



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE
FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM
ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-
COLHEITA

Francisco Tadeu Dantas de Lima
Bacharel em Agronomia

BANANEIRAS-PB
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE
FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM
ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-
COLHEITA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Francisco Tadeu Dantas de Lima

Orientador: Prof. Dr. Laesio Pereira Martins

Coorientadora: Profa. Dra. Belisia Lucia Moreira

Diniz Toscano

BANANEIRAS-PB

2016

Ficha Catalográfica elaborada na Seção de Processos Técnicos
Biblioteca Setorial de Bananeiras UFPB/CCHSA
Bibliotecária-Documentalista: Gilvanedja Mendes - CRB 4/1999

L732q Lima, Francisco Tadeu Dantas de.

Qualidade e conservação sob refrigeração de frutos de
Noni (*Morinda citrifolia* L) tratados com AG₃ e Ethefhon na
pré e pós-colheita / Francisco Tadeu Dantas de Lima. –
Bananeiras: [s.n], 2016.
132 f. : il.

Orientador: Laesio Pereira Martins.
Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) –
UFPB/CCHSA/PPGTA.

1. Reguladores vegetais. 2. Frutos de Noni (*Morinda
citrifolia* L). 3. Pós-colheita. I. Martins, Francisco Tadeu
Dantas de. II. Universidade Federal da Paraíba. III. Centro de
Ciências Humanas, Sociais e Agrárias. IV. Título.

UFPB/CCHSA/BS

CDU 631.8(043.2)

FRANCISCO TADEU DANTAS DE LIMA

**QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE FRUTOS
DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO
GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA**

Aprovado em: 20/05/2016

Julgamento

Examinadores	Conceito	Assinatura
Prof. Dr. Laesio Pereira Martins Presidente	Aprovado	Laesio Pereira Martins
Prof. ^a Dr. ^a Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz Examinadora	Aprovado	Belísia Lúcia M.T. Diniz
Prof. ^a Dr. ^a Silvanda de Melo Silva Examinadora	Aprovado	Silvanda de Melo Silva
Prof. ^a Dr. ^a Adriana Ferreira dos Santos Examinadora	Aprovado	Adriana Ferreira dos Santos

BANANEIRAS-PB

2016

INFORMAÇÕES CURRICULARES DO AUTOR

Francisco Tadeu Dantas de Lima – Nascido em 17 de dezembro de 1991, no município de Sousa, Estado da Paraíba. Ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Pombal, no ano de 2009. Em fevereiro de 2014 obteve o título de Agrônomo, no mesmo ano iniciou o curso de mestrado em Tecnologia Agroalimentar na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Bananeiras.

*A minha família, por estarem sempre ao meu lado.
A meu amigo Erinaldo Monteiro (in memoriam), por todo apoio,
incentivo e conselhos nas horas que mais precisei.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela fé para superar todos os obstáculos encontrados, pela força para continuar e não me deixar desistir, sabedoria para discernir o melhor caminho a seguir e por sempre me guiar em todos os momentos da minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de obter mais conhecimentos e evoluir na minha carreira profissional.

A CAPES/CNPq, pelo auxílio financeiro concedido.

Ao meu orientador professor Laesio Pereira Martins, pela excelente orientação, ensinamentos e conhecimentos transmitidos, por toda dedicação, disponibilidade, confiança, amizade e contribuição para a realização deste trabalho. Muito obrigado!

A professora Belisia Lucia Moreira Diniz Toscano, pela co-orientação e contribuição dada ao trabalho.

Ao Laboratório de Fisiologia Pós-colheita pelo suporte nas análises.

Aos meus pais Avelino e Maria Dalva e minhas irmãs Dalvilina e Juliana pelo amor, dedicação, por me apoiarem e acreditarem na minha capacidade e por nunca medirem esforços para me ajudar a alcançar meus objetivos.

A minha namorada Eliane Sousa pelos incentivos e ajuda nos momentos difíceis, companheirismo, amor, amizade, paciência e por sempre estar ao meu lado me apoiando e vibrando com minhas conquistas.

Aos meus amigos Luan, Jardeson, Daniela, Kelly Jullyanny, Emmanuel, Michely e Anely pela amizade sincera, convívio, pelos momentos de alegria, angústias e todo apoio dado durante essa caminhada. Espero que essa amizade dure por muito tempo, apesar da distância que nos separa.

Aos funcionários do Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, em especial Fabiano Tavares pelo apoio e ajuda durante o desenvolvimento do trabalho.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA

1. Introdução	1
2. Referencial teórico	2
2.1. Aspectos gerais do fruto.....	2
2.2. Reguladores vegetais.....	5
2.3. Armazenamento refrigerado.....	8
2.4. Danos pelo frio	9
2.5. Qualidade pós-colheita.....	12
3. Referências bibliográficas	15

CAPÍTULO II - APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

1. Introdução	26
2. Material e métodos.....	27
2.1. Origem dos frutos.....	27
2.2. Instalação e condução dos experimentos	28
2.2.1. Experimento I: Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pré-colheita de frutos de noni	28
2.2.2. Experimento II: Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pós-colheita de frutos de noni	28
2.3. Avaliações.....	29
2.3.1. Avaliações físicas.....	29
2.3.2. Avaliações físico-químicas	29
2.4. Delineamento experimental e análise estatística	30
3. Resultados e discussão	30
3.1. Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pré-colheita de frutos de noni	30
3.1.1. Aspecto geral dos frutos de noni.....	30
3.1.2. Atributos físico-químicos	31
3.2. Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pós-colheita de frutos de noni	33
3.2.1. Perda de massa	33

3.2.2. Firmeza	35
3.2.3. Coloração da casca	36
3.2.4. Sólidos solúveis	38
3.2.5. Acidez titulável	39
3.2.6. Potencial hidrogeniônico (pH)	40
3.2.7. Ácido ascórbico.....	41
4. Conclusões	42
5. Referências bibliográficas	43

CAPÍTULO III - INCIDÊNCIA DE DANO PELO FRIO EM FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

1. Introdução	48
2. Material e métodos.....	49
2.1. Origem dos frutos.....	49
2.2. Instalação e condução dos experimentos	50
2.2.1. Experimento I: Influência do estágio de maturação no desenvolvimento de danos pelo frio em frutos de noni	50
2.2.2. Experimento II: Dano pelo frio e qualidade de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas e tempo de exposição	51
2.3. Avaliações.....	52
2.3.1. Avaliação Subjetiva.....	52
2.3.2. Avaliações Físicas	52
2.3.3. Avaliações Físico-Químicas	52
2.3.4. Atividade Enzimática.....	53
3. Resultados e discussão	54
3.1. Influência do estágio de maturação na incidência de danos pelo frio em frutos de noni	54
3.2. Dano pelo frio e qualidade de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas e tempo de exposição	57
3.2.1. Índice de dano pelo frio	57
3.2.2. Perda de massa	59
3.2.3. Firmeza	60
3.2.4. Coloração da casca	62
3.2.5. Coloração da polpa.....	65
3.2.6. Sólidos solúveis	67
3.2.7. Acidez titulável	68

3.2.8. Extravasamento de eletrólitos.....	70
3.2.9. Polifenóis extraíveis totais (PET)	72
3.2.10. Atividade da peroxidase.....	74
3.2.11. Peroxidação de lipídeos.....	76
4. Conclusões	78
5. Referências bibliográficas	79

CAPÍTULO IV - ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEPHON

1. Introdução	90
2. Material e métodos.....	91
2.1. Origem dos frutos.....	91
2.2. Instalação e condução do experimento.....	91
2.3. Avaliações.....	92
2.3.1. Avaliações físicas.....	92
2.4. Delineamento experimental e análise estatística	94
3. Resultados e discussão	94
3.1. Perda de massa.....	94
3.2. Firmeza	96
3.3. Coloração da casca	97
3.4. Coloração da polpa	99
3.5. Sólidos solúveis	101
3.6. Acidez titulável	102
3.7. Potencial hidrogeniônico (pH)	103
3.8. Ácido ascórbico.....	104
3.9. Açúcares totais	106
3.10. Açúcares redutores	107
4. Conclusões	108
5. Referências bibliográficas	109

QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEPHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA

RESUMO- O presente trabalho teve como objetivo estudar os efeitos da aplicação de reguladores vegetais na pré e pós-colheita de frutos de noni e avaliar a qualidade pós-colheita quando os frutos são submetidos a baixas temperaturas. O trabalho foi dividido em três experimentos. O primeiro experimento avaliou os efeitos da aplicação pré e pós-colheita de AG₃ e ethephon sobre a maturação e qualidade de frutos de noni. Para tanto, foram obtidos frutos de plantas de noni com aproximadamente três anos, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB). Para avaliar o efeito dos reguladores na pré-colheita realizou-se pulverizações das plantas de noni, 30 dias antes da colheita comercial dos frutos, com duas doses de AG₃ (100 e 200 mg.L⁻¹) e duas doses de ethephon (500 e 1000 mg.L⁻¹) e controle, e para avaliar os efeitos da pós-colheita foram colhidos frutos de noni com coloração de casca totalmente esbranquiçada (TE), esses frutos foram levados para o laboratório e divididos em lotes para serem submetidos aos tratamentos com a aplicação dos reguladores vegetais (AG₃ 100 e 200 mg.L⁻¹; Ethefon 500 e 1000 mg.L⁻¹) e controle, sendo cada tratamento acondicionado em bandejas de polipropileno e armazenados em temperatura ambiente durante 8 dias. Foram realizadas as avaliações utilizando três repetições de três frutos para cada tratamento, em intervalos de 2 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas. No segundo experimento avaliou-se o efeito dos danos pelo frio na qualidade pós-colheita de frutos de noni submetidos a baixas temperaturas e identificar o estágio de maturação menos suscetível. Esse experimento foi dividido em duas etapas, na primeira etapa: Frutos nos estágios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e fruto totalmente esbranquiçado (TE) foram submetidos às temperaturas de 6, 9 e 12 °C por 5 dias para a determinação do estágio menos suscetível a danos pelo frio. Na segunda etapa: Frutos no estágio TE foram submetidos às temperaturas de 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 °C, por 5 dias. As avaliações nas duas etapas foram realizadas a cada 24 horas e para o monitoramento da evolução do dano pelo frio nos frutos realizou-se avaliações subjetivas na primeira etapa e subjetivas, físicas, físico-químicas e atividade enzimática na segunda. O terceiro experimento avaliou o efeito da aplicação de reguladores vegetais na qualidade e conservação de frutos de noni sob refrigeração. Após a colheita os frutos de noni foram divididos em lotes para serem submetidos aos tratamentos com a aplicação dos reguladores vegetais (AG₃ 200 mg.L⁻¹ e Ethefon 500 mg.L⁻¹) e controle, sendo cada tratamento acondicionado em bandejas de polipropileno e armazenados na temperatura de 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR em câmara B.O.D durante 20 dias. Foram realizadas as avaliações utilizando três repetições de três frutos para cada tratamento, em intervalos de 4 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas. De acordo com os resultados para o primeiro experimento, verificou-se que a aplicação pré-colheita de ethephon antecipou a colheita em 20 dias enquanto que a aplicação de 200 mg.L⁻¹ de AG₃ retardou a colheita em 15 dias. O AG₃ aplicado na pós-colheita proporcionou

menores valores de perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulavel e ainda maiores valores de firmeza e vitamina C dos frutos analisados, enquanto que nos frutos tratados com ethefon observou-se o inverso. Para o segundo experimento, observou-se que a incidência de danos pelo frio foi menor nos frutos no estágio AE a 12 °C e no estágio TE nas temperaturas de 9 e 12 °C, havendo surgimento de danos pelo frio apenas na temperatura de 9 °C às 120 horas de exposição, enquanto que em frutos nos estádios VA e AE, mantidos nas temperaturas de 6 e 9 °C, verificou-se que a gravidade dos sintomas de danos pelo frio se intensificou com o passar do tempo de exposição. No terceiro experimento, de acordo com os resultados obtidos a aplicação de AG₃ proporcionou menores valores de perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulavel e ainda maiores valores de firmeza e vitamina C dos frutos analisados, enquanto que nos frutos tratados com ethefon observou-se o inverso. Conclui-se que a utilização de AG₃ tanto em pré como em pós-colheita retarda a maturação dos frutos de noni possibilitando adiar a colheita e estender o período armazenamento, em contra partida, o ethefon antecipa a maturação, tornando de forma rápida os frutos aptos tanto para a colheita como para o consumo imediato e que os frutos de noni podem ser mantidos em temperaturas a partir de 10 °C, sem apresentar sinais de danos pelo frio ou prejuízos aos seus processos metabólicos normais.

Palavras-chaves: Armazenamento refrigerado, maturação, *Morinda citrifolia* L.

QUALITY AND CONSERVATION UNDER REFRIGERATION OF NONI FRUITS (*Morinda citrifolia* L.) TREATED WITH GIBERÉLIC ACID AND ETHEPHON IN THE PRE AND POST-HARVEST

ABSTRACT- This study aimed to study the effects of application of plant growth regulators in the pre and post-harvest noni fruit and evaluate the postharvest quality when the fruits are subjected to low temperatures. The work was divided into three experiments. The first experiment evaluated the effects of pre application and GA₃ post-harvest and ethephon on ripening and fruit quality of noni. Therefore, we obtained fruits of noni plants approximately three years, grown in Sector of Agriculture the Center Science Human, Social and Agricultural Federal University of Paraíba (CCHSA / UFPB). To evaluate the effect of regulators preharvest held spraying the plants noni 30 days before commercial fruit harvest with two doses of GA₃ (100 and 200 mg.L⁻¹) and two doses of ethephon (500 and 1000 mg.L⁻¹) and control and to evaluate the effects of post-harvest fruits were harvested noni with fully whitish coloring shell (TE), these fruit were brought to the laboratory pair and divided into lots to be submitted to treatments with the application of plant growth regulators (GA₃ 100 and 200 mg.L⁻¹; ethephon 500 and 1000 mg.L⁻¹) and control, each treatment packed in polypropylene trays and stored at room temperature for 8 days. They were conducted evaluations using three replications of three fruits per treatment, at intervals of two days as the physical and physicochemical determinations. In the second experiment evaluated the effect of chilling injury in noni fruit postharvest quality subjected to low temperatures and identify less susceptible maturation stage. The fruits harvested noni were selected, sanitized and standardized for color and absence of injuries. This experiment was divided into two stages, the first stage: Fruits in yellowish green maturation stages (VA), yellow-white (AE) and fully off-white fruit (TE) were subjected to temperatures of 6, 9 and 12 °C for 5 days for determining the stage less susceptible to damage by the cold. In the second step: Fruits in TE stage were subjected to temperatures of 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 °C for 5 days. The evaluations in two steps were taken every 24 hours and for monitoring the evolution of chilling injury in fruits was performed subjective evaluations in the first stage and subjective, physical, physico-chemical and enzymatic activity in the second. The third experiment evaluated the effect of the application of plant growth regulators on quality and conservation of fruit noni under refrigeration. After the fruits of noni harvest they were divided into lots to be submitted to treatments with the application of plant growth regulators (GA₃ 200 mg.L⁻¹ and ethephon 500 mg.L⁻¹) and control, each treatment packed in polypropylene trays and stored at a temperature of 10 ± 0.5 °C / 75 ± 5% RH in growth chamber for 20 days. Evaluations were performed using three replications of three fruits per treatment, 4 day intervals as the physical and physico-chemical determinations. According to the results for the first experiment, it was found that ethephon pre-harvest application anticipated harvest in 20 days while applying 200 mg.L⁻¹ GA₃ delayed harvest in 15 days. The GA₃ applied postharvest provided smaller mass loss values, soluble solids, titratable acidity and even greater firmness values and vitamin C from the fruits, while fruits treated with ethephon observed the reverse. For the second experiment, it was observed that the incidence of chilling

injury was lower in fruits in AE stage to 12 °C and TE stage at temperatures 9 and 12 °C, with the emergence of damage by cooling only in the temperature 9 °C to 120 hours of exposure, while in the fruit VA and AE stage, maintained at temperatures of 6 and 9 °C, it was found that the severity of symptoms of damage by cold intensified over the time of exposure. In the third experiment, according to the results of the application of GA₃ provided smaller mass loss values, soluble solids, titratable acidity and still higher stiffness values and vitamin C from the fruits, while in fruit treated with ethephon has been observed the inverse. It follows that the use of GA₃ both pre- and post-harvest retards the maturation of noni fruit allowing to postpone the harvesting and extend the storage period matched against the ethephon anticipates maturation, becoming quickly fruit fit both for the crop and for immediate consumption and that noni fruit can be maintained at temperatures from 10 °C without showing signs of damage or loss by cold their normal metabolic processes.

Keywords: Cold storage, ripening, *Morinda citrifolia* L.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1. Aspecto geral dos frutos de noni submetidos ao tratamento pré-colheita com reguladores vegetais em função de dias após a aplicação.	31
Figura 2. Efeitos dos reguladores vegetais na perda de massa (%) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.	34
Figura 3. Efeitos dos reguladores vegetais na firmeza (N) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.	35
Figura 4. Efeitos dos reguladores vegetais na luminosidade (L) (A), cromaticidade (C) (B) e ângulo hue (H) (C) da casca de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.....	37
Figura 5. Efeitos dos reguladores vegetais nos sólidos solúveis (%) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.	38
Figura 6. Efeitos dos reguladores vegetais na acidez titulável (% ác. Cítrico) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias	40
Figura 7. Efeitos dos reguladores vegetais no potencial hidrogênionico (pH) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias	41
Figura 8. Efeitos dos reguladores vegetais no teor de ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias	42

CAPÍTULO III

Figura 1. Frutos de noni em diferentes estádios de maturação. Fruto verde amarelado (VA), fruto amarelo esbranquiçado (AE) e fruto totalmente esbranquiçado (TE).	50
Figura 2. Sintomas do dano pelo frio na casca e polpa em frutos de noni nos estádios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e totalmente esbranquiçado (TE) durante as 120 horas de exposição às temperaturas de 6, 9 e 12 °C.	56
Figura 3. Perda de massa (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.....	59

Figura 4. Firmeza (N) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	61
Figura 5. Luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da casca de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	64
Figura 6. Luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da polpa de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	66
Figura 7. Sólidos solúveis (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	68
Figura 8. Acidez titulável (% de ác. cítrico) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	69
Figura 9. Extravasamento de eletrólitos (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	70
Figura 10. Atividade da peroxidase (POD – UAE/min/g) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	73
Figura 11. Polifenóis extraíveis totais (PET- mg.100 g ⁻¹) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	74
Figura 12. Conteúdo de MDA em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas de armazenamento (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.	77

CAPÍTULO IV

Figura 1. Efeitos dos reguladores vegetais na perda de massa (%) de frutos de noni armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.	95
Figura 2. Efeitos dos reguladores vegetais na firmeza (N) de frutos de noni armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.	96

Figura 3. Efeitos dos reguladores vegetais na luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da casca de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.....	98
Figura 4. Efeitos dos reguladores vegetais na luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da polpa de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.....	100
Figura 5. Efeitos dos reguladores vegetais nos sólidos solúveis (%) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	101
Figura 6. Efeitos dos reguladores vegetais na acidez titulável (% ácido cítrico) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	103
Figura 7. Efeitos dos reguladores vegetais no potencial hidrogênionico (pH) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	104
Figura 8. Efeitos dos reguladores vegetais no teor de ácido ascórbico (mg.100g^{-1}) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	105
Figura 9. Efeitos dos reguladores vegetais nos açúcares totais (g.100g^{-1} polpa) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	106
Figura 10. Efeitos dos reguladores vegetais nos açúcares redutores (g.100g^{-1} polpa) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR durante 20 dias.	107

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Efeito dos reguladores vegetais sobre a firmeza, teor de sólidos solúveis, teor de ácido ascórbico, acidez titulável e pH em função de dias após a aplicação. 32

CAPÍTULO III

Tabela 1. Índice de danos pelo frio em frutos de noni nos estádios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e totalmente esbranquiçado (TE) durante as 120 horas de exposição nas temperaturas de 6, 9 e 12 °C.....	54
---	----

Tabela 2. Índice de danos pelo frio em frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado (TE) em função da temperatura e do tempo de exposição.

.....57

CAPÍTULO I

QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA

QUALIDADE E CONSERVAÇÃO SOB REFRIGERAÇÃO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA

RESUMO - No Brasil ainda são poucos os trabalhos de pesquisa desenvolvidos com os frutos de noni, apesar da demanda internacional pelos produtos dessa espécie. O fruto é a parte da planta mais utilizada e seu consumo está relacionado principalmente aos benefícios à saúde. Os reguladores vegetais vêm sendo cada vez mais utilizados na fruticultura, os quais são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, promovem, inibem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos das plantas. O uso dos reguladores vegetais tem possibilitado a resolução de problemas de campo, melhorando qualitativamente e quantitativamente a produção agrícola. O uso de refrigeração no armazenamento de frutas, de maneira geral, é uma alternativa viável e econômica para a manutenção da qualidade pós-colheita, cujas condições variam de cultivar para cultivar e depende da temperatura utilizada. O armazenamento refrigerado apesar de ser uma prática comumente utilizada para retardar o amadurecimento de frutos e hortaliças, sob condições inadequadas, pode causar danos decorrentes da exposição a baixas temperaturas. O dano pelo frio constitui a desordem fisiológica mais comum e preocupante em produtos hortícolas armazenados. Elas ocorrem quando os produtos são expostos a temperaturas inferiores à temperatura mínima de segurança, mas acima do ponto de congelamento. A conquista de novos mercados para o fruto de noni deverá ocorrer associada a melhorias na qualidade pós-colheita desse fruto.

Palavras-chaves: *Morinda citrifolia* L., armazenamento refrigerado, etileno.

**QUALITY AND CONSERVATION UNDER NONI FRUIT (*Morinda citrifolia* L.)
COOLING TREATED WITH GIBERÉLIC ACID AND ETHEFHON IN PRE AND
POST-HARVEST**

ABSTRACT- In Brazil there are few research papers developed with noni, despite international demand for products of this kind. The fruit is a part of the most used plant and its consumption is mainly related to health benefits. The plant regulators are being increasingly used in horticulture, which are organic compounds, in small quantities, promote, inhibit or modify the morphological and physiological processes of plants. The use of plant growth regulators has allowed the resolution of field problems by improving qualitatively and quantitatively agricultural production. The cooling use for storing fruit, in general, is a viable and economical alternative for maintaining post-harvest quality, whose conditions vary from cultivar to cultivar and depends on the temperature used. The cold storage despite being a practice commonly used to slow the ripening of fruits and vegetables, under unsuitable conditions, can cause damage resulting from exposure to low temperatures. The chilling injury is the most common and disturbing physiological disorder in stored vegetables. They occur when products are exposed to temperatures below the minimum temperature of security, but above the freezing point. The conquest of new markets for the fruit of noni must occur associated with improvements in post-harvest quality of the fruit.

Keywords: *Morinda citrifolia* L., refrigerated storage, ethylene.

1. INTRODUÇÃO

O noni (*Morinda citrifolia* L.), pertence à família Rubiaceae, é originário do Sudoeste da Ásia, ocorre em diversos tipos de ambiente e se adapta muito bem em regiões tropicais e subtropicais. O fruto é a parte da planta mais utilizada e seu consumo está relacionado principalmente aos benefícios à saúde, sendo utilizados como antibactericida, antioxidante, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imunoestimulante (WANG et al., 2002). Além disso, o fruto do noni possui é rico em vitamina C, ultrapassando frutos como o abacaxi, o caju e o mamão (SILVA et al., 2012).

Como resultado disto à reputação e o consumo deste fruto vem aumentando cada vez mais, não apenas nos países produtores, mas também nos Estados Unidos, Japão e Europa (CHAN-BLANCO et al., 2006). No Brasil, apesar de apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo, ainda são poucos os estudos desenvolvidos com o fruto de noni, sendo escassas informações sobre seu cultivo, maturidade de frutos e comercialização.

O fruto de noni geralmente é colhido na condição de maturação em que ele se apresenta com coloração esbranquiçada e consistente. Após esse estágio ocorrem modificações bioquímicas aceleradas, ocasionando à queda dos frutos gerando perdas na produção. Há então uma necessidade em manter os frutos no estágio de maturação na pré ou na pós-colheita capazes de resistir ao transporte e ao manuseio pós-colheita sem prejudicar à sua qualidade (NELSON, 2003).

Dada essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para o aumento da vida útil após a colheita do fruto de noni. As modificações que ocorrem nos frutos durante essa fase, tais como evolução da cor, perda de firmeza e desenvolvimento do aroma, são desencadeadas pelo etileno, um hormônio que regula o amadurecimento de frutos climatéricos (BALBOTIN et al., 2007). Como alternativa para reduzir a produção e/ou ação do etileno e os processos fisiológicos associados à maturação de frutos, a aplicação de reguladores vegetais e o uso da refrigeração são amplamente empregadas.

Os reguladores vegetais que inibem a síntese ou a ação do etileno vêm sendo utilizados para retardar a maturação e preservar a qualidade pós-colheita dos frutos. Dentre esses reguladores pode-se citar o ácido giberélico (AG₃) que retarda todos

os eventos fisiológicos que são estimulados pelo etileno, dos quais muitos estão relacionados diretamente ao amadurecimento dos frutos, reduzindo a abscisão pré-colheita e permitindo a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2005). Já foi verificado que esse regulador retarda o amadurecimento de muitos frutos, como caqui (BLUM et al., 2008), ameixa (STEFFENS et al., 2009), tangerina (MODESTO et al., 2006), maçã (STEFFENS; RACKMANN, 2006) e pêssgo (AMARANTE et al., 2005).

O armazenamento refrigerado é a tecnologia mais utilizada para prolongar a vida útil e manter a qualidade dos frutos. A redução da temperatura diminui a produção de etileno e a respiração dos frutos, retardando o amadurecimento e, conseqüentemente, aumentando seu período de armazenamento, além de retardar o crescimento microbiano (BRACKMANN et al., 2002). No entanto, não existem informações sobre a faixa mais adequada de temperatura para o armazenamento do fruto de noni. O atraso na maturação e o conseqüente aumento no tempo de armazenamento, podem propiciar a extensão do período de comercialização deste fruto.

Diante do exposto faz-se necessário desenvolver tecnologias que preservem a qualidade, minimizem perdas e aumentem a rentabilidade dos frutos de noni. Este trabalho teve como objetivo fazer uma revisão da qualidade de frutos de noni (*Morinda citrifolia* L.) e a influencia da utilização de reguladores vegetais e armazenamento refrigerado na pós-colheita.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Aspectos gerais do fruto

O noni (*Morinda citrifolia* L.) é um fruto nativo do sudeste da Ásia e da Austrália, também conhecido entre outros nomes vulgares, como Ba Ji Tian, Nonu, Indian Mulberry, Canarywood e Cheesefruit. A denominação botânica do gênero é devida à união das palavras latinas *morus* (amora) e *indicus* (Índia), em referência à semelhança do fruto de noni ao da amoreira (*Morus alba* L.). Os cultivos comerciais de noni podem ser encontrados no Taiti, Havaí e outros países da Polinésia, onde são produzidos a maioria dos sucos comercializados no mundo (TOMBOLATO et al., 2005).

No Brasil, o cultivo do noni é muito recente e realizado de forma empírica por pessoas que trouxeram sementes do Caribe ou da Polinésia. Praticamente não existem informações técnico-científicas sobre seu cultivo, no que se refere à forma mais adequada de propagação, os espaçamentos mais indicados, exigências nutricionais, época de colheita e às necessidades de irrigação (VASCONCELOS; MIRANDA; SOUSA, 2014). O noni foi introduzido como uma matéria-prima de forte apelo comercial devido aos benefícios relacionados ao seu consumo (SILVA et al., 2012). O cultivo do noni é relatado nos Estados do Acre, São Paulo, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Norte, Paraíba, dentre outros (CORREIA et al., 2011). No estado da Paraíba o noni ainda é pouco cultivado, não havendo informações suficientes relacionadas a produção e o manejo.

O fruto noni é um sincarpo, ou seja, infrutescência produzida pela fusão dos frutos formados pelos ovários de flores vizinhas. Os carpelos individuais possuem cinco lados visíveis na superfície do fruto, e podem ser facilmente distinguidos pelas marcas nas paredes carpelares, e cada carpelo tem um “olho”, que é a cicatriz do cálice que fica depois que a flor entra em abscisão. Depois de cada flor ser fecundada, o carpelo cresce de três a cinco vezes o seu tamanho, e o número de sementes depende do número de carpelos (BAEZA, 2008).

O fruto do noni tem formato ovalado e carnudo com uma aparência em relevo, apresenta cerca de três a dez cm de comprimento e três a seis cm de largura, podem pesar entre 100 e 300 gramas (DIXON et al., 1999). O fruto contém 90% de água e os principais componentes da matéria são sólidos solúveis, fibras e proteínas. O teor de proteína representa 11,3% da matéria seca, e os principais aminoácidos são ácido aspártico, ácido glutâmico e isoleucina. Os minerais respondem por 8,4% da matéria seca, sendo que os principais são potássio, enxofre, cálcio e fósforo. (CHUNHIENG, 2003). Com relação às vitaminas, o fruto apresenta principalmente ácido ascórbico (24-158 mg/100g) (SHOVIC; WHISTLER, 2001), e pró-vitamina A (DIXON et al., 1999).

A casca consiste em uma fina película, facilmente retirada, quando o fruto está maduro, sendo este inicialmente verde, e com o amadurecimento se torna amarelo pálido ou esbranquiçado, posteriormente cinza translúcido e finalmente torna-se castanho com a senescência. A polpa, que muda de coloração, passando da cor

branca para a amarela, à medida que o fruto amadurece, é succulenta e amarga, apresentando um forte odor de ácido butírico (CHAN-BLANCO et al., 2006).

Sendo um fruto climatérico, geralmente a colheita do noni pode ser realizada antes que se tenha início o amadurecimento e enquanto os frutos ainda estiverem com textura firme, favorecendo o transporte, pois após atingir a completa maturação que ocorre de forma acelerada a polpa praticamente liquefaz dificultando as operações de colheita e transporte. É possível encontrar frutos em diferentes estágios de maturidade na mesma planta ao mesmo tempo (NELSON; ELEVITCH, 2006), e dependendo das técnicas pós-colheita adotadas, os frutos podem ser colhidos nos mais diversos estádios de maturação e continuarem amadurecendo. Os frutos são selecionados individualmente na árvore e colhidos manualmente, devendo ser transportadas em containeres ou cestas.

Os frutos de noni são usados há mais de 2000 anos na medicina popular de países do sudeste asiático, sendo utilizado cada vez mais com essa finalidade nos dias de hoje, suas possíveis propriedades farmacológicas e usos vem sendo estudados para comprovar o que o conhecimento popular defende sobre a sua utilização do noni para prevenção e cura de algumas enfermidades, principalmente, no combate a dores, tumores, inflamações, hipertensão, fadiga, entre outros. O fruto noni é considerado um antioxidante natural e o seu consumo diário, na forma de suco, auxilia o sistema imunológico e aumenta a capacidade das células na absorção de nutrientes (NELSON, 2005; TOMBOLATO et al., 2005).

Aproximadamente 160 compostos fitoquímicos já foram identificados em frutos de noni sendo os principais compostos fenólicos, ácidos orgânicos e alcaloides. Entre os compostos fenólicos, os mais importantes relatados são as antraquinonas. Os principais ácidos orgânicos são os capróico e caprílico, enquanto que o principal alcaloide é relatado xeronina (DITTMAR, 1993).

A vida útil pós-colheita deste fruto geralmente é curta, devido ao processo de maturação que ocorre de forma acelerada após a colheita, de modo que durante o armazenamento, cerca de um a dois dias o fruto já se encontra completamente amolecido, devendo ser logo processado antes de iniciar a deterioração (NASCIMENTO, 2012). De modo geral, há uma escassez de informações na literatura sobre a pós-colheita de frutos de noni, em relação às condições de

armazenamento, tais como temperatura, umidade relativa, tempo de vida útil e tecnologias que visem preservar ou conservar suas características sensoriais após a colheita. Contudo, a maioria dos trabalhos disponíveis fazem referência apenas a sua caracterização física e físico-química, capacidade antioxidante e medicinal.

2.2. Reguladores vegetais

Os hormônios vegetais são compostos orgânicos, produzidos em pequenas quantidades pela planta, que desencadeiam respostas fisiológicas específicas, relacionadas com a regulação do crescimento e da defesa das plantas (LESSENGER, 2006). Existem compostos análogos aos hormônios vegetais que ao serem aplicados exogenamente nas plantas desempenham funções similares. Esses compostos são denominados reguladores vegetais, os quais são compostos químicos, de origem natural (extratos de fontes naturais) ou sintética (sintetizados em laboratórios), necessários em pequenas quantidades para promover, inibir ou modificar os processos fisiológicos da planta. Os principais reguladores vegetais atualmente utilizados na agricultura pertencem aos grupos das auxinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno (PESSARAKLI, 2001).

A utilização de reguladores vegetais na fruticultura pode atrasar ou antecipar a maturação e a colheita de frutos, possibilitando racionalizar o uso de mão-de-obra na colheita e reduzir as perdas durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2009). Dentre esses regulados pode-se destacar o Ácido giberélico (AG₃) como retardador dos processos e o Ethephon (2-cloroetil fosfônico) como estimulador da maturação.

2.2.1. Ácido giberélico

Ácido giberélico (AG₃) é um regulador vegetal que tem demonstrado efeito sobre o controle da maturação e do amadurecimento dos frutos, podendo ser aplicado em pré e pós-colheita (AMARANTE et al., 2005). O AG₃ retarda a maturação reduzindo o desverdecimento dos frutos e mantendo a firmeza de polpa, acidez titulável e massa dos frutos, além de reduzir a incidência de podridões (FERRI et al., 2004). Segundo Steffens et al. (2009) esses efeitos permitem retardar a colheita e prolongar o tempo de armazenamento em frutos.

O ácido giberélico é um composto diterpenóide da classe das giberelinas, as quais são hormônios vegetais que retardam a senescência de folhas e frutos (YAMAGUCHI, 2008). Esse composto pode induzir as enzimas hidrolíticas da parede celular, desencadeando a solubilização do amido e favorecendo a expansão das células (THOMAS et al., 2005). Também está envolvido na proteção do sistema endomembrana, e em outros casos, inibe a quebra da clorofila e retarda o início da respiração dos frutos climatéricos e, portanto da maturação (FERRI et al., 2004). Segundo Pech et al. (1994), o AG₃ atua inibindo a ação de clorofilases e na produção de etileno.

A aplicação pré-colheita de AG₃ retardou a maturação de caqui, reduzindo o amarelecimento dos frutos e proporcionando maior firmeza de polpa, acidez titulável e peso de frutos e menor ocorrência de podridões após o armazenamento (FERRI et al., 2004). Em pêssegos, quando aplicado em pré-colheita na dose de 100 ppm, apresentou efeito positivo no controle da maturação e na manutenção da qualidade dos frutos armazenados sob refrigeração (AMARANTE et al., 2005).

Em lima ácida 'Tahiti', a aplicação pós-colheita de ácido giberélico mantém a coloração verde da casca por até 30 dias de conservação a 10 °C (JOMORI et al., 2003). Quando aplicado em uvas 'Thompson Seedless' o ácido giberélico promoveu aumento no peso e tamanho dos cachos e das bagas (LEÃO; SILVA; SILVA, 2005). Foi evidenciado por Martínez, Chaves e Añón (1994) o efeito inibitório do AG₃ sobre o amadurecimento de frutos de morango, havendo uma diminuição na atividade respiratória e um retardo na degradação e síntese de clorofilas. Também houve redução do desverdecimento em cereja doce na concentração de 20 ppm de AG₃ (USENIK ; KASTELEC ; STAMPAR, 2005).

2.2.2. Ethephon

Em certos casos, há necessidade de acelerar a maturação, quando se deseja utilizar de forma imediata os frutos, como no caso da indústria. A aplicação de reguladores vegetais que induzem a formação de etileno possibilita a antecipação do amadurecimento, pois este é um hormônio vegetal gasoso que promove a aceleração do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos (LEITE et al., 2012).

O efeito do etileno produzido naturalmente pelas plantas pode ser potencializado pelo suprimento exógeno para iniciar a respiração climatérica e desencadear o amadurecimento (NOGUEIRA et al., 2007). Esse hormônio antecipa significativamente o tempo requerido para o pico climatérico (STEFFENS et al., 2005). Entretanto, devido à alta taxa de difusão, se torna difícil aplicar o etileno no campo sob a forma de gás, porém essa limitação pode ser superada utilizando-se um composto que libere etileno, como o ácido 2-cloroetil fosfônico (Ethephon), o qual atua como agente liberador de etileno em contato com o tecido vegetal (BRACKMANN et al., 2007).

O ethephon tem sido utilizado para realçar a coloração dos frutos, pois induz a produção autocatalítica do etileno, que acelera a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides, promovendo a antecipação da colheita, com efeitos benéficos sobre os atributos de qualidade dos frutos, como acidez, teor de sólidos solúveis e firmeza da polpa (SEIBERT et al., 2000).

A aplicação pré-colheita de ethephon em maçãs 'Gala' aumentou a síntese de etileno e a respiração, por causa do estímulo na autocatálise pelo etileno liberado da hidrólise do ethephon (STEFFENS et al., 2006). Sua aplicação em uvas 'Rubi' melhora a coloração dos cachos sem afetar a qualidade da polpa, em termos de sólidos solúveis totais (RODRIGUES; GIRARDI; FILHO, 2010).

O uso de ethephon em pré-colheita também foi testado em pêssegos 'Eldorado' (BRACKMANN et al., 2007), em peras cv. Packham's Triumph (Seibert et al., 2000) e em manga 'Ubá' (Silva et al., 2012), confirmando o seu potencial para antecipar o amadurecimento dos frutos.

Stefanello et al. (2010) avaliaram o amadurecimento de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum*) após o tratamento com ethephon e verificaram que a pulverização dos frutos com 1000 mg L⁻¹ promoveu poucas mudanças na qualidade interna dos frutos, na intensidade respiratória e na produção de etileno. Porém foi eficiente na mudança de cor da casca, com diminuição do ângulo de cor e aumento da cromaticidade e da luminosidade, confirmando sua fisiologia de amadurecimento não-climatérica. Medina (2004) constatou que a concentração de 500 mg.L⁻¹ de ethephon é efetiva para a indução e uniformização da maturação da banana 'Terra'.

2.3. Armazenamento refrigerado

O uso de refrigeração no armazenamento de frutas, de maneira geral, é uma alternativa viável e mais utilizada para a manutenção da qualidade pós-colheita (Brackmann et al., 2010), cujas condições variam de cultivar para cultivar e depende da temperatura utilizada (DONADON et al., 2012). Quando bem aplicado, é uma das técnicas mais eficazes no aumento do período de comercialização dos produtos hortifrutícolas, porque, além de inibir as infecções por patógenos, diminui a respiração, transpiração e retarda os processos relacionados à senescência (KLUGE et al., 2002).

A respiração destaca-se como o principal fenômeno fisiológico que influencia na conservação de frutas e hortaliças após a colheita, pois uma elevação da temperatura causa um aumento da taxa respiratória, reduzindo assim a vida útil pós-colheita. Se não for utilizado o processo de armazenamento refrigerado, a qualidade comestível decai rapidamente e as deteriorações ocorrem de forma mais rápidas devido à produção do calor vital e a liberação do CO₂, decorrentes da respiração (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Entretanto, a baixa temperatura, não retarda todas as reações do metabolismo e nem afeta todos os sistemas físicos da célula na mesma proporção (THÉ et al., 2001). Portanto, reduzindo a respiração, conseqüentemente se diminui as perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). As baixas temperaturas, além de diminuir o processo da respiração, pode reduzir a ação das enzimas. A diminuição da atividade enzimática, conseqüentemente, colabora com a diminuição do amadurecimento e perda de água, estendendo a qualidade e conservação do fruto (CARMO, 2004).

A refrigeração reduz a perda de água dos frutos, pois diminui a diferença de pressão de vapor entre o produto e o ar ambiente, evitando problemas como desintegração das membranas, perda do conteúdo celular, murchamento e a perda de suculência, fatores esses que poderiam depreciar a aparência dos frutos, ocasionando rejeição por parte dos consumidores (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Brosnan e Sun (2001) relataram que a redução da temperatura de uvas até 9,5 °C diminuiu em duas vezes a taxa respiratória, retardando o desenvolvimento de

microrganismos e perdas de água por transpiração. A utilização do armazenamento refrigerado a 5 °C para a conservação pós-colheita da amora preta também foi eficaz na redução da perda de massa (CIA et al., 2007). Em pitangas maduras e semi-maduras o uso da refrigeração por um período de até cinco dias reduziu as alterações das características físicas, químicas e físico-químicas dos frutos (MELO; LIMA; NASCIMENTO, 2000). O armazenamento de mamão Formosa a 10 °C preserva a boa aparência externa e interna, além de retardar a redução da firmeza e perda de massa (ROCHA et al., 2005). Em maçãs 'Gala' a temperatura de armazenamento de -0,5 °C possibilita a obtenção de frutos com maior firmeza de polpa e cor de fundo da epiderme mais verde (BRACKMANN et al., 2005).

O uso de outras tecnologias podem ser associadas para complementar o efeito da refrigeração, prolongando assim o período de oferta, como a atmosfera modificada ou controlada e a aplicação de hormônios (FELICIO et al., 2006).

2.4. Danos pelo frio

O armazenamento refrigerado apesar de ser uma prática comumente utilizada para retardar o amadurecimento de frutos e hortaliças. Entretanto, quando empregada sob condições inadequadas, pode causar danos decorrentes da exposição a baixas temperaturas. Em espécies de origem tropical e subtropical a exposição a baixas temperaturas pode causar desordens fisiológicas, denominada de "Chilling injury" ou dano pelo frio (MIGUEL et al., 2010).

O dano pelo frio constitui a desordem fisiológica mais comum e preocupante em produtos hortícolas armazenados, ocorrendo quando os produtos são submetidos a temperaturas inferiores à temperatura mínima de segurança (TMS), mas acima do ponto de congelamento. A TMS é variável para os diferentes produtos, variando de 0 a 15 °C, e define a temperatura abaixo da qual os danos podem ocorrer, dependendo do tempo de exposição (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Frutos tropicais e subtropicais, quando expostos a temperaturas inferiores a 10 °C, exibem a desordem fisiológica do dano pelo frio, que resulta em perda da qualidade e redução da vida útil pós-colheita (WANG, 1994).

Os vegetais, que apresentam lesões visuais em temperaturas acima de 15 °C são chamados de "muito sensível ao frio" (LUKATKIN et al., 2012). O método básico de controle do dano pelo frio consiste no armazenamento dos produtos a

temperaturas adequadas, ou seja, acima da TMS. Porém, este procedimento pode não ser eficaz para longos períodos de armazenamento, situação em que os sinais do dano pelo frio também podem se manifestar (KLUGE et al., 2001). Cada produto, no entanto, possui uma faixa ótima de temperatura que pode potencializar a vida útil pós-colheita. Detectar e diagnosticar o dano pelo frio é geralmente difícil, pois os produtos frequentemente não apresentam danos visíveis imediatamente após serem removidos da baixa temperatura. Os sintomas podem ocorrer quando o produto é transferido da condição de baixa temperatura para a temperatura ambiente, o que pode acontecer em algumas horas ou vários dias após a retirada (SKOG, 1998).

Essas desordens ocorrem basicamente em duas etapas, onde a primeira fase inicia-se no frio (Lyons, 1973) e envolve uma alteração da fluidez da membrana e consequentemente alteração da atividade das enzimas, sendo que nessa fase não há manifestação de sintomas externos (GUIMARÃES et al., 2010). Todavia, os tipos, graus e suscetibilidade dessas manifestações são variáveis entre tecidos e espécies (MANGRICH; SALTVEIT, 2000). Enquanto que na segunda fase é que ocorre a manifestação de alguns sintomas, como o escurecimento dos tecidos, ocasionado principalmente pela oxidação dos compostos fenólicos, extravasamento de íons e metabólitos, variações na atividade enzimática, acúmulo de componentes tóxicos e alteração da estrutura celular (LARCHER, 2006). Geralmente os sinais evidentes de danos só se desenvolvem após prolongada refrigeração ou quando os frutos são retirados da refrigeração e expostos a temperatura ambiente (SALTVEIT, 2005).

A disfunção de uma ou mais membranas celulares a temperatura de refrigeração, é uma consequência do estresse oxidativo nos tecidos do fruto pelo excesso de espécies reativas de oxigênio (EROs). O estresse oxidativo tem sido proposto para ser uma resposta rápida para o desenvolvimento do dano pelo frio durante o armazenamento refrigerado de muitas frutas (SINGH; SINGH, 2013).

O estresse da refrigeração tem sido implicado na ativação do sistema de defesa antioxidante em resposta a níveis crescentes de pró-oxidantes (SINGH; SINGH, 2013). No entanto, a redução ou falha dos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos para proteger contra a EROS pode causar dano oxidativo levando a um

aumento da peroxidação dos lipídios e a perda de integridade da membrana no tecido (HODGES et al., 2004; SINGH; SINGH, 2013). A toxicidade de EROs é devido às suas reações com vários componentes celulares causando uma cascata de reações oxidativas e à consequente inativação de enzimas, peroxidação lipídica, a degradação da proteína, e danos no DNA (SCANDALIOS, 1993). A regulação de EROs pode ser controlado por enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), e ascorbatoperoxidase (APX) (WANG et al., 2006).

A peroxidação lipídica ocorre devido a oxidação de ácidos graxos insaturados nas membranas, promovendo grave alteração da membrana celular, causando perda da fluidez, alteração da função secretora e dos gradientes iônicos transmembrana, perda da seletividade na troca iônica, com liberação do conteúdo de organelas, levando à formação de produtos citotóxicos até a morte celular (PIENIZ et al., 2009).

A resposta direta do dano às membranas celulares pela peroxidação lipídica é o extravasamento do conteúdo celular para o meio que estiver envolvendo os tecidos danificados (Kruse et al., 2006), desestruturando diversos processos fisiológicos e metabólicos das plantas (LANGARO et al., 2014). Normalmente, o extravasamento ocorre devido a estresses mecânicos, danos pelo fio e por altas temperaturas (MORETI, et al., 2002). Quando expostas ao frio, as membranas sofrem alterações nos lipídios e na composição de ácidos graxos, a fim de manter a função do cloroplasto, a baixa temperatura (ROUTABOUL et al., 2000). Essas modificações podem resultar de um aumento na proporção de ácidos graxos altamente insaturados em galactolípids, tais como o ácido linolénico (C18:3) (CAMPOS et al., 2003).

Em meio às respostas dos tecidos à danos pelo frio, ocorre o escurecimento o qual, pode estar relacionado à atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Admite-se que essas enzimas estejam relacionadas ao escurecimento, como já foi mencionado, as baixas temperaturas que causam dano pelo frio, induzidas pelo o estresse oxidativo dos tecidos (PURVIS; SHEWFELT, 1993). O estresse oxidativo estimula as peroxidases, as quais atuam na remoção de átomos de hidrogênio dos álcoois, combinando-os com peróxido de hidrogênio para formar moléculas de água (SALISBURY; ROSS, 1992). A peroxidase age sobre as

substâncias que produzem cores vivas na oxidação, mas ela pode promover uma grande variedade de reações de biodegradação e com isso apresenta um alto grau de versatilidade (LUIZ; HIRATA; CLEMENTE, 2007).

As polifenoloxidasas promovem a oxidação enzimática de compostos fenólicos, produzindo inicialmente, quinona que rapidamente se condensa, formando pigmentos insolúveis e escuros, denominados melanina (MENOLLI et al., 2008). A ação dessa enzima acarreta perdas econômicas consideráveis, além de diminuição da qualidade nutritiva e alteração do sabor (ARAÚJO, 1999).

Além da temperatura, o tempo de exposição também é determinante no desenvolvimento de danos pelo frio. A exteriorização visual das lesões é variável dependendo da espécie submetida ao frio, do tipo de tecido, do estágio de desenvolvimento e do ponto de maturidade, no caso de frutos e também de fatores climáticos (MIGUEL et al., 2011). Por outro lado, prolongados períodos sob temperaturas causam dano, levando ao acúmulo de gotículas de lipídios e ao escurecimento no estroma, além da desintegração da membrana que envolve o cloroplasto. Ademais, frutos em estádios de maturação mais avançados são mais resistentes ao aparecimento deste distúrbio (ALMEIDA et al., 2005).

Em manga, a sensibilidade ao frio ocorre geralmente, quando expostas a temperaturas inferiores a 7 °C, resultando em perdas quantitativas e qualitativas pós-colheita (WANG et al., 2008). Sintomas de danos pelo frio em bananas são manifestados em temperaturas de armazenamento relativamente altas (12 °C) e são agravados com o declínio da temperatura (CHEN et al., 2008). Lima ácida quando expostas a temperaturas entre 0 e 8 °C resultou no aparecimento de pontuações necróticas no flavedo, podendo também afetar o albedo dos frutos (SESTARI, 2010). O mamão 'Golden' desenvolve indícios de danos pelo frio quando submetidos à temperatura de 6 °C, sendo caracterizados pelo escurecimento da casca, incremento da firmeza, aparecimento de áreas afundadas na casca e falha no amadurecimento (ALMEIDA et al., 2005).

2.5. Qualidade pós-colheita

A vida pós-colheita de frutas e hortaliças pode ser reduzida por causa de fatores pré e pós-colheita, como fatores bióticos e abióticos, os quais originam perdas quantitativas e/ou qualitativas (FOLEGATTI; MATSUURA, 2002). O

conhecimento do comportamento fisiológico de um fruto permite uma manipulação mais adequada, proporcionando redução de perdas pós-colheita e, conseqüentemente, maximizando sua conservação, disponibilizando maior quantidade de frutos com qualidade no mercado (SILVA, 2005).

Em frutas a qualidade para consumo e sua capacidade de conservação pós-colheita dependem, principalmente, do grau/estádio de desenvolvimento no momento da colheita. Assim, frutas que não completaram a fase de desenvolvimento fisiológico no campo, podem conservar-se por um longo período de tempo, porém jamais alcançarão a qualidade ideal para o consumo (GUARINONI, 2000).

As características de qualidade de produtos hortícolas, de um modo geral, podem ser expressas pela integridade, frescor, flavor e textura, características combinadas com outras propriedades físicas, químicas e aparência geral, visando relacionar a composição química com os atributos sensoriais e nutricionais. Dentre essas características, a coloração é tida como o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor, e varia intensamente com espécies e cultivares. Modificações na coloração das frutas com a maturação ocorrem tanto pelos processos degradativos como sintéticos. A textura é tida como conjunto de características sensíveis ao tato (entre elas a firmeza) e relaciona-se com o flavor, pois a liberação de compostos presentes no produto que são perceptíveis ao paladar, são também relacionadas com a estrutura do tecido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Durante a maturação de frutos, uma das principais modificações em suas características é o acúmulo de açúcares, o qual ocorre simultaneamente com a redução, em geral da acidez. O teor de açúcares normalmente aumenta com o amadurecimento de frutas por meio de processos sintéticos ou pela degradação de polissacarídeos. A determinação de sólidos solúveis totais é uma técnica simples, que são expressos em %, sendo utilizados como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que há aumento do valor à medida que esses teores vão se acumulando na fruta (FERNANDES et al., 2010).

A acidez em produtos hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como combinada com sais ésteres, etc. Os ácidos orgânicos apresentam de um

a três grupos carboxílicos que liberam íons de hidrogênio medidos através do potencial hidrogeniônico (pH). Tais ácidos são sintetizados a partir dos açúcares, oxidações, descarboxiliações ou carboxiliações pela via respiratória do ciclo de Krebs. De forma geral, os ácidos orgânicos encontram-se quimicamente livres ou formando sais, ésteres, glicosídeos e, também ligados a outros compostos de natureza volátil (CHITARRA; CHITARRA, 2005). De importância organoléptica, entre outras, o pH pode refletir a concentração hidrogeniônica de uma solução, relacionando-se inversamente com a acidez, determinando-a, o que não ocorre com a acidez titulável (AT), que apenas fornece a soma dos ácidos orgânicos livres, sem considerar a força protônica (MASCARENHAS et al., 2009).

Alguns compostos químicos presentes nas frutas e hortaliças exercem uma potente atividade biológica protetora. Tais compostos são denominados de bioativos ou, algumas vezes, de fitoquímicos e podem desempenhar diversos papéis em benefício da saúde humana, (CARRATU; SANZINI, 2005). Dentre esses compostos pode-se citar Vitamina C, compostos fenólicos que contribuem para a capacidade antioxidante.

A vitamina C encontra-se em tecidos vegetais, na forma reduzida do ácido L-ascórbico, este com atividade antioxidante, ou na forma oxidada de ácido dehidroascórbico, ambos com atividades vitamínicas (CAMPBELL, 2003). Nos frutos, a tendência de oxidação dos polifenóis às quinonas é regulada pelo ácido L-ascórbico e outros antioxidantes, forçando o equilíbrio em direção dos polifenóis. Contudo, este bioativo pode ser facilmente oxidado, através da luz, das altas temperaturas, das enzimas oxidantes ou de catalisadores metálicos (SANTANA et al., 2008).

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2004). Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE et al., 2005). Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Os fenólicos são encontrados geralmente em todo reino vegetal, podendo ser dividido em flavonoides (antocianinas, flavonóis

e seus derivados) e ácidos fenólicos (ácidos benzoico, cinâmico e seus derivados) e cumarinas (RAMALHO, 2005; ANGELO; JORGE, 2007).

Compostos fenólicos, como flavonóides são antioxidantes mais ativos e comuns presentes em frutas e hortaliças (NIJVELDT et al., 2001; BRAMORSKI et al., 2010). Estes compostos têm uma função antioxidante, que resultam de uma combinação de propriedades quelantes e eliminação de radicais livres, bem como a inibição de outras enzimas oxidases e (ALONSO et al, 2004; BRAMORSKI et al., 2010). Os compostos fenólicos estão relacionados com o sabor, coloração, vida útil e ação do produto como um alimento funcional, sendo, em geral fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante (CORREIA et al., 2011; PALIOTO et al., 2015). De acordo com Chan-Blanco et al. (2006), os compostos mais abundantes no noni são os fenólicos, como o damanacantal, escopoletina, morindona e rubiadina.

3. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F.; RESENDE, E. D.; VITORAZI, L.; CARLOS, L. A.; PINTO, L. K. A.; SILVA, H. R. F.; MARTINS, M. L. L. Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 17-20, 2005.
- ALONSO, M. G.; TERESA, S. P.; BUELGA, C. S.; GONZALO, J. C. R. Evaluation of the antioxidant properties of fruits. **Food Chemistry**, v. 84, p. 13-18, 2004.
- AMARANTE, C. V. T.; DREHMER, M. M. F.; SOUZA, F.; FRANCESCATO, P. A pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA₃) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 1-5, 2005.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**. Viçosa: UFV, 1999.
- BAEZA, J. **El cambio climático revoluciona la flora y la fauna a la puerta de tu casa**. Vientos de las Dos Orillas. 248p. 2008.
- BALBONTÍN, C.; GAETE-EASTMAN, C.; VERGARA, M.; HERRERA, R.; MOYA-LÉON, M.A. Treatment with 1-MCP and the role of ethylene in aroma development of mountain papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 67-77, 2007.

BLUM, J.; AYUB, R. A.; MALGARIM, M. B. Época de colheita e qualidade pós-colheita do caqui cv. Fuyu com a aplicação pré-colheita de ácido giberélico e aminoetoxivinilglicina. **Biotemas**, v. 21, n. 4, p. 15-19, 2008.

BRACKMANN, A; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Qualidade de pêssegos cv. 'Eldorado' tratados com aminoetoxivinilglicina e ethephon e armazenados em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 37, p. 79-84, 2007.

BRACKMANN, A.; ANESE, R. O.; GIEHL, R. F. H.; WEBER, A.; EISERMANN, A. C.; SESTARI, I. Pré-resfriamento para conservação pós-colheita de melões Cantaloupe 'Hy Mark'. **Bragantia**, v. 70, p. 672-676. 2010.

BRACKMANN, A.; MELLO, A. M.; FREITAS, S. T. Qualidade pós-colheita de caqui 'Kyoto', tratados com ácido giberélico e aminoetoxivinilglicina em pré-colheita. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 9, p. 48-55, 2002.

BRACKMANN, A; PINTO, J. A.; NEUWALD, D.; GIEHL, R. F.; SESTARI, I. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã 'Gala'. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 505-508, 2005.

BRAMOSKI, A.; CHEREM, A. R.; MARMENTINI, C. P.; TORRESANI, J. MEZADRI, T.; COSTA, A. A. S. Total polyphenol content and antioxidant activity of commercial Noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and its componentes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 46, n. 4, 2010.

BROSNAN, T.; SUN, D. W. Precooling techniques and applications for horticultural products. **International Journal of Refrigeration**, v. 24, p. 154-170, 2001.

CAMPBELL, M. K; **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 752 p. 2003.

CAMPOS, P. S.; QUARTIN, V.; RAMALHO, J. C.; NUNES, M. A. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of *Coffea* sp. plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, p. 283–292, 2003.

CARMO, S.A. **Conservação pós-colheita de pimentão amarelo 'Zarco HS'**. 2004. 127 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2004.

CARRUTO, E.; SANZINI, E. "Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable". **Annali dell'Istituto Superiore di Sanita**, v. 41, n. 1, p. 7-16, 2005.

CHAN-BLANCO, Y.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; REYNES, M.; BRILLOUET, J. M.; BRAT, P. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 645-654, 2006.

CHEN, J. Y, HE, L. H.; JIANG, Y. M.; WANG, Y.; JOICE, D. C.; JI, Z. L.; LU, W. J. Role of phenylalanine ammonia-lyase in heat pretreatment-induced chilling tolerance in banana fruit. **Physiologia Plantarum**, v. 132, p. 318-328, 2008.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CHUNHIENG, M. T. **Développement de nouveaux aliments santé tropicale: Application à la noix Du Brésil Bertholettia et au fruit de Cambodge Morinda citrifolia**. Thesis (PhD) - INPL, 2003.

CIA, P.; BRON, I. U.; VALENTINI, S. R. T.; PIO, R.; CHAGAS, E. A. Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita da amora-preta. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 11-16, 2007.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

DITTMAR, A. *Morinda citrifolia* L. use in Indigenous Samoan Medicine. **Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants**. v.1, n. 3, p. 77-92, 1993.

DIXON, A. R.; MC MILLEN, H.; ETKIN, N. L. Ferment this: the transformation of noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae). **Ecological Botany**, v. 53, p. 51-68, 1999.

DONADON, J. R.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; SANTOS, L. O. Armazenamento refrigerado de abacates 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, 981-989, 2012.

FELICIO, A. H.; JOMORI, M. L. L.; LIMA, G. P. P.; BERNUSSI, A. A. V.; ALVES, R. M.; SASAKI, F. F.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Condicionamento térmico e fungicida na conservação refrigerada de tanger 'Murcott'. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 3, p. 333-339, 2006.

FERNANDES, T. N.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J. Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica do congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p.188-204, 2010.

FERRI, V. C.; RINALDI, M. M.; SILVA, J. A.; LUCHETTA, L.; MARINI, L.; ROMBALDI, C. V. Ácido giberélico no retardamento da maturação de caquis (*Diospyrus kaki*, L.) cultivar Fuyu. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 24, p. 1-5, 2004.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão: Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002.

GUARINONI, A. Efecto del estado de madurez de los frutos a la cosecha sobre su conservación. **Simpósio: Control de fisiopatías en frutas durante el almacenamiento en frío**, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, v. 1 p. 29-38. 2000.

GUIMARÃES, A. A.; FINGER, F. L.; GUIMARÃES, A. A.; SOUZA, P. A. DE; LINHARES, P. C. F. Fisiologia pós-colheita de *Heliconia spp.* **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, p. 38-49, 2010.

HODGES, D. M.; LESTER, G. E.; MUNRO, K. D.; TOIVONEN, P. M. A. Oxidative stress: importance for postharvest quality. **HortScience**, v. 39, p. 924–929, 2004.

JOMORI, M. L. L.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida ‘Tahiti’: Uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 406-409, 2003.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 2002. 216p.

KRUSE, N. D. et al. Estresse oxidativo em girassol (*Helianthus annuus*) indica sinergismo para a mistura dos herbicidas metribuzin e cloma zona. **Planta Daninha**, v. 24, n. 2, p.379-390, 2006.

LANGARO, A. C.; NOHATTO, M. A.; PERBONI, L. T.; TAROUCO, C. P.; AGOSTINETTO, D. Alterações fisiológicas na cultura do tomateiro devido à deriva simulada de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 40-46, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, p. 550, 2006.

LEÃO, P. C. S.; SILVA, D. J.; SILVA, E. E. G. Efeito do ácido giberélico, do bioestimulante crop set e do anelamento na produção e na qualidade da uva ‘Thompson Seedless’ no vale do são Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 418-421, 2005.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidante properties. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 131-137, 2005.

LEITE, G. A.; CARVALHO, C. A. C.; FREITAS, W. E. S.; DANTAS, J. I. A.; PONTES, C. A.; FERNANDES, P. L. O. A ação das poliaminas na maturação e senescência de frutos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 08-21, 2012.

LESSENGER, J. E. **Agricultural medicine: A practical guide**. Porterville: Springer, 2006. 541 p.

LUIZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill.). **Ciência Agrotecnologia**, v.31, n.6, p. 1766-1773, 2007.

LUKATKIN, A. S.; BRAZAITYTE, A.; BOBINAS, C.; DUCHOVSKIS, P. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review. **Žemdirbystė (Agriculture)**, v. 99, p. 111–124, 2012.

LYONS, J. M. Chilling injury in plant. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 1, n. 24, p. 495-496, 1973.

MANGRICH, M. E.; SALTVEIT, M. E. Heat shocks reduce chilling sensitivity of cotton, kenaf, okra, and rice seedling radicles. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 125, n. 3, p. 377-382, 2000.

MARTÍNEZ, G.; CHAVES, A.; AÑÓN, M. Effect of gibberellic acid on ripening of strawberry fruits (*Fragaria annanassa* Duch.) . **Journal of Plant Growth Regulation**, v.13, n. 2, p. 87-91, 1994.

MASCARENHAS, R. J.; SILVA, S. M.; LIMA, M. A. C.; MENDONÇA, R. M. N.; HOLSCHUH, H. J. Characterization of maturity and quality of brazilian apirenic grapes in the São Francisco River Valley. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, p. 1-8, 2012.

MEDINA, V. M. Indução da maturação da banana ‘Terra’ com etefon. Circular técnica 71, **EMBRAPA**, 2004.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. Temperatura no armazenamento de pitanga. **Scientia Agricola**, v. 57, n.4, p. 629-634, 2000.

MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; BARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata baroa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 57- 63, 2008.

MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F. O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. 255-260, 2011.

MODESTO, J. C.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; HABERMANN, G. Aplicação de ácido giberélico (GA₃) em pré-colheita de tangerina ‘Poncã’ (*Citrus reticulata* blanco). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 3740, 2006.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S.A.; HUBER, D.J.; PUSCHMANN, R. Armazenamento sob atmosfera controlada de tomates com injúria interna de impacto. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 465-469, 2002.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography**, v. 1054, n.1/2, p. 95-111, 2004.

NASCIMENTO, L. C. S. **Caracterização centesimal, composição química e atividade antioxidante do noni (*Morinda citrifolia* L.) cultivado no município de Zé Doca-MA**. 2012. 69 folhas. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – UFRRJ. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Rio de Janeiro, 2012.

NELSON, S. C. **Noni cultivation and production in Hawaii**. In: Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference. University of Hawaii at Manoa. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Hawaii, 2003.

NELSON, S. C. **Noni seed handling and seedling production**. Cooperative Extension Service. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa, 2005.

NELSON, S. C.; ELEVITCH, C. R. **Workshop manual to supplement noni**: The complete guide for consumers and growers for noni processing, marketing, and field training workshop for YAP. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii, 2006.

NIJVELDT, R. J.; NOOD, E.; HOORN, D. E.; BOELEN, P. G.; NORREN, K.; LEEUWEN, P. A. M. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American Society for Clinical Nutrition**, v. 74, p. 418-425, 2001.

NOGUEIRA, D. H.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. M.; ARAÚJO, R. C. Mudanças fisiológicas e químicas em bananas 'Nanica' e 'Pacovan' tratadas com carbureto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 460-464, 2007.

PALITO, G. F.; SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V.; ROCHA, C. L. M.S. C.; TONIN, L. T. D. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 59-66, 2015.

PECH, J. C.; LATCHÉ, A.; BALAGUÉ, C.; BOUZAYEN, M.; LELIÈVRE, J. M. Postharvest physiology of climacteric fruits: recent development in the biosynthesis and action of ethylene. **Sciencia Alimentaria**, v. 14, n. 1, p.3-14, 1994.

PESSARAKLI, M. **Handbook of plant and crop physiology**. 2nd edition revised and expanded. New York: Marcel Dekker, Inc, 2001. 997 p.

PIENIZ, Simone et al. Avaliação *in vitro* do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 552-559, 2009.

PURVIS, A. C.; SHEWFELT, R. L. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in the sensitive plant tissues? **Plant Physiology**, v. 88, p. 712-718, 1993.

RAMALHO V. C. **Ação antioxidante de α -tocoferol e extrato de alecrim em óleo de soja submetido à termoxidação**. [Dissertação de Mestrado]. São José do Rio Preto, São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2005. 154 pp.

ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; SILVA, E. O. Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 386-389, 2005.

RODRIGUES, A.; GIRARDI, E. A.; FILHO, S. J. A. Aplicação de ethephon e qualidade da uva 'Rubi' em Porto Feliz-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 925-930, 2010.

ROUTABOUL, J. M.; FISCHER, S.; BROWSE, J. Trienoic fatty acids are required to maintain chloroplast function at low temperature. **Plant Physiology**, v. 124, p. 1697-1705, 2000.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992.

SALTVEIT, M. K. Influence of heat shocks in the kinetics of chilling-induced ion leakage from tomato pericarp discs. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 87-92, 2005.

SANTANA, M. T. A.; SIQUEIRA, H. H.; REIS, K. C.; LIMA, L. C. O.; SILVA, R. J. L. Caracterização de diferentes marcas de sucos de uva comercializados em duas regiões do Brasil. **Ciência Agrotecnica**, v. 32, n. 3, p. 882-886, 2008.

SCANDALIOS, J. G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v. 101, p. 7-12, 1993.

SEIBERT, E. BARRADAS, C. I. N.; ARAÚJO, P. J.; BENDER, R. J. Efeito do ethephon e da frigoconservação na maturação de Peras cv. Packham's Triumph. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 55- 62, 2000.

SHOVIC A. C; WHISTLER, W. A. Food sources of provitamin A and vitamin C in the American Pacific. **Tropical Science**, v. 41, n. 4, p. 199-202, 2001.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; ROCHA, A. Manga 'Ubá' tratada com ethephon na pré-colheita. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 555-559, 2012.

SILVA, K. S. **Avaliação da agressividade de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) em manga, mamão, maracujá e goiaba na pós-colheita.** (2005) Vitória da Conquista-BA: UESB, 50p. Dissertação—Mestrado em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia.

SILVA, L. R.; MEDEIROS, P. V. Q.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, C. V.; SILVA, C. G. G. Caracterização do fruto de *Morinda citrifolia* L. (noni). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 17, n. 1, p. 93-100, 2012.

SINGH, S. P.; SINGH, Z. Postharvest cold storage-induced oxidative stress in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl. cv. Amber Jewel) in relation to harvest maturity. **Australian Journal Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 391-400, 2013.

SKOG, L. J. **Chilling injury of horticultural crops**. Horticultural Research Institute of Ontario. (1998) University of Guelph Factsheet. Disponível em: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/98-021.htm#Figure%203>. Acesso em: 17 de outubro de 2015.

STEFANELLO, S.; SCHUELTER, A. R.; SCAPIM, C. A.; FINGER, F. L.; PEREIRA, G. M.; BONATO, C. M.; ROCHA, A. C. S.; SILVA, J. M. Amadurecimento de frutos de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) tratados com Etefon. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 425-434, 2010.

STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. do; CHECHI, R.; SILVEIRA, J.P.G.; BRACKMANN, A. Aplicação pré-colheita de reguladores vegetais visando retardar a maturação de ameixas 'Laetitia'. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1369-1373, 2009.

STEFFENS, C. A.; BRACKMANN, A. Maturação da maçã 'Fuji' com aplicação pré-colheita de aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 13, n. 2, p. 176-184, 2006.

STEFFENS, C. A.; SESTARI, I.; BRACKMANN, A. Queda pré-colheita de maçãs 'Gala' e 'Fuji' com aminoetoxivinilglicina e ethephon. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, p. 329-332, 2005.

THÉ, P. M. P.; CARVALHO, V. D.; ABREU, C. M. P.; NUNES, R. P.; PINTO, N. A. V. D. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. *Smooth cayenne* L. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 356-363, 2001.

THOMAS, S. G.; RIEU, G.; STEBER, C. M. Gibberellin metabolism and signaling. **Vitamins e Hormones**, v. 72, p. 289-338, 2005.

TOMBOLATO, F. C. A.; BARBOSA, W.; HIROCE, R. Noni: frutífera medicinal em introdução e aclimação no Brasil. **Informações Técnicas: O agrônomo**, v. 57, n. 1, p. 20-1. 2005.

USENIK, V.; KASTELEC, D.; STAMPAR, F. Physicochemical changes of sweet cherry fruits related to application of gibberellic acid. **Food Chemistry**, v. 90, p. 663-671. 2005.

VASCONCELOS, R. S.; MIRANDA, F. R. de; SOUSA, J. A. de Desenvolvimento vegetativo do noni (*Morinda citrifolia* L.) sob diferentes sistemas e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 388-397, 2014.

WANG, B.; WANG, J.; LIANG, H.; YI, J.; ZHANG, J.; LIN, L.; WU, Y.; FENG, X.; CAO, J.; JIANG, W. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 172-181, 2008.

WANG, C. Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, v. 29, n. 9, p.986-988, 1994.

WANG, M. Y.; WEST, B.; JENSEN, C. J.; NOWICKI, D.; SU, C.; PALU, A. K.; ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacologica Sínica**, v. 23, n. 12, p. 1127-1141, 2002.

WANG, Y.; LU, W.; JIANG, Y.; LUO, Y.; JIANG, W.; JOYCE, D. Expression of ethylenelated expansin genes in cool-stored ripening banana fruit. **Plant Science**, v. 170, p. 962-967, 2006.

YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 225-251, 2008.

CAPÍTULO II

APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

APLICAÇÃO DE ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEFHON NA PRÉ E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

RESUMO – Na pós-colheita, os reguladores vegetais vêm sendo bastante utilizados principalmente para retardar a maturação e preservar a qualidade dos frutos durante o armazenamento, podendo estes ser utilizados na cultura do noni. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação pré e pós-colheita de ácido giberélico (AG₃) e ethephon (2-cloroetil fosfônico) sobre a maturação e qualidade de frutos de noni. Os frutos foram obtidos de plantas de noni com aproximadamente três anos, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB). Para avaliar o efeito dos reguladores na pré-colheita realizou-se pulverização das plantas de noni, 30 dias antes da colheita comercial dos frutos, com duas doses de AG₃ (100 e 200 mg.L⁻¹) e duas doses de ethephon (500 e 1000 mg.L⁻¹), as avaliações foram realizadas no dia da aplicação e, aos 10, 30, 40 e 45 dias após a aplicação, com três repetições de 10 frutos, quanto as determinações de firmeza, coloração da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, pH e ácido ascórbico. E para avaliar os efeitos da pós colheita foram colhidos frutos de noni com coloração de casca totalmente esbranquiçada (TE), esses frutos foram levados para o laboratório e divididos em lotes para serem submetidos aos tratamentos com a aplicação dos reguladores vegetais (AG₃ 100 e 200 mg.L⁻¹; Ethefon 500 e 1000 mg.L⁻¹) e controle, sendo cada tratamento acondicionado em bandejas de polipropileno e armazenados em temperatura 25 ± 1 °C durante 8 dias. Foram realizadas as avaliações utilizando três repetições de cinco frutos para cada tratamento, em intervalos de 2 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas. A aplicação pré-colheita de ethephon antecipou a colheita em 20 dias enquanto que a aplicação de 200 mg.L⁻¹ de AG₃ retardou a colheita em 15 dias. O AG₃ aplicado na dose de 200 mg.L⁻¹ na pós-colheita proporcionou menores valores de perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulável e ainda maiores valores de firmeza e vitamina C dos frutos analisados, enquanto que nos frutos tratados com ethephon observou-se o inverso. A utilização de AG₃ tanto em pré como em pós-colheita retarda a maturação dos frutos de noni possibilitando adiar a colheita e estender o período armazenamento em até dois dias, em contra partida, o ethephon antecipa a maturação, tornando de forma rápida os frutos aptos tanto para a colheita como para o consumo imediato.

Palavras-chaves: Noni, ácido giberélico, ethephon.

EFFECT OF APPLICATION GIBBERÉLIC ACID AND ETHEPHON IN PRE AND POST-HARVEST OF NONI FRUIT (*Morinda citrifolia* L.)

ABSTRACT – In fruit production, plant growth regulators have been widely used mainly to delay maturation and maintain fruit quality during storage and can be used in these noni culture. This study aimed to evaluate the effects of pre application and gibberellic acid Postharvest (GA₃) and ethephon (2-chloroethyl phosphonic) on the maturation and fruit quality of noni. The fruits were obtained from noni plants approximately three years, grown in the Sector of Agriculture's Human Science Center, Social and Agricultural Federal University of Paraíba (CCHSA / UFPB). To evaluate the effect of regulators pre-harvest held spraying the plants noni 30 days before commercial fruit harvest with two doses of GA₃ (100 and 200 mg.L⁻¹) and two doses of ethephon (500 and 1000 mg.L⁻¹), evaluations were carried out on the day of application and, at 10, 30, 40 and 45 days after application, with three replications of 10 fruits, as the determination of firmness, peel color, soluble solids, titratable acidity, pH and ascorbic acid. And to evaluate the effects of post harvest were harvested noni with fully whitish bark staining (TE), these fruits were taken pair to the laboratory and put into lots to be subjected to treatment with the application of plant growth regulators (GA₃ 100 and 200 mg.L⁻¹; ethephon 500 and 1000 mg.L⁻¹) and control each treatment being packaged in polypropylene trays, and stored at temperature 25 ± 1 °C for 8 days. They were conducted evaluations using three replicates of five fruit for each treatment, at intervals of two days as the physical and physic-chemical determinations. The ethephon pre-harvest application anticipated harvest in 20 days while applying 200 mg.L⁻¹ GA₃ delayed harvest in 15 days. The GA₃ applied at a dose of 200 mg.L⁻¹ in the post-harvest showed lower weight loss values, soluble solids, titratable acidity and even greater firmness values and vitamin C from the fruits, while fruits treated with ethephon observed -if the reverse. The use of GA₃ both pre- and post-harvest retards the maturation of noni fruit allowing to postpone the harvesting and extend the storage period of up to two days, matched against the ethephon anticipates maturation, becoming quickly them suitable fruits both for the crop and for immediate consumption.

Keywords: Noni, gibberellic acid, ethephon.

1. INTRODUÇÃO

A *Morinda citrifolia*, conhecida por noni é uma pequena árvore da família Rubiaceae, originária do Sudoeste da Ásia, que vem sendo empregada na medicina popular devido aos benefícios à saúde, relacionados principalmente com atividade antibacteriana, antiviral, antifúngica, antitumoral, anti-helmíntica, analgésica, anti-inflamatória, hipotensora e imunoestimulante (WANG et al., 2002). Além disso, o noni caracteriza-se como uma excelente fonte de vitamina C, apresentando o dobro do teor presente na laranja, atuando como um poderoso antioxidante com potencial de oferecer proteção contra algumas doenças e contra os aspectos degenerativos do envelhecimento (CORREIA et al., 2011).

Porém, o fruto de noni é de difícil conservação, pois, aliado a elevada perda de peso que ocorre durante o período de armazenamento, apresenta ainda susceptibilidade a podridões devido a sua baixa consistência. Assim, tecnologias pós-colheita que possibilitam a redução de sua atividade metabólica merecem destaque, pois representam uma opção para o aumento de sua vida útil pós-colheita. Além disso, na planta os frutos apresentam uma maturação bastante desuniforme, podendo-se encontrar frutos em diferentes estádios de maturação na mesma planta, dificultando as operações de colheita, impedindo que a mesma seja realizada de uma só vez.

Na fruticultura, os reguladores vegetais vêm sendo bastante utilizados principalmente para retardar a maturação e preservar a qualidade dos frutos durante o armazenamento. Dentre esses destaca-se o ácido giberélico (AG_3) que tem demonstrado efeito em retardar a maturação e o amadurecimento dos frutos, podendo ser aplicado em pré e pós-colheita (AMARANTE et al., 2005). O AG_3 reduz o desverdecimento dos frutos e mantém maior firmeza de polpa, acidez titulável e massa dos frutos, além de reduzir a incidência de podridões (FERRI et al., 2004). Segundo Steffens et al. (2009) esses efeitos permitem retardar a colheita e prolongar o tempo de armazenamento em frutos. Em pêssegos, quando aplicado em pré-colheita na dose de 100 ppm, apresentou efeito positivo no controle da maturação e na manutenção da qualidade dos frutos armazenados sob refrigeração (AMARANTE et al., 2005).

Em contra partida, em certos casos, há necessidade de acelerar a maturação, quando se deseja utilizar de forma imediata os frutos, como no caso da indústria. A aplicação de reguladores vegetais que induzem a formação de etileno possibilita a antecipação da colheita e amadurecimento, pois este é um hormônio vegetal gasoso que promove a aceleração do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos (LEITE et al., 2012). Em meio a esses pode-se citar o ácido 2-cloroetil fosfonico (Ethephon) que atua como agente liberador de etileno quando entra contato com o tecido vegetal (BRACKMANN et al., 2007). Este composto acelera o amadurecimento das frutas que apresentam um aumento rápido de respiração na fase final do seu desenvolvimento (GONZALEZ; AYUB; WERLANG, 2004).

O ethephon tem sido utilizado para melhorar a coloração dos frutos, pois induz a formação do etileno, que acelera a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides, promovendo a antecipação da colheita, com efeitos benéficos sobre os atributos de qualidade dos frutos, como acidez, teor de sólidos solúveis e firmeza da polpa (SEIBERT et al., 2000). Medina (2004) constatou que a concentração de 500 mg.L⁻¹ de ethephon é efetiva para a indução e uniformização da maturação da banana 'Terra'.

Assim, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação pré e pós-colheita de AG₃ e ethephon na maturação e qualidade de frutos de noni.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem dos frutos

Os frutos foram obtidos de plantas de noni com aproximadamente três anos de idade, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB), no município de Bananeiras-PB, localizado na mesorregião do Agreste Paraibano a 6°46' de latitude Sul e 35°38'W de longitude com 617 m de altitude. O clima do município é classificado como do tipo Koppen - As' - clima quente e úmido (BRASIL, 1972), com período chuvoso de maio a agosto, com pluviosidade média anual de 1200 mm e valores médios anuais de temperatura do ar, máxima e mínima, respectivamente de

28 e 18°C (SANTOS et al., 2011). O solo do local foi classificado com base em Santos et al. (2006) como Latossolo Amarelo Distrófico.

2.2. Instalação e condução dos experimentos

2.2.1. Experimento I: Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pré-colheita de frutos de noni

Foram selecionadas ao acaso 30 plantas de noni, nas quais aplicou-se os tratamentos que consistiram de pulverização pré-colheita com 100 mg.L⁻¹ de AG₃, 200 mg.L⁻¹ AG₃, 500 mg.L⁻¹ de ethephon e 1000 mg.L⁻¹ de ethephon. Foi utilizado pulverizador costal, com capacidade de 5 L, adicionando-se a calda o espalhante adesivo Tween® 80 (0,01% v/v), com aplicação até o ponto de escorrimento no fruto. As aplicações foram realizadas no período da manhã, em frutos no estágio de maturação em que se apresentavam com casca totalmente verde.

As aplicações de cada tratamento foi repetido três vezes e cada repetição consistiu de 02 plantas, e em cada parcela foram colhidos 10 frutos, no dia da aplicação e à medida que os frutos dos tratamentos atingiam o ponto de colheita (10, 30, 40 e 45 dias após a aplicação), os quais foram encaminhados ao laboratório para a realização das avaliações de firmeza, coloração da casca, sólidos solúveis, acidez titulável, pH e ácido ascórbico.

2.2.2. Experimento II: Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pós-colheita de frutos de noni

A colheita dos frutos de noni foi realizada manualmente no período da manhã com auxílio de tesoura de colheita, através da seleção visual, os frutos foram colhidos no estágio de maturação com coloração da casca totalmente esbranquiçada (TE). Em seguida, foram transportados em caixas de colheita revestidas com plástico bolha para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do (CCHSA/UFPB) para a instalação e condução do experimento.

No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à ausência de danos físicos e ao tamanho uniforme. Sequencialmente foram retiradas às impurezas de campo da superfície da casca dos frutos e tratados com solução de 200 ppm de cloro ativo, e secos ao ar.

Em seguida os frutos de noni foram divididos em lotes para serem submetidos aos tratamentos com a aplicação dos reguladores vegetais (AG_3 100 mg.L⁻¹, AG_3 200 mg.L⁻¹, Ethefon 500 mg.L⁻¹ e Ethefon 1000 mg.L⁻¹). Os frutos de noni foram imersos nas soluções dos reguladores, durante 10 minutos, posteriormente colocados sobre tela de “nylon”, em condições ambientes para drenar o líquido em excesso. Os frutos do tratamento controle foram imersos em água destilada.

Em seguida os frutos de noni, de cada tratamento foram acondicionados em bandejas de polipropileno e armazenados na temperatura de 25 ± 1 °C em ambientes separados durante 8 dias.

As avaliações ocorreram no momento da instalação do experimento e durante o armazenamento, foram realizadas utilizando três repetições de cinco frutos para cada tratamento, em intervalos de 2 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas.

2.3. Avaliações

2.3.1 Avaliações físicas

- **Perda de massa (%)** - calculada tomando-se como referência o peso inicial dos frutos para cada período de análise, usando-se balança semi-analítica (Bel 503);
- **Firmeza (N)** - estimada diretamente no ponto equatorial do fruto, através de penetrômetro manual (Sudoeste), obtendo medidas em kg, cujos valores multiplicados pela constante '9,81' foram convertidos em Newton;
- **Coloração da casca** - realizadas através de Colorímetro (Minolta CR-10), a qual expressa à cor nos parâmetros: L* corresponde a luminosidade (100 branco; zero preto), C* corresponde a cromaticidade, representa a vividez da cor (cor vivida a pálida) e H* corresponde a ângulo hue (intensidade da cor clara ou escura).

2.3.2. Avaliações físico-químicas

- Sólidos solúveis** – determinados com refratômetro digital (Soloeste), segundo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em %;
- Acidez titulável (AT)** - por titulometria com NaOH 0,1M, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e expressa em % de ácido cítrico;

-**Potencial hidrogeniônico (pH)** - determinado com potenciômetro digital (Nova Orgânica), conforme técnicas do Instituto Adolfo Lutz (2008);

- **Ácido ascórbico (mg.100g⁻¹)** - determinado, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 10g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 %.

2.4. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) para ambos os experimentos, porém o segundo com esquema fatorial (4+1 x 5). Para os resultados obtidos no primeiro experimento utilizou-se análise de variância e desvio padrão. Para os resultados das avaliações do segundo experimento utilizou-se análise de variância e de regressão, com auxílio do programa estatístico SAS[®] versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal da Paraíba. Utilizou-se modelos de regressão polinomiais, selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação mínimo das curvas de 0,70. Em caso de interação não significativa foi realizado ligação dos pontos com o respectivo desvio padrão.

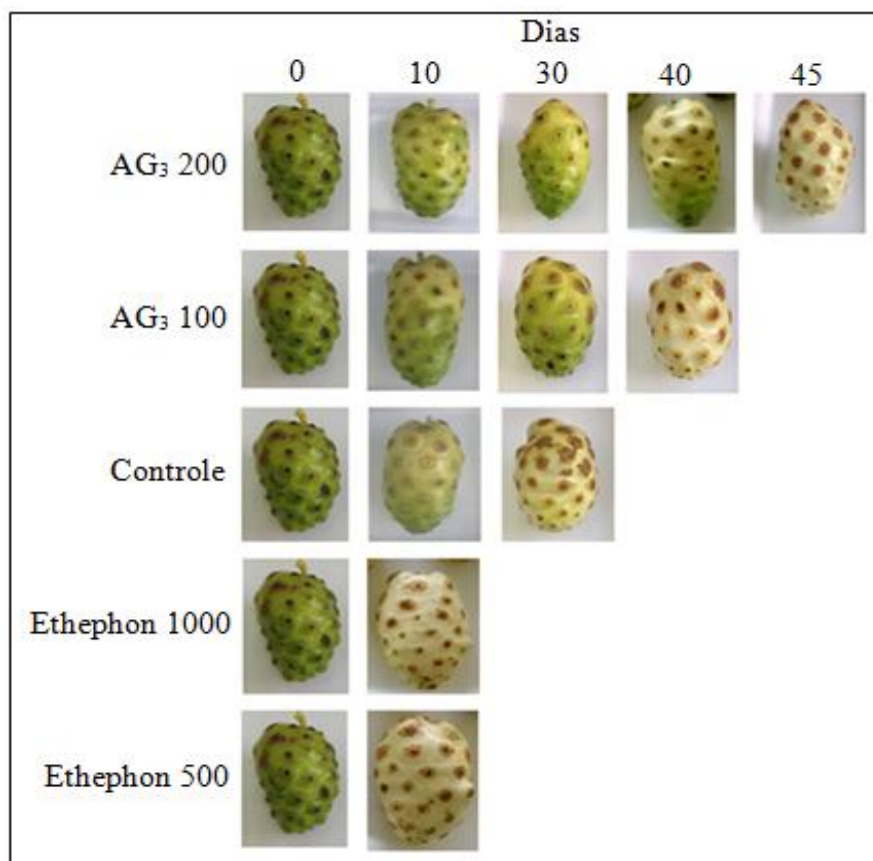
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pré-colheita de frutos de noni

3.1.1. Aspecto geral dos frutos de noni

Com o amadurecimento, a cor da casca dos frutos de noni tornou-se esbranquiçada, porém diferindo no tempo entre os tratamentos (Figura 1). Nos frutos do controle a cor mudou de verde para esbranquiçada, alcançando o ponto de colheita, em 30 dias e, nos tratamentos com 100 e 200 mg.L⁻¹ de AG₃ a mudança só ocorreu após 40 e 45 dias a partir da aplicação, respectivamente, mantendo a cor verde por mais tempo, possibilitando o retardamento da colheita. Com relação aos frutos tratados com ethephon, observou-se antecipação na mudança de coloração logo aos 10 dias após a aplicação, antecipando a colheita em 20 dias quando comparados ao controle.

Figura 1. Aspecto geral dos frutos de noni submetidos a pulverização pré-colheita com AG₃ e ethephon em função de dias após a aplicação.



De acordo com Salomão e Maia (2004), as modificações na coloração dos frutos, com o avanço do amadurecimento, ocorrem por causa dos processos degradativos ou sintéticos, sendo utilizadas como critério de julgamento do amadurecimento de frutas. Os frutos de noni de todos os tratamentos no momento da colheita apresentaram-se uniformes quanto ao tamanho e coloração da casca, porém observou-se que os frutos tratados com etileno apresentavam abscisão mais facilitada.

3.1.2. Atributos físico-químicos

De modo geral, a aplicação dos reguladores vegetais influenciou todas as características de qualidade avaliadas (Tabela 1).

TABELA 1- Efeito de AG₃ e ethephon sobre a firmeza, teor de sólidos solúveis, teor de ácido ascórbico, acidez titulável e pH na pré-colheita em função de dias após a aplicação

Tratamentos	Dias				
	0	10	30	40	45
Firmeza (N)					
AG ₃ 200	151 ± 5,2	146 ± 6,9	130 ± 1,5	117 ± 3,0	110 ± 4,5
AG ₃ 100	151 ± 5,2	140 ± 1,9	118 ± 4,6	111 ± 8,6	*
Controle	151 ± 5,2	133 ± 2,1	98 ± 5,0	*	*
Ethephon 1000	151 ± 5,2	114 ± 6,0	*	*	*
Ethephon 500	151 ± 5,2	115 ± 6,3	*	*	*
Sólidos solúveis (%)					
AG ₃ 200	6,0 ± 0,0	6,1 ± 0,2	6,0 ± 0,1	6,8 ± 0,2	7,1 ± 0,1
AG ₃ 100	6,0 ± 0,0	6,3 ± 0,1	6,8 ± 0,2	7,4 ± 0,0	*
Controle	6,0 ± 0,0	6,4 ± 0,1	7,1 ± 0,1	*	*
Ethephon 1000	6,0 ± 0,0	7,0 ± 0,0	*	*	*
Ethephon 500	6,0 ± 0,0	7,0 ± 0,0	*	*	*
Ácido ascórbico (mg.100g⁻¹)					
AG ₃ 200	34,9 ± 4,6	68,6 ± 4	132,9 ± 3,4	138,0 ± 3,6	134,5 ± 2,6
AG ₃ 100	34,9 ± 4,6	68,2 ± 4,5	134,7 ± 7,1	142,7 ± 6,8	*
Controle	34,9 ± 4,6	69,0 ± 5,9	134,4 ± 7,7	*	*
Etileno 1000	34,9 ± 4,6	108,5 ± 9,0	*	*	*
Etileno 500	34,9 ± 4,6	89,2 ± 8,2	*	*	*
Acidez titulável (% ácido cítrico)					
AG ₃ 200	0,12 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01
AG ₃ 100	0,12 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,18 ± 0,01	*
Controle	0,12 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,17 ± 0,01	*	*
Ethephon 1000	0,12 ± 0,02	0,16 ± 0,10	*	*	*
Ethephon 500	0,12 ± 0,02	0,18 ± 0,01	*	*	*
pH					
AG ₃ 200	4,4 ± 0,03	4,4 ± 0,03	4,2 ± 0,04	4,2 ± 0,03	4,2 ± 0,01
AG ₃ 100	4,4 ± 0,03	4,4 ± 0,03	4,2 ± 0,03	4,2 ± 0,03	*
Controle	4,4 ± 0,03	4,4 ± 0,04	4,3 ± 0,01	*	*
Ethephon 1000	4,4 ± 0,03	4,4 ± 0,01	*	*	*
Ethephon 500	4,4 ± 0,03	4,4 ± 0,01	*	*	*

Os resultados estão expressos na forma de média ± desvio padrão.

*Não determinado

Os tratamentos com ethephon proporcionaram diminuição na firmeza dos frutos de noni em relação aos demais tratamentos, decorrente da ação do etileno no aumento da atividade das enzimas que degradam a parede celular, indicando que os frutos tiveram seu amadurecimento acelerado. Brackmann et al. (2007) também

observaram, em pêssgo 'Eldorado', tratados com ethephon na pré-colheita, rápida perda de firmeza. Nos frutos tratados com AG₃ observou-se redução mais lenta na firmeza, o que possibilitou prolongar em até 15 dias a permanência dos frutos na planta, pois a firmeza dos frutos também pode determinar o ponto de colheita.

Em relação ao teor de sólidos solúveis, pode-se verificar que embora os frutos tenham atingido a maturação em épocas diferentes, os frutos de todos os tratamentos foram colhidos com o teor médio de 7,1. Também pode-se observar que após a aplicação houve aumento nos sólidos solúveis, sendo que em frutos tratados com ethephon esse aumento foi mais rápido. Segundo Vicentino et al. (2011) o aumento em sólidos solúveis está relacionado a degradação da parede celular e consequente perda de firmeza, fato estes que foi observado nos frutos tratados com ethephon.

O teor de ácido ascórbico nos frutos de noni aumentou com o passar dos dias após a aplicação dos tratamentos, sendo que os tratados com ethephon apresentaram os menores valores no momento da colheita, o que pode ser atribuído ao menor tempo de permanência dos frutos na planta, quando comparado com os tratados com AG₃ que tiveram maiores acúmulos.

A acidez titulável aumentou com o passar dos dias após a aplicação independente dos tratamentos, iniciando-se com 0,12% de ácido cítrico no momento da aplicação para valores entre 0,16 e 0,19% na colheita. Esse aumento da acidez refletiu no pH promovendo a redução dos valores, porém não sendo observado grandes diferenças entre os reguladores.

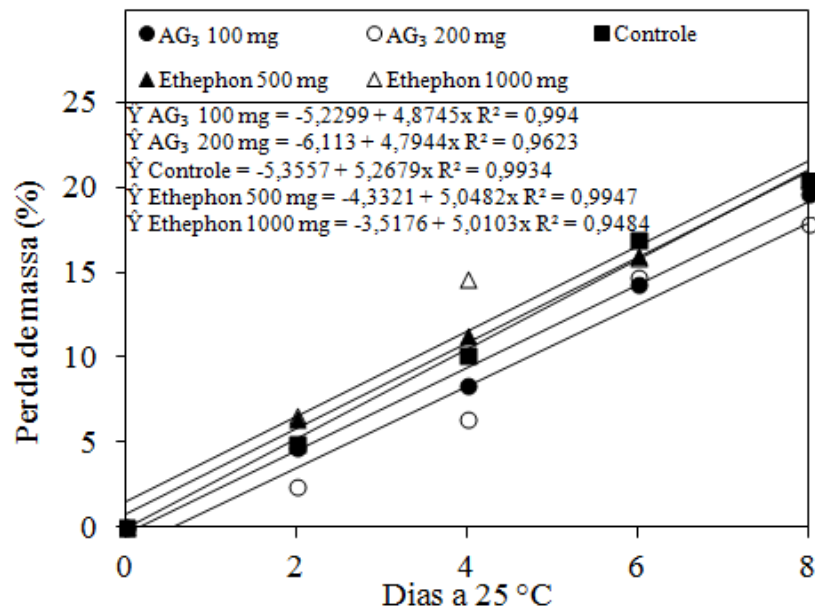
3.2. Efeito da aplicação de ácido giberélico e ethephon na pós-colheita de frutos de noni

3.2.1. Perda de massa

Independentemente do regulador aplicado, observou-se perdas de massa à medida que avançava o período de armazenamento dos frutos de noni, sendo esta influenciada significativamente pelos fatores estudados ($P < 0,05$) (Figura 2). A aplicação de AG₃ reduziu a perda de massa durante o armazenamento em relação ao ethephon e controle proporcionando manutenção do peso dos frutos até o 4º dia de armazenamento, com destaque para a dose de 200 mg.L⁻¹ que apresentou

menor valor (6,4 %). Por sua vez, frutos tratados com ethephon apresentaram as maiores perdas de massa no armazenamento, atingindo ao final 20,4%. Esse fato pode ser atribuído ao efeito do etileno que, depois de produzido nos tecidos do fruto aciona o aumento da atividade respiratória, aumentando a transpiração dos frutos.

Figura 2. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita na perda de massa (%) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.



A menor perda de massa nos frutos de noni tratados com AG₃ possivelmente está relacionada com a redução do metabolismo e consequente retardo na maturação proporcionado por esse regulador. Os resultados deste trabalho estão de acordo com Danieli et al. (2002) que também observaram menores perdas de massa (4%) em caquis tratados com 30 mg.L⁻¹ de AG₃ e armazenados em condições ambiente.

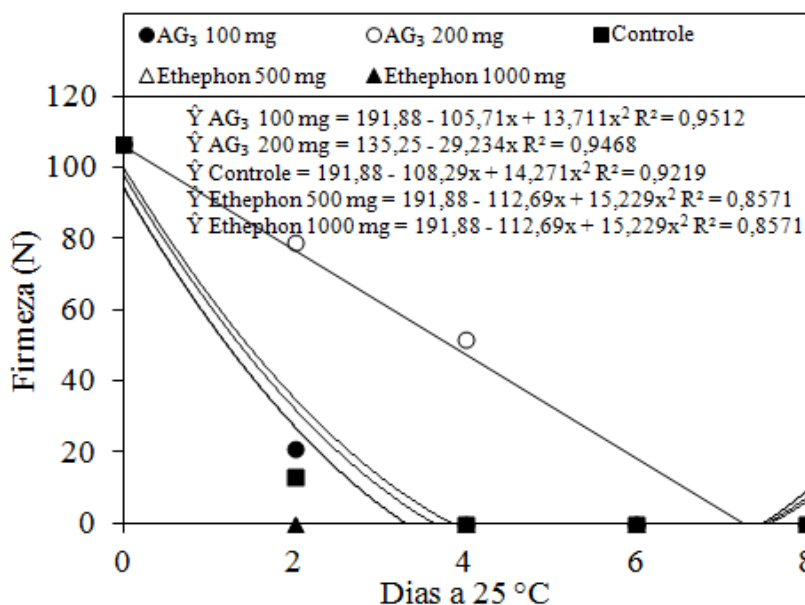
Segundo Souza et al. (2000) as perdas de massa fresca em frutos armazenados ocorrem em decorrência da água eliminada por transpiração, causada pela diferença de pressão de vapor entre o fruto e o ar no ambiente e dos processos metabólicos de respiração. De acordo com Finger e Vieira (2002) a perda de massa tolerada para o não aparecimento de murcha e/ou enrugamento da superfície oscila entre 5 e 10% para a maioria dos produtos hortícolas frescos. Os frutos tratados com ambas as doses de AG₃ mantiveram a perda de massa dentro desse limite até o 4º dia de armazenamento, enquanto que os frutos tratados com ethephon,

especialmente na dose de 1000 mg.L⁻¹, nesse mesmo período apresentaram expressiva perda devido ao estado de maturação avançado.

3.2.2. Firmeza

De maneira geral, observou-se decréscimo da firmeza ao longo do armazenamento, verificando-se interação significativa entre tratamentos e períodos de armazenamento ($P < 0,05$) (Figura 3). Frutos de noni tratados com 200 mg.L⁻¹ de AG₃ foram mais firmes durante o armazenamento, apresentando no quarto dia de armazenamento cerca de 51 N, sugerindo um retardo no amadurecimento. Frutos do controle e os tratados com 100 mg.L⁻¹ de AG₃ mantiveram a firmeza apenas até o segundo dia de armazenamento. No caso dos tratados com ethephon em ambas as concentrações, logo no segundo dia de armazenamento a firmeza já era zero, evidenciando a aceleração da maturação.

Figura 3. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita na firmeza (N) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.



A perda de firmeza está associada à perda de água, mas também à solubilização das protopectinas no processo de amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Levando-se em consideração a perda de água dos frutos pode-se relacionar inversamente os dados de firmeza com a perda de massa, de modo que frutos tratados com 200 mg.L⁻¹ de AG₃ apresentaram as menores perdas de massa durante o armazenamento, refletindo assim em uma maior firmeza.

O tratamento com ethephon proporcionou diminuição na firmeza dos frutos em relação aos demais tratamentos, evidenciando que o metabolismo e o processo de maturação foram acelerados. Assim, observou-se frutos de noni completamente amolecidos em até dois dias de armazenamento. Como o ethephon é uma fonte exógena de etileno, quando em contato com o tecido do fruto aumenta a síntese autocatalítica desse hormônio, promovendo aumento da taxa metabólica. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) o etileno aciona as enzimas que degradam a parede celular dos vegetais causando a perda de firmeza em frutos. Gonzalez et al. (2004) também reportaram maior taxa de diminuição da firmeza em caquis tratados com 500 mg.L⁻¹ de ethephon e armazenados em condições ambiente por 8 dias.

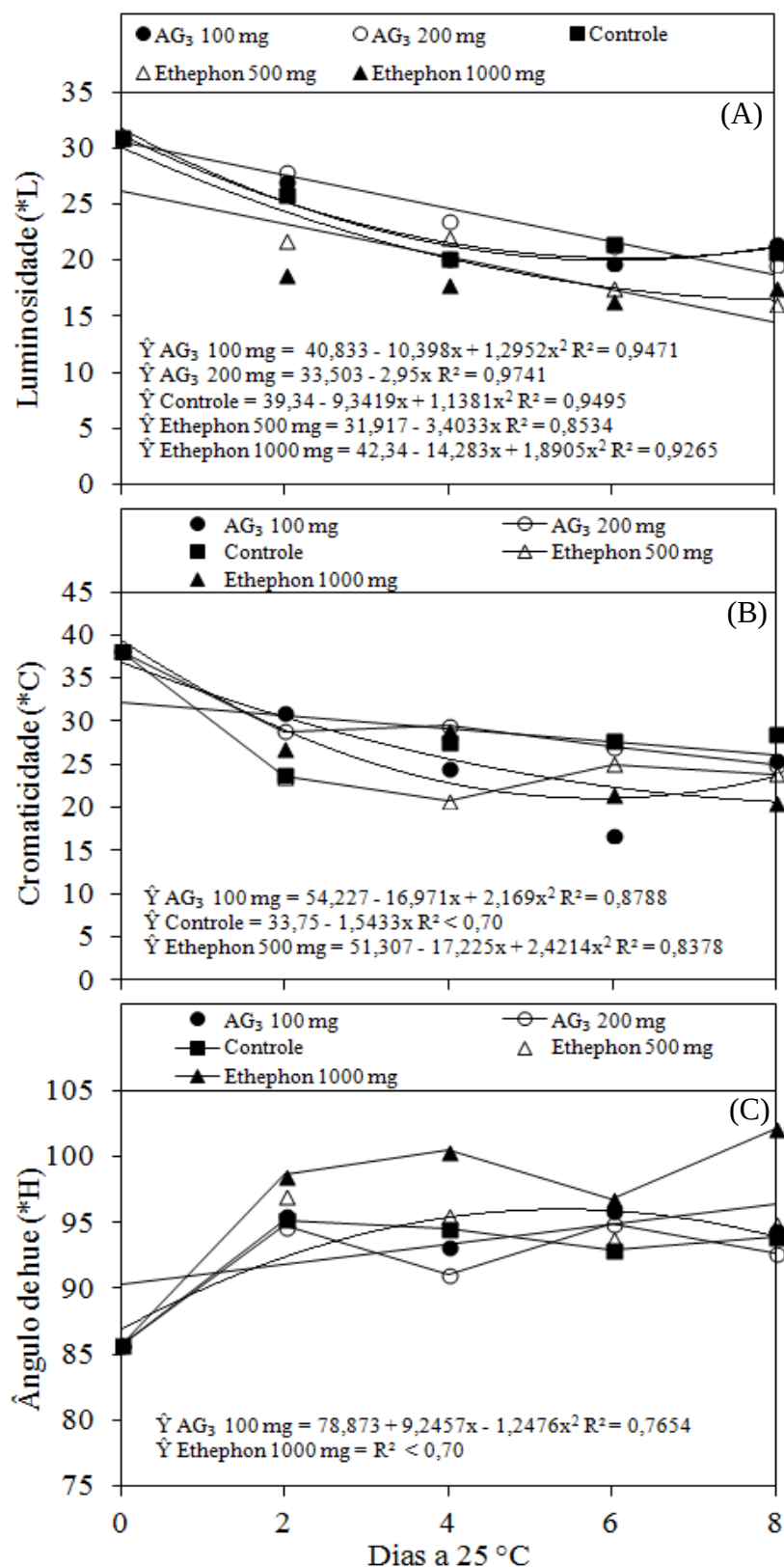
3.2.3. Coloração da casca

A luminosidade (L) e a cromaticidade (C) diminuíram durante o armazenamento, enquanto que o ângulo de hue (H) aumentou independentemente dos tratamentos aplicados. Foi verificada interação significativa entre períodos de armazenamento e tratamentos ($P < 0,05$) (Figura 4).

Os maiores valores de luminosidade (L) foram obtidos em frutos tratados com 200 mg.L⁻¹ AG₃ até os 4 dias de armazenamento (Figura 4A). Nos frutos tratados com ethephon observou-se uma perda de luminosidade já nos dois primeiros dias de armazenamento, sendo esta mais acentuada na dose de 1000 mg.L⁻¹. Rivera-Lopes et al. (1999) relataram que a diminuição na luminosidade indica a senescência dos frutos.

A cromaticidade foi influenciada apenas pelos períodos de armazenamento (Figura 4B), todavia os frutos de noni de todos os tratamentos apresentaram redução do valor de Croma, indicando menor intensidade na pigmentação, mostrando que a síntese de pigmentos da casca foi reduzida durante o armazenamento deste fruto.

Figura 4. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita na luminosidade (L) (A), cromaticidade (C) (B) e ângulo hue (H) (C) da casca de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C 8 dias.

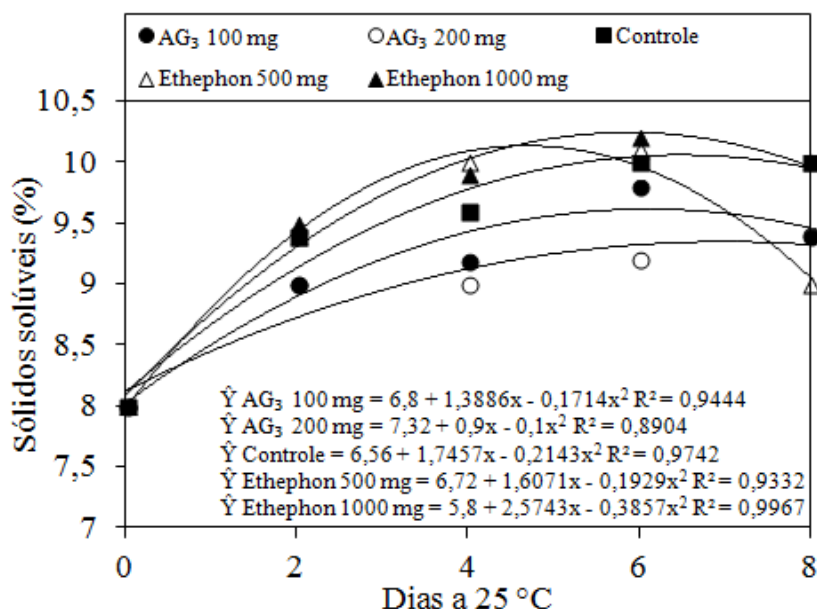


O ângulo de hue (H) da casca aumentou em todos os frutos (Figura 4C). Entretanto o tratamento com ethephon antecipou a mudança de coloração dos frutos, que também observou-se em frutos tratados com AG₃ e controle, porém com menor intensidade. Ao final do armazenamento os frutos tratados com 1000 mg.L⁻¹ de ethephon apresentaram coloração cinza escuro, devido à maior degradação de clorofila promovida pelo etileno que antecipou a senescência.

3.2.4. Sólidos solúveis

Verificou-se aumento nos sólidos solúveis com o avanço do armazenamento, independentemente dos tratamentos aplicados, verificando interação significativa entre os fatores estudados ($P < 0,05$) (Figura 5). Os maiores teores de sólidos solúveis foram observados em os frutos de noni tratados com 500 e 1000 mg.L⁻¹ de ethephon no 6º dia de armazenamento, com valores de 10,1% e 10,2%, respectivamente. Em contra partida, frutos tratados com AG₃ apresentaram os menores valores durante o armazenamento, alcançando ao 6º dia o valor de 9,2% para a dose de 200 mg.L⁻¹.

Figura 5. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita nos sólidos solúveis (%) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.



O maior teor de sólidos solúveis observado para os frutos de noni tratados com ethephon pode ser explicado pelo avanço na maturação favorecido como também pela maior perda de massa dos frutos, ocorrendo, consequentemente,

maior acúmulo de açúcares e ácidos orgânicos. Segundo Vicentino et al. (2011), além da desidratação, o aumento nos sólidos solúveis pode estar associado a uma perda de solutos decorrente da atividade respiratória, do transporte de solutos ou da transpiração, bem como a degradação da parede celular, elevando a concentração dos teores de sólidos solúveis.

Segundo Jeronimo e Kaneshiro (2000), o aumento de sólidos solúveis é decorrente da transformação das reservas acumuladas durante a formação e o desenvolvimento desses sólidos em açúcares solúveis.

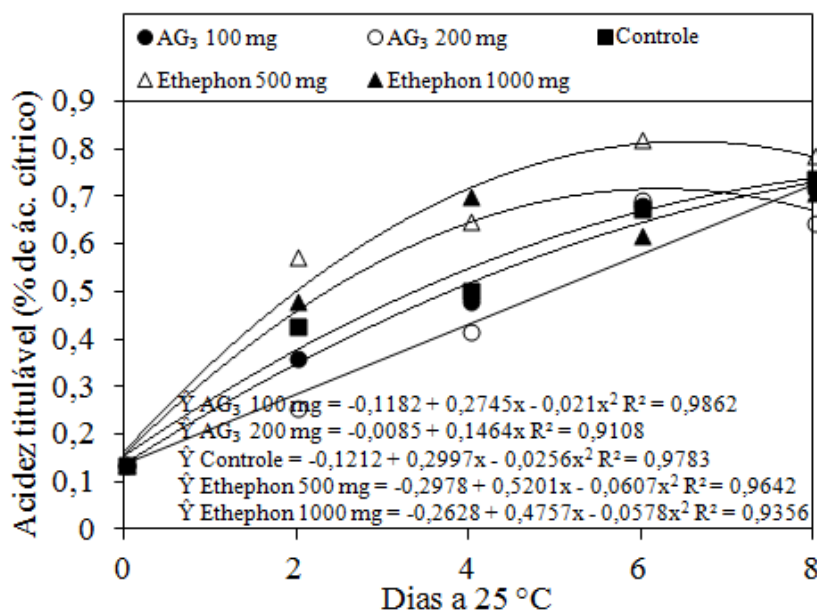
Quanto aos tratamentos com AG₃, acredita-se que o menor teor de sólidos solúveis seja, provavelmente, devido à ação deste regulador no amadurecimento dos frutos, diminuindo o metabolismo, e consequentemente a perda de massa e de firmeza.

3.2.5. Acidez titulável

A acidez titulável aumentou durante o armazenamento (Figura 6). Pode-se observar que os maiores valores de acidez foram para frutos tratados com ethephon em relação aos demais, atingindo 0,82% de ácido cítrico no tratamento com 500 mg.L⁻¹ aos 6 dias de armazenamento. Nos frutos tratados com AG₃ verificou-se menores teores de acidez até o 4º dia de armazenamento, sendo constatado os menores valores até esse período, principalmente na dose de 200 mg.L⁻¹.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) na maioria dos frutos os conteúdos de ácidos orgânicos tendem a diminuir com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou de sua conversão em açúcares na gliconeogênese, mas em alguns casos são relatados aumento da acidez titulável devido às transformações no fruto, como aumento de ácido poligalacturônico pela hidrólise da pectina, e produção de compostos ácidos intermediários no ciclo de Krebs, o que pode justificar o aumento durante o armazenamento verificado neste estudo.

Figura 6. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita na acidez titulável (% ác. cítrico) de frutos de noni armazenados 25 ± 1 °C durante 8 dias.

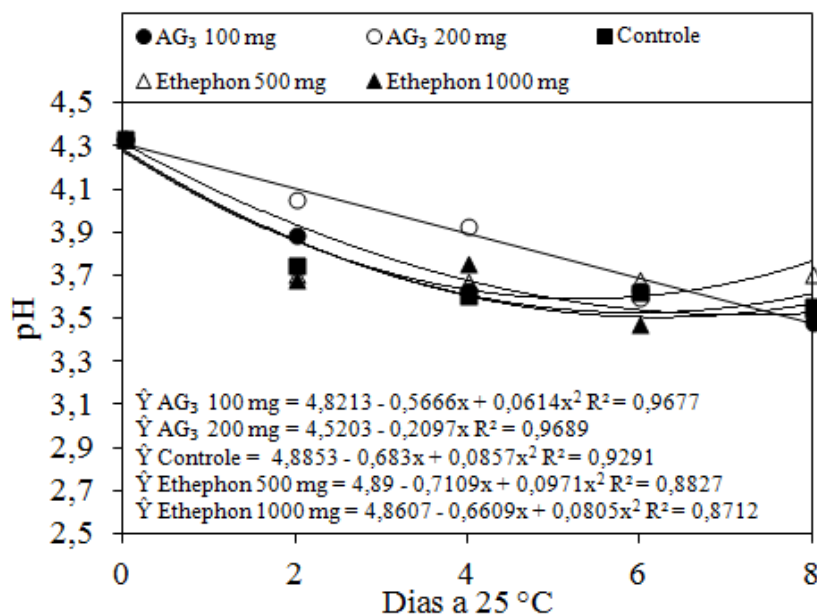


A maior acidez constatada em frutos tratados com ethephon, possivelmente esta relacionada com a maior perda de massa desses frutos, pois de acordo com Meneguzzo et al. (2006) o aumento da acidez está associado a desidratação, provocando acúmulo de ácidos orgânicos. O menor acúmulo de ácidos dos frutos de noni tratados com 200 mg.L⁻¹ AG₃ permite deduzir que o processo fisiológico da maturação foi retardado pelo efeito do regulador.

3.2.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH dos frutos de noni foi influenciado pelos tratamentos e períodos de armazenamento (P<0,05) (Figura 7). Observou-se diminuição do pH em função do tempo de armazenamento independentemente dos tratamentos aplicados. Os frutos tratados com ethephon apresentaram os menores valores, atingindo pH de 3,4 aos 6 dias de armazenamento na dose de 1000 mg.L⁻¹. Os frutos de noni tratados com AG₃ na concentração de 200 mg.L⁻¹ destacaram-se em manter valores de pH com menores variações até os 4 dias de armazenamento, esses resultados indicam que o AG₃, até esse período, minimizou as taxas das transformações metabólicas dos frutos.

Figura 7. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita no potencial hidrogênionico (pH) de frutos de noni armazenados 25 ± 1 °C durante 8 dias.

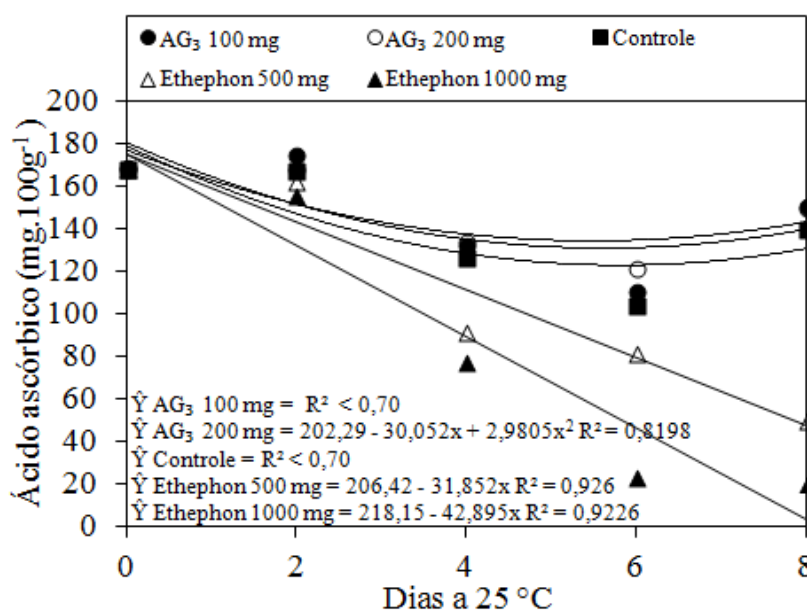


Os menores valores de pH em frutos tratados com ethephon podem estar relacionados à aceleração da maturação dos frutos pelo regulador vegetal. Pois, segundo Neves et al. (2008) a redução do pH durante o armazenamento pode estar relacionada à perda de firmeza dos frutos, e esta, à liberação de ácidos pécticos oriundos da parede celular dos tecidos, que pode resultar em alguma elevação da acidez titulável e consequentemente redução do pH.

3.2.7. Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico em frutos de noni diminuiu durante o armazenamento, verificando interação significativa entre períodos de armazenamento e tratamentos ($P < 0,05$) (Figura 8). Observou-se diminuição do conteúdo de ácido ascórbico com o aumento da dose de ethephon, apresentando os menores valores os frutos tratados com este regulador. No caso dos tratamentos com AG₃, ambas as doses apresentaram maiores valores que o controle durante o armazenamento, atingindo em frutos tratados nas doses de 100 e 200 mg.L⁻¹, ao final do armazenamento 150,4 e 150,1 mg.100g⁻¹ de polpa, respectivamente. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o teor de ácido ascórbico pode ser utilizado como índice de qualidade dos alimentos, porque varia no produto de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento.

Figura 8. Efeitos de AG₃ e ethephon aplicados na pós-colheita no teor de ácido ascórbico (mg.100g⁻¹) de frutos de noni armazenados a 25 ± 1 °C durante 8 dias.



A expressiva diminuição no conteúdo de ácido ascórbico em fruto tratados com as doses de ethephon deve-se ao aumento da taxa respiratória e à aceleração do amadurecimento, promovido pelo etileno, que segundo Chitarra e Chitarra (2005) tem como consequência a perda de ácido ascórbico. Por outro lado nos frutos tratados com AG₃ apresentaram menor diminuição ao longo do armazenamento, isso provavelmente deve ter ocorrido devido ao retardo no amadurecimento dos frutos, com queda na atividade respiratória e na produção de etileno, com menor gasto de substratos, em resposta à aplicação do regulador.

4. CONCLUSÕES

O uso do ethephon em pré-colheita antecipa a colheita de frutos de noni em até 20 dias. A aplicação pré-colheita de 200 mg.L⁻¹ de AG₃, retarda a maturação dos frutos em 15 dias, mantendo a firmeza e retardando a evolução da coloração esbranquiçada característica da epiderme dos frutos maduros.

A aplicação pós-colheita de ethephon na dose de 500 mg.L⁻¹ antecipa a maturação de frutos de noni armazenados sob condições ambiente, obtendo-se frutos completamente maduros aos 2 dias de armazenamento, baseando-se nas mudanças visíveis de coloração e pela rápida perda de firmeza. O ácido giberélico (AG₃) retardou a maturação dos frutos de noni mantendo os frutos mais firmes, com

menores perdas de massa, reduzindo o nível de escurecimento da epiderme e preservando os teores de vitamina C, mantendo-os viáveis para consumo e comercialização até 4 dias após a colheita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINI, S.; MIGUEL, C. A.; SPOTO, M. H. F. Influência de sanificantes nas características físicas e químicas de uva Itália. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 504-507, 2009.

AMARANTE, C. V. T.; DREHMER, M. M. F.; SOUZA, F.; FRANCESCATO, P. A pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA3) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 1-5, 2005.

BRACKMANN, A; GIEHL, R. F. H.; SESTARI, I.; PINTO, J. A. V.; EISERMANN, A. C. Qualidade de pêssegos cv. 'Eldorado' tratados com aminoetoxivinilglicina e ethephon e armazenados em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 37, p. 79-84, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 044-048, 2002.

FERRI, V. C.; RINALDI, M. M.; SILVA, J. A.; LUCHETTA, L.; MARINI, L.; ROMBALDI, C. V. Ácido giberélico no retardamento da maturação de caquis (*Diospyrus kaki*, L.) cultivar Fuyu. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 24, p. 1-5, 2004.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos Hortícolas**. Viçosa: UFV, 2002. 29 p.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; WERLANG, C. Efeito de ethephon e embalagem de pvc na qualidade pós-colheita de caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu armazenados a 25°C. **Publicatio**, v. 10, n.1, p. 21-26. 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JERONIMO, R. F.; KANESIRO, M. A. B. Efeito da associação de armazenamento sob refrigeração e atmosfera modificada na qualidade de mangas 'Palmer'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 237- 243, 2000.

LEITE, G. A.; CARVALHO, C. A. C.; FREITAS, W. E. S.; DANTAS, J. I. A.; PONTES, C. A.; FERNANDES, P. L. O. A ação das poliaminas na maturação e senescência de frutos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 4, p. 08-21, 2012.

MENEGUZZO, J.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; AYUB, M. A. Z. Efeito de *Botrytis cinerea* na composição do vinho Gewürztraminer. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 527-532, 2006.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-228, 1959.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; SÉRGIO ROBERTO, R.; VIEITES, R. L. Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 094-100, 2008.

RIVERA-LOPEZ, J.; ORDORICA-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, v. 65, p. 195-200, 1999.

SALOMÃO, L. C. C.; MAIA, V. M. Amadurecimento de quatro cultivares de banana com ácido 2-cloroetilfosfônico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 29, p. 104-113, 2004.

SEIBERT, E. BARRADAS, C. I. N.; ARAÚJO, P. J.; BENDER, R. J. Efeito do ethephon e da frigoconservação na maturação de Peras cv. 'Packham's Triumph'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 55- 62, 2000.

SOUSA, R. F.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A.; ALVES, R. E.; OLIVEIRA, A. C. de. Armazenamento de ciriguela (*Spondia purpurea* L.) sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 334-338, 2000.

STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T. do; CHECHI, R.; SILVEIRA, J.P.G.; BRACKMANN, A. Aplicação pré-colheita de reguladores vegetais visando retardar a maturação de ameixas 'Laetitia'. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1369-1373, 2009.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A.; DRAGUNSKI, D. C. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimentos e conservação de uvas. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1309-1314, 2011.

WANG, M. Y.; WEST, B.; JENSEN, C. J.; NOWICKI, D.; SU, C., PALU, A. K., ANDERSON, G. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research. **Acta Pharmacologica Sínica**, v. 23, n. 12, p. 1127-1141, 2002.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

CAPÍTULO III

INCIDÊNCIA DE DANO PELO FRIO EM FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

INCIDÊNCIA DE DANO PELO FRIO EM FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.)

RESUMO - O noni (*Morinda citrifolia* L.) pertence à família Rubiaceae e adapta-se muito bem ao clima tropical e subtropical, o fruto é a parte da planta mais utilizada. O armazenamento refrigerado é uma ferramenta importante para o prolongamento da vida útil de frutos, porém, seu uso requer certos cuidados, pois baixas temperaturas podem causar desordens fisiológicas denominada de “Chilling injury” ou dano pelo frio. Além da temperatura, o tempo de exposição é determinante no desenvolvimento de danos pelo frio. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito dos danos pelo frio na qualidade pós-colheita de frutos de noni submetidos a baixas temperaturas e identificar o estágio de maturação menos suscetível. Os frutos colhidos foram selecionados, sanitizados e padronizados quanto à coloração e ausência de injúrias. O trabalho foi dividido em dois experimentos, no experimento I: Frutos nos estágios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e fruto totalmente esbranquiçado (TE) foram submetidos às temperaturas de 6, 9 e 12 °C por 5 dias para a determinação do estágio menos suscetível a danos pelo frio. No experimento II: Frutos no estágio TE foram submetidos às temperaturas de 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 °C, por 5 dias. As avaliações nos dois experimentos foram realizadas a cada 24 horas e para o monitoramento da evolução do dano pelo frio nos frutos realizou-se avaliações subjetivas no experimento I e subjetivas, físicas, físico-químicas e atividade enzimática no experimento II. A incidência de danos pelo frio foi menor nos frutos no estágio AE a 12 °C e no estágio TE nas temperaturas de 9 e 12 °C, havendo surgimento de danos pelo frio apenas na temperatura de 9 °C às 120 horas de exposição, enquanto que em frutos nos estádios VA e AE, mantidos nas temperaturas de 6 e 9 °C, verificou-se que a gravidade dos sintomas de danos pelo frio se intensificou com o passar do tempo de exposição. A presença dos danos não impediu o desenvolvimento da coloração característica da polpa, porém levou ao escurecimento da casca e afetou o amadurecimento normal dos frutos. Os frutos de noni podem ser mantidos em temperaturas a partir de 10 °C, sem apresentar sinais de danos pelo frio ou prejuízos aos seus processos metabólicos normais.

Palavras-chaves: Noni, estágio de maturação, danos pelo frio.

INCIDENCE OF COLD DAMAGE IN NONI FRUITS (*Morinda citrifolia* L.)

ABSTRACT - Noni (*Morinda citrifolia* L.) belongs to the family Rubiaceae and adapts very well to the tropical and subtropical climate, the fruit is the most used part of the plant. The cold storage is an important tool for extending the lifespan of fruit, however, their use requires some caution because low temperatures can cause physiological disorders called "Chilling injury" or chilling injury. In addition to temperature, exposure time is crucial in the development of chilling injury. The objective of this study was to evaluate the effect of chilling injury in postharvest quality noni fruit submitted the low temperatures and identify the less susceptible maturation stage. The harvested fruits were sorted, sanitized and standardized for color and no injuries. The work was divided into two experiments, the experiment I: Fruits in yellowish green maturity stages (VA), whitish yellow (AE) and fully whitish fruit (TE) were subjected to temperatures of 6, 9 and 12 °C for 5 days for determining the stage less susceptible to damage by cold. In experiment II: Fruits in TE stage were subjected to temperatures of 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 °C for 5 days. Evaluations in both experiments were performed every 24 hours and for monitoring the evolution of chilling injury in fruits held subjective assessments in experiment I and subjective, physical, physicochemical and enzymatic activity in the experiment II. The incidence of chilling injury was lower in fruits in AE stage to 12 °C and TE stage at temperatures 9 and 12 °C, with onset of chilling injury only to the temperature of 9 °C to 120 hours exposure, whereas fruits in stages VA and AE, maintained at temperatures of 6 and 9 °C, it was found that the severity of chilling injury symptoms intensified over the time of exposure. The presence of damage did not prevent the development of the characteristic color of the pulp, but led to the darkening of the shell and affect the normal ripening of the fruit. The noni fruit can be kept at temperatures from 10 °C, with no signs of chilling injury or damage to their normal metabolic processes.

Keywords: Noni, maturity stage, chilling injury.

1. INTRODUÇÃO

O noni (*Morinda citrifolia* L.) pertence à família Rubiaceae, se adapta muito bem ao clima temperado, é uma planta tipicamente encontradas nas ilhas havaianas e taitianas onde acredita-se que seja uma das mais importantes plantas trazidas para o Hawaii pelos primeiros polinésios (ROSS, 2001). O Brasil apesar de não ter tradição no cultivo do noni apresenta grande potencial edafoclimático.

O fruto é a parte da planta mais utilizada, sendo várias as aplicações como remédio na medicina popular, entre estas: antibactericida, analgésico, anticongestivo, antioxidante, expectorante, anti-inflamatório (ELKINS, 1997). O consumo, tendo em vista benefícios à saúde, vem proporcionando um crescimento da procura por esse fruto em todo o mundo (PINO et al., 2010). Para que esse fruto seja produzido e comercializado, alcançando mercados mais distantes, existe a necessidade de aplicação de tecnologia adequada para sua conservação, uma vez que estes são muito perecíveis e amadurecem rapidamente depois de colhidos. A redução de perdas e o prolongamento do período de oferta podem ser obtidos por meio da otimização das condições de armazenamento (ALVES et al., 2009). O armazenamento refrigerado é a principal ferramenta no aumento da conservação e vida útil de frutos, possibilitando a manutenção da qualidade sensorial e melhorando a competitividade no mercado (LIMA et al., 2006).

Porém, o uso da refrigeração requer certos cuidados quanto à temperatura a ser adotada, pois temperaturas na faixa de 5 a 15 °C podem causar desordens fisiológicas em espécies tropicais e subtropicais, denominada de “Chilling injury” ou dano pelo frio, afetando negativamente sua qualidade (MIGUEL et al., 2011). Além da temperatura, o tempo de exposição é determinante no desenvolvimento de danos pelo frio (WANG, 1994).

Frutos submetidos ao frio, em condições de estresse, inicialmente apresentam modificação física da fase lipídica das membranas e alterações específicas na funcionalidade das proteínas, resultando em respostas secundárias que incluem aumento da produção de etileno, respiração e extravasamento de solutos, perda da compartimentalização celular e mudanças na atividade de enzimas. Como resultado final destas alterações, há o aparecimento de

descolorações generalizadas dos tecidos, depressões superficiais, colapso interno da célula e desenvolvimento de doenças (WILLS et al., 1998).

Para controlar ou minimizar estas consequências negativas, é necessário que se utilize temperaturas adequadas para o armazenamento dos frutos, podendo estas variarem de acordo com a espécie, cultivar e estágio de maturação (AUTIO; BRAMLAGE, 1986). Todavia, em frutos de noni, até o presente momento, não se tem estabelecida a temperatura de armazenamento que possibilite a manutenção dos atributos de qualidade, como aparência, textura e valor nutricional, sem a incidência de dano pelo frio. O conhecimento do potencial de conservação dos frutos é essencial, para que se possa desenvolver técnicas adequadas para os procedimentos de seleção, de armazenamento e comercialização, orientando produtores e intermediários na elaboração de uma estratégia mais eficiente na pós-colheita (BRON et al., 2002).

O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de baixas temperaturas na incidência de danos pelo frio, e sua influencia na qualidade pós-colheita de frutos de noni (*Morinda citrifolia*) submetidos às baixas temperaturas e identificar o estágio de maturação menos suscetível.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem dos frutos

Os frutos foram obtidos de plantas de noni com aproximadamente três anos, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB), no município de Bananeiras-PB, localizado na mesorregião do Agreste Paraibano a 6°46' de latitude Sul e 35°38'W de longitude com 617 m de altitude. O clima do município é classificado como do tipo Koppen - As' - clima quente e úmido (BRASIL, 1972), com período chuvoso de maio a agosto, com pluviosidade média anual de 1200 mm e valores médios anuais de temperatura do ar, máxima e mínima, respectivamente de 28 e 18°C (SANTOS et al., 2011). O solo do local foi classificado com base em Santos et al. (2006) como Latossolo Amarelo Distrófico.

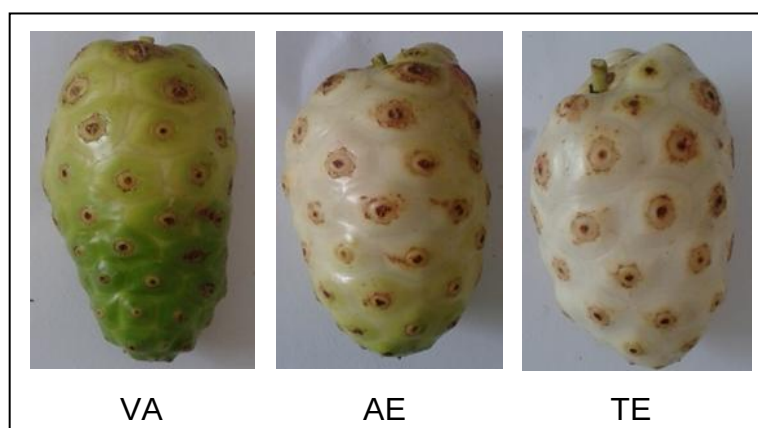
2.2. Instalação e condução dos experimentos

2.2.1. Experimento I: Influência do estágio de maturação no desenvolvimento de danos pelo frio em frutos de noni

A colheita dos frutos foi realizada manualmente no período da manhã com auxílio de tesoura de colheita. Através da seleção visual, os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (Figura 1). Em seguida, foram transportados em caixas de colheita revestidas com plástico bolha para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do CCHSA/UFPB para a instalação e condução do experimento.

No laboratório, os frutos de noni foram selecionados quanto ao estágio de maturação, ausência de danos físicos e tamanho uniforme. Sequencialmente foram retiradas às impurezas de campo da superfície da casca dos frutos e tratados com solução de 200 ppm de cloro ativo, e secos ao ar. Os frutos de noni foram acondicionados em bandejas de polipropileno, sendo divididos em lotes de acordo com o estágio de maturação. Os tratamentos consistiram na exposição dos frutos às temperaturas de 6, 9 e 12 °C em B.O.D., durante os períodos de 24, 72 e 120 horas. Para o monitoramento da evolução do dano pelo frio nos frutos realizou-se avaliação subjetiva.

Figura 1. Frutos de noni em diferentes estádios de maturação. Fruto verde amarelado (VA), fruto amarelo esbranquiçado (AE) e fruto totalmente esbranquiçado (TE).



O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial (3 temperaturas x 3 tempos), com três repetições de 5 frutos cada. A análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey

($P < 0,05$) utilizando-se o programa estatístico SAS[®] versão 9.1 (2014), licenciado para o CCHSA da Universidade Federal da Paraíba.

2.2.2. Experimento II: Dano pelo frio e qualidade de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas e tempo de exposição

A colheita dos frutos de noni foi realizada manualmente no período da manhã com auxílio de tesoura de colheita. Através da seleção visual, os frutos foram colhidos no estágio de maturação com coloração da casca totalmente esbranquiçada (TE). A partir dos resultados obtidos no experimento I foi estabelecido que este estágio seria o menos suscetível a danos pelo frio. Em seguida, os frutos foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do (CCHSA/UFPB) para a instalação e condução do experimento.

No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à ausência de danos físicos e tamanho uniforme. Sequencialmente foram retiradas às impurezas de campo da superfície da casca dos frutos e tratados com solução de 200 ppm de cloro ativo, e secos ao ar.

Os frutos de noni foram acondicionados em bandejas de polipropileno e divididos em lotes para serem expostos às temperaturas de 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C em B.O.D., durante 24, 72 e 120 horas. Antes de cada período de avaliação, as frutas eram expostas à temperatura ambiente por 3 horas. Para o monitoramento da evolução do dano pelo frio realizou-se no dia da colheita e em cada período de exposição avaliações subjetivas, físicas, físico-químicas e atividade enzimática.

O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial (7 temperaturas x 3 tempos), com três repetições de 5 frutos cada. A análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) utilizando o programa estatístico SAS[®] versão 9.1 (2009), licenciado para o CCHSA da Universidade Federal da Paraíba.

Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70. Não observado interação significativa foi realizado ligação dos pontos com o respectivo desvio padrão.

2.3. Avaliações

2.3.1. Avaliação Subjetiva

Índice de danos pelo frio - Foi medido pelo grau de escurecimento da casca, de acordo com a metodologia adaptada de Sala e Lafuente (1999), utilizando a escala de 1 a 5 de evolução de danos pelo frio: 1 = nenhum sintoma de danos; 2 = sintomas de danos entre 1-25% da área; 3= sintomas de danos entre 26-50% da área; 4 = sintomas de danos entre 51-75% da área; 5 = sintomas de danos entre 76-100% da área.

2.3.2. Avaliações Físicas

Perda de peso - Calculada tomando como referência a massa inicial dos frutos de noni, para cada período de análise, usando balança semi-analítica (Bel 503);

Firmeza - Estimada diretamente no ponto equatorial do fruto, através de penetrômetro manual (Sudoeste); Os dados obtidos em kg representam médias de duas medições por fruto, sendo convertidos para Newton (N) pelo fator 9,81;

Coloração da casca e da polpa - Realizadas através de Colorímetro (Minolta CR-10), o qual expressa a cor nos parâmetros: L* corresponde a luminosidade (100 branco; zero preto), a C* representa a vividez da cor (cor vivida a pálida) e H* (corresponde a intensidade da cor clara ou escura).

2.3.3. Avaliações Físico-Químicas

Sólidos solúveis (SS) - determinados com refratômetro digital (Soloeste), segundo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em %;

Acidez titulável - Por titulometria com NaOH 0,1 mol/L, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e expressa em % de ácido cítrico;

Polifenóis extraíveis totais (PET) - realizada conforme descrito pelo método de Larrauri et al. (1997). Tomou-se 10g de material vegetal, adicionando 4 mL de metanol 50% e deixando para extrair por 1 hora. Em seguida, a mistura foi centrifugado a 15.000 rpm durante 15 minutos. O primeiro sobrenadante foi armazenado e, ao resíduo adicionou-se 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por 1 hora. Em seguida foi repetida a centrifugação e o sobrenadante foi adicionado

ao primeiro e completado com água destilada em tubo de Falcon graduado que continha o sobrenadante da primeira extração. Em tubo de ensaio; colocou-se uma alíquota de 0,250 mL do extrato, acrescida de 0,750 mL de água destilada, mais 1 mL de Folin Ciocalteu, 2,0 mL de carbonato de sódio 20% e 2,0 mL de água destilada. Agitou-se o tubo e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 700 nm com os resultados expressos em $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$;

Extravasamento de eletrólitos - Foi determinado com base no método de McCollum e McDonald (1991). Seis discos, cerca de 2 g de polpa, foram extraídos, em seguida, lavados com manitol 0,4 M. Estes tecidos foram então colocados em 50 ml de manitol 0,4 M, e incubados a 25 °C durante 3 horas. A condutividade elétrica inicial da solução foi medida em temperatura ambiente usando um condutivímetro (Lucadema). O total de eletrólitos foi determinado nas amostras depois que elas foram autoclavadas durante 30 min a 121 °C e resfriadas até à temperatura ambiente. Os dados serão expressos como percentagem do total de eletrólito;

Peroxidação de lipídeos – Foi determinada pela medição de Malondialdeído (MDA) produzido, usando o método do ácido tiobarbitúrico (TBA) de acordo com Heath e Packer (1968). Para extração de MDA, foram maceradas 0,1 g de material vegetal fresco, com solução de 5 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 20% contendo 0,5% de TBA. A mistura foi aquecida a 95 °C durante 30 min, arrefeceu-se rapidamente, e, em seguida, centrifugadas a 10.000 rpm durante 15 min. A absorbância foi lida a um comprimento de onda de 532 nm. As medições foram corrigidas para a turbidez não específica por subtração dos valores de absorbância a um comprimento de onda de 600 nm. A concentração de MDA (expressa em $\mu\text{M g}^{-1}$ PF) foi calculada usando o coeficiente de absortividade molar deste composto, $155,10 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, segundo a função:

$$\text{MDA} = (\text{Abs}_{532} - \text{Abs}_{600}) / 155,10$$

2.3.4. Atividade Enzimática

Atividade da Peroxidase (POD) - A extração foi realizada segundo o método descrito por Wissemann e Lee (1980). A atividade foi medida conforme recomendação de Matsuno e Uritani (1972).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Influência do estágio de maturação na incidência de danos pelo frio em frutos de noni

Frutos no estágio de maturação verde amarelado (VA) apresentaram maior incidência de dano pelo frio em todas as temperaturas avaliadas (Tabela 1).

TABELA 1- Índice de danos pelo frio em frutos de noni nos estádios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e totalmente esbranquiçado (TE) durante 120 horas de exposição nas temperaturas de 6, 9 e 12 °C

Temperatura (°C)	Tempo de Exposição (horas)	Índice de Dano pelo Frio Estádio de Maturação		
		VA	AE	TE
6	24	5Aa	5Aa	3Bb
	72	5Aa	5Aa	4Ab
	120	5Aa	5Aa	4Ab
9	24	3Ba	3Ba	1Bb
	72	4Aa	3Bb	1Bc
	120	4Aa	4Aa	2Ab
12	24	2Aa	1Ab	1Ab
	72	2Aa	1Ab	1Ab
	120	2Aa	1Ab	1Ab

Escala de 1 a 5 de evolução de danos pelo frio: 1 = nenhum sintoma de danos; 2 = sintomas de danos entre 1-25% da área; 3 = sintomas de danos entre 26-50% da área; 4 = sintomas de danos entre 51-75% da área; 5 = sintomas de danos entre 76-100% da área. Em cada temperatura as médias seguidas de mesmas letras na vertical (maiúsculas) e horizontal (minúsculas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a pelo menos 5% probabilidade.

A incidência de dano pelo frio foi menor nos frutos no estágio de maturação amarelo esbranquiçado (AE) a 12 °C e no estágio de maturação totalmente esbranquiçado (TE) nas temperaturas de 9 e 12 °C, observando-se o surgimento de dano pelo frio apenas na temperatura de 9 °C as 120 horas de exposição. Nos frutos do estágio de maturação TE verificou-se severidade do dano quando exposto a temperatura de 6 e 9 °C durante as 120 horas de exposição, correspondendo até 75% e a 25% da área do fruto com sintomas de dano, respectivamente.

Esses resultados estão de acordo com os relatados por Chen e Paull (1986), que frutos em estágio de maturação mais avançado são mais resistentes ao

aparecimento de dano pelo frio. Resultados similares foram obtidos por Whangchin et al. (2000), ao verificarem que mangas no estágio de maturação verde são mais suscetíveis ao dano pelo frio do que maduro, as quais podem ser mantidas em temperaturas menores. Salunkhe e Desai (1984) afirmam que frutos colhidos “verdes” ou “de vez” aprestam sintomas de danos pelo frio quando expostos a temperatura inferior a 8 °C.

Os resultados indicam que a sensibilidade a danos pelo frio em frutos de noni ocorre em função do estágio de maturação, de modo que frutos em estádios mais verdes são mais susceptíveis. Como não houve incidência de dano pelo frio no estágio AE na temperatura de 12 °C pode-se afirmar que neste estágio de maturação os frutos de noni podem ser armazenados a esta temperatura. Porém, os frutos no estágio TE podem ser armazenados numa maior faixa de temperatura com pequena ocorrência de danos (9 a 12 °C), portanto, o estágio TE é aquele que possui maior potencial para armazenamento, com o intuito de prolongar a vida útil e reduzir as perdas pós-colheita.

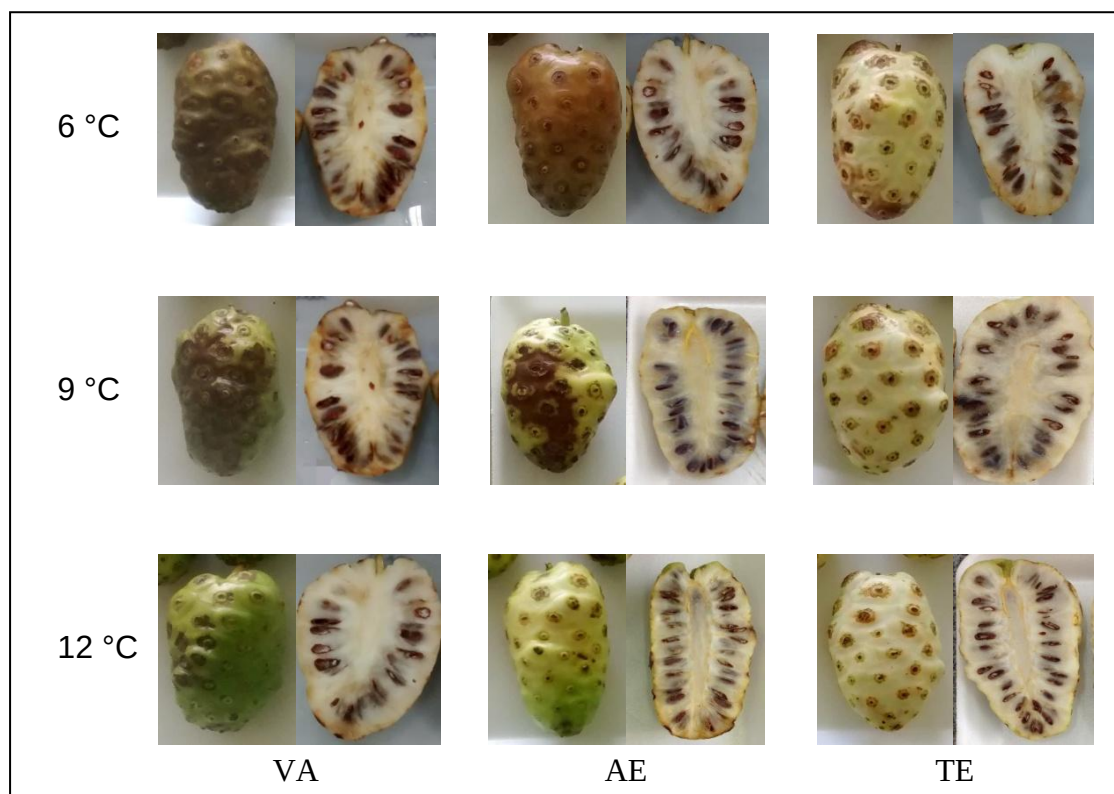
Os sintomas de danos pelo frio em frutos de noni se caracterizaram pela formação de depressões na superfície da casca, necroses nos tecidos, manchas amarronzadas, inibição do amadurecimento e do desenvolvimento da pigmentação esbranquiçada (Figura 2).

Uma das hipóteses para explicar os sintomas de dano pelo frio é a alteração do metabolismo celular e o acúmulo de compostos fitotóxicos, pois o dano altera a taxa e os produtos de muitas reações metabólicas (WANG, 1994). Zhao et al. (2008) relatam que a incidência de dano pelo frio em manga é influenciada pelo estágio de maturação, e a sua ocorrência está relacionado a oxidação da membrana lipídica e metabolismo oxidativos envolvidos na tolerância dos frutos a vários tempos e temperatura de exposição; possivelmente estas ocorrências foram as que promoveram as desordens fisiológicas no fruto de noni.

Essas alterações podem, por sua vez, resultar em alterações metabólicas, com eventual ruptura de transporte de metabolitos celulares. Se o desequilíbrio e perturbações tornarem-se suficientemente graves, a célula deixará de funcionar adequadamente, o que resulta no desenvolvimento de sintomas de dano pelo frio e

indução da biossíntese de etileno, particularmente na transferência dos frutos para a temperatura ambiente (KANAYAMA; KOCHETOV, 2015).

Figura 2. Sintomas do dano pelo frio na casca e polpa em frutos de noni nos estádios de maturação verde amarelado (VA), amarelo esbranquiçado (AE) e totalmente esbranquiçado (TE) durante as 120 horas de exposição às temperaturas de 6, 9 e 12 °C.



Os sintomas observados de danos causados pelo frio a 6 °C em frutos de noni no estágio de maturação verde foram mais severos dos que nos observados em frutos expostos nas temperaturas mais elevadas. Este fato indica que o dano causado pelo frio induziu severos danos na membrana de cloroplastos e acelerar as vias degradativas de pigmentos.

Os frutos de noni no estágio VA apresentaram sintomas de danos pelo frio na polpa após 120 horas de exposição às temperaturas de 6 e 9 °C, sendo caracterizados pelo escurecimento da polpa. Resultados similares foram observados por Ketsa e Doorn (2004) que verificaram que os sintomas de dano pelo frio em mangas expostas a temperatura de 4 e 8 °C foram desenvolvidos mais rapidamente do que em mangas expostas a 12 °C, e que a descoloração da polpa

de manga tornou-se mais acentuada após a transferência para a temperatura ambiente.

3.2. Dano pelo frio e qualidade de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas e tempo de exposição

3.2.1. Índice de dano pelo frio

Pode-se observar que houve incidência de dano pelo frio em fruto de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado logo nas primeiras 24 horas de exposição para os frutos mantidos na faixa de temperatura de 6 a 8 °C (Tabela 2). Esses sintomas de dano pelo frio foram intensificando-se à medida que a temperatura era reduzida e o tempo de exposição aumentava. Os frutos de noni quando expostos a temperatura de 9 °C, o desenvolvimento do sintomas de dano pelo frio foi evidenciado após as 72 horas de exposição, e o nível de dano correspondeu até 25% da superfície da casca dos frutos.

TABELA 2 - Índice de danos pelo frio em frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado (TE) em função da temperatura e do tempo de exposição

Temperatura (°C)	Tempo de Exposição (horas)		
	24	72	120
6	3,0Ab	4,0Aa	4,0Aa
7	2,0Bc	3,3Bb	4,0Aa
8	2,0Bb	3,0Ba	3,0Ba
9	1,0Cb	1,0Cb	2,0Ca
10	1,0Ca	1,0Ca	1,0Da
11	1,0Ca	1,0Ca	1,0Da
12	1,0Ca	1,0Ca	1,0Da

Escala de 1 a 5 de evolução de danos pelo frio: 1 = nenhum sintoma de danos; 2 = sintomas de danos entre 1-25% da área; 3 = sintomas de danos entre 26-50% da área; 4 = sintomas de danos entre 51-75% da área; 5 = sintomas de danos entre 76-100% da área. Médias seguidas de mesmas letras na vertical (maiúsculas) e horizontal (minúsculas) não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% probabilidade.

Tais sintomas foram expressos pelo aparecimento de manchas de coloração marrom, que inicialmente tinham tamanho pequeno, mas que se tornaram

enegrecidas e com maior tamanho na epiderme dos frutos. A faixa de temperatura de 6 a 8 °C certamente ultrapassou o limite mínimo de segurança para o armazenamento refrigerado dos frutos de noni, não sendo possível reverter o nível de dano pelo frio e resgatar o metabolismo normal após transferência desses frutos para temperatura ambiente. Os resultados obtidos concordam com os relatados por Lurie et al. (1996), os quais afirmaram que o dano pelo frio ocorre nos frutos expostos a temperaturas menores que 10 °C.

O escurecimento nos frutos de noni pode estar relacionado com alterações nas membranas devido às mudanças na estrutura ou funcionalidade. Segundo Maragoni et al, (1996) estas alterações são consideradas como um dos primeiros eventos em nível celular que ocorre durante a exposição de frutos sensíveis à baixa temperatura.

Segundo Nguyen et al. (2004) o escurecimento dos tecidos ocorre em consequência da desestruturação das membranas, pois os compostos fenólicos que se encontravam armazenados nos vacúolos são liberados ou alternativamente são depositados nas paredes celulares, entrando em contato com as enzimas oxidativas (peroxidase e polifenoloxidase). Portanto, pode-se afirmar que, os frutos de noni colhidos no estágio de maturação totalmente esbranquiçado (TE), quando submetidos a temperaturas abaixo de 10 °C sofrem alterações fisiológicas nas suas membranas que posteriormente desencadeiam uma série de reações tendo como produto final o desenvolvimento e exteriorização de dano que depreciam a sua aparência e qualidade.

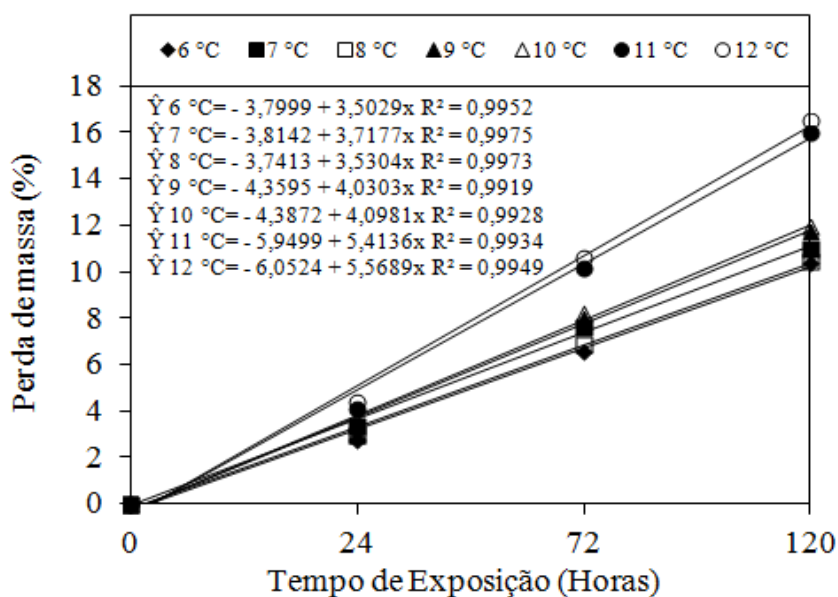
Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que os tecidos da casca dos frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado foram mais sensíveis à baixa temperatura do que os tecidos da polpa e, que nestes não foram evidenciados nenhum nível de dano. Apesar da casca apresentar uma espessura fina, demonstra que o mecanismo de defesa do fruto as desordens fisiológicas por baixa temperatura funcionam mais ativamente. Possivelmente, a diferença na sensibilidade ao dano nos tecidos da casca e polpa deve-se ao grau de insaturação de ácidos graxos dos lipídios da membrana, como reportados por Wang e Gemma (1994). Esses autores verificaram que a composição de ácidos graxos (neutro, fosfo e glycolipidos) nos tecidos da casca e polpa de banana, foram determinantes na

sensibilidade do fruto durante a exposição na temperatura de 5 °C por 5 a 7 dias, e também observaram diminuição apenas nos tecidos da casca antes da ocorrência do dano irreversível. Estes resultados indicam que a integridade das membranas celulares, a estrutura e função foi mantida na polpa do fruto, o que conduz a aumento da tolerância à baixa temperatura.

3.2.2. Perda de massa

Verificou-se efeito significativo da interação entre temperaturas e tempo de exposição ($P < 0,05$) para a perda de massa dos frutos de noni. Os frutos de noni apresentaram aumento crescente na perda de massa, e os maiores percentuais foram observados para os frutos mantidos nas temperaturas de 11 e 12 °C, em todos os períodos de exposição, alcançando ao final deste, valores de 16,01% e 16,48%, respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Perda de massa (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



Os frutos expostos às temperaturas de 6, 8, 7, 9 e 10 °C foram os que apresentaram menores perdas de massa durante as 120 horas de exposição, com valores ao final de 10,39%, 10,46%, 10,96%, 11,75% e 11,96%, respectivamente, os quais não diferiram entre si. Estes resultados concordam com Chitarra e Chitarra (2005) que afirma que as baixas temperaturas retardam a perda de água dos frutos,

além de reduzirem o metabolismo pela diminuição da taxa respiratória, redução da atividade enzimática e da perda de vapor de água, refletindo diretamente na perda de massa.

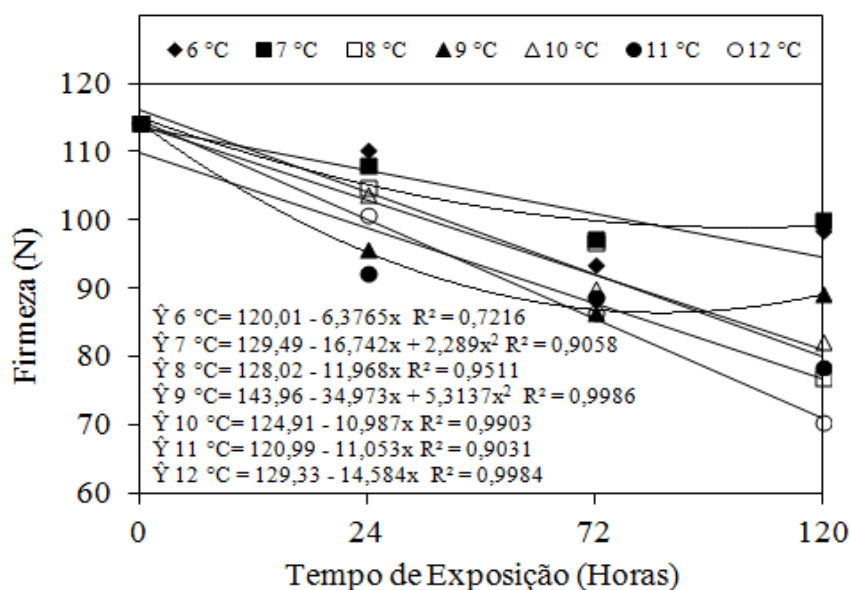
Conforme Peleg (1985), frutas deterioram-se quando perdem mais do que 3% a 10% de seu peso causando murchamento significativo e, que a maior perda de massa dos frutos expostos em temperaturas mais elevadas é por causa do aumento na pressão de vapor a alta temperatura. No presente estudo, a perda de massa do fruto foi superior a 10% para os frutos mantidos nas temperaturas de 11 e 12 °C após as 72 horas de exposição. Rocha et al. (2005) também verificaram menores perdas de massa em mamão formosa quando expostos as temperaturas de 8 a 10 °C, enquanto que as maiores perdas foram observadas nas temperaturas superiores a 10 °C, em que ocorreram incrementos na perda de massa com o aumento do tempo de exposição.

Hakim, Purvise e Mullinix (1999), avaliando a sensibilidade do dano pelo frio em variedades de pepino expostos à 1 e 4 °C e as disfunção fisiológica, verificaram que a perda de massa foi significativamente correlacionada com o dano pelo frio com a indução visível de machas escuras. Alférez e Burns (2004) constataram que a perda de água em uva desempenhou papel significativo no desenvolvimento de manchas na casca dos frutos. Fato este não evidenciado neste trabalho com os frutos de noni expostos às temperaturas mais baixas, mesmo com a severidade do dano às 72 horas de exposição os frutos apresentavam valores médio de perda de massa inferior a 8%.

3.2.3. Firmeza

Verificou-se interação significativa entre temperaturas e tempo de exposição ($P < 0,05$) para firmeza em frutos de noni, os quais apresentaram redução ao longo do tempo de exposição, independente das temperaturas aplicadas. Esse decréscimo da firmeza possivelmente é uma consequência do avanço do processo natural de amadurecimento dos frutos (Figura 4). Pode-se observar que os frutos de noni mantidos em temperaturas entre 8 e 12 °C obtiveram os menores valores de firmeza.

Figura 4. Firmeza (N) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



Os maiores valores ao longo do tempo de exposição foram para as menores temperaturas, atingindo 100 e 98,4 N para 7 e 6 °C, respectivamente, ao final do período de avaliação. A firmeza dos frutos está relacionada com a solubilização de substâncias pécicas, as quais segundo Chitarra e Chitarra (2005) quando em elevados conteúdos, confere textura macia aos frutos. Os maiores valores de firmeza nos frutos expostos às temperaturas mais baixas são explicados por uma disfunção do metabolismo que ocasiona amadurecimento irregular, culminado na morte dos tecidos, que possivelmente promovem o enrijecimento interno da polpa.

Cai et al. (2006) reportaram que a firmeza da nêspira aumentou gradualmente quando exposto a baixa temperatura, vinculando a ocorrência do dano pelo frio nos frutos. Os autores relataram que a elevação da firmeza de frutos expostos a baixa temperatura foi positivamente correlacionada com o teor de lignina, que é causado pela lignificação do tecido catalisada principalmente pelas enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL) e peroxidase (POD) (ZHENG et al., 2000). Em reação catalisada pela POD, os monômeros de lignina são polimerizados, aderem à parede celular e causam o enrijecimento da polpa (İPEKÇİ et al., 1999).

A taxa de amolecimento de frutos geralmente aumenta com a temperatura, porque aumentam a solubilização da pectina e degradação dos diferentes componentes da parede celular pela ação de várias enzimas degradativas de parede

celular. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Lana et al. (2005), que verificaram maior firmeza em tomates submetidos a temperaturas de 2, 5 e 8 °C quando comparados com os mantidos a 12 e 16 °C. Shackel et al. (1991) relatam que o amolecimento em tomate resultou da perda de turgescência das células acompanhados com o dano das membranas celulares.

De acordo com os resultados de Johnston et al. (2001) e Majumder e Mazumdar (2002), a perda de firmeza em frutos esta relacionada com a presença de etileno que é necessário para a atividade das enzimas de degradação das paredes celulares e, conseqüentemente, pela perda de firmeza do fruto. Kubo et al. (2003) demonstraram que a regulação das alterações em enzimas de degradação da parede celular de caqui envolvem o etileno endógeno que pode desempenhar um papel no rápido início de amolecimento. Lyons e Breidenbach (1987) relatam que à produção de etileno pode aumentar em resposta ao dano pelo frio em muitas frutas. Manganaris et al. (2008) verificaram que o desenvolvimento de sintomas de danos causados pelo frio em ameixas 'Fortune' está associada a anormalidades no metabolismo da parede celular, incluindo uma redução na solubilização e despolimerização de pectina e alterações nas atividades das enzimas.

3.2.4. Coloração da casca

A luminosidade da casca foi significativamente afetada pelas temperaturas e pelo tempo de exposição ($P < 0,05$). Tomando-se como base os valores iniciais, observou-se redução na luminosidade dos frutos de noni ao final do período de avaliação independentemente das temperaturas aplicadas, indicando a incidência de escurecimento (Figura 5A). Pode-se observar que ocorreu um aumento do escurecimento às 24 horas de exposição para 9 e 12 °C, atingindo valores de 33,3 e 34,3, respectivamente, tendendo a escurecer ao longo do tempo. Rivera-Lopes et al. (1999) relataram que a diminuição na luminosidade indica a senescência dos frutos.

As temperaturas de 10 e 11 °C proporcionaram alterações mínimas na luminosidade dos frutos de noni durante os períodos de avaliação, demonstrando serem eficientes na manutenção da luminosidade. Porém os frutos mantidos sob as temperaturas inferiores (6, 7, e 8 °C) exibiram casca mais escurecida que os demais, o que pode ser atribuído à ocorrência dos sintomas de danos pelo frio, que

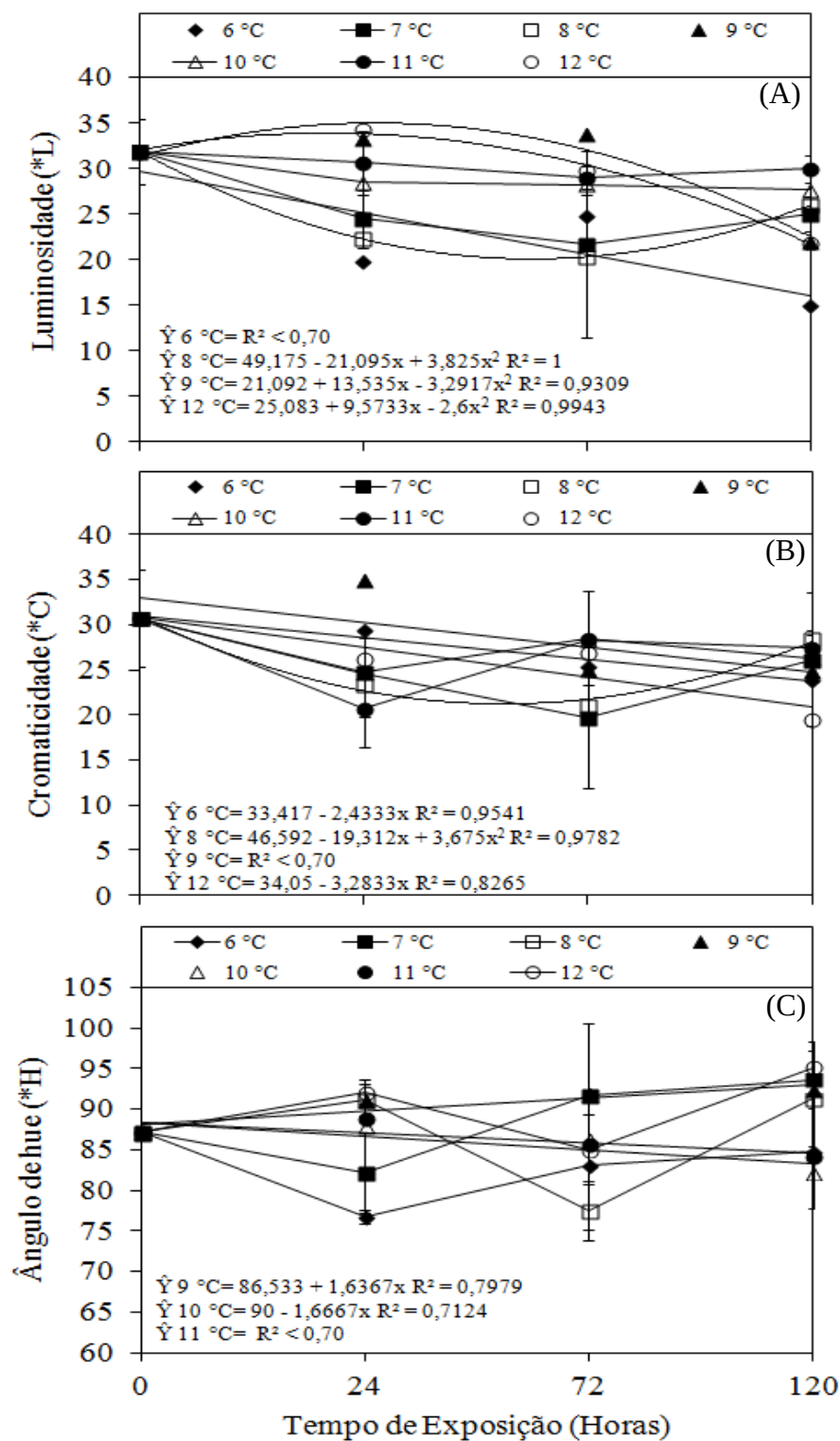
se caracterizam pela formação de manchas escuras na casca (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A cromaticidade da casca foi influenciada significativamente apenas pelo tempo de exposição ($P < 0,05$) (Figura 5B). Os frutos mantidos nas temperaturas utilizadas apresentaram diminuição na vividez ao longo das 120 horas de exposição, mostrando que tiveram a síntese de pigmentos da casca significativamente reduzida. Estes resultados estão de acordo com Miguel et al. (2011) que avaliando a qualidade de mangas após exposição a baixas temperaturas também verificaram redução na cromaticidade da casca. Os frutos de noni expostos na temperatura de 11 e 12 °C durante 72 horas apresentaram maiores valores de cromaticidade que os outros expostos as demais temperaturas estudadas.

O ângulo hue da casca foi influenciado pela interação entre as temperaturas e tempo de exposição ($P < 0,05$). Verificou-se variação nos valores na maioria das temperaturas durante os períodos de avaliação, havendo decréscimos em algumas e aumento em outras, com exceção apenas para 10 e 11 °C em que os valores se mantiveram constantes (Figura 5C). Ao final do tempo de exposição observou-se aumento nos valores para as temperaturas menores que 10 °C indicando que esta coloração se tornou mais escurecida, o que está relacionado à ocorrência de dano pelo frio.

A análise conjunta das variáveis que compõem a coloração da casca indicou que os frutos de noni mantidos em temperaturas a partir de 10 °C após 120 horas de exposição se caracterizaram pela coloração branco-brilhante, a qual foi diferente da observada nos mantidos abaixo dessa temperatura (branco-escurecido), sendo essa uma consequência direta do dano pelo frio. Resultado similar foi encontrado por Jacomino et al. (2000) avaliando a exposição de goiabas a diferentes temperaturas, onde goiabas submetidas a temperaturas abaixo de 10 °C também não desenvolveram a coloração provavelmente em função da ocorrência de danos pelo frio.

Figura 5. Luminosidade (A), cromaticidade (B) e ângulo hue (C) da casca de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



A mudança de coloração dos frutos pode ser explicada pela intensidade do metabolismo, ou seja, quanto mais elevado o metabolismo, mais intensa é a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No entanto, para os frutos de noni expostos a baixas temperaturas, possivelmente, este fato indica que o dano causado pelo frio poderá induzir graves danos nas membranas de cloroplastos e acelerar as vias degradativas de pigmentos. Peano et al. (2001) verificaram que pêssego cv. Elegant Lady apresentou elevada perda de brilho e aumento do escurecimento da cor após armazenamento refrigerado.

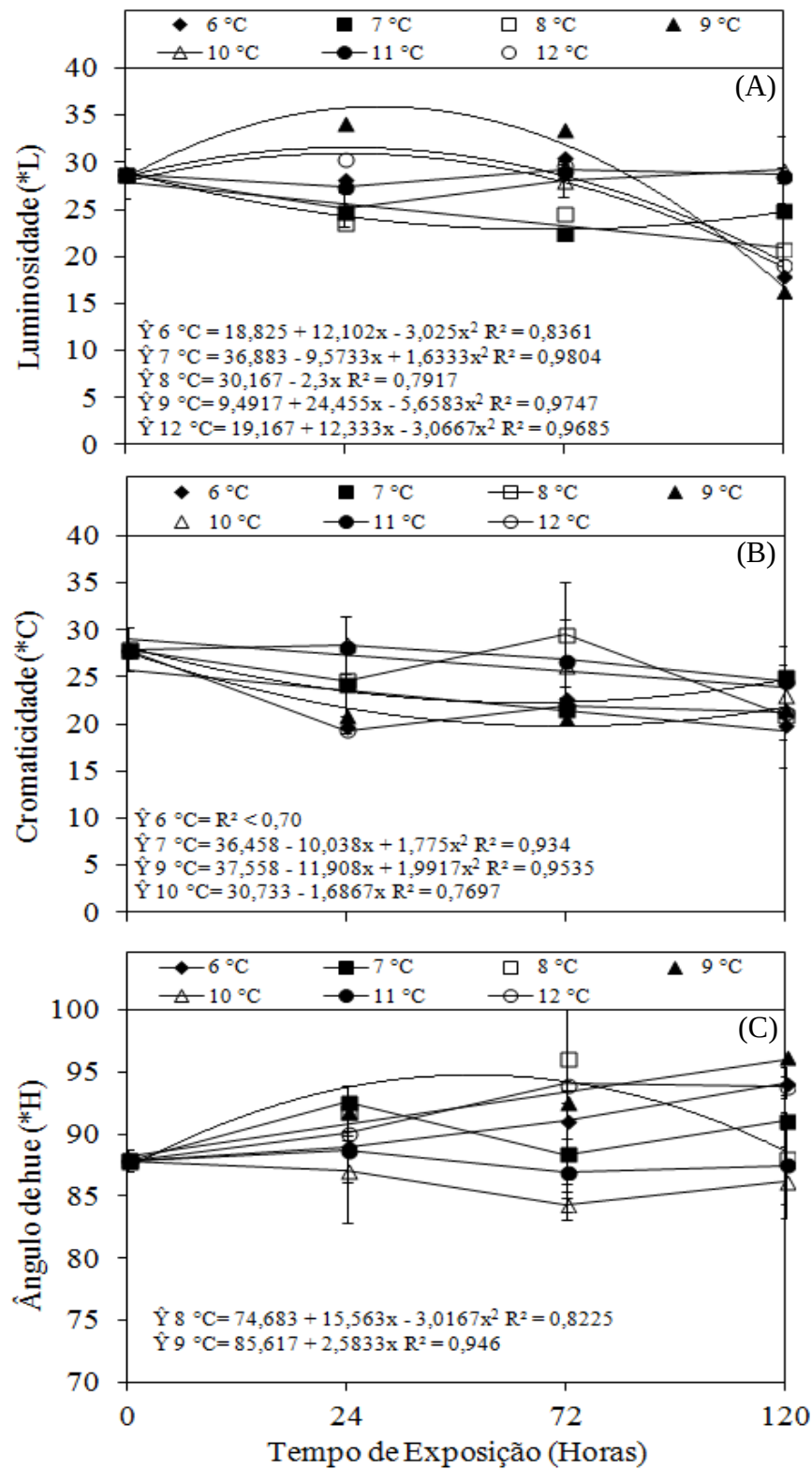
3.2.5. Coloração da polpa

Na polpa, a luminosidade foi significativamente influenciada pelas temperaturas e pelo tempo de exposição ($P < 0,05$) (Figura 6A). Pode-se observar que houve redução da luminosidade na polpa durante o tempo de exposição, principalmente nas temperaturas abaixo de 9 °C, indicando ocorrência de escurecimento, mas com menor intensidade quando comparado com a luminosidade da casca. As menores variações na luminosidade da polpa durante o tempo de exposição ocorreram nas temperaturas de 10 e 11 °C, sugerindo que estas temperaturas diminuem a ocorrência de escurecimento. Segundo Cai et al. (2006), o escurecimento da polpa ocorre devido ao aumento da permeabilidade das membranas celulares.

Com relação a cromaticidade da polpa, houve influência significativa das temperaturas e tempo de exposição ($P < 0,05$) (Figura 6B). Constatou-se uma diminuição desta ao longo dos períodos de exposição, evidenciando que com o avanço do amadurecimento a polpa dos frutos de noni apresentou-se com menor vividez.

O ângulo hue da polpa foi influenciado significativamente pelas temperaturas e pelo tempo de exposição ($P < 0,05$) e aumentou durante o período de avaliação, indicando que a polpa se tornou esbranquiçada com intensidades diferentes (Figura 6C).

Figura 6. Luminosidade (A), cromaticidade (B) e ângulo hue (C) da polpa de frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



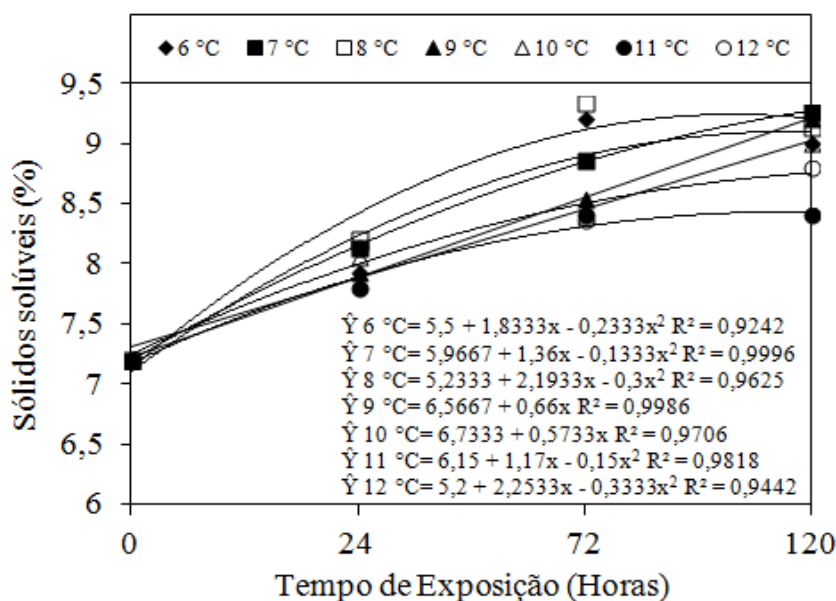
Os frutos mantidos nas temperaturas de 10 e 11 °C apresentaram menos variações durante o tempo de exposição, tendo uma melhor manutenção da cor. Os resultados relativos à coloração da polpa indicam que ela se desenvolveu normalmente sob temperaturas acima de 10 °C e que as alterações ocorreram com menor intensidade em comparação com a casca, indicando que os sintomas de dano pelo frio ocorrem de forma mais severa na casca (MORAIS; ASSIS, 2004). Miguel et al. (2011) verificaram que mangas exposta a temperatura de 2 °C e a 5 °C, não apresentaram variações na luminosidade ou na cromaticidade, mas aumento no ângulo hue, indicando que a coloração se tornou mais escurecida, o que está relacionado à ocorrência de dano pelo frio, fato verificado para os frutos expostos na temperatura abaixo de 10 °C.

3.2.6. Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis aumentaram com o avanço do tempo de exposição, independentemente das temperaturas empregadas, verificando interação significativa entre os dois fatores ($P < 0,05$) (Figura 7). Os maiores teores de sólidos solúveis foram observados em frutos de noni mantidos a 8 (9,3%), 6 (9,2%) e 12 °C (9,2%) às 72 horas de exposição, posteriormente ao final do tempo de exposição, esses valores tenderam a diminuir. Enquanto que o menor teor foi verificado para frutos armazenados a 11 °C.

Ao final do tempo de exposição pode-se verificar que os frutos mantidos sob temperaturas abaixo de 11 °C apresentaram os maiores teores de sólidos solúveis quando comparado com as demais. Isso pode estar associado a maior demanda energética exigida pelos frutos devido à situação de estresse proporcionado pela baixa temperatura, levando ao aumento na atividade respiratória, principalmente nos frutos com incidência de dano pelo frio. Segundo Wills et al. (1998) em plantas sensíveis ao frio o aumento da atividade respiratória ocorre como uma resposta secundária as condições de estresse.

Figura 7. Sólidos solúveis (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



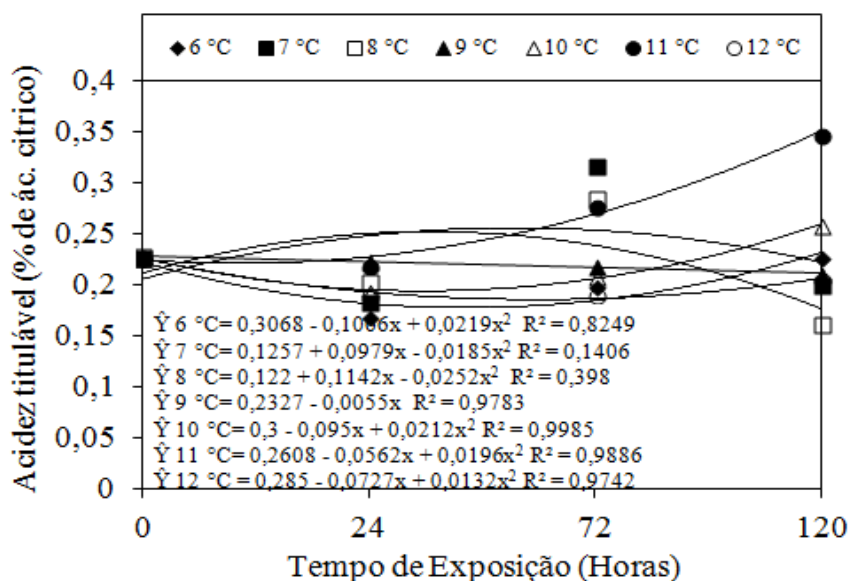
Os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa das frutas, sendo que os açúcares correspondem entre 65% e 85% do teor total desses sólidos, os quais tendem a aumentar com a maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento em sólidos solúveis está geralmente relacionado à perda de água, embora possa estar associado também a uma perda de solutos decorrente da atividade respiratória, do transporte de solutos ou da transpiração, bem como a degradação da parede celular, elevando a concentração dos teores de sólidos solúveis (VICENTINO et al., 2011).

Os teores encontrados no presente trabalho são próximos aos valores relatados por Silva et al. (2008) e Correia et al. (2011) em frutos de noni, com sólidos solúveis de 8,33 e 9,2%, respectivamente.

3.2.7. Acidez titulável

Pode-se observar variação no teor de acidez titulável em frutos de noni independentemente das temperaturas aplicadas e tempo de exposição (Figura 8), verificando-se interação significativa entre os fatores ($P < 0,05$). Frutos de noni expostos as temperaturas de 9 e 10 °C mantiveram os teores de acidez com menores aumentos até as 120 horas de exposição.

Figura 8. Acidez titulável (% de ác. cítrico) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



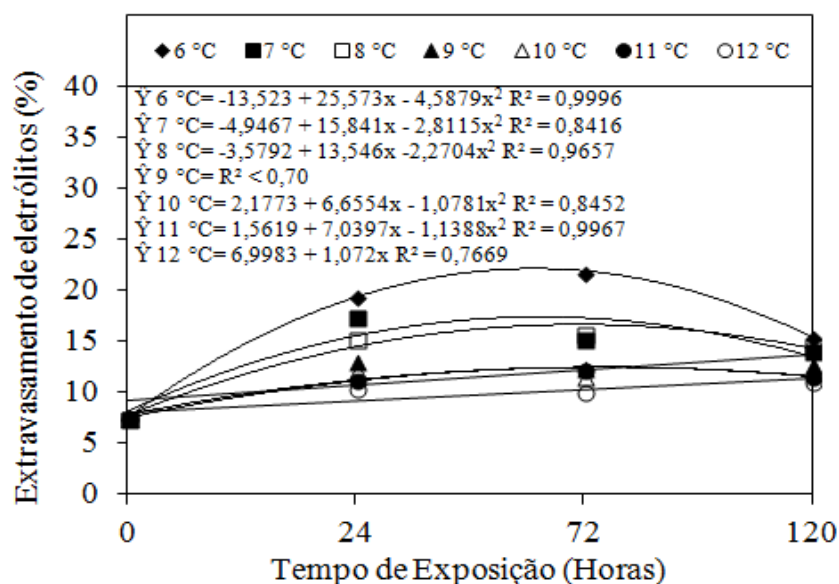
Após 24 horas de exposição, verificou-se redução na acidez dos frutos em todas as temperaturas, sendo que esta ocorreu em menor intensidade nos mantidos a 6, 7 e 8 °C. Segundo Wills et al. (1998) a redução na acidez é um evento normal mas a intensidade com que ocorre é proporcional à temperatura que afeta a produção de etileno e a atividade respiratória. Porém, às 72 horas observou-se um aumento expressivo nos frutos mantidos a 7, 8 e 11 °C, atingindo valores de 0,32, 0,28 e 0,27% de ácido cítrico. Em seguida os valores dessas temperaturas decresceram, com exceção de 11 °C em que a acidez tendeu a se elevar ainda mais, atingindo ao final do tempo de exposição os maiores valores (0,34% de ácido cítrico).

O aumento nos teores de acidez titulável durante o tempo de exposição decorreu de alterações nos ácidos orgânicos, no ciclo de Krebs e na taxa respiratória, possivelmente um aumento na respiração pode ocasionar a degradação oxidativa de alguns componentes da polpa, assim como uma diminuição na taxa respiratória pode acarretar no acúmulo de ácidos orgânicos (DETONI et al., 2005; TECCHIO et al., 2009). Meneguzzo et al. (2006) relatam que o aumento da acidez está associado à perda de massa, devido a desidratação, havendo acúmulo de ácidos orgânicos.

3.2.8. Extravasamento de eletrólitos

Houve interação significativa para o extravasamento de eletrólitos em frutos de noni entre as temperaturas e o tempo de exposição ($P < 0,05$) (Figura 9). Observa-se aumento na porcentagem de extravasamento de eletrólitos dos frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado com o tempo de exposição e, quanto menor a temperatura empregada (6, 7 e 8 °C), maior foi a porcentagem de extravasamento (21,7%, 17,4% e 15,7%, respectivamente). Esses resultados indicam alterações na permeabilidade das membranas celulares dos tecidos submetidos às essas temperaturas.

Figura 9. Extravasamento de eletrólitos (%) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



Vale ressaltar que os frutos expostos às temperaturas de 11 e 12 °C apresentaram as menores porcentagens de eletrólitos extravasados, que ficaram oscilando em média de 9,6% até às 120 horas de exposição. Os valores máximos de eletrólitos extravasados foram observados entre 24 e 72 horas, indicando ser este o período de ajuste do metabolismo ao estresse ocasionado pela temperatura.

Segundo Marangoni et al. (1990), as alterações primárias nas células submetidas a temperaturas muito baixas incluem a transição da membrana celular da fase líquida cristalina para a fase gel sólida, havendo em seguida um aumento na permeabilidade da membrana e consequentemente um maior vazamento de

eletrólitos, que são íons que estão nos compartimentos celulares envolvidos por membranas, as quais são sensíveis. Zhao et al. (2008) em estudos sobre a tolerância da manga ao dano pelo frio verificaram que os níveis de vazamento de íons a partir da permeabilidade da membrana foram notavelmente menor em fruto no estágio de maturação amarelo que no fruto verde, durante 12 dias a 2 °C. Os autores relatam que os sintomas de dano pelo frio confirmados em tecidos da manga são presumivelmente devido à estimulada oxidação de lípidos da membrana e o aumento da permeabilidade da membrana. Este estudo mostrou que nas temperaturas de 6, 7 e 8 °C houve uma diminuição do percentual de extravasamento de eletrólitos a partir das 72 horas de exposição. Essa redução do extravasamento deve-se, possivelmente, a uma série de reações destinadas a restaurar as membranas ou morte dos tecidos.

Observou-se que as temperaturas que proporcionaram maior percentual de extravasamento de eletrólitos também foram às mesmas em que observou-se maior intensidade de danos pelo frio nos frutos de noni. Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os encontrados por Candan et al. (2008) que avaliaram as alterações de permeabilidade da membrana celular em diferentes cultivares de ameixa e, observaram a existência da relação positiva entre a intensidade de extravasamento de eletrólitos e a incidência do dano pelo frio. Moretti et al. (1998) observaram que tomates sob danos pelo frio mostraram aumento do extravasamento de eletrólitos.

Segundo Mattiuz e Durigan (2001) após o rompimento das células e consequente extravasamento do líquido celular, este sofre à ação enzimática promovendo a oxidação dos compostos fenólicos a quinonas, levando ao escurecimento pela formação de pigmentos de coloração escura. De acordo com Assi et al. (1997) os tecidos vegetais normalmente respondem a estresses por baixas e altas temperaturas com o aumento no extravasamento de eletrólitos. Portanto, os frutos de noni mantidos nas temperaturas acima de 9 °C sofreram menores alterações nas suas membranas, provocando menor percentual de extravasamento de eletrólitos, resultando na baixa incidência de dano pelo frio nestes frutos.

Alterações da permeabilidade da membrana durante o período de exposição a baixa temperatura são determinadas pela intensidade do extravasamento de eletrólitos (XU et al., 2009). Segundos os autores este parâmetro foi incluído de modo a ter mais informação sobre a estabilidade da membrana. Neste estudo, a alteração na permeabilidade da membrana constatada pelo extravasamento de eletrólitos correlaciona-se positivamente com os conteúdos de malondialdeído ($r=0,71$), polifénios ($r=0,60$) e índice de dano pelo frio ($r=0,65$). Nenhuma mudança significativa foi observada do início da exposição dos frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado as temperaturas de 10, 11 e 12 °C até as 120 horas de exposição, que apresentaram menor extravasamento de eletrólitos do que os expostos as temperaturas inferiores a 10 °C.

Resultados similares foram reportados por Pesis et al. (2004), relatam que o extravasamento em abacate 'Fuerte' foi significativo apenas depois de 2 semanas de exposição a 2 °C e pode ser relacionado com ao dano pelo frio. Pérez-Tello et al. (2001) observaram que carambolas expostas à 2 °C apresentaram aumento do extravasamento de eletrólitos durante 15 dias de exposição provavelmente induzida pelo estresse a baixa temperatura.

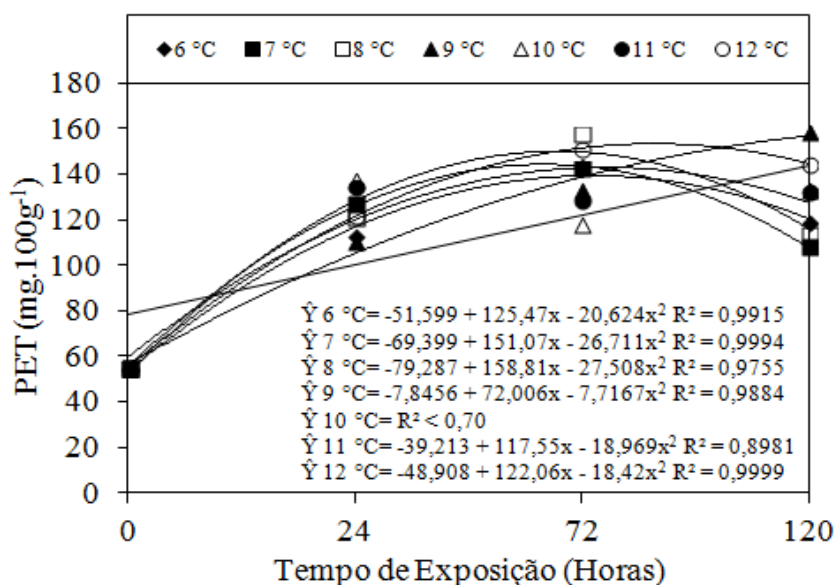
3.2.9. Polifenóis extraíveis totais (PET)

As temperaturas e o tempo de exposição afetaram significativamente ($P < 0,05$) o acúmulo de polifenóis extraíveis totais (PET) nos frutos de noni. O conteúdo desses compostos nos frutos aumentou durante o tempo de exposição, independentemente das temperaturas empregadas (Figura 10). O maior conteúdo foi observado às 72 horas de exposição dos frutos na temperatura de 8 °C e 10 °C, com valores de 157,2 mg.100 g⁻¹ e 151 mg.100 g⁻¹, respectivamente. O aumento na concentração de PET nos frutos de noni durante o tempo inicial de exposição é decorrente do estresse, resultante da reação da aclimação do fruto às condições de temperatura empregada, conforme também relatado em papaya (GALLI et al., 2009) e ameixa (DÍAZ-MULA et al., 2009).

Ao final do tempo de exposição, 120 horas, pode-se observar que os menores conteúdos de PET encontravam-se nos frutos armazenados nas temperaturas de 6, 7 e 8 °C, com valores de 118,9, 107,8 e 113,2 mg.100 g⁻¹, respectivamente. Este fato pode ser explicado pela maior atividade da enzima peroxidase devido a maior

severidade do dano pelo frio nos frutos expostos nestas temperaturas. Após as 72 horas de exposição, com exceção dos frutos mantidos a 9 e 10 °C, o conteúdo de compostos fenólicos diminuiu, provavelmente por causa da utilização dos substratos pelas enzimas do metabolismo dos fenilpropanoides, como a peroxidase.

Figura 10. Polifenóis extraíveis totais (PET- mg.100 g⁻¹) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



Segundo Honório e Moretti (2002), a peroxidase atua sobre os compostos fenólicos e é liberado no vacúolo, por ocasião do dano pelo frio. De um modo geral, estes resultados indicam que o estresse causado pela exposição dos frutos de noni a baixa temperatura estimula a síntese dos polifenóis. No entanto, o aumento no conteúdo de PET é uma indicação da ativação do mecanismo de defesa contra o estresse a baixa temperatura dos frutos de noni.

O tempo de exposição prolongado nas baixas temperaturas (6, 7 e 8 °C) resultou numa diminuição na concentração de PET nos frutos de noni, que pode ser devido à sua utilização como substrato nas reações de escurecimento. Os resultados corroboram com os observados por Singh e Singh (2013) em que avaliaram o estresse oxidativo induzido pelo frio em ameixas japonesas, verificando redução no conteúdo de polifenóis com o aumento do tempo de exposição dos frutos, correspondente há três semanas. Estes compostos são os principais contribuintes para a capacidade antioxidante nos tecidos de ameixa quando exposta

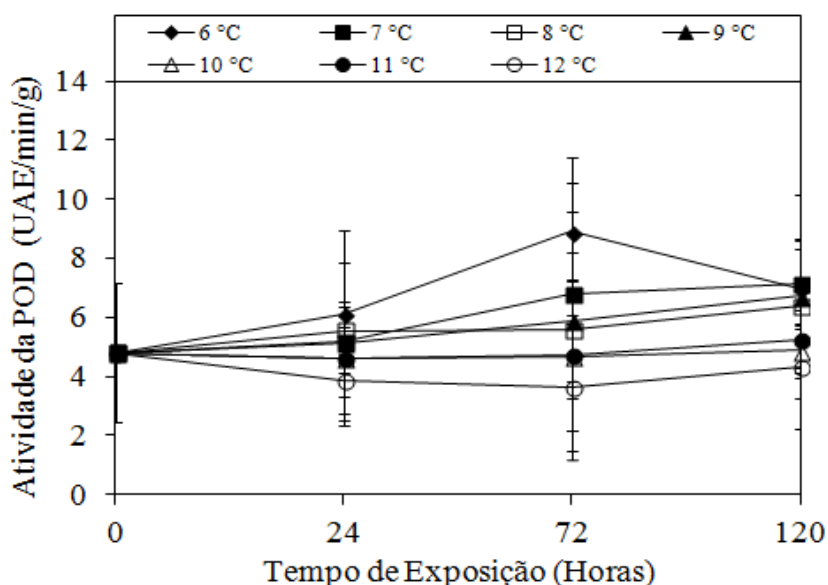
a temperatura baixa. Outra possível explicação para redução dos polifenóis as 120 horas é que estes podem ser oxidados por peroxidases na presença de H_2O_2 devido à coexistência de compostos fenólicos e peroxidases nos vacúolos. Ding et al. (2007) relatam a diminuição dos fenólicos durante 12 dias de exposição de mangas a temperatura de 2 °C.

Nguyen et al. (2004) observaram diminuição dos compostos fenólicos totais de bananas correlacionado com o grau de dano pelo frio com o tempo de exposição a temperatura de 10 °C. Possivelmente, o aumento do tempo de exposição (72h) do fruto de noni acompanhada pela redução do conteúdo de PET as 120h podem ter contribuído para a acumulação do estresse oxidativo em níveis potencialmente prejudiciais aos frutos quando exposto a temperaturas inferiores a 9 °C.

3.2.10. Atividade da peroxidase

As temperaturas e os tempos de exposição aos quais foram submetidos os frutos de noni não influenciaram significativamente na atividade da peroxidase (POD), mas resultaram em aumento nos valores da atividade durante o tempo de exposição dos frutos nas temperaturas estudadas (Figura 11).

Figura 11. Atividade da peroxidase (POD – UAE/min/g) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



A maior atividade da POD foi verificada para os frutos expostos à 6 e 7 °C durante 72 horas, sendo este um provável reflexo da maior ocorrência de dano pelo frio. A atividade da POD é frequentemente aumentada em resposta a estresses, pois uma das suas principais funções é a proteção celular contra reações oxidativas, causadas principalmente pela geração de espécies reativas de oxigênio, como peróxido de hidrogênio (SIEGEL, 1993). Segundo Pennycooke et al. (2005), essas espécies são induzidas quando as situações de estresse tornam-se severas, e são altamente tóxicas, podendo danificar importantes macromoléculas como DNA, RNA, proteínas e lipídeos.

De acordo com Purvis e Shewfelt (1993) a atividade dessa enzima está relacionada ao escurecimento da polpa, uma vez que as baixas temperaturas que causam danos pelo frio, também induzem estresse oxidativo dos tecidos. O estresse oxidativo estimula a expressão das peroxidases, as quais atuam na remoção de átomos de hidrogênio dos álcoois, combinando-os com peróxido de hidrogênio para formar moléculas de água (SALISBURY; ROSS, 1992).

Os resultados obtidos sugerem que as manchas escuras verificadas na casca do fruto de noni em condições de dano pelo frio, possivelmente podem ter sido ocasionadas pela atuação da POD. Este resultado é semelhante aos relatados Zauberman et al. (1988) que verificaram aumento da atividade da POD durante a exposição da manga a baixa temperatura, e que este aumento foi sugerido como parte do dano causado pelo frio. Li et al. (2011) também verificaram que o aumento na atividade da peroxiase correlacionou-se com o dano causado pelo frio em pimentas expostas a temperatura de 4 °C.

Segundo Gaspar et al. (1981) a peroxidase é uma enzima ubíqua que tem diversas funções bioquímicas em variedades de frutos. O escurecimento como resultado de danos por frio pode ser produzido por essa enzima que catalisa as reações do escurecimento através da geração de peróxido de hidrogênio, utilizando compostos fenólicos livres ou quinonas como substratos (WANG et al., 2005).

Nas temperaturas acima de 10 °C, até às 120 horas de exposição, os frutos de noni apresentaram as menores atividades da POD, os quais mantiveram poucas variações nestes valores durante o tempo de exposição, em virtude da menor

ocorrência de danos pelo frio nestes frutos. Entretanto, o aumento da atividade da POD foi concomitante ao índice de dano pelo frio nos frutos de noni com a redução da temperatura. A resposta da atividade da peroxidase também foi corroborada pelo aumento do extravasamento de electrólito nos frutos mantidos nestas temperaturas.

Pérez-Tello et al. (2001) também reportaram os efeitos da temperatura e atividades das enzimas associada ao dano pelo frio em carambola. Esse comportamento indica que o aumento da atividade da POD durante o tempo de exposição dos frutos de noni a baixas temperaturas por 120 horas, esteja relacionado com a peroxidação dos lipídeos, resposta primária dos tecidos em condições de dano pelo frio (KUO; PARKIN, 1989).

A diminuição da atividade da POD para os frutos de noni após 72h de exposição a temperatura de 6 °C, deve-se, possivelmente, a redução do potencial antioxidante destes frutos devido a severidade do dano pelo frio. Esta redução também foi reportada para Kiwi (Song et al., 2009), manga (Ding et al., 2007) e pêssegos (Wang et al., 2005).

Houve correlação positiva entre a atividade da POD a elevação das concentrações do polifenóis extraíveis totais ($r=0,73$) e do índice da dano pelo frio ($r=0,80$) em frutos de noni expostos a temperaturas que promoveram o dano pelo frio. Esta relação entre a atividade da enzima e dos polifenóis pode ser explicado pelo fato de a temperatura indutora do dano pelo frio promover modificações no estado físico das membranas, onde a enzima encontra-se associada na forma inativa, permitindo, desta forma, que a enzima se torne ativa ao entrar em contato com o oxigênio e o substrato fenólico.

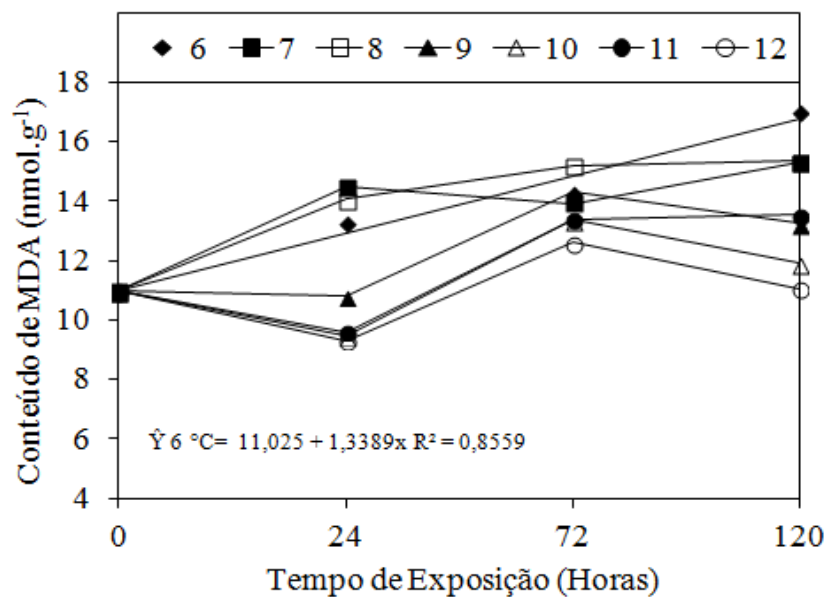
3.2.11. Peroxidação de lipídeos

O conteúdo de Malondialdeído (MDA), indicador da peroxidação de lipídeos, foi significativamente ($P < 0,05$) influenciado no fruto de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado pelas temperaturas e tempo de exposição. Verificou-se que o conteúdo de MDA aumentou com o tempo de exposição independentemente das temperaturas empregadas (Figura 12). Observou-se que os maiores valores de MDA foram encontrados nos frutos mantidos nas temperaturas de 6, 7 e 8 °C, demonstrando sensibilidade dos nonis a estas temperaturas.

O MDA é frequentemente usado como um índice de danos celulares oxidativos, que é o produto final da peroxidação lipídica (WONGSHEREE et al., 2009). Segundo Menolli et al. (2008) a peroxidação de lipídeos é uma resposta primária dos tecidos em condições de dano pelo frio, fazendo com que as membranas celulares passem de uma forma mais líquida para uma fase de gel. Manutenção da integridade da membrana tem sido considerado importante na resistência a baixa temperatura, sendo assim, o MDA também é usado como indicador do grau de estresse oxidativo (HODGES et al., 1999). Neste estudo, verificou-se aumento do conteúdo de MDA nos frutos de noni expostos a temperaturas inferiores a 9 °C durante as 120 horas.

As alterações nas membranas, provocadas pela peroxidação, levam a transtornos da permeabilidade, alterando o fluxo iônico e o fluxo de outras substâncias, o que resulta na perda da seletividade para entrada e/ou saída de nutrientes e substâncias tóxicas à célula (BABER; HARRIS, 1994), podendo também provocar o rompimento da célula causando o vazamento de solutos, posteriormente, resultando no surgimento de dano pelo frio (MARANGONI et al., 1990).

Figura 12. Conteúdo de Malondialdeído (MDA) em frutos de noni submetidos a diferentes temperaturas de armazenamento (6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 °C) durante 120 horas de exposição.



Tem sido evidenciado que o estresse oxidativo pode atuar como uma resposta rápida de frutos quando expostos a baixas temperaturas, uma vez que pode iniciar e causar a degradação da membrana pela peroxidação lipídica. Além disso, o aumento no conteúdo de MDA pode ser um indicativo de dano nas estruturas dos ácidos graxos insaturados presentes na composição das membranas biológicas das organelas celulares, devido à ação de espécies reativas de oxigênio (EROs) nessas membranas (LIMA; ABDALLA, 2001).

Assim, pode-se inferir que os frutos de noni mantidos à temperaturas superiores a 9 °C sofreram menor dano nas membranas celulares do que os mantidos abaixo dessas temperaturas. Estes frutos após 24 horas de exposição apresentaram redução no conteúdo de MDA, havendo um posterior aumento chegando ao final do tempo de exposição com os menores valores, comparados aos frutos expostas nas temperaturas mais baixas. O acréscimo no conteúdo de MDA no final do período de avaliação também pode ser atribuído ao avanço na maturação dos frutos e aos processos respiratórios, que provocam aumento de EROs (JIMENEZ et al., 2002; MALACRIDA et al., 2006), as quais ocasionam a peroxidação lipídica e a consequente redução da permeabilidade das membranas (MONTILLET et al., 2005).

Foyer et al. (1997) relataram que o estresse oxidativo induzido por baixa temperatura, promove o acumulado espécies ativas de oxigênio, incluindo peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido (O_2^-) e radical hidroxila de oxidação lipídica da membrana, que são envolvido na ocorrência de dano pelo frio em vegetais. Naturalmente, as células de tecidos vegetais têm vários sistemas antioxidantes complexos para proteger-se contra os danos de estresse oxidativo, aumentando assim a resistência dos tecidos contra as diferentes condições de estresse, como a baixa temperatura, fato este evidenciado nos frutos de noni no estágio de maturação totalmente esbranquiçado quando exposto há temperaturas superiores a 9 °C.

4. CONCLUSÕES

A maior tolerância ao dano pelo frio ocorreu nos frutos no estágio de maturação totalmente esbranquiçado, apresentando o maior potencial para armazenamento a baixa temperatura. O desenvolvimento do dano pelo frio durante o

período de exposição à baixa temperatura foi notavelmente afetado pelos estádios de maturação em fruto de noni.

O dano pelo frio em frutos de noni quando exposto a baixa temperatura é fortemente correlacionado com a maior atividade da peroxidase, extravasamento de eletrólitos e teores de polifenóis extraíveis totais.

A incidência de danos pelo frio não impediu o desenvolvimento da coloração característica da polpa, porém promoveu escurecimento da casca afetando a aparência dos frutos. Os frutos mantidos em temperaturas a partir de 10 °C não apresentaram sinais de danos pelo frio ou prejuízos aos seus processos metabólicos normais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTINI, S.; MIGUEL, A. C. A.; SPOTO, M. H. F. Influência de sanificantes nas características físicas e químicas de uva 'Itália'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29 n. 3, p. 504-507, 2009.

ALVES, E. O.; STEFFENS, C. A.; AMARANTE, C. V. T.; WEBER, A.; MIQUELOTO, A.; BRACKMANN, A. Armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' com uso de 1-MCP e indução de perda de massa fresca. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 30-36, 2010.

ASSI, N. E.; HUBER, D. J.; BRECHT, J. K. Irradiation-induced changes in tomato fruit and pericarp firmness, electrolyte efflux, and cell wall enzyme activity as influenced by ripening stage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 22, p. 100-106, 1997.

BARBER, A. D.; HARRIS, S. R. Oxygen free radicals and oxidants. **American Pharmaceutical**, v. 34, n. 9, p. 26-35, 1994.

BRON, I. U.; JACOMINO, A. P.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora-1' e 'Dourado-2'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1349-1358, 2002.

CAI, C.; CHEN, K.; XU, W.; ZHANG, W.; LI, X.; FERGUSON, I. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 40, p.155- 162, 2006.

CAI, C.; XU, C. J.; SHAN, L. L.; LI, X.; ZHOU, C.; ZHANG, W.; FERGUSON, I.; CHEN, K. Low temperature conditioning reduces postharvest chilling injury in loquat fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 252-259, 2006.

CANDAN, A. P.; GRAELL, J.; LARRIGAUDI'ERE, C. Roles of ethylene in the development of chilling injury in plums. **Postharvest Biology and Technology**, v. 47, p. 107-112, 2008.

CANTWELL, M. I.; KASMIRE, R. E. Postharvest handling systems: fruit vegetables. In: KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**, p. 407-421, 2002.

CHEN, N. M., PAULL, R. E. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. **Journal America Society HortScience**, v. 114, n.4, p.639-643, 1986.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manejo**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 785 p. 2005.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia*) cultivado no estado do Ceará. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011.

DETONI, A. M.; CLEMENTE, E.; BRAGA, G. C.; HERZOG, N. F. M. Uva "Niágara Rosada" cultivada no sistema orgânico e armazenada em diferentes temperaturas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 546-552, 2005.

DÍAZ-MULA, H. M.; ZAPATA, P. J.; GUILLÉN, F.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; CASTILLO, S.; SERRANO, M.; VALERO, D. Changes in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum cultivars. **Postharvest Biology Technology**, v. 51, p. 354–363, 2009.

DING, Z.; TIAN, S.; ZHENG, X.; ZHOU, Z.; XU, Y. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. **Physiologia Plantarum**, v. 130, p. 112–121, 2007.

ELKINS, R. **Noni (*Morinda citrifolia*) la hierba preciada del pacífico sur**. Woodland Publishing. Pleasant Grove, UT. 31 p. 1997.

FOYER, C. H.; LOPEZ-DELGADO, H.; DAT, J.; SCOTT, I. Hydrogen peroxide and glutathione-associated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 241–254, 1997.

GALLI, F.; ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Pawpaw fruit chilling injury and antioxidant protection. **American Society for Horticultural Science**, v. 134, p. 466–471, 2009.

GASPAR, T.; PAREL, C.; THORPE, T. A. **Peroxidases**. Geneva: University of Geneva Press. 1981.

HAKIM, A.; PURVIS, A. C.; MULLINIX, B. G. Differences in chilling sensitivity of cucumber varieties depends on storage temperature and the physiological dysfunction evaluated. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, n. 2, p.97–104, 1999.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, p. 189-198, 1968.

HODGES, D. M.; DELONG, J. M.; FORNEY, C. F.; PRANGE, R. K. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. **Planta**, v. 207, n. 4, p. 604–611, 1999.

HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. In: CORTEZ, L. A. B.; HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 60-81, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

İPEKÇİ, Z.; OĞRAS, T.; BAJROVIC, K.; KAZAN, K.; GÖZÜKIRMIZI, N.; BOYDAK, M.; TANK, T.; AKALP, T.; ÖZDEN, Ö.; ÇALIKOĞLU, M.; TUNÇTANER, K.; TULUKÇU, M.; BALKAN, H.; TANRIYAR, H. Reduced leaf peroxidase activity is associated with reduced lignin content in transgenic poplar. **Plant Biotechnology**, v. 16, p. 381-387, 1999.

JACOMINO, A. P.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. DE L.; SIGRIST, J. M. M.; KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Armazenamento de goiabas ‘Kumagai’ sob diferentes temperaturas de refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 3, p. 165-169. 2000.

JIMENEZ, A.; CREISSEN, G.; KULAR, B.; FIRMIN, J.; ROBINSON, S.; VERHOEYEN, M.; MULLINEAUX, P. Changes in oxidative processes and components of the antioxidant system during tomato fruit ripening. **Planta**, v. 214, n. 5, p.751-758, 2002.

JOHNSTON, J. W.; HEWETT, E. W.; HERTOOG, M. L. A. T.; HARKER, F. R. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, n. 3, p.185-196, 2001.

KANAYAMA, Y.; KOCHETOV, A. **Abiotic stress biology in horticultural plants**. Japan: Springer, 2015. 230 p.

KUBO, Y.; NAKANO, R.; INABA, A. Cloning of genes encoding cell wall modifying enzymes and their expression in persimmon fruit. **Acta Horticulturae**, v. 601, p. 49-55, 2003.

KUO, S.J.; PARKIN, K.L. Chilling injury in cucumbers (*Cucumis sativa* L.) associated with lipid peroxidation as measured by ethane evolution. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 1, p. 1488-1491, 1989.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; VAN KOOTEN, O. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 87-95, 2005.

LELIÈVRE, J. M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v. 101, p. 727-739, 1997.

LIMA, E. S.; ABDALLA D. S. P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 37, n. 3, p. 293-303, 2001.

LI, X.; YUN1, J.; FAN, X.; XING, Y.; TANG, Y. Effect of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging on chilling injury and antioxidative defensive mechanism of sweet pepper. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 34, p. 6581-6589, 2011.

LURIE, S.; SABEHAT, A.; WEISS, D. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature. **Plant Physiology**, v. 110, n. 4, p.1207-1214, 1996.

LYONS, J. M.; BREIDENBACH, R. W. **Chilling injury**. In: Weichmann J. (ed.), Post Harvest Physiology of Vegetables, New York: Marcel Dekker Inc., p. 305-326, 1987.

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B. C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, v. 96, n. 1- 4, p. 91-101, 2002.

MALACRIDA, C.; VALLE, E. M.; BOGGIO, S. B. Postharvest chilling induces oxidative stress response in the dwarf tomato cultivar Micro-Tom. **Physiologia Plantarum**, v. 127, n. 1, p.10-18, 2006.

MANGANARIS, G. A.; VICENTE, A. R.; CRISOSTO, C. H.; LABAVITCH, J. M. Cell wall modifications in chilling injured plum fruit (*Prunus salicina*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 77–83, 2008.

MARANGONI, A. G.; PALMA, T.; SANLEY, D. W. Membrane effects in postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 193-217, 1996.

MARANGONI, A. G.; BUTUNER, Z.; SMITH, J. L. Physical and biochemical changes in the microsomal membranes of tomato fruit associated with acclimation to chilling. **Journal of Plant Physiology**, v. 135, p. 653-661, 1990.

MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 282-287, 2001.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black root. **Plant and Cell Physiology**, v. 13, p. 1091-1101, 1972.

- McCOLLUM, T. G.; McDONALD, R. E. Electrolyte leakage, respiration, and ethylene production as indices of chilling injury in grapefruit. **HortScience**, v. 26, p. 1191-1192, 1991.
- MENEGUZZO, J.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; AYUB, M. A. Z. Efeito de *Botrytis cinerea* na composição do vinho Gewürztraminer. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 527-532, 2006.
- MENOLLI, L. N.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; BARBOSA, J. M.; RARROS, R. S. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. **Acta Science Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.
- MIGUEL, A. C. A.; DURIGAN, J. F.; MORGADO, C. M. A.; GOMES, R. F. O. Injúria pelo frio na qualidade pós-colheita de mangas cv. Palmer. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume especial, p. 255-260, 2011.
- MORAIS, P. L. D.; ASSIS, J. S. Quality and conservation of mango 'Tommy Atkins' as affected by maturity stage and storage temperature. **Acta Horticulturae**, v. 645, p. 639-643, 2004.
- MORRIS, J. R.; BRADY, P. L. Temperature effects on produce degradation. In: LAMIKANRA, O.; IMAM, S.; UKUKU, D. **Produce degradation: Postways and prevention**. Boca Rota, Florida: Taylor and Francis, p. 599-647, 2005.
- MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; CALBO, A. G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 4, p. 656-60, 1998.
- MOURA, M. L.; SARGENT, S. A.; OLIVEIRA, R. F. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 1, p. 135- 142, 1999.
- MONTILLET, J. L.; CHAMNONGPOL, S.; RUSTERUCCI, C.; DAT, J.; VAN DE COTTE, B.; AGNEL, J. P.; BATTESTI, C.; INZE, D.; VAN BREUSEGEM, F.; TRIANTAPHYLIDES, C. Fatty acid hydroperoxides and H₂O₂ in the execution of hypersensitive cell death in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 138, p. 1516-1526, 2005.
- NGUYEN, T. B. T.; KETSA, S.; DOORN, W. G. V. Effect of modified atmosphere packaging on chilling induced peel browning in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 313–317, 2004.
- PEANO, C.; GIACALONE, G.; BOUNOUS, G. Changes in fruits quality of peaches and nectarine from transport to shelf. **Acta Horticulturae**, v. 53, p. 739-740, 2001.
- PENNYCOOKE, J. C.; COX, S.; STUSHNOFF, C. Relationship of cold acclimation, total phenolic content and antioxidant capacity with chilling tolerance in petunia (*Petunia x hybrid*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 225-232, 2005.

PÉREZ-TELLO, G. O.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; VARGAS-ARISPURO, I.; BRICEÑO-TORRES, B. O.; MARTINEZ-TELLEZ, M. A. Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.). **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 287, p. 846–851, 2001.

PESIS, E.; MARINANSKY, R.; ZAUBERMAN, G.; FUCH, Y. Prestorage low-oxygen atmosphere treatment reduces chilling injury symptoms in 'Fuerte' Avocado Fruit. **HortScience**, v. 29, n. 9, p. 1042-1046. 1994.

PHAKAWATMONGKOL, W.; KETSA, S. DOORN, W.G.V. Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, p. 115–118, 2004.

PURVIS, A. C.; SHEWFELT, R. L. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in the sensitive plant tissues? **Plant Physiology**, v. 88, p. 712-718, 1993.

RIVERA-LOPEZ, J.; ORDORICA-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, v. 65, p. 195-200, 1999.

SALA, J. M.; LAFUENTE, M. T. Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid Fortune mandarin fruits. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 47, p. 2410-2414, 1999.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth, 1992.

SHACKEL, K. A.; GREVE, C.; LABAVITCH, J. M.; AHMADI, H. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. **Plant Physiology**, v. 97, p. 814-816, 1991

SIDDIQ, M. **Tropical and subtropical fruits: Postharvest physiology, processing and packaging**. Ames, Iowa : Wiley-Blackwell, 2012. 648p.

SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases: An organismic perspective - review. **Plant Growth Regulation**, v. 12, n. 3, p. 303-312, 1993.

SILVA, L. R. D.; MEDEIROS, P. V. Q. D.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA V.; SOUSA, J. A. D.; SILVA, M. S. **Caracterização físico-química do fruto de noni (*Morinda citrifolia* L.)**. Embrapa. 2008. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/632055/1/AT09083.pdf>>. Acesso em: Agosto de 2015.

SINGH, S. P.; SINGH, Z. Postharvest cold storage-induced oxidative stress in Japanese plums (*Prunus salicina* Lindl. cv. Amber Jewel) in relation to harvest maturity. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 3, p. 391-400, 2013.

SONG, L.; GAO, H.; CHEN, H.; MAO, J.; ZHOU, Y.; CHEN, W.; JIANG, Y. Effects of short-term anoxic treatment on antioxidant ability and membrane integrity of postharvest kiwifruit during storage. **Food Chemistry**, v. 114, p. 1216–1221, 2009.

TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M.; CIA, P.; PAIOLI-PIRES, E. J.; MOURA, M. F.; SANCHES, J.; BENATO, E. A.; HERNANDES, J. L.; VALENTINI, S. R. T.; SIGRIST, J. M. M. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-colheita em uva 'Niágara Rosada'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2009.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A.; DRAGUNSKI, D. C. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. **Química Nova**, v. 34, n. 8, 1309-1314, 2011.

YANG, Q.; RAO, J.; YI, S.; MENG, K.; WU, J.; HOU, Y. Antioxidant enzyme activity and chilling injury during low-temperature storage of kiwifruit cv. hongyang exposed to gradual postharvest cooling. **Horticulture Environment And Biotechnology**, v. 53, n. 6, p. 505-512, 2012.

WANG, C.Y. Chilling injury of tropical horticultural commodities. **HortScience**, v. 29, n. 9, p. 986-988, 1994.

WANG, H.; GEMMA, H. Ripening characteristics and chilling injury of banana fruit II. Changes in degree of unsaturation of fatty acids during exposure to chilling. **Journal of Tropical Agriculture**, v. 38, n. 3, p. 246-250, 1994.

WANG, Y. S.; TIAN, S.; XU, Y. Effects of high oxygen concentration on pro and antioxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. **Food Chemistry**, v. 91, p. 99–104, 2005.

WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Wallingford: CABI, 1998.

WISSEMAN, K. W.; LEE, C. Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, n. 3, p. 206- 211, 1980.

WHANGCHAI, K.; GEMMA, H. Endogenous polyamines in 'Nam Dok Mai' mangos with different ripening stages and its relation to chilling injury during storing. **Act Horticulturae**, v. 509, p. 429-433, 2000.

WONGSHEREE, T.; KETSA, S.; VAN-DOORN, W. G. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimum citriodourum*) leaves. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, n. 1, p. 91-96, 2009.

ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y.; ROT, I.; ANDWEXSLER, A. Chilling injury, peroxidase and cellulose activities in peel of mango fruit at low temperature. **HortScience**, v. 23, p. 732–733, 1988.

ZHAO, Z.; CAO, J.; JIANG, W.; GU, Y.; ZHAO, Y. Maturity-related chilling tolerance in mango fruit and the antioxidant capacity involved. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p. 304–309, 2009.

ZHENG, Y. H.; LI, S. Y.; XI, Y. F.; PENG, S. A. Changes of cell wall substances in relation to flesh woodiness in cold-stored loquat fruits. **Acta Phytophysiologica Sinica**, v. 26, p. 306-310, 2000.

CAPÍTULO IV

ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEPHON

ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE FRUTOS DE NONI (*Morinda citrifolia* L.) TRATADOS COM ÁCIDO GIBERÉLICO E ETHEPHON

RESUMO - Os frutos de noni apresentam vida pós-colheita relativamente curta devido a sua estrutura frágil, havendo necessidade de se utilizar métodos que aumentem a vida útil dos frutos. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de reguladores vegetais na qualidade e conservação de frutos de noni sob refrigeração. Os frutos foram obtidos de plantas de noni com aproximadamente três anos, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB). A colheita dos frutos de noni foi realizada através da seleção visual, sendo colhidos no estágio de maturação com coloração da casca totalmente esbranquiçada (TE). Os frutos de noni foram divididos em lotes para serem submetidos aos tratamentos com a aplicação dos reguladores vegetais (AG_3 200 mg.L⁻¹ e Etephon 500 mg.L⁻¹) e controle, sendo cada tratamento acondicionado em bandejas de polipropileno e armazenados na temperatura de $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR em câmara B.O.D durante 20 dias. Foram realizadas as avaliações utilizando três repetições de três frutos para cada tratamento, em intervalos de 4 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas. A aplicação de AG_3 proporcionou menores valores de perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulavel e ainda maiores valores de firmeza e vitamina C dos frutos analisados, enquanto que nos frutos tratados com ethephon observou-se o inverso. A aplicação pós-colheita de AG_3 retarda a maturação dos frutos de noni possibilitando estender em quatro dias o seu armazenamento sob refrigeração (10 °C), em contra partida, o ethephon antecipa a maturação, tornando-os totalmente maduros aos 4 dias de armazenamento.

Palavras-chaves: Noni, ácido giberélico, ethephon.

REFRIGERATED STORAGE OF NONI FRUITS (*Morinda citrifolia* L.) TREATED WITH GIBERÉLICO ACID AND ETHEPHON

ABSTRACT - The noni fruit have relatively short postharvest life because of its fragile structure, being necessary to use methods that increase the useful life of the fruit. The objective was to evaluate the effect of the application of plant growth regulators on the quality and preserving of fruit noni under refrigeration. The fruits were obtained from noni plants approximately three years, grown in the Sector of Agriculture's the Center Science Human, Social and Agricultural Federal University of Paraíba (CCHSA / UFPB). The harvest of the noni fruit was performed by visual selection, being harvested at maturity stage with coloring totally whitish bark (TE). The fruits of noni were divided into lots to be submitted to treatments with the application of plant growth regulators (GA_3 200 mg.L⁻¹ and 500 mg.L⁻¹ ethephon) and control where each treatment packed in polypropylene trays and stored at a temperature of $10 \pm 0,5$ ° C / $75 \pm 5\%$ RH in growth chamber for 20 days. Evaluations were performed using three replications of three fruits for each treatment, in 4 day intervals as the physical and physicochemical determinations. The application of GA_3 provided smaller mass loss values, soluble solids, titratable acidity and even greater firmness values and vitamin C from the fruits, while in fruits treated with ethephon there was the reverse. The GA_3 post-harvest application delays ripening of fruit noni enabling extend in four days its storage under refrigeration (10 °C) in against departure, the ethephon anticipates ripening, making them fully mature after four days of storage.

Keywords: Noni, gibberellic acid, ethephon.

1. INTRODUÇÃO

O noni (*Morinda citrifolia* L.) tem sido bastante utilizado na medicina tradicional dos povos polinésios. As folhas e especialmente o fruto são consumidos sob diferentes formas por várias comunidades do mundo (CHAN-BLANCO et al., 2006). No Brasil, o fruto foi introduzido como matéria prima de forte apelo comercial devido a todas as características a ele atribuídas e aos benefícios relacionados ao seu consumo, entretanto ainda são poucos os trabalhos de pesquisa desenvolvidos no país com esse fruto (SILVA et al., 2009).

O conhecimento da fisiologia do fruto é de grande importância para que se tenham subsídios técnicos que visem à ampliação do tempo de armazenamento sem, contudo, alterar suas características físicas, sensoriais e nutricionais (ANTUNES et al., 2003). Devido a sua estrutura frágil, os frutos de noni apresentam vida pós-colheita relativamente curta, cerca de três a quatro dias. A firmeza dos frutos colhidos é um dos fatores que influencia na vida útil pós-colheita, pois podem ser facilmente danificados no manuseio, facilitando a deterioração e infecção por patógenos, gerando perdas e prejuízo aos produtores (PERKINS-VEAZIE et al., 1997).

Portanto, há necessidade de se utilizar métodos que aumentem a vida útil dos frutos de noni, dentre essas as mais utilizadas são: armazenamento sob baixa temperatura, controle da umidade relativa e utilização de reguladores vegetais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A temperatura é o mais importante fator para a manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil após a colheita, a qual influencia na maioria das reações responsáveis pela deterioração dos produtos (TANO et al., 2007). Assim, a refrigeração é um dos métodos mais relevantes na conservação de frutos. Ademais, o controle da umidade relativa é indispensável, pois valores mantidos abaixo dos requeridos pelos frutos promove-se perda de umidade, tornando-os imprestáveis para a comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Mesmo a refrigeração sendo o principal método utilizado para preservar a qualidade de produtos hortícolas, esta muitas vezes pode ser insuficiente para retardar as mudanças que afetam a qualidade, necessitando, portanto, ser associada a outras técnicas para aumentar a conservação dos frutos.

Outro método que vem se destacando na pós-colheita é a utilização de reguladores vegetais, tanto para retardar a maturação dos frutos, como é o caso do ácido giberélico (AG_3) que inibe a síntese ou a ação do etileno e preservar a qualidade dos frutos durante o armazenamento, quanto para em certos casos acelerar a maturação através da aplicação exógena de etileno por meio do produto comercial Etefon. Como o noni é um fruto climatérico pode ser usada à aplicação exógena de etileno para a uniformização do processo de amadurecimento dos frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de reguladores vegetais sobre a capacidade de armazenamento e manutenção da qualidade de frutos de noni sob refrigeração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem dos frutos

Os frutos foram obtidos de plantas de noni com aproximadamente três anos, cultivadas no Setor de Agricultura do Centro de Ciência Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCHSA/UFPB), no município de Bananeiras-PB, localizado na mesorregião do Agreste Paraibano a 6°46' de latitude Sul e 35°38'W de longitude com 617 m de altitude. O clima do município é classificado como do tipo Koppen - As' - clima quente e úmido (BRASIL, 1972), com período chuvoso de maio a agosto, com pluviosidade média anual de 1200 mm e valores médios anuais de temperatura do ar, máxima e mínima, respectivamente de 28 e 18°C (SANTOS et al., 2011). O solo do local foi classificado com base em Santos et al. (2006) como Latossolo Amarelo Distrófico.

2.2. Instalação e condução do experimento

A colheita dos frutos de noni foi realizada manualmente no período da manhã com auxílio de tesoura de colheita. Através da seleção visual os frutos foram colhidos no estágio de maturação com coloração da casca totalmente esbranquiçada (TE). Em seguida, foram transportados, em caixas de colheita

revestidas com plástico bolha, para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita do (CCHSA/UFPB) para a instalação e condução do experimento.

No laboratório, os frutos foram selecionados quanto à ausência de danos físicos e tamanho uniforme. Sequencialmente foram retiradas as impurezas de campo da superfície da casca dos frutos e tratados com solução de 200 ppm de cloro ativo, e secos ao ar.

Após a aplicação do tratamento pós-colheita os frutos de noni foram divididos em lotes para serem submetidos à aplicação dos reguladores vegetais (AG_3 200 mg.L⁻¹ e Ethefon 500 mg.L⁻¹). Os frutos de noni foram submersos nas soluções dos reguladores, durante 10 minutos, posteriormente colocados sobre tela de “nylon”, em temperatura ambiente para drenar o líquido em excesso. Os frutos do tratamento controle foram imersas em água destilada.

Em seguida os frutos de noni, de cada tratamento foram acondicionados em bandejas de polipropileno e armazenados na temperatura de $10 \pm 0,5$ °C/ 75% $\pm$ 5 UR em câmara B.O.D durante 20 dias.

2.3. Avaliações

No momento da instalação do experimento e durante o armazenamento, foram realizadas as avaliações utilizando três repetições de cinco frutos para cada tratamento, em intervalos de 4 dias quanto as determinações físicas e físico-químicas.

2.3.1 Avaliações físicas

- **Perda de massa (%)** - calculada tomando-se como referência o peso inicial dos frutos para cada período de análise, usando-se balança semi-analítica (Bel 503);
- **Firmeza (N)** - estimada diretamente no ponto equatorial do fruto, através de penetrômetro manual (Sudoeste), obtendo medidas em kg, cujos valores multiplicados pela constante '9,81' foram convertidos em Newton;
- **Coloração da casca** - realizadas através de Colorímetro (Minolta CR-10), a qual expressa à cor nos parâmetros: L* corresponde a luminosidade (100 branco; zero preto) C* corresponde a cromaticidade, representa a vividez da cor (cor vivida a

pálida) e H^* corresponde a ângulo hue (corresponde a intensidade da cor clara ou escura).

2.3.2. Avaliações físico-químicas

- **Sólidos solúveis (SS)** - determinados com refratômetro digital (Soloeste), segundo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em %;

- **Acidez titulável (AT)** - por titulometria com NaOH 0,1M, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008) e expressa em % de ácido cítrico;

- **Potencial hidrogeniônico (pH)** - determinado com potenciômetro digital (Nova Orgânica), conforme técnicas do Instituto Adolfo Lutz (2008);

- **Ácido ascórbico ($mg.100g^{-1}$)** - determinado, segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 10g da polpa diluída em 30 mL de ácido oxálico 0,5 %;

- **Açúcares totais ($g.100^{-1}g$ polpa)** - determinados pelo método de antrona segundo metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). O extrato foi obtido através da diluição de 0,3 g da polpa em 100 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 150 μ L do extrato, 850 μ L de água destilada e 2,0 mL da solução de antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 8 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção para curva padrão;

- **Açúcares redutores ($g.100^{-1}g$ polpa)** - a quantificação dos açúcares redutores foi realizada pelo método do ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), descrito por Miller (1959). O extrato foi preparado utilizando-se 1 g de polpa diluída em 50 mL de água destilada. Uma alíquota de 0,6 mL do extrato foi misturada a 1,1 mL de água e a 1,0 mL da solução de ácido dinitrosalicílico para obtenção das amostras, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 5 minutos. A curva padrão foi preparada com glicose e as leituras das amostras foram feitas em espectrofotômetro a 540 nm.

2.4. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial (2+1 x 6). Onde primeiro fator, corresponde aos dois reguladores vegetais mais uma testemunha e o segundo fator correspondera os períodos de armazenamento.

Os resultados obtidos nas avaliações foram analisados através da análise de variância e de regressão, com auxílio do programa estatístico SAS[®] versão 9.1, licenciado pela Universidade Federal da Paraíba.

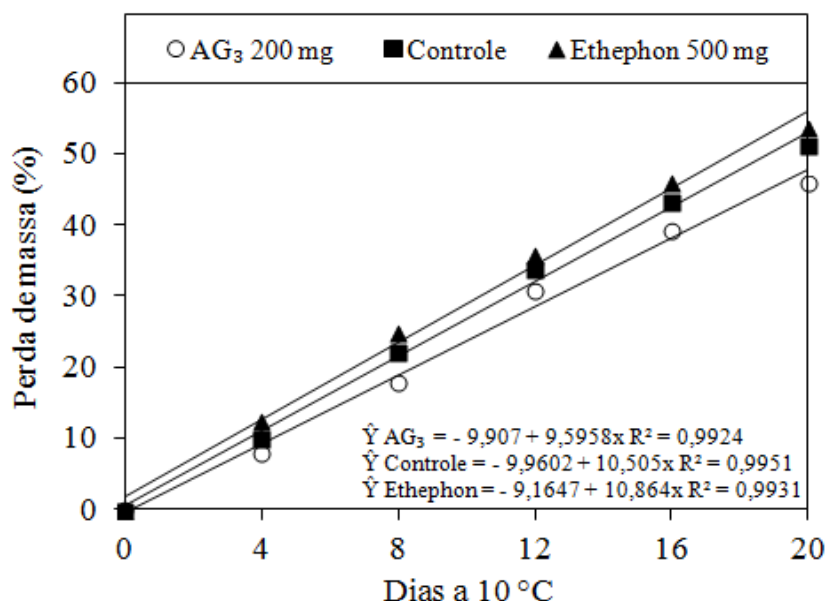
Os modelos de regressão polinomiais foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70. Não observado interação significativa foi realizado ligação dos pontos com o respectivo desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Perda de massa

Os frutos de noni apresentaram aumento na perda de massa, independentemente dos tratamentos aplicados durante o período de armazenamento, sendo influenciada significativamente por esses fatores ($P < 0,05$). Os frutos de noni tratados com 200 mg.L^{-1} de AG_3 foram os que apresentaram menores perdas de massa ao longo do armazenamento, entretanto aos 4 dias de armazenamento já apresentava perdas de 8% (Figura 1). A menor perda de massa em frutos tratados com AG_3 possivelmente ocorreu em virtude da inibição da síntese de etileno e consequentemente do retardo nos processos de maturação, proporcionado pela redução na atividade metabólica nos frutos devido à ação do AG_3 . Os resultados deste trabalho estão de acordo com Danieli et al. (2002) que também observou menores perdas de massa (4%) em caquis tratados com 30 mg.L^{-1} de AG_3 e armazenados em temperatura ambiente.

Figura 1. Perda de massa (%) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.



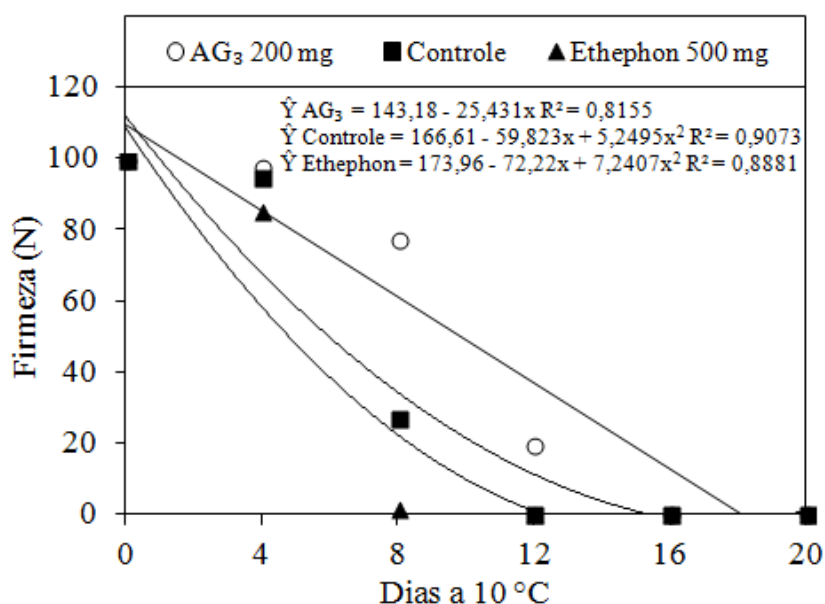
A perda de massa foi mais acentuada nos frutos que foram tratados com ethephon, esse fato pode ser atribuído ao efeito do etileno que, depois de liberado nos tecidos do fruto provoca aumento da atividade respiratória, aumentando a perda de água dos frutos. Resultados similares foram observados por Braz et al. (2008) em que avaliando a indução do amadurecimento de mangas observaram maior perda de massa nos frutos tratados com 1000 mg.L⁻¹ de ethephon. Andreuccetti et al. (2007) constataram que tomates armazenados a 20 °C que receberam aplicações de 50 mg.L⁻¹ de etileno apresentaram maior perda de massa fresca quando comparado ao controle.

Segundo Finger e Vieira (2002) a perda de massa máxima tolerada para o não aparecimento de murcha e/ou enrugamento da superfície oscila entre 5 e 10% para a maioria dos produtos hortícolas frescos. Nesse estudo os frutos de noni apresentaram a partir dos 8 dias de armazenamento perdas muito acima dessa faixa, o que pode ser atribuído a sua alta taxa respiratória, acentuada transpiração e devido às condições de baixa umidade relativa durante o armazenamento, tornando os frutos de noni mais susceptíveis a perda de água. Ao final do armazenamento, os níveis foram elevados, o que representaria perdas consideráveis no volume comercializado, uma vez que a perda de massa serve como referência nas operações de venda.

3.2. Firmeza

A firmeza em frutos de noni (Figura 2) apresentou interação significativa entre tratamentos e períodos de armazenamento ($P < 0,05$). Observou-se que os frutos de noni tratados com AG₃ apresentaram os maiores valores de firmeza, e que esse regulador manteve os frutos mais firmes por dois dias a mais que os frutos do controle, com valores em torno de 19,8 N. Amarante et al. (2005) também observaram maior firmeza de polpa em pêssegos tratados em pré-colheita com 100 mg.L⁻¹ de AG₃ em relação ao controle.

Figura 2. Firmeza (N) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a $10 \pm 0,5$ °C/ $75\% \pm 5$ UR durante 20 dias.



Segundo Ben-Arie et al. (1996) o AG₃ reduz a produção de etileno e a taxa respiratória, diminuindo a síntese de enzimas hidrolíticas, contribuindo assim para a preservação da firmeza dos frutos. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a aplicação de giberelinas pode inibir parcialmente a ação do etileno, interferindo na perda de firmeza e nas mudanças de cor da epiderme.

Por sua vez a menor firmeza foi observada em frutos tratados com ethephon, os quais logo ao 4º dia de armazenamento já se destacavam dos demais tratamentos com menores valores, apresentando total amolecimento ao 8º dia de armazenamento. Essa perda de firmeza é uma consequência direta da ação do etileno, que estimula as enzimas que degradam a parede celular dos vegetais.

Kluge e Jacomino (2002) consideram que o amolecimento dos frutos é um dos processos mais afetados pelo etileno.

A firmeza dos frutos está relacionada com a solubilização de substâncias pécnicas, as quais segundo Chitarra e Chitarra (2005) quando presentes em elevados teores confere textura macia aos frutos. Dessa forma, possivelmente, o ethephon acelerou a maturação e solubilização das pectinas dos frutos de noni.

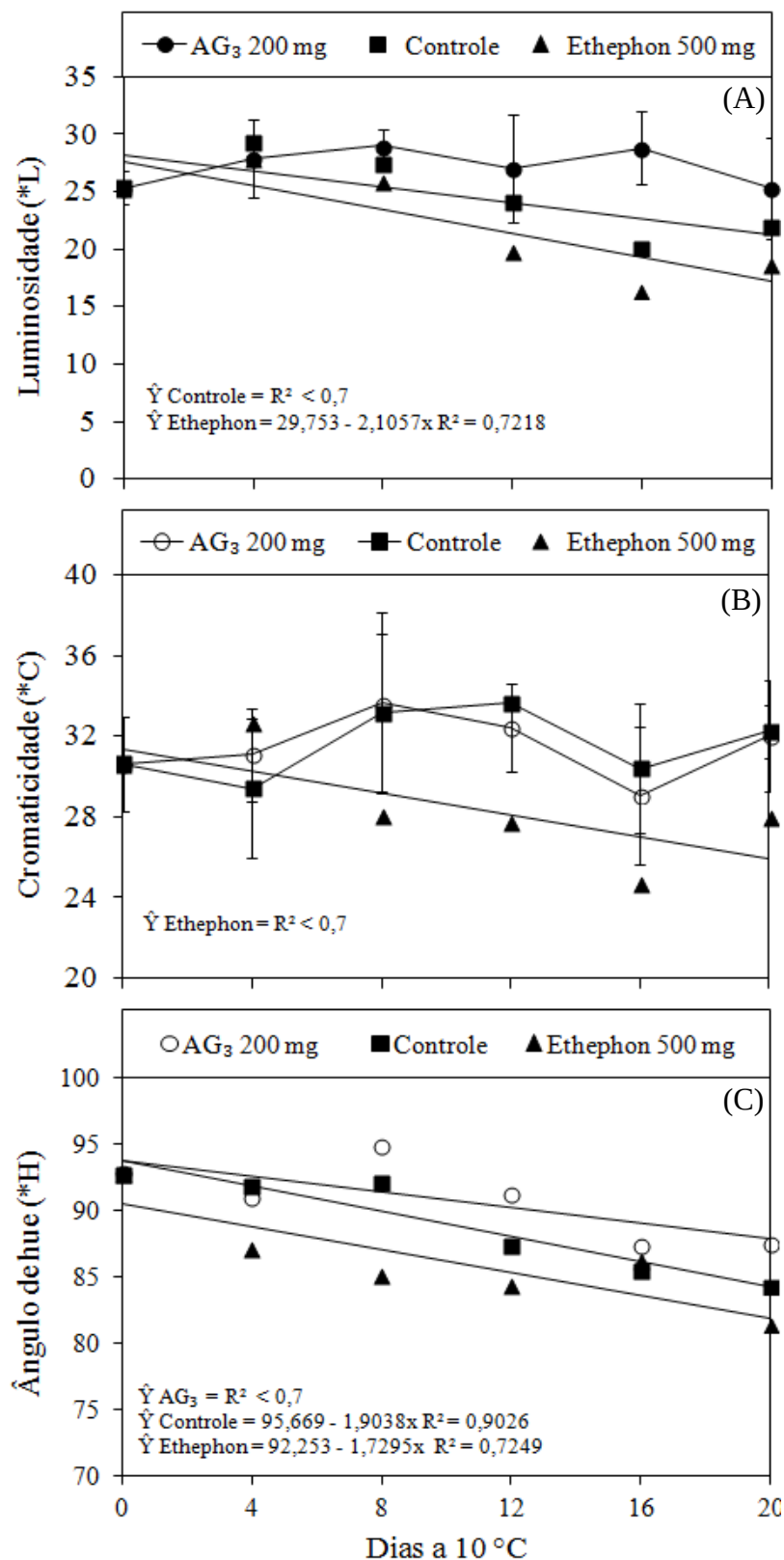
3.3. Coloração da casca

A luminosidade da casca foi significativamente afetada pelos tratamentos e períodos de armazenamento ($P < 0,05$). Observou-se redução na luminosidade para frutos de noni tratados com ethephon e controle a partir do 8º dia de armazenamento, indicando a incidência de escurecimento (Figura 3A), enquanto que frutos tratados com AG_3 mantiveram a luminosidade durante o armazenamento, com valores de 25,3 a 28. Rivera-Lopes et al. (1999) relataram que a diminuição ao final do armazenamento na luminosidade indica a senescência dos frutos.

A cromaticidade da casca foi influenciada significativamente apenas pelos tratamentos aplicados ($P < 0,05$) (Figura 3B). Os frutos controle e AG_3 apresentaram comportamento semelhante durante os períodos de armazenamento. Por outro lado os frutos de noni que receberam a aplicação de ethefon apresentaram decréscimo na vividez no decorrer do armazenamento, mostrando que a síntese de pigmentos da casca foi reduzida significativamente.

O ângulo hue da casca foi influenciado pelos tratamentos e períodos de armazenamento ($P < 0,05$). Tomando-se como base os valores iniciais, observou-se redução nos valores do ângulo de hue dos frutos de noni ao final do período de avaliação independentemente dos tratamentos aplicados, indicando coloração amarelo-escurecido (Figura 3C). Aos 20 dias de armazenamento os maiores valores foram observados em frutos tratados com AG_3 enquanto que os menores valores foram obtidos de frutos tratados com ethefon, com valores de 87,4 e 81,4 respectivamente. Segundo Silva et al. (2012) a diminuição do ângulo de hue indica degradação da clorofila, o qual caracteriza o avanço do amadurecimento do frutos.

Figura 3. Luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da casca de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.



A análise conjunta das variáveis que compõem a coloração da casca indicou que os frutos de noni tratados com AG₃ tiveram melhor manutenção da cor. Segundo Ludford (1995) o AG₃ retarda a evolução da coloração dos frutos durante o amadurecimento, sobretudo por inibir a ação da clorofilase.

Em contra partida, os frutos tratados com ethephon apresentaram rápidas e intensas mudanças na coloração, efeito esse atribuído ao aumento do metabolismo e avanço da maturação dos frutos proporcionado por esse regulador. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a mudança de coloração dos frutos pode ser explicada pela intensidade do metabolismo, ou seja, quanto maior o metabolismo, mais intensa é a degradação da clorofila e a síntese de carotenoides.

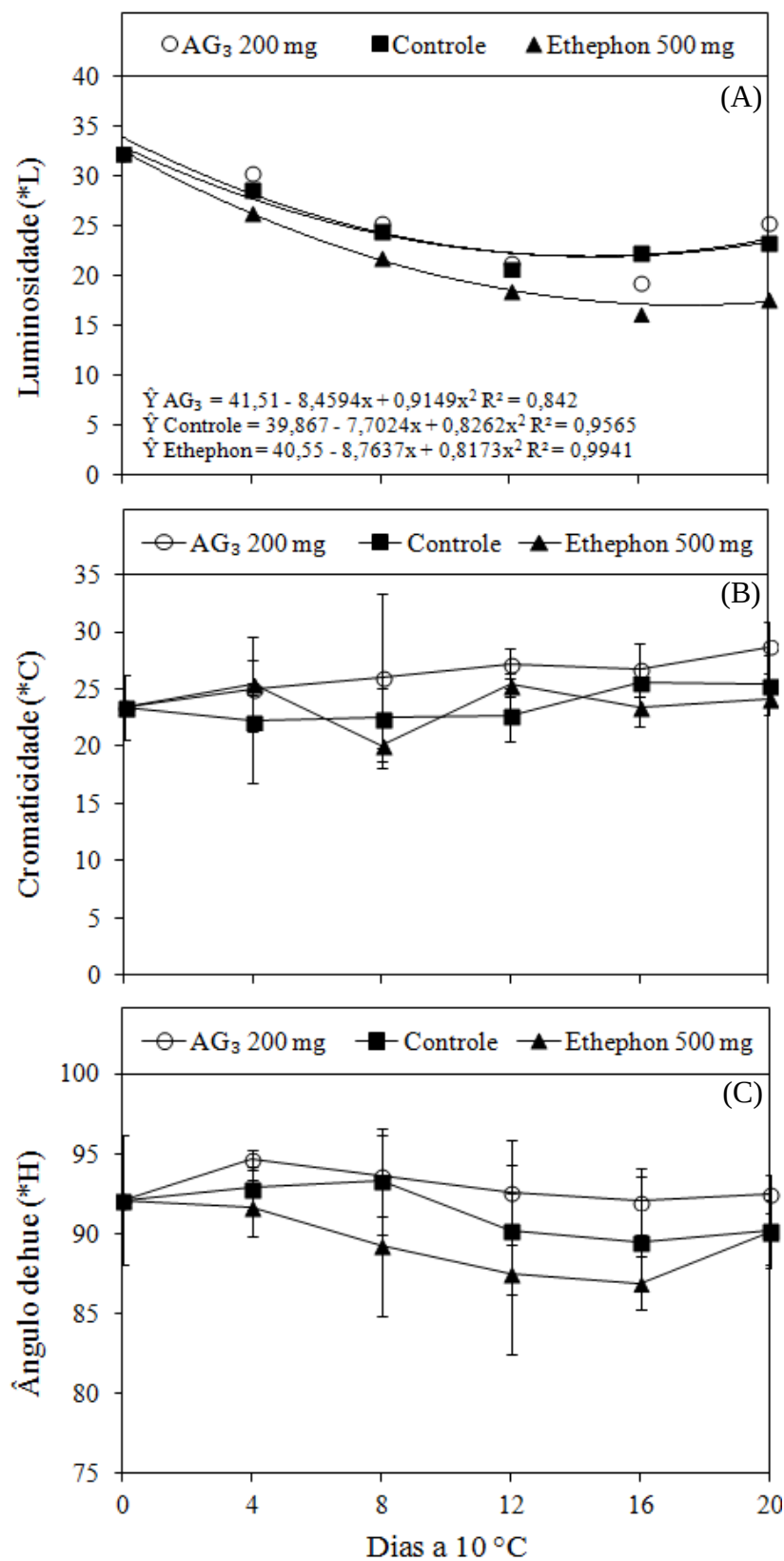
3.4. Coloração da polpa

A polpa dos frutos de noni tornou-se mais escura no decorrer dos períodos de armazenamento, diminuindo os valores de luminosidade, sendo influenciada apenas pelos tratamentos ($P < 0,05$) (Figura 4A). Observou-se maior redução na luminosidade em frutos tratados com ethephon, atingindo valores em torno de 16,5, enquanto que os demais tratamentos apresentaram comportamento semelhante.

Os menores valores de luminosidade em frutos tratados com ethephon são consequências da rápida maturação, visto que há uma tendência de redução na luminosidade da polpa, com o avanço da maturação dos frutos. Estes resultados estão de acordo com Park (1997) que relaciona este escurecimento com a maturação avançada em frutos de caqui armazenados sob atmosfera controlada.

Quanto à cromaticidade da polpa de frutos de noni, esta foi influenciada significativamente pelos tratamentos utilizados ($P < 0,05$) (Figura 4B), ocorrendo poucas variações entre os tratamentos, exceto em frutos com ethephon que no 8º dia de armazenamento houve decréscimo nos valores com posterior aumento no 12º dia.

Figura 4. Luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo hue (H) da polpa de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.

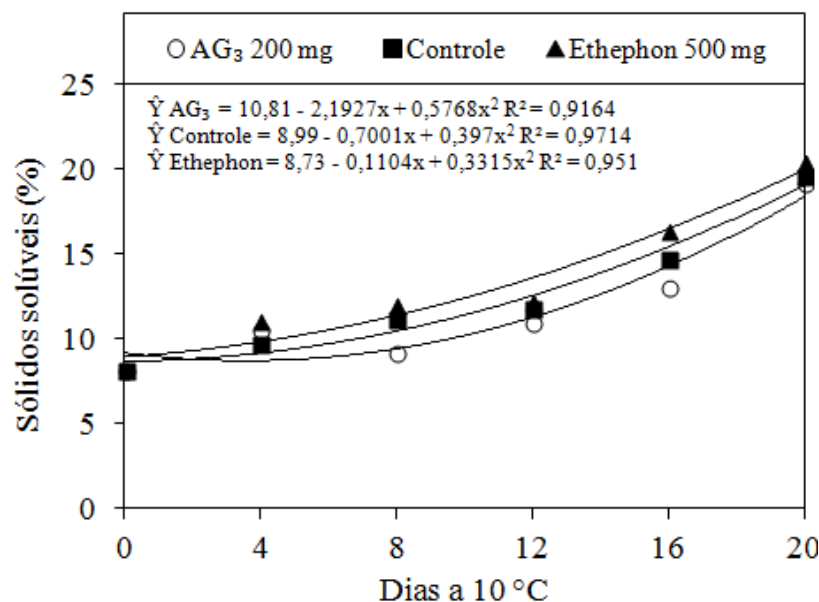


Observou-se que o ângulo hue da polpa de frutos de noni apresentou variação em seus valores, verificando que frutos tratados com ethephon foram os que manifestaram maiores mudanças na cor da polpa em relação aos demais tratamentos (Figura 4C). Frutos tratados com AG3 a partir do 12º dia de armazenamento se destacaram em relação aos demais tratamentos por apresentar os maiores valores, sendo estes mantidos até o final do armazenamento.

3.5. Sólidos solúveis

Verificou-se aumento nos sólidos solúveis com o avanço do armazenamento, independente dos tratamentos aplicados (Figura 5). Analisando os resultados pode-se observar que os SS aumentaram até o 12º dia de armazenamento, sendo superiores em frutos tratados com ethephon e inferiores nos tratados com AG₃. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) esse aumento durante o armazenamento é decorrente do avanço da maturação dos frutos.

Figura 5. Sólidos solúveis (%) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.



Os menores valores de sólidos solúveis para frutos de noni tratados com AG₃ demonstram sua efetividade em retardar a maturação dos frutos. Por outro lado, os maiores teores de sólidos solúveis observados ao longo do armazenamento foram para frutos de noni tratados com ethephon, atingindo 20,4%. A maior concentração

esta relacionada com a aceleração da maturação proporcionada pelo regulador vegetal como também pela maior perda de água desses frutos causando um efeito de concentração.

Os sólidos solúveis é um parâmetro muito importante, pois, juntamente com a coloração do fruto, pode ser utilizado como indicador do ponto de colheita. Além disso, é o principal critério utilizado no estabelecimento de padrões de qualidade pós-colheita de frutos nas regulamentações de mercado (GRANGEIRO et., 1999).

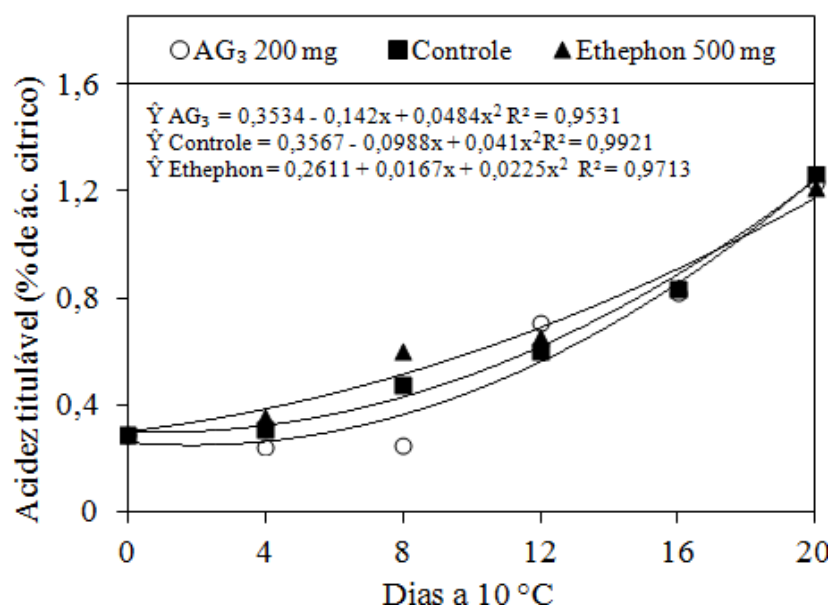
De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os sólidos solúveis indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa dos frutos, sendo que os açúcares correspondem entre 65% e 85% do teor total desses sólidos, os quais tendem a aumentar com a maturação. Entretanto não foi verificado esse percentual nos frutos de noni. O aumento em sólidos solúveis está geralmente relacionado à perda de água, embora possa estar associado também a uma perda de solutos decorrente da atividade respiratória ou da transpiração, bem como a degradação da parede celular, elevando a concentração dos teores de sólidos solúveis (VICENTINO et al., 2011).

3.6. Acidez titulável

Observou-se elevação na acidez titulável em frutos de noni independentemente dos tratamentos aplicados (Figura 6). Frutos de noni tratados com AG₃ apresentaram os menores teores de acidez, os quais se mantiveram com mínimas variações até o 8º dia de armazenamento, com valores em torno de 0,24 % de ácido cítrico. A manutenção dos teores de acidez pode ser um indicativo de que, houve redução do metabolismo dos frutos apresentando mínimas transformações, porém sem causar grandes variações nos resultados (ALBERTINI et al., 2009).

Quanto ao tratamento com ethefon, em média, os frutos se tornaram mais ácidos que os demais tratamentos. Acredita-se que isso seja, provavelmente, devido ao aumento na atividade das enzimas no ciclo de Krebs ou ocasionado pela perda de massa dos frutos, pois de acordo com Meneguzzo et al. (2006) o aumento da acidez está associado à perda de massa, devido a desidratação, havendo acúmulo de ácidos orgânicos.

Figura 6. Acidez titulável (% ác. cítrico) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.



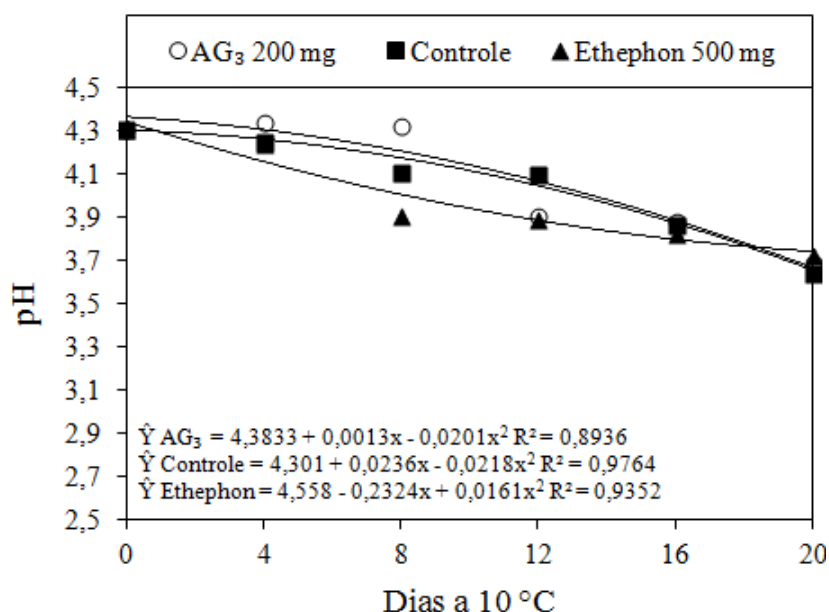
Segundo Damodaram (2010) a acidez total das frutas costuma diminuir com o amadurecimento, em virtude do uso de ácidos orgânicos na respiração ou de sua conversão a açúcares, embora os ácidos específicos possam, de fato, aumentar.

3.7. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH diminuíram durante os períodos de armazenamento (Figura 7), verificando-se interação significativa entre períodos de armazenamento e tratamentos ($P < 0,05$). O pH em frutos de noni diminuiu em decorrência do aumento da acidez. Ademais, os tratamentos apresentaram comportamento diferente do tratamento controle, mostrando assim que a aplicação dos reguladores influenciou neste parâmetro.

Com relação aos frutos tratados com AG₃ pode-se observar um comportamento do pH semelhante ao da acidez titulável, onde os valores se mantiveram com mínimas variações até os 8 dias de armazenamento, porém, a partir daí com o aumento da acidez houve uma redução do pH dos frutos desse tratamento.

Figura 7. Potencial hidrogênionico (pH) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG₃ e ethephon e armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.

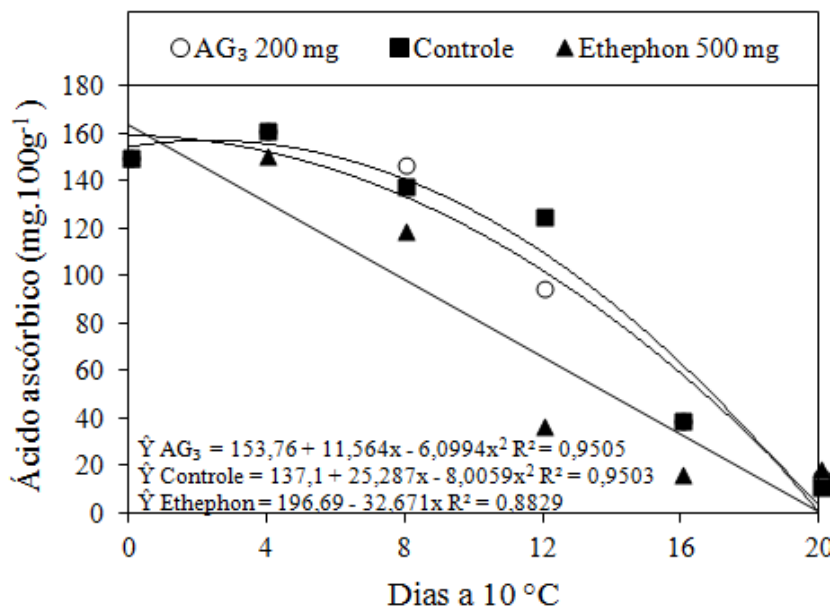


Nos frutos tratados com ethefon observou-se menores valores de pH variando de 3,9 a 3,7 entre 8 e 20 dias de armazenamento. O que pode ser atribuído ao aceleração dos sintomas de senescência dos frutos pelo regulador vegetal. Segundo Neves et al. (2008) a redução do pH durante o armazenamento pode estar relacionada à perda de firmeza dos frutos, e esta, à liberação de ácidos pécicos oriundos da parede celular dos tecidos, influenciando assim, diretamente, na diminuição dos valores de pH.

3.8. Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico em frutos de noni diminuiu durante o armazenamento, verificando-se interação significativa entre períodos de armazenamento e tratamentos ($P < 0,05$) (Figura 8). Observa-se que os teores de ácido ascórbico diminuíram durante o armazenamento.

Figura 8. Teor de ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de frutos de noni tratados na pós-colheita com AG_3 e ethephon e armazenados a $10 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ / $75\% \pm 5 \text{ UR}$ durante 20 dias.



Verificou-se que no 8º dia de armazenamento os frutos tratados com AG_3 e o controle apresentavam os maiores valores de ácido ascórbico quando comparado com os demais tratamentos. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o teor de ácido ascórbico pode ser utilizado como índice de qualidade dos alimentos, porque varia no produto de acordo com as condições de cultivo, armazenamento e processamento.

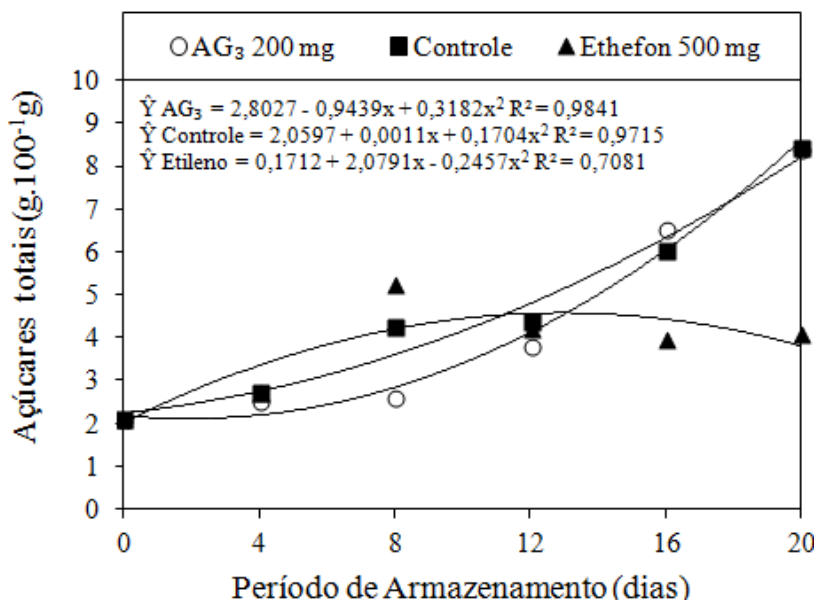
Nos frutos de noni tratados com ethephon percebe-se que houve um decréscimo acentuado no teor de ácido ascórbico a partir do 4º dia de armazenamento, proporcionando menores valores, indicando que o ethephon provocou a redução do ácido ascórbico devido à aceleração do amadurecimento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) com o avanço na maturação dos frutos ocorre redução no teor de ácido ascórbico.

Os níveis muito baixos de ácido ascórbico em frutos tratados com ethephon no 12º dia de armazenamento pode ser um indicativo de que os frutos já se encontravam-se em senescência. De acordo com Hojo et al. (2011), durante a senescência o ácido ascórbico do fruto é utilizado em reações oxidativas, que são ativadas pelos estresses sofridos pelas membranas celulares durante este período.

3.9. Açúcares totais

Na figura 9, observa-se os resultados dos açúcares totais, sendo estes influenciados significativamente pelos tratamentos e períodos de armazenamento. Pelos dados obtidos pode-se verificar que os frutos tratados com AG₃ e controle apresentaram comportamento semelhante, em que ambos exibiram tendência crescente com o avançar dos períodos de armazenamento, atingindo ao final do experimento valores médios de 8,4 g.100g⁻¹ de polpa, respectivamente. Por outro lado, frutos tratados com ethefon apresentaram os maiores valores de açúcares totais até o 8º de armazenamento, quando comparado com os demais tratamentos, havendo posterior redução até o fim do armazenamento. Quando comparados os resultados dos açúcares totais com os sólidos solúveis, verificou-se que esses corresponderam a menos de 50% do total, indicando que os sólidos presentes nos frutos de noni são constituídos em sua maioria por outros compostos que não são açúcares.

Figura 9. Efeitos dos reguladores vegetais nos açúcares totais (g.100g⁻¹ polpa) de frutos de noni armazenados a 10 ± 0,5 °C/ 75% ± 5 UR durante 20 dias.



Com relação ao AG₃ pode-se constatar que o mesmo proporcionou os menores valores de açúcares totais até os 12 dias de armazenamento, esse fato possivelmente está relacionado com o atraso na maturação dos frutos devido à

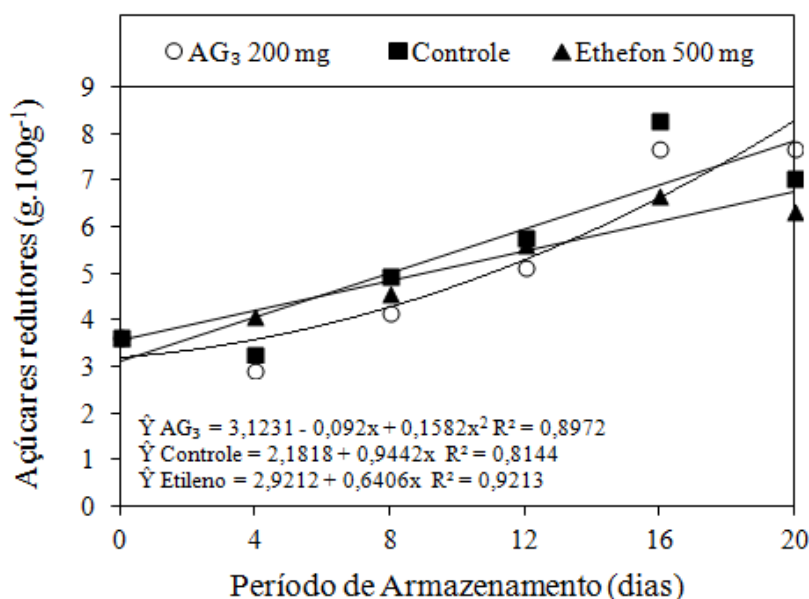
redução na taxa metabólica e consequente diminuição na conversão dos açúcares. Em contra partida, o inverso ocorreu para nos frutos tratados com ethefon até o 8º dia de armazenamento, havendo um aumento no metabolismo do fruto devido à aplicação do regulador proporcionando maior degradação dos compostos e formação dos açúcares, mas a partir desse período houve redução destes valores que pode ser atribuído ao início da senescência dos frutos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) durante o processo de maturação das frutas, uma das principais modificações em suas características é o acúmulo de açúcares, atingindo seu máximo no final da maturação. De acordo com Huertas et al. (1999), a redução no teor de açúcares totais, durante o armazenamento, indica que estes sólidos estão sendo mais usados na respiração do que produzidos, ou seja, é o início da senescência.

3.10. Açúcares redutores

Nos açúcares redutores em frutos de noni, verificou-se interação significativa entre tratamentos e períodos de armazenamento ($P < 0,05$). Na figura 10 pode-se observar que os teores de açúcares redutores apresentaram elevação nos valores até os 16 dias de armazenamento, havendo um posterior decréscimo, independente dos tratamentos aplicados.

Figura 10. Efeitos dos reguladores vegetais nos açúcares redutores ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) de frutos de noni armazenados a $10 \pm 0,5^\circ\text{C}$ / $75\% \pm 5$ UR durante 20 dias.



Foi verificado os menores valores de açúcares redutores para os frutos tratados com AG₃ até os 12 dias de armazenamento, sendo esta uma possível consequência do retardo da maturação proporcionada por esse regulador. Esses resultados discordam dos encontrados por Kohatsu et al. (2012) que verificaram que melões tratados com AG₃ tiveram maiores valores de açúcares redutores quando comparados aos frutos do controle.

Nos frutos tratados com ethefon constatou-se que a partir do 16 ° dia de armazenamento os frutos de noni apresentaram os menores valores de açúcares redutores, o que pode ser atribuído ao uso desses açúcares com substrato respiratório já que esse regulador estimula o aumento do metabolismo dos frutos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) durante o armazenamento os açúcares decrescem devido ao consumo pela respiração, como observado no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

A aplicação pós-colheita de ácido giberélico (AG₃) promove a inibição dos os eventos fisiológicos que são estimulados pelo etileno, retardando a maturação dos frutos de noni e possibilitando estender em quatro dias o seu armazenamento sob refrigeração (10 °C), mantendo os frutos mais firmes, com menores perdas de massa, reduzindo o nível de escurecimento da epiderme e preservando os teores de vitamina C, evidenciando a possibilidade do uso desse fitorregulador no retardo da senescência de frutos de noni.

O ethefon antecipa a maturação de frutos de noni armazenados sob refrigeração (10 °C), tornando-os totalmente maduros aos 4 dias de armazenamento, com base nas mudanças visíveis de coloração, pela rápida perda de firmeza e resultados dos demais atributos físico-químicos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTINI, S.; MIGUEL, C. A.; SPOTO, M. H. F. Influência de sanificantes nas características físicas e químicas de uva Itália. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 3, p. 504-507, 2009.
- AMARANTE, C. V. T.; DREHMER, M. M. F.; SOUZA, F.; FRANCESCATO, P. A pulverização pré-colheita com ácido giberélico (GA₃) e aminoetoxivinilglicina (AVG) retarda a maturação e reduz as perdas de frutos na cultura do pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.1-5, 2005.
- ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; MORETTI, C. L.; HONÓRIO, S. L. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, v.25, p. 122-126, 2007.
- ANTUNES, L. E. C.; FILHO, J. D.; SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.
- BEN-AIRIE, R.; BAZAK, H.; BLUMENFELD, A. Gibberellin delays harvest and prolongs life of persimmon fruits. **Acta Horticulturae**, v.179, p.807-813, 1986.
- BRAZ, V. B.; NUNES, E. S.; VIEIRA, G.; JÚNIOR, J. I. R.; BERTINI, L. A.; COUTO, F. A. A. Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, v.67, n.1, p.225-232, 2008.
- CHAN-BLANCO, Y.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; REYNES, M.; BRILLOUET, J. M.; BRAT, P. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 6-7, p. 645-654, 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CONEGLIAN, R. C. C.; RODRIGUES, J. D.; BRASIL O. G. Efeito da aplicação de etileno no pH, acidez, índice refratométrico e açúcares totais de frutos de manga, colhidos em estágio pré-climatérico. **Scientia Agricola**, v. 50, n. 2, p. 185-192, 1993.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.
- DANIELI, R.; GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservabilidade de caqui, 'Fuyu'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 044-048, 2002.
- FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV, 2002. 29 p.
- GRANGEIRO, L. C.; PEDROSA, J. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z. Qualidade de híbridos de melão amarelo em diferentes densidades de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 110-113, 1999.

HOJO, E. T. D. DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H.; DONADON, J. R.; MARTINS, R. N. Uso de tratamento hidrotérmico e ácido clorídrico na qualidade de lichia 'Bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.386-393, 2011.

HUERTAS, G. G. C.; MORENO, N. G. N.; SAURI, D. E. Conservación refrigerada de chicozapote com calentamiento intermitente. **Horticultura Mexicana**, v.7, p.258, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. **Sciencia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 69–72, 2002.

LUDFORD, P. M. Postharvest hormone changes in vegetables and fruit. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones**. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1995. p.725-750.

MENEGUZZO, J.; RIZZON, L. A.; MIELE, A.; AYUB, M. A. Z. Efeito de *Botrytis cinerea* na composição do vinho Gewürztraminer. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 527-532, 2006.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426-228, 1959.

NEVES, L. C.; BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X.; PRILL, M. A. S.; SÉRGIO, R. R.; VIEITES, R. L. Qualidade pós-colheita de mangas, não-refrigeradas, e submetidas ao controle da ação do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 094-100, 2008.

PARK, Y. S. Changes in fruit skin blackening, phenolic acids and ethanol production of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits during CA storage. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7., **Proceedings...** Davis: University of 1997.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; CLARK, J. R.; RISSE, L. Air shipment of 'Navaho' blackberry fruit to Europe is feasible. **HortScience**, v. 32, n. 1, p. 132, 1997.

RIVERA-LOPEZ, J.; ORDORICA-FALOMIR, C.; WESCHE-EBELING, P. Changes in anthocyanin concentration in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp during maturation. **Food Chemistry**, v. 65, p. 195-200, 1999.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; STRUIVING, T. B. Amadurecimento de manga 'Ubá' com etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita. **Ciência Rural**, v. 42, n. 2, 2012.

SILVA, L. R. D. MEDEIROS, P. V. Q. D.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P., V.; MENDONÇA, SOUSA; J. A. D.; SILVA, M. S. **Caracterização físico-química do fruto de Noni (*Morinda citrifolia* L.)**. 2009. 4p. Disponível em: <http://sengepb.com.br/site/wpcontent/uploads/200912/t024.pdf>. Acesso em: 11 dec. 2017.

TANO, K.; OULÉ, M. K.; DOYON, G.; LENCKI, R. W.; ARUL, J. Comparative evolution of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, p. 212-221, 2007.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A.; DRAGUNSKI, D. C. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimentos e conservação de uvas. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1309-1314, 2011.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.