um rápido amolecimento da polpa, que compromete a vida de prateleira e dificulta o envio dos frutos dessa variedade a mercados mais distantes. Dessa forma, a utilização da atmosfera modificada, através da aplicação de revestimentos de quitosana, pode ser uma alternativa para retardar o amadurecimento dos frutos do mamão 'UENF/Caliman 01', através da redução da atividade metabólica dos frutos pela redução da disponibilidade de O₂ e aumento de CO₂.

3.3.2. REVISÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto cultivado principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde tem boa adaptação e é comercializado para todo mundo. O Brasil é o maior produtor mundial e o terceiro exportador desse fruto (FAOSTAT, 2010). O mamão é rico em antioxidantes, como os polifenóis, vitaminas e carotenoides (Rivera-Pastrana et al., 2010).

Como fruto climatérico, apresenta, em determinada etapa de seu ciclo vital, um aumento rápido e acentuado na atividade respiratória e produção de etileno, com amadurecimento imediato, podendo amadurecer na planta ou fora dela se colhido fisiologicamente maduros (Chitarra e Chitarra, 2005; Bapat et al., 2010).

Após a colheita do fruto, a respiração e a transpiração são os principais processos fisiológicos responsáveis pela perda de qualidade do produto, que tem como principais fatores de depreciação o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões (Lazan et al., 1995; Jacomino et al., 2002). Toda ação que vise a prolongar a vida útil dos frutos após a colheita deve atentar para o controle destes dois processos (Paull et al., 1997).

A utilização da atmosfera modificada (AM) como único tratamento em pós-colheita, ou na forma combinada com outros métodos de preservação pós-colheita como os absorvedores de etileno, adição de sais de cálcio e compostos antimicrobianos, vem ganhando cada vez mais destaque nos tratamentos em pós-colheita de frutos perecíveis (Scalon et al., 2002; Oliveira Jr et al., 2005; Al Eryani et al., 2008; Fernandes et al., 2010).

A atmosfera modificada consiste na substituição do ar, no interior da embalagem, por uma mistura de gases como O₂, CO₂ e N₂ ao redor do produto (Mantilla et al., 2010). Essas embalagens podem ser convencionais como as de PVC e poliestireno ou biodegradáveis como as de ceras, ou de fécula de mandioca ou a de quitosana (Oliveira Jr et al., 2005; Pereira et al., 2006; Ali et al., 2011).

A quitosana é um aminopolissacarídeo obtido da desacetilação da quitina, encontrada naturalmente em crustáceos, insetos e fungos (Cerqueira et al., 2011). Quando dissolvida em meio ácido e aplicada sobre a superfície do fruto deixando evaporar, a quitosana forma uma película semipermeável, que tem sido amplamente utilizada na proteção de frutos perecíveis contra a desidratação,

redução da respiração, manutenção da firmeza e coloração (Bautista-Baños et al., 2006; No et al., 2007). Também tem sido amplamente mencionada na literatura sua aplicação com ação antimicrobiana (Rabea et al., 2003). Pelo fato de ser considerada comestível e segura à saúde (Hirano et al., 1990), a quitosana se torna uma boa opção a ser investigada para estender a vida de prateleira do mamão 'UENF/Caliman 01'. Há trabalhos na literatura (Al Eryani et al., 2008; Ali et al., 2011) utilizando quitosana em outras variedades de mamão com bons resultados quanto à manutenção da firmeza e outras características pós-colheita, porém nenhum destes trabalhos avaliou a atividade respiratória e a emissão de etileno nos frutos com a cobertura biodegradável.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação do revestimento de quitosana na emissão de etileno, na respiração e nas características físico-químicas, além de investigar o potencial do revestimento de quitosana para prolongar a vida de prateleira do mamão 'UENF/Caliman 01'.

3.3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.3.1. Material vegetal

Mamões 'UENF/CALIMAN 01', no estágio 0 de amadurecimento (fruto maduro com casca completamente verde), foram colhidos em área de produção da empresa Caliman Agrícola S.A., localizada no município de Linhares (19°15' S, 39°51'70" W), Espírito Santo, e transportados, sob refrigeração, para a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, cerca de seis horas do local de colheita. No laboratório, os frutos foram selecionados uniformizando a amostragem para a aplicação dos tratamentos.

3.3.3.2. Preparação das soluções de quitosana e aplicação dos tratamentos

Utilizou-se quitosana (Sigma-Aldrich, UK) de médio peso molecular, com pureza de 99,5% e 75-85% de desacetilação. Foram preparadas soluções de quitosana nas concentrações de 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% (m/v), contendo

0,5 mL (v/v) de ácido acético glacial (Sigma-Aldrich, UK). A solução foi agitada durante 24 horas, sendo ajustado o pH para 5,8 com NaOH 1N. Às soluções de quitosana, foram adicionadas com pisseta volumétrica 0, 2, 4, 6 e 8 gotas, respectivamente, de Tween-20 como agente tensoativo, conforme Ziani et al. (2008). Os frutos foram mergulhados nas soluções de quitosana por 1 min, após o qual foram retirados para o escoamento do excesso e armazenamento em câmara a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $80\% \pm 5\%$ (UR). Os dados foram tomados com intervalo de dois em dois dias num total de 14 dias de ensaio.

3.3.3.3. Emissão de etileno e respiração

A emissão de etileno foi quantificada com o auxílio de um espectrômetro fotoacústico acoplado a um laser de CO_2 (Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2012). O etileno continuamente emitido pelos frutos foi transferido para a célula fotoacústica utilizando ar comprimido como gás de arraste. Para remover o CO_2 e H_2O da amostra gasosa, foram utilizados, em série, filtros químicos de KOH e CaCl_2 , respectivamente. Adicionalmente, foi utilizado um “cold-trap” de nitrogênio líquido para aprisionar 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 de etileno de 1 ppm, diluído em ar sintético.

A quantificação da taxa respiratória foi feita pela detecção de CO_2 emitido pelos frutos, utilizando um analisador de gases na faixa do infravermelho (URAS14-ABB) conectado em linha, antes dos filtros, ao espectrômetro fotoacústico (Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2012). Com essa montagem experimental, foi possível a medição simultânea e em tempo real da emissão de etileno e CO_2 dos frutos avaliados ao longo do experimento em relação à massa fresca do fruto. Ambas as medidas foram conduzidas com fluxo constante de 2 L.h^{-1} .

3.3.3.4. Determinação dos atributos físicos

A perda de massa dos frutos foi calculada pela diferença entre a massa inicial e a final, aferidas em balança analítica, tendo os resultados sido expressos

em porcentagem. A coloração da casca foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300, tomando-se a média de 3 medições tomadas em locais distintos na região equatorial, e os resultados foram expressos pelo ângulo de cor *hue* (h°) (McGuire, 1992). A firmeza foi obtida, utilizando um penetrômetro digital (FFT-model 53205; Italy) com ponteira de prova de 8 mm na região equatorial do fruto. A firmeza do fruto consistiu na tomada de quatro leituras em pontos equidistantes no fruto inteiro, sem a retirada da casca. Já a firmeza da polpa foi obtida após a secção do fruto no sentido transversal, tomando-se quatro leituras diretamente sobre a polpa nas duas faces do fruto, sendo os resultados expressos em Newton (N).

3.3.3.5. Determinação dos atributos químicos

O teor de sólidos solúveis (TSS) foi determinado por leitura direta em refratômetro digital (ATAGO modelo PR 201), sendo os resultados expressos em $^\circ\text{Brix}$. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulometria de acordo com metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados de AT foram expressos em g de ácido cítrico (AC) por 100 g^{-1} de massa fresca (MF) de polpa. Com base nesses dados, foi obtida a razão TSS/AT, dividindo os valores do teor de sólidos solúveis pela acidez titulável obtida.

3.3.3.6. Análise estatística

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5×7 (5 tratamentos e 7 tempos de avaliação), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância 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. Nos casos de interação significativa, foram feitas análises de regressão pelo desdobramento dos diferentes genótipos em cada tempo de avaliação, ajustando-se equações de até segundo grau.

3.3.4. RESULTADOS

3.3.4.1. Efeito dos revestimentos de quitosana na emissão de etileno e CO₂ em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'

3.3.4.1.1. Etileno

A produção de etileno seguiu o padrão climatérico durante o período de armazenamento a 25°C, com variação quanto ao tempo para a máxima emissão de etileno nos frutos cobertos e não cobertos. Nos frutos cobertos com quitosana a 1,5%, o pico de etileno foi registrado com 3 dias após a colheita, enquanto nos frutos não cobertos e naqueles cobertos com revestimento de quitosana a 0,5% e 2,0%, o pico ocorreu a 5 dias após a colheita, e nos frutos cobertos com revestimento de quitosana a 1,0%, o pico de etileno ocorreu a 7 dias após a colheita (Figura 1). Os frutos revestidos com quitosana a 0,5% e a 2,0% apresentaram redução na emissão de etileno em relação aos frutos não cobertos.

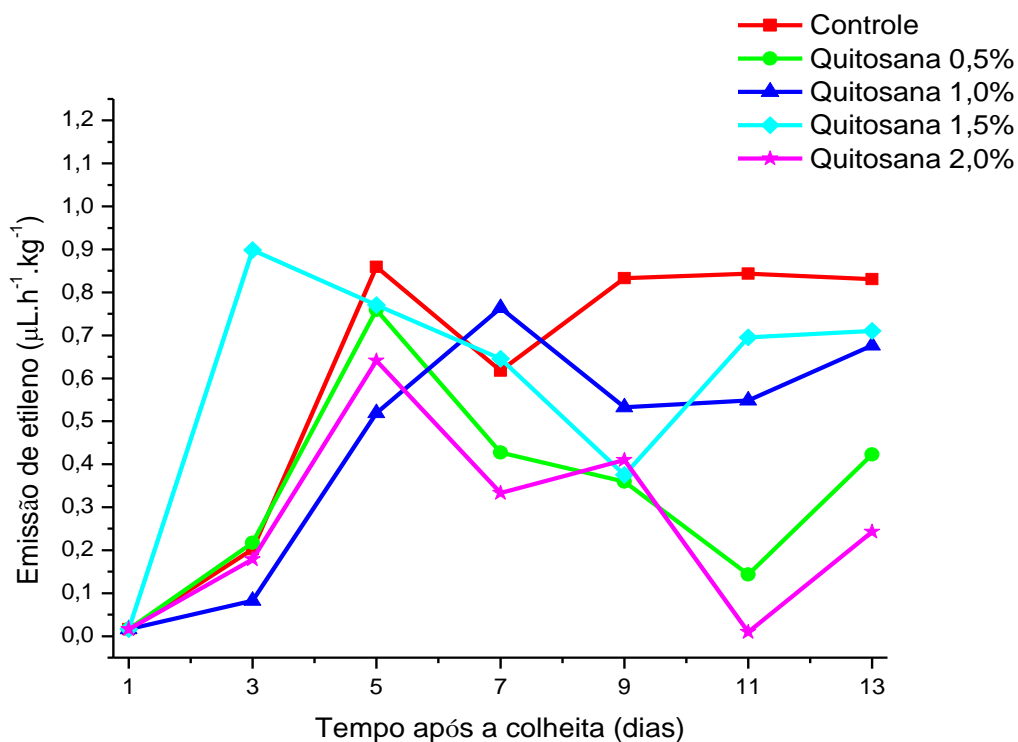


Figura 1 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a emissão de etileno em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

3.3.4.1.2. Emissão de CO₂

A respiração dos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01' aumentou gradativamente durante o armazenamento a 25°C (Figura 2). Houve aumento na emissão de CO₂ nos frutos revestidos com quitosana a 1,5%. Em todos os frutos cobertos com o revestimento biodegradável, houve incremento da respiração até o quinto dia após a colheita em relação aos frutos não cobertos. Não foi evidenciada a ocorrência de um climatério característico.

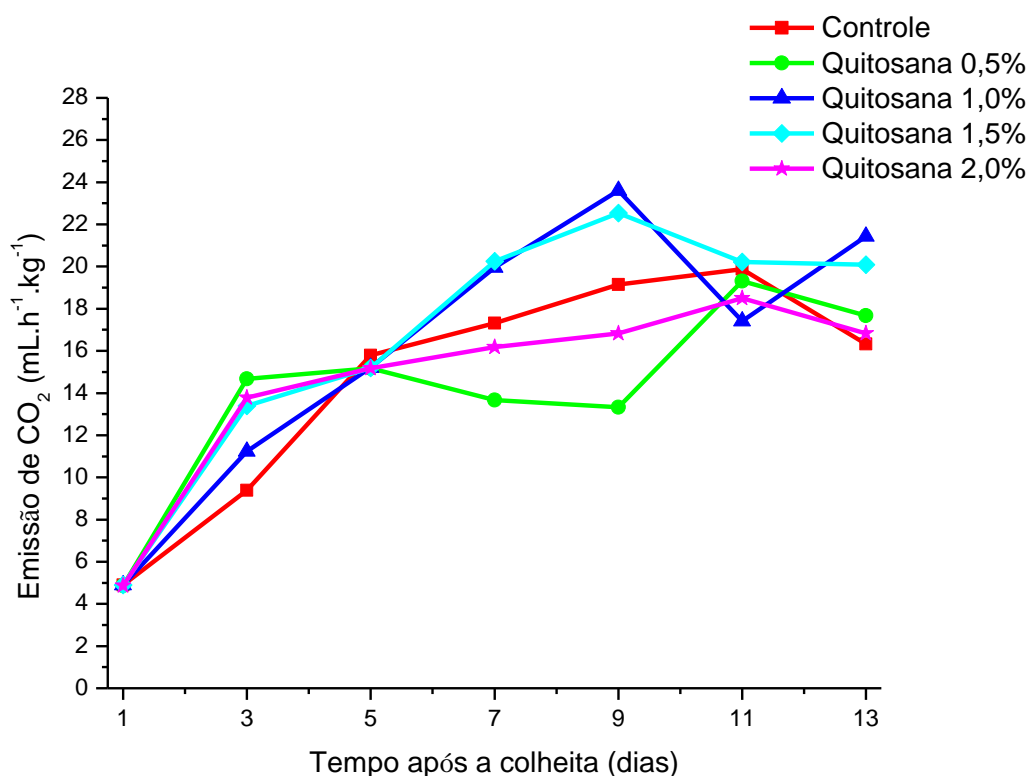


Figura 2 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a emissão de CO₂ em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

3.3.4.2. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características físicas em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'

3.3.4.2.1. Perda de massa

A perda de massa no mamão 'UENF/Caliman 01' foi influenciada pela presença do revestimento à base de quitosana nas concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% (Figura 3). A cobertura dos frutos com quitosana nas concentrações

de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% diminuiu significativamente ($p < 0,05$) a perda de massa até o último dia de avaliação em comparação aos frutos não cobertos.

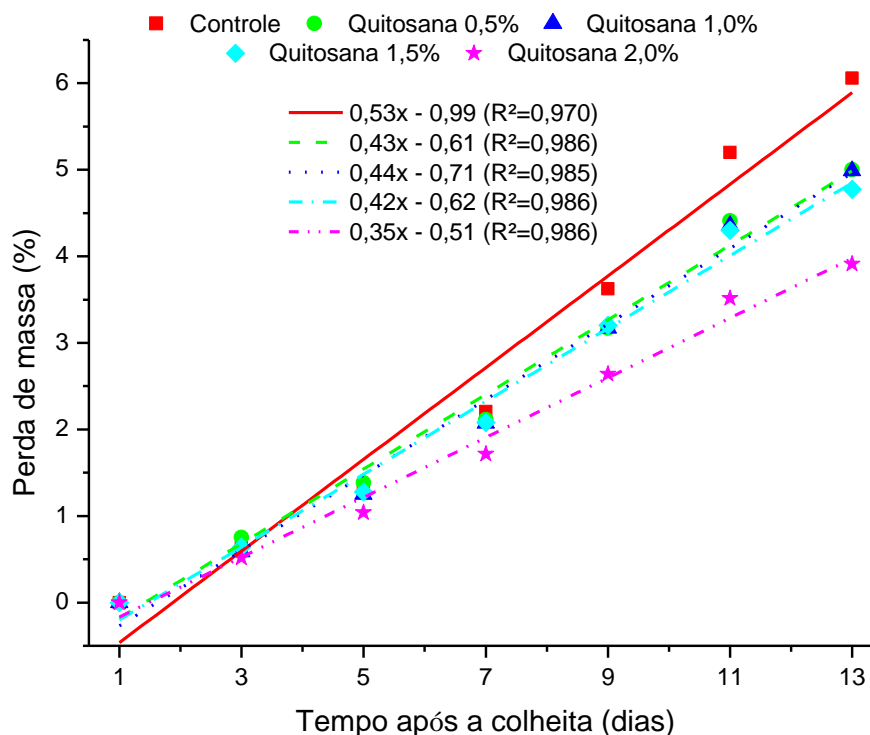


Figura 3 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre na perda de massa em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

3.3.4.2.2. Coloração da casca

Os frutos de mamão 'UENF/Caliman 01' selecionados com coloração verde escura tiveram valores do ângulo *hue* da casca entre 122h° e 75h° após 13 dias da colheita (Figura 4). Houve diferenças ($p \leq 0,05$) em todos os tratamentos, com exceção dos tratamentos de 1,0% e 1,5%, que não diferiram entre si. Também houve diferença ($p \leq 0,05$) entre os tempos de avaliação, exceto entre 11° e o 13° dia após a colheita. Os frutos não cobertos com revestimento biodegradável apresentaram mudança mais rápida do verde para o amarelo (Figura 5). Os revestimentos de quitosana retardaram as mudanças de cor da casca significativamente em relação aos frutos não cobertos. Os frutos cobertos por quitosana nas concentrações de 0,5% e 2,0% apresentaram maior manutenção

da coloração verde até o fim do ensaio, sem prejudicar demasiadamente a evolução de cor.

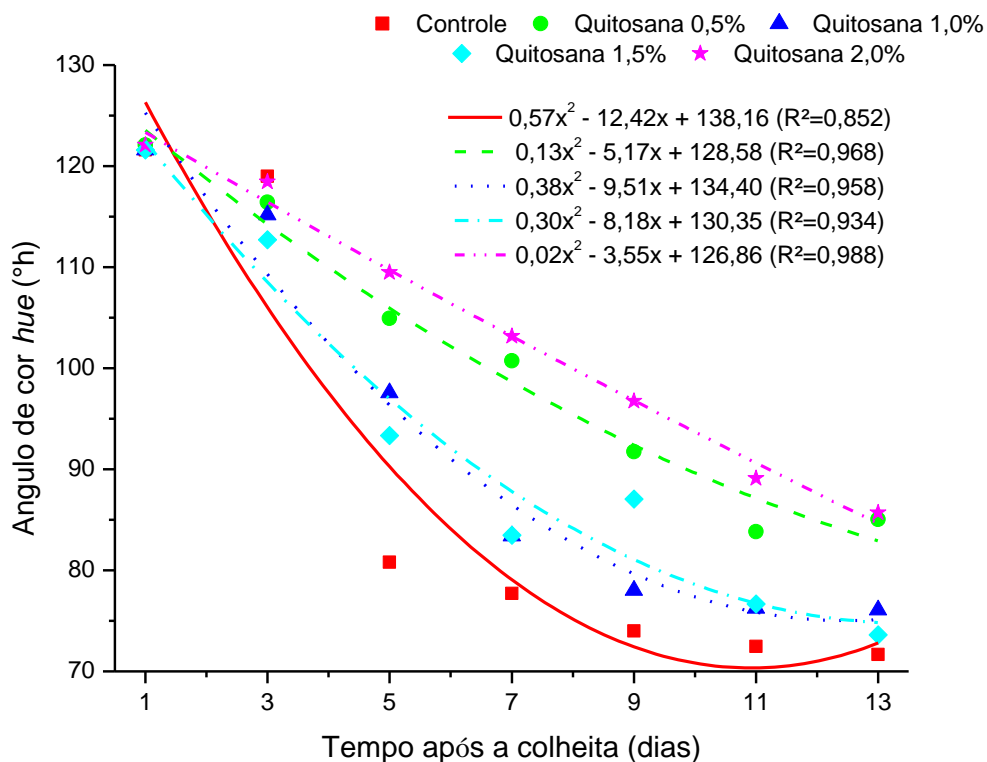


Figura 4 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre o ângulo de cor hue em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

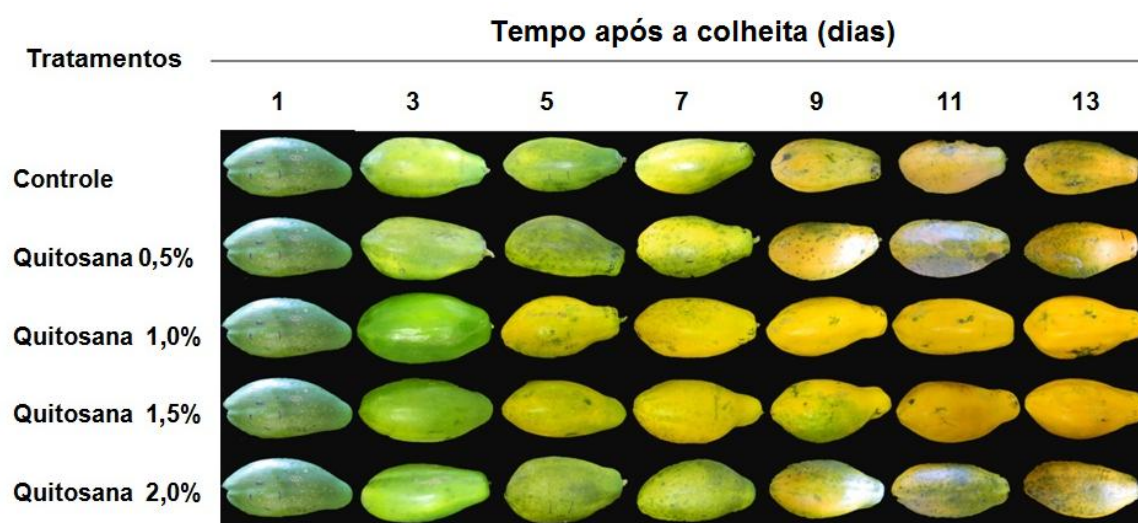


Figura 5 – Imagens do mamão 'UENF/Caliman01' coberto com quitosana de diferentes concentrações mostrando a evolução de cor dos frutos durante o armazenamento a 25°C por 13 dias.

3.3.4.2.3. Firmeza

A firmeza do fruto e da polpa diminuiu ao longo do tempo em todos os tratamentos, indicando perda da integridade estrutural dos tecidos, decorrente do amadurecimento, mas com significativo aumento na velocidade de perda de firmeza ($p \leq 0.05$) nos frutos recobertos com solução de quitosana (Figuras 6A e 6B). Houve evidente efeito dos revestimentos de quitosana nas concentrações de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0%, intensificando a perda de firmeza nos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sendo que na firmeza do fruto, a manutenção da firmeza foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) nos frutos não cobertos pelo revestimento de quitosana até 3 dias após a colheita. Já na firmeza da polpa, os frutos revestidos por quitosana a 1,0% não diferiram estatisticamente dos frutos controle. Não houve diferenças estatísticas entre os revestimentos de quitosana a 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0% nos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01' para firmeza do fruto e entre os revestimentos 0,5, 1,5 e 2,0% para firmeza da polpa.

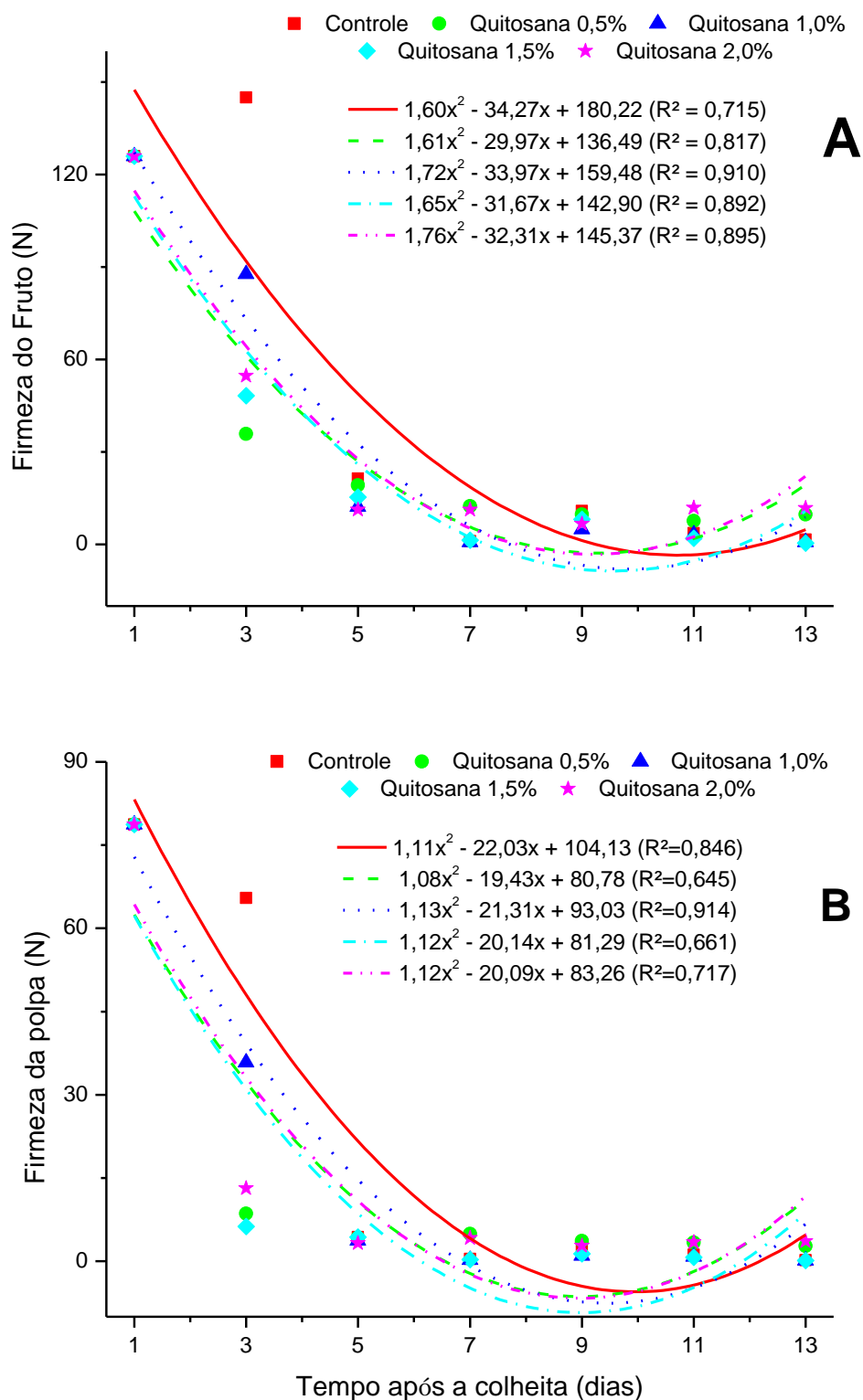


Figura 6 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre a firmeza de fruto (A) e de polpa (B) em frutos de mamão 'UENF/Caliman01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

3.3.4.3. Efeito dos revestimentos de quitosana nas características químicas em frutos de mamão 'UENF/Caliman 01'

3.3.4.3.1. Teor de Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi influenciado pelos recobrimentos de quitosana ($p \leq 0,05$), tendo os frutos revestidos por quitosana nas concentrações de 1,0% e 1,5% apresentado menores valores de teor de sólidos solúveis em relação aos frutos não revestidos. Os frutos revestidos por quitosana a 0,5% e 2,0% não diferiram dos frutos não revestidos. Houve diferenças significativas também entre os tempos de avaliação, tendo sido possível perceber um incremento no teor de sólidos solúveis entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita e, posteriormente, declínio nos valores até o final do ensaio. Os valores do teor de sólidos solúveis variaram entre 9,4 e 12,6 °Brix (Tabela 1 e Figura 7A).

Tabela 1 - Efeito de diferentes concentrações de quitosana sobre as características químicas de frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', sob armazenamento a 25°C, por 13 dias após a colheita.

Características químicas	Tratamentos	Tempo após a colheita (dias)						
		1	3	5	7	9	11	13
Teor de sólidos solúveis – TSS (°Brix)	Controle	10,6 a	12,1 a	12,5 a	11,7 a	11,7 ab	10,8 a	11,1 a
	Quitosana 0,5%	9,8 a	12,6 a	11,8 a	11,7 a	11 b	10,8 a	11,7 a
	Quitosana 1,0%	10,9 a	10,7 b	11,3 a	11,1 a	11,9 a	10,4 a	10,7 a
	Quitosana 1,5%	10,8 a	10,6 b	11,3 a	10,6 a	11,1 ab	10,8 a	10,7 a
	Quitosana 2,0%	9,9 a	12,1 a	11,5 a	11,8 a	11,5 ab	9,4 a	11,4 a
Acidez titulável - AT (g AC 100g ⁻¹ MF)	Controle	0,05 b	0,07 a	0,07 ab	0,06 ab	0,05 b	0,09 b	0,08 a
	Quitosana 0,5%	0,05 b	0,08 a	0,08 a	0,06 b	0,07 a	0,08 b	0,07 ab
	Quitosana 1,0%	0,06 a	0,07 a	0,06 b	0,07 ab	0,05 b	0,09 ab	0,08 ab
	Quitosana 1,5%	0,05 b	0,08 a	0,06 b	0,08 a	0,05 b	0,11 a	0,09 a
	Quitosana 2,0%	0,06 a	0,09 a	0,08 ab	0,05 b	0,08 a	0,08 b	0,06 b
Razão TSS/AT	Controle	219,9 a	171,3 a	174,1 ab	203,6 a	239,4 a	125,3 ab	141,4 bc
	Quitosana 0,5%	201,0 ab	161,7 a	141,8 b	204,2 a	152,0 b	142,4 a	164,7 ab
	Quitosana 1,0%	181,5 bc	158,4 a	179,2 ab	151,1 b	220,3 a	122,0 ab	143,5 bc
	Quitosana 1,5%	223,5 a	138,0 a	197,2 a	131,5 b	234,1 a	97,3 b	124,3 c
	Quitosana 2,0%	164,5 c	137,9 a	144,5 b	214,3 a	138,3 b	112,7 b	189,5 a

Médias com diferentes letras nas colunas são significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) pelo teste de mínima diferença significativa (LSD). Cada valor representa a média de 3 repetições.

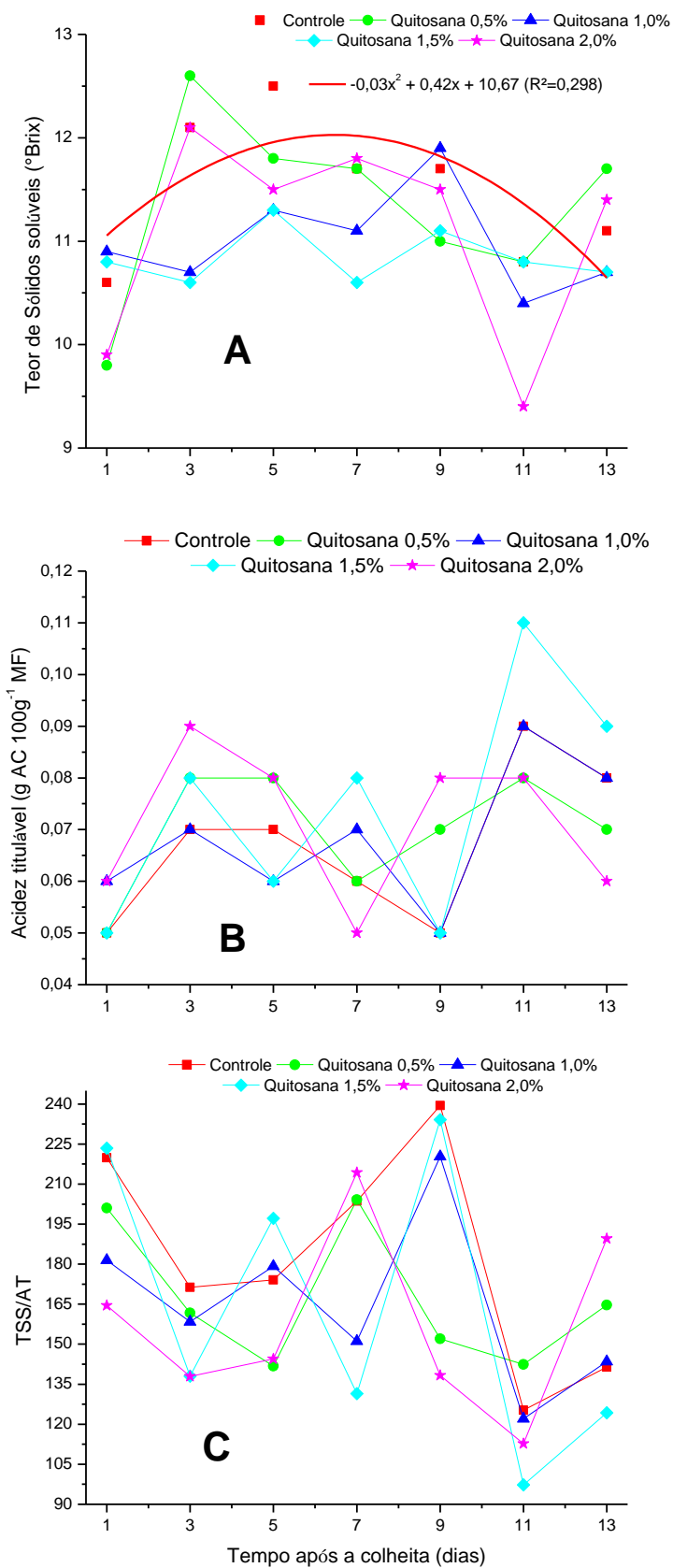


Figura 7 – Variação no tempo das características químicas de frutos de mamão ‘UENF/Caliman 01’ revestidos ou não por diferentes concentrações de quitosana, sob armazenamento a 25°C, por 13 dias pós-colheita.

3.3.4.3.2. Acidez Titulável

A acidez titulável não foi influenciada pelos recobrimentos ($p > 0.05$) nas avaliações feitas ao longo dos dias pós-colheita, tendo variado de 0.05 a 0.11g AC 100g⁻¹ MF (Tabela 1 e Figura 7B). No entanto, houve diferenças significativas quanto à acidez titulável em relação ao tempo após a colheita, tendo o maior valor sido obtido aos 11 dias após a colheita. É possível observar um suave declínio da acidez titulável nos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01' até 9 dias após a colheita, com forte aumento no período entre 9 e 11 dias pós-colheita.

3.3.4.3.3. Razão TSS/AT

A razão TSS/AT não foi influenciada pelos recobrimentos ($p > 0,05$) nas avaliações feitas após a colheita dos frutos, tendo variado de 97,3 a 239,4 (Tabela 1 e Figura 7C). Houve diferenças significativas quanto à razão TSS/AT em relação ao tempo após a colheita, e o maior valor foi obtido aos 9 dias após a colheita. É possível observar um suave aumento da razão TSS/AT nos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01' até 7 dias após a colheita, com forte aumento no período entre 7 e 9 dias após a colheita.

3.3.5. DISCUSSÃO

Neste estudo, verificou-se que os revestimentos de quitosana, ao invés de prolongar a vida de prateleira de mamões 'UENF/Caliman 01', intensificaram o progresso do amadurecimento nos frutos revestidos, com marcantes alterações no seu metabolismo. O primeiro fato a ser levado em consideração foi a emissão de etileno, hormônio vegetal gasoso envolvido no crescimento e desenvolvimento vegetal, particularmente em plantas superiores (Abeles et al., 1992). O aumento dos níveis de etileno desencadeia uma gama de transformações sensoriais nos frutos, como na firmeza, cor e sabor da polpa (Rossetto et al., 2008). Foram observadas variação no tempo de ocorrência do climatério e redução nos níveis de produção de etileno. A variação na ocorrência do climatério em híbridos de

mamão já tinha sido observada em outros trabalhos. Silva et al. (2005), avaliando a emissão de etileno individual em mamões da variedade 'Tainung01', observaram que a emissão máxima ocorreu entre 2 e 10 dias após a colheita nos diferentes frutos.

Híbridos costumam apresentar elevada interação genótipo x ambiente, o que justificaria esse tipo de variação observada na emissão de etileno pelos frutos (Nunes et al. 2006). Outra possibilidade diz respeito ao ponto de colheita. O mamão quando colhido no estágio 0, quando apresenta 100% da casca com coloração verde, pode apresentar pequenas variações nos atributos físico-químicos da polpa, o que significa variações na evolução do amadurecimento do fruto, porém sem qualquer diferença exterior aparente.

A redução na emissão de etileno observada utilizando revestimentos de quitosana também foi relatada por Alves et al. (2010) em maracujá, utilizando revestimentos de quitosana a 1,0 e 1,6%. Esses autores verificaram que em ambas as concentrações utilizadas houve redução na emissão de etileno, porém, apenas o revestimento de quitosana a 1,6% apresentou diferença significativa em relação aos frutos não revestidos. A redução na emissão de etileno encontrada neste ensaio nos frutos revestidos com quitosana a 0,5 e 2,0% pode ser atribuída à modificação dos níveis endógenos de O_2 e CO_2 (El Ghaouth et al., 1992). O aumento de CO_2 e a redução de O_2 resultantes da ação dos revestimentos de quitosana atuam reduzindo a respiração e inibindo a atividade da enzima ACC oxidase, responsável pela síntese de etileno (Bleecker e Kende, 2000). O fato de os revestimentos de quitosana a 1,0% e 1,5% não apresentarem diferenças estatísticas do tratamento controle pode ser atribuído ao fato de a quitosana ser um biopolímero dinâmico, que interage com a superfície do fruto e tem sua eficiência como revestimento determinada não somente em função das concentrações, mas por diversos fatores como pH, temperatura, umidade relativa, grau de desacetilação, peso molecular, adesão e coesão (Azeredo et al., 2010). Dessa forma, nem sempre existe uma correlação direta entre as concentrações dos revestimentos e as consequências fisiológicas nos frutos.

A maior variação na emissão de etileno e consequente elevação apresentada pelos frutos controle a partir dos 7 dias após a colheita podem ser atribuídas ao fato de os frutos passarem a apresentar incidência de podridão peduncular e antracnose. Adicionalmente, Gomez et al. (1999), avaliando o efeito

da irradiação em mamões do cultivar Solo, atribuíram o aumento da emissão de etileno entre o 8º e o 10º dias como marco de início da senescência. Cabe salientar que os frutos revestidos por quitosana também apresentaram as injúrias mencionadas em menor grau nas maiores concentrações, constatando a atividade antimicrobiana da quitosana.

A respiração foi outra importante variável avaliada pela emissão de CO₂ por estar diretamente relacionada ao metabolismo dos frutos e, em especial, à emissão de etileno (Bautista-Baños et al., 2006). A redução na respiração observada nos revestimentos de quitosana a 0,5% e 2,0% é amplamente abordada na literatura em outras espécies (El Ghaouth et al., 1992; Jiang and Li, 2001; Lin et al., 2011). Contudo, os revestimentos de quitosana a 1,0% e 1,5% propiciaram aumento nas taxas respiratórias. Algo especialmente interessante evidenciado nessa variável é o fato de todos os revestimentos de quitosana terem propiciado aumento nas taxas respiratórias nos frutos até 5 dias após a colheita. Esses dados podem ser um indicativo de que os revestimentos de quitosana inicialmente reduziram a concentração de oxigênio molecular disponível nas células, desencadeando um processo fermentativo conhecido como *Efeito Pasteur* (Taiz e Zieger, 2009). A respiração é a decomposição oxidativa de substâncias mais complexas presentes nas células (amido, açúcares, ácidos orgânicos) em moléculas mais simples (CO₂ e H₂O), com concomitante produção de energia e outras moléculas, as quais podem ser utilizadas pela célula para reações de síntese (Maia et al., 2009). Em condições de baixa disponibilidade de oxigênio ou anoxia, ocorre a paralisação do ciclo do ácido cítrico e da cadeia respiratória, onde a maior parte da energia é produzida, restando apenas a via glicolítica como fonte de energia (ATP). No entanto, como a via glicolítica responde apenas por aproximadamente 25% da energia total produzida pelo processo respiratório, para suprir as demandas metabólicas, é necessário o aumento da taxa respiratória (Taiz e Zieger, 2009), o que estaria de acordo com os resultados observados. Dessa forma, fica evidente que a redução da taxa respiratória do fruto, evitando níveis demasiadamente baixos de oxigênio, contribui na ampliação da sua vida de prateleira (Kirkland et al., 2008), ao passo que o aumento da taxa respiratória acelera a deterioração dos frutos.

A perda de massa fresca representa a perda de água e está intimamente relacionada à deterioração dos frutos. Os revestimentos de quitosana

apresentaram efetiva redução na perda de massa dos frutos de mamão 'UENF/Caliman 01', tendo o revestimento a 2,0% apresentado o melhor resultado nessa variável. Resultados semelhantes foram encontrados por Cerqueira et al. (2011) e Ali et al. (2011), embora na literatura tenha sido relatado por alguns autores que moléculas hidrofílicas como a quitosana não são boas barreiras a difusão de vapor de água (Azeredo et al., 2010).

A coloração externa é um importante atributo que tem grande peso na aceitação do consumidor (Campbell et al., 2004). O atraso no desenvolvimento da cor nos frutos revestidos com maior concentração de quitosana já foi observado em outros trabalhos. Ali et al. (2011), trabalhando com revestimentos de quitosana em mamões da variedade Eksotika II, atribuíram o atraso do desenvolvimento da cor à redução da taxa respiratória e à emissão de etileno em função da redução da permeabilidade da casca (Bai et al., 2003; Dutta et al., 2009), o que resultaria na redução da atividade metabólica dos frutos. Dessa forma, haveria diminuição na velocidade da degradação de clorofilas e na síntese de carotenoides decorrentes do processo de amadurecimento (Jain et al., 2003). Mesmo com o atraso na mudança de cor, todos os tratamentos evoluíram para a coloração amarela.

Outro atributo importante para aceitação do consumidor é a firmeza (Cuquel et al., 2012). Diversos trabalhos utilizando revestimentos de quitosana, entre eles os trabalhos de Ali et al. (2011) e Bautista-Baños et al. (2003), observaram atraso na perda de firmeza em frutos de mamão 'Eksotika II' e 'Maradol', respectivamente. No presente trabalho, os revestimentos de quitosana aceleraram a perda de firmeza dos frutos de mamão 'UENF/Caliman01', sendo que aos 5 dias após a colheita os frutos de todos os tratamentos se encontravam em igualdade nos valores de firmeza. No entanto, para a firmeza da polpa, embora tenham apresentado menor média que os frutos controle, os frutos revestidos com quitosana a 1,0% não diferiram estatisticamente dos frutos controle não revestidos, fazendo desse o melhor dos revestimentos avaliados. O amolecimento dos frutos é um processo que pode ou não ser mediado por enzimas e faz parte do processo de amadurecimento (Santiago-Doménech et al., 2008), sendo o resultado de alterações na parede celular, como a degradação e solubilização de celulose, hemicelulose e pectinas (Lazan et al., 1995; Owino et al., 2004; Manrique e Lajolo, 2004; Brummell, 2006; Goulao e Oliveira, 2008). O

aumento inicial da taxa respiratória em decorrência do *Efeito Pasteur* foi seguramente determinante para este quadro observado. No amadurecimento, ocorre predominância de processos degradativos que foram intensificados juntamente com a respiração na necessidade de suprir as demandas metabólicas.

Os açúcares solúveis presentes nas frutas na forma livre ou combinada são responsáveis pela doçura do fruto (Chitarra e Chitarra, 2005). Nesse ensaio, foi observado que os frutos revestidos por quitosana a 1,0% e 1,5% apresentaram menores valores no teor de sólidos solúveis que os demais tratamentos e houve um incremento no teor de sólidos solúveis apenas entre o primeiro e o terceiro dia após a colheita e, posteriormente, houve queda suave nos valores dessa variável. Esses resultados diferem dos apresentados por Bautista-Baños et al. (2003), em mamão, e por Cerqueira et al. (2011), em goiaba, em que houve manutenção do teor de sólidos solúveis ao longo do amadurecimento. Diferem também dos resultados apresentados por Al Eryani et al. (2008) e Ali et al. (2011), que, em trabalhos com mamão, observaram incremento no teor de sólidos solúveis, sendo que os revestimentos de quitosana atuaram reduzindo esse aumento ao longo dos dias de armazenamento. Contudo, os resultados aqui apresentados fazem todo o sentido se considerarmos a baixa disponibilidade de oxigênio associada a uma menor tolerância da variedade ao baixo nível de oxigênio e a uma possível difusão reduzida deste gás (Park et al., 1993), podendo esse aumento inicial do TSS nos frutos revestidos ser consequência da respiração exclusivamente pela glicólise num primeiro momento.

A acidez titulável não foi influenciada pelos revestimentos e houve predomínio pelo decréscimo até 11 dias após a colheita, quando foram observados aumento da acidez titulável e queda seguinte. Ali et al. (2011) observaram decréscimo da acidez titulável até o final de 5 semanas de armazenamento refrigerado. No entanto, Costa e Balbino (2002) afirmam que o mamão pode apresentar algum incremento na acidez titulável em decorrência da síntese de ácido galacturônico, resultante da degradação das paredes celulares.

A razão TSS/AT também não foi influenciada pelos revestimentos de quitosana e foi observado um leve aumento que atingiu seu ápice entre 7 e 9 dias após a colheita, o que pode ser atribuído às variações na acidez titulável (Carvalho et al., 2010). Esses resultados mostram que a utilização dos revestimentos de quitosana não alterou as relações entre o sabor doce e ácido e

nem a evolução do processo de maturação nos frutos do mamão 'UENF/Caliman 01' (Kechinski, 2007; Carvalho et al., 2010).

3.3.6. CONCLUSÕES

Nos mamões 'UENF/Caliman 01', os revestimentos de quitosana avaliados aceleraram o amadurecimento e intensificaram a perda de firmeza em consequência de um processo inicial de fermentação. O revestimento de quitosana a 1,0% apresentou os melhores resultados quanto à vida de prateleira, mas não diferiu dos frutos não revestidos. Em mamões 'UENF/Caliman 01', são necessários novos estudos com outras técnicas de conservação pós-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit Jr, M.E. (1992) Fruit ripening abscission and postharvest disorders. *In: Abeles, F.B., Morgan, P.W., Saltveit Jr, M.E. (Eds.) Ethylene in plant biology*. 2nd ed. California: Academic Press, p.182-221.
- Abreu, J. R., Santos, C. D., Abreu, C. M. P., Pinheiro, A. C. M., Corrêa, A. D. (2012) Ripening pattern of guava cv. Pedro Sato. *Food Science and Technology*, 32(2): 344-350.
- Al Eryani, A.R., Mahmud, T.M.M., SyedOmar, S.R., Mohamed-Zaki, A.R. (2008) Effects of calcium infiltration and chitosan coating on storage life and quality characteristics during storage of Papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 3(4): 296-306.
- Alexander, L., Grierson, D. (2002) Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of Experimental of Botany*, 53: 2039-2055.
- Ali, A., Muhammad, M.T.M., Sijamc, K., Siddiqui, Y. (2011) Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124: 620–626.

- Alves, G.V.L., Santos, W.C., Waldman, W.R., Oliveira, J.G., Vargas, H., Silva, M.G. (2010) A photoacoustic technique applied to detection of ethylene emissions in edible coated passion fruit. *Journal of Physics, Conference Series (Online)*, 214: 012-020.
- Azeredo, H.M.C., Brito, D., Assis, O.B.G. (2010) Chitosan edible films and coatings - a review. In: Davis, S. P. (Ed). *Chitosan: Manufacture, properties, and usage*. New York: New Science Publishers, p. 179-194.
- Bai, J., Victorine, A., Hagenmaier, R.D., Mattheis, J.P., Baldwin, E.A. (2003) Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). *Postharvest Biology and Technology*, 28: 259-268.
- Bapat, V.A., Trivedi, P.K., Ghosh, A., Sane, V.A., Ganapathi, T.R., Nath P. (2010) Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnology Advances*, 28(1): 94-107.
- Barreto, G.P.M., Fabi, J.P., De Rosso, V.V., Cordenunsi, B.R., Lajolo, F.M., Nascimento, J.R.O., Mercadante, A.Z. (2011) Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya postharvesting ripening. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 620-624.
- Barry, C.S., Llop-Tous, M.I., Grierson, D. (2000) The regulation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene expression during the transition from system-1 to system-2 ethylene synthesis in tomato. *Plant Physiology*, 123: 979-986.
- Basulto, F. S., Duch, E. S., Y-Gil, F. E., Díaz Plaza, R., Saavedra, A. L., Santamaría, J. M. (2009) Postharvest ripening and maturity indices for maradol papaya. *Interciencia*, 34(8): 583-588.
- Bautista-Baños, S., Hernández-Lauzardo, A.N., Velázquez-del Valle, M.G., Hernandez-López, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L., (2006)

Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25: 108–118.

Bautista-Baños, S., Hernandez-Lopez, M., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L. (2003). Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection*, 22: 1087–1092.

Berilli, S.S., Almeida, S.B., Carvalho, A.J.C., Jesus Freitas, S., Berilli, A.P.C.G., Santos, P.C. (2011) Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33 (spe1): 592-598.

Berilli, S.S., Oliveira, J.G., Marinho, A.B., Lyra, G.B., Souza, E.F., Viana, A.P., Bernardo, S., Pereira, M.G. (2007) Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1): 11-14.

Bleecker A.B., Kende, H. (2000) Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 16: 1–18.

Bron, I. U., Jacomino, A. P. (2006) Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(3): 389-396.

Brummell, D.A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology*, 33: 103-119.

Campbell, B.L., Nelson, R.G., Ebel, W.A., Dozier, J.L., Adrian, B., Hockema. (2004) Fruit quality characteristics that affect consumer preferences for satsuma mandarins. *HortScience*, 39(7): 1664-1669.

Cardoso, W.S., Pinheiro, F.A., Perez, R., Patelli, T., Faria, E.R. (2010) Desenvolvimento de uma salada de frutas: da pesquisa de mercado à tecnologia de alimentos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(2): 454-462.

- Cerqueira, T.S., Jacomino, A.P., Sasaki, F.F., Alleoni, A.C.C. (2011) Recobrimento de goiabas com filmes proteicos e de quitosana. *Bragantia*, 70(1): 216-221.
- Chen, N.J., Paull, R.E. (2003) Endoxylanase expressed during papaya fruit ripening: purification, cloning and characterization. *Functional Plant Biology*, 30: 433-441.
- Chitarra, M.I.F., Chitarra, A.B. (2005) *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 783p.
- Corrêa, S.F., Mota, L., Paiva, L.B., Couto, F.M., Silva, M.G., Oliveira, J.G., Sthel, M.S., Vargas, H., Miklos, A. (2011) Effects of ozone exposure on 'Golden' papaya fruit by photoacoustic phase-resolved method: Physiological changes associated with carbon dioxide and ethylene emission rates during ripening. *Journal of Applied Physics*, 109(11): 114701(1) - 114701(7).
- Corrêa, S.F., Oliveira, J.G., Santos, W.C., Souza, A.F., Vargas, H., Silva, M.G., Miklos, A. (2012) Application of the photoacoustic spectroscopy in the monitoring emission of C₂H₄ and CO₂ in passion fruit stored under different atmospheres. *Acta Horticulturae*, 934: 125-132.
- Corrêa, S.F.; Souza, M.S.; Pereira, T.; Alves, G.V.L.; Oliveira, J.G.; Silva, M.G.; Vargas, H. (2008) Determination of thermal diffusivity in papaya pulp as a function of maturation stage. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3): 611-615.
- Costa, A.F.S., Balbino, J.M.S. (2002) Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: Folegatti, M.I.S., Matsuura, F.C.A.U. (Eds.). *Mamão: pós-colheita*. (Série Frutas do Brasil, 21). Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 12-18.
- Costa, A.F.S., Pacova, B.E.V. (2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D.S.;

- Costa, A.F.S. (Eds) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória: INCAPER, p.59-102.
- Cuquel, F.L., Oliveira, C.F.S., Lavoranti, O.J. (2012) Sensory profile of eleven peach cultivars. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32(1): 70-75.
- Dantas, S.A.F., Oliveira, S.M.A., Michereff, S.J., Nascimento, L.C., Gurgel, L.M.S., Pessoa, W.L.R.S. (2003) Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na central de abastecimento do Recife. *Fitopatologia Brasileira*, 28(5): 528-533.
- Dias, T.C.; Mota, W.F.; Otoni, B.S.; Mizobutsi, G.P.; Santos, M.G.P. (2011) Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2): 666-670.
- Dutta, P.K., Tripathi, S., Mehrotra, G.K., Dutta, J. (2009) Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114 (4): 1173-1182.
- Egea, I., Barsan, C., Bian, W., Purgatto, E., Latché, A., Chervin, C., Bouzayen, M., Pech, J.C. (2010) Chromoplast differentiation: Current status and perspectives. *Plant and Cell Physiology*, 51: 1601-1611.
- El-Ghaouth, A., Ponnampalam, R., Castaigne, F., Arul, J. (1992) Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *Hort Science*, 9: 1016–1018.
- Fabi, J. P., Lajolo, F. M., Nascimento, J. R. O. D. (2009) Cloning and characterization of transcripts differentially expressed in the pulp of ripening papaya. *Scientia Horticulturae*, 121(2): 159-165.
- Fabi, J.P., Cordenunsi, B.R., Barreto, G.P.M., Mercadante, A.Z., Lajolo, F.M., Nascimento, J.R.O. (2007) Papaya fruit ripening: Response to ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 6118-6123.

- Fabi, J.P., Mendes, L.R.B.C., Lajolo, F.M., Nascimento, J.R.O. (2010) Transcript profiling of papaya fruit reveals differentially expressed genes associated with fruit ripening. *Plant Science*, 179: 225–233.
- Fagundes, G. R., Yamanishi, O. K. (2001) Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “solo” comercializados em quatro estabelecimentos de Brasília-DF. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23: 541-545.
- FAOSTAT (2010). Papayas: U.S. import-eligible countries; world production and exports. URL <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- Fernandes, P.L.O., Aroucha, E.M.M., Souza, P.A., Sousa, A.E.D., Fernandes, P.L.O. (2010) Qualidade de mamão ‘Formosa’ produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. *Revista Ciência Agronômica*, 41(4): 599-604.
- Fonseca, M.J.O., Cenci, S.A., Leal, N.R., Botrel, N. (2003). Uso de atmosfera controlada para conservação pós-colheita do mamão ‘Golden’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3): 537-539.
- Fonseca, M.J.O., Leal, N.R., Cenci, S.A. (2004). Padrão de ocorrência de doenças em mamão armazenado sob atmosfera controlada. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(3): 547-549.
- Fonseca, M. J. O., Leal, N. R., Cenci, S. A., Cecon, P. R., Bressan-Smith, R. E., Soares, A. G. (2006). Emissão de etileno e de CO₂ em mamão 'Sunrise Solo' e 'Golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(2): 322-324.
- Fontes, R.V., Viana, A.P., Pereira, M.G., Oliveira, J.G., Vieira, H.D. (2012) 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*, 34(1): 143-151.

- Gayosso-García, L., Yahia, E., González-Aguilar, G. (2011) Identification and quantification of phenols, carotenoids, and vitamin C from papaya (*Carica papaya* L., cv. Maradol) fruit determined by HPLC-DAD-MS/MS-ESI. *Food Research International*, 44: 1284-1291.
- Gayosso-García, L., Yahia, E., Martínez-Téllez, M., González-Aguilar, G. (2010) Effect of maturity stage of papaya Maradol on physiological and biochemical parameters. *American Journal of Agricultural and Biological*, 5(2): 194-203.
- Giovannoni, J.J. (2001) Molecular regulation of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 725-749.
- Gomez, M.L.P.A., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (1999) Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. Cv. Solo): influência da radiação gama. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(2). [dx.doi.org/10.1590/S0101-20611999000200017](https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000200017). Acesso em 14.03.13.
- Gomez, M.L.P.A., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (2002) Evolution of soluble sugars during ripening of papaya fruit and its relation to sweet taste. *Journal of Food Science*, 67: 442-447.
- Goulao, L.F., Oliveira, C.M. (2008) Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 19: 4-25.
- Hirano, S., Itakura, C., Seino, H., Akiyama, Y., Nonata, I., Kanbara, N., Kawakami, T. (1990) Chitosan as an ingredient for domestic animal feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1214-1217.
- Inaba, A. (2007) Studies on the internal feedback regulation of ethylene biosynthesis and signal transduction during fruit ripening, and the improvement of fruit quality. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 76: 1-2.

- Instituto Adolfo Lutz. (2008) *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. (4th ed., 1st ed. digital). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (Capítulo 15).
- Jacomino, A. P., Kluge, R. A., Brackmann, A., Castro, P. R. D. C. (2002) Ripening and senescence of papaya with 1-methylcyclopropene. *Scientia Agricola*, 59(2): 303-308.
- Jacomino, A.P., Ojeda, R.M., Kluge, R.A., Scarpate Filho, J.A. (2003) Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 401-405.
- Jain, N.; Dhawan, K.; Malhotra, S.; Singh, R. (2003) Biochemistry of fruit ripening of guava (*Psidium guajava* L.): Compositional and enzymatic changes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 309-315.
- Jiang, C.M., Wu, M.C., Wu, C.L., Chang, H.M. (2003). Pectinesterase and polygalacturonase activities and textural properties of rubbery papaya (*Carica papaya* Linn.). *Journal of Food Science*, 68(5): 1590-1594.
- Jiang, Y., Li, Y. (2001) Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*, 73: 139–143.
- Kechinski, C., P. (2007) *Avaliação do uso de ozônio e de outros tratamentos alternativos para a conservação do mamão papaia (Carica papaya L.)*. Tese (Mestrado em Engenharia) – Porto Alegre – RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 125p.
- Kende, H. (1993) Ethylene biosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 44: 283-307.
- Kader, A. A. (2009). Papaya: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/papaya.shtml>. Acesso em 20/02/2010.

- Kirkland, B.S., Clarke, D.R., Paul, D.R. (2008) A versatile membrane system for bulk storage and shipping of produce in a modified atmosphere. *Journal of Membrane Science*, 324: 119-127.
- Krongyut, W., Srilaong, V., Uthairatanakij, A., Wongs-Aree, C., Esguerra, E.B., Kanlayanarat, S. (2011) Physiological changes and cell wall degradation in papaya fruits cv. 'Kaek Dum' and 'Red Maradol' treated with 1-methylcyclopropene. *International Food Research Journal*, 18(4): 1251-1259.
- Kurek, M., Scetar, M., Voilley, A., Galic, K., Debeaufort, F. (2012) Barrier properties of chitosan coated polyethylene. *Journal of Membrane Science*, 403-404: 162–168.
- Lam, P.F. (1990) Respiration rate, ethylene production and skin color change of papaya at different temperatures. *Acta Horticulturae*, 269: 257-266.
- Lazan H., Selamat, M. K., Ali, Z. M. (1995). β -galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, 95: 106-112.
- Li, M., Zhang, Y., Zhang, Z., Ji, X., Zhang, R., Liu, D., Gao, L., Zhang, J., Wang, B., Wu, Y., Wu, S., Chen, X., Feng, S., Chen, X. (2013) Hypersensitive Ethylene Signaling and ZMdPG1 Expression Lead to Fruit Softening and Dehiscence. *PLoS ONE*, 8(3): e58745. doi:10.1371/journal.pone.0058745
- Lima, L.M., Morais, P.L.D., Medeiros, É.V., Mendonça, V., Xavier, I.F., Leite, G.A. (2009) Qualidade pós-colheita do mamão formosa 'Tainung01' comercializado em diferentes estabelecimentos no município de Mossoró-RN. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31(3): 902-906.
- Lin, B., Du, Y., Liang, X., Wang, X., Wang, X., Yang, J. (2011). Effect of chitosan coating on respiratory behavior and quality of stored litchi under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 102(1): 94-99.

- Maia, G.A., Sousa, P.H.M., Lima, A.S., Carvalho, J.M., Figueiredo, R.W. (2009) *Processamento de frutas tropicais: nutrição, produção e controle de qualidade*. Fortaleza: UFC, 277p.
- Manica, I. Cultivares e melhoramento de mamoeiro. In: Mendes, L. G., Dantas, J. L. L., Morales, C. F. G. Mamão no Brasil. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1996. 179p.
- Manrique, G.D., Lajolo, F.M. (2004) Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 33: 11-26.
- Mantilla, S.P.S., Mano, S.B., Vital, H.C.; Franco, R.M. (2010) Atmosfera modificada na conservação de alimentos. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, 8(4): 437-448.
- Marcos, J. F., González-Candelas, L., Zacarías, L. (2005) Involvement of ethylene biosynthesis and perception in the susceptibility of citrus fruits to *Penicillium digitatum* infection and the accumulation of defence-related mRNAs. *Journal of Experimental Botany*, 56(418): 2183-2193.
- Marinho, A.B., Bernardo, S., Sousa, E. F., Pereira, M. G., Monnerat, P.H. (2008) Produtividade e qualidade de frutos de mamão cultivar 'Golden' sob diferentes lâminas de irrigação e doses de potássio no norte de espírito santo. *Engenharia Agrícola*, 28(3): 417-426.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements, *HortScience*, 27: 1254-1255.
- Morais, P.L.D., Silva, G.G., Menezes, J.B., Maia, F.E.N., Dantas, D.J., Sales Júnior, R. (2007) Pós-colheita de mamão híbrido UENF/CALIMAN 01, cultivado no Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(3): 666-670.

- No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z. (2007) Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72: 87-100.
- Nunes, G.H.S., Madeiros, A.E.S., Grangeiro, L.C., Santos, G.M., Sales Junior, R. (2006) Estabilidade fenotípica de híbridos de melão amarelo avaliados no Polo Agroindustrial Mossoró-Assu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 57-67.
- Nunes-Nesi, A., Fernie, A.R., Stitt, M. (2010) Metabolic and signaling aspects under pinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. *Molecular Plant*, 3(6): 973-996.
- Oliveira Jr, L.F.G., Coelho, E.M., Coelho, F.C. (2005) Caracterização pós-colheita de mamão armazenado em atmosfera modificada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(3): 660–664.
- Oliveira, J.G., Bressan-Smith, R. E., Campostrini, E., Cunha, M. D., Costa, E. S., Torres Netto, A., Coutinho, K.S., Silva, M. G., Vitória, A. P. (2010) Papaya pulp gelling: is it premature ripening or problems of water accumulation in the apoplast?. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(4): 961-969.
- Oliveira, J.G., Pereira, M.G., Martelleto, L.A.P., Ide, C.D. (2005) Mancha fisiológica do mamão: uma perspectiva de obtenção de material genético tolerante. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(3): 458-461.
- Oliveira, J.G., Vitoria, A.P. (2011) Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. *Food Research International*, 44(5): 1306-1313.
- Oliveira-Jr, L.F.G., Carlos, L.A., Cordeiro, C.A.M., Coelho, E.M., Araujo, T.R. (2007) Qualidade de mamão 'Golden' minimamente processado, armazenado em diferentes temperaturas. *Scientia Agraria*, 8(3): 219-224.

- Owino, W.O., Nakano, R., Kubo, Y., Inaba, A. (2004) Alterations in cell wall polysaccharides during ripening in distinct anatomical tissue regions of the fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32: 67-77.
- Park, Y.M., Blanpied, G.D., Joswiak, Z., Liu, F.W. (1993) Postharvest studies of resistance to gas diffusion in McIntosh apples. *Postharvest Biology and Technology*, 2(4): 329-339.
- Paull, R.E. (1993) Pineapple and papaya. In *Biochemistry of Fruit Ripening*; Seymour, G., Taylor, J., Tucker, G., Eds.; Chapman and Hall: London, U.K., p 291-323.
- Paull, R.E., Nishijima, W., Reyes, M., Cavaletto, C. (1997) Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 11: 165-179.
- Paull, R.E., Chen, N.J. (1983) Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. *Plant Physiology*, 72: 382-385.
- Paull, R.E., Gross, K., Qiu, Y. (1999). Changes in papaya cell walls during fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 16: 79–89.
- Pereira, M.E.C., Silva, A.S., Bispo, A.S.R., Santos, D.B., Santos, S.B., Santos, V.J. (2006) Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(6): 1116-1119.
- Pereira, T.; Almeida, P.S.G.; Azevedo, I.G.; Cunha, M.; Oliveira, J.G.; Silva, M.G.; Vargas, H. (2009) Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages. *Postharvest Biology and Technology*, 54: 123-130.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E.T., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W. (2003) Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4(6): 1457–1465.

- Resende, E. C. O., Martins, P. F., Azevedo, R. A. D., Jacomino, A. P., Bron, I. U. (2012) Oxidative processes during 'Golden' papaya fruit ripening. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 24(2): 85-94.
- Rivera-Pastrana, D. M., Yahia, E. M., Gonzalez-Aguilar, G. (2010) Phenolic and carotenoid profiles of papaya fruit (*Carica papaya* L.) and their contents under low temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 2358–2365.
- Rossetto, M.R.M., Nascimento, J.R.O., Purgatto, E., Fabi, J.P., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (2008) Benzylglucosinolate, benzylisothiocyanate, and myrosinase activity in Papaya fruit during development and ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 9592-9599.
- Salomão, L.C.C., Siqueira, D.L., Santos, D., Borba, A.N. (2007) *Cultivo do mamoeiro*. Viçosa: Editora UFV, 73 p.
- Santiago-Domenéch, N., Jiménez-Bermúdez, S., Matas, A. J., Rose, J. K. C., Muñoz-Blanco, J., Mercado, J. A., & Quesada, M. A. (2008). Antisense inhibition of a pectate lyase gene supports a role for pectin depolymerization in strawberry fruit softening. *Journal of Experimental of Botany*, 59(10), 2769-2779.
- Sañudo-Barajas, J.A., Labavitch, J., Greve, C., Osuna-Enciso, T., Muy-Rangel, D., Siller-Cepeda, J. (2009) Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. *Postharvest Biology and Technology*, 51(2): 158-167.
- Scalon, S.P.Q., Vieira, M.C., Zárata, N.A.H. (2002) Combinações de cálcio, atmosfera modificada e refrigeração na conservação pós-colheita da mandioquinha-salsa. *Acta Scientiarum*, 24(5): 1461-1466.

- Schweiggert, R.M., Steingass, C.B., Mora, E., Esquivel, P., Carle, R. (2011) Carotenogenesis and physico-chemical characteristics during maturation of red fleshed papaya fruit (*Carica papaya* L.). *Food Research International*, 44(5): 1373–1380.
- Serrano, L. A. L., Cattaneo, L. F. (2010) O cultivo do mamoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(3): 0-0. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452010000300001&lng=en&nrm=iso. Acesso em 06/05/2013.
- Shiga, T.M., Fabi, J.P., Nascimento, J.R.O., Petkowicz, C.L.O., Vriesmann, L.C., Lajolo, F.M., Cordenunsi, B.R. (2009) Changes in cell wall composition associated to the softening of ripening papaya: evidence of extensive solubilization of large molecular mass galactouronides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 7064-7071.
- Silva, M.G., Oliveira, J.G., Vitória, A.P., Corrêa, S.F., Pereira, M.G., Campostrini, E., Santos, E.O., Cavalli, A., Vargas, H. (2005) Correlation between ethylene emission and skin colour changes during papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. *Journal of Physique IV*, 125: 877-879.
- Silva, M.G., Saints, E., Stel, M.S., Cardoso, S.L., Cavalli, A., Oliveira, J.G., Pereira, M.G., Vargas, H. (2003) Effect of heat treatment on ethylene and CO₂ emissions rates during papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. *Review of Scientific Instruments*, 74: 703-706.
- Sivakumar, D., Sultanbawa, Y., Ranasingh, N., Wijesundera, R.L.C. (2005) Effect of the combined application of chitosan and carbonate salts on the incidence of anthracnose and on the quality of papaya during storage. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 80(4): 447–452.
- Sivakumar, D., Wall, M.M. (2013) Papaya Fruit Quality Management during the Postharvest Supply Chain. *Food Reviews International*, 29(1): 24-48.

- Souza, T.V., Coelho, E.F., Paz, V.P.S., Ledo, C.A.S. (2009) Avaliação física e química de frutos de mamoeiro 'Tainung nº1', fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. *Agrária*, 4(2): 179-184.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2009) *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed. 848 p.
- Tezotto, J.V., Jacomino, A.P., Godoy, A.E., Pereira, E.C.C., Galon, C.Z. (2011) Efeito do corte como dano mecânico na qualidade e na fisiologia de mamões 'Golden'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe1): 241-247.
- Van de Poel, B., Bulens, I., Markoula, A., Hertog, M.L., Dreesen, R., Wirtz, M., Vandoninck, S., Oppermaun, Y., Keulemans, J., Hell, R., Waelkens, E., De Proft, M.P., Sauter, M., Nicolai, B.M., Geeraerd, A.H. (2012) Targeted systems biology profiling of tomato fruit reveals coordination of the Yang cycle and a distinct regulation of ethylene biosynthesis during postclimacteric ripening. *Plant Physiology*, 160: 1498-1514.
- Yokotani, N., Nakano, R., Imanishi, S., Nagata, M., Inaba, A., Kubo, Y. (2009) Ripening-associated ethylene biosynthesis in tomato fruit is autocatalytically and developmentally regulated. *Journal of Experimental Botany*, 60: 3433–3442.
- Ziani, K., Osés, J., Coma, V., Maté, J.I. (2008) Effect of the presence of glycerol and Tween 20 on the chemical and physical properties of films based on chitosan with different degree of deacetylation. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 2159-2165.