



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES  
CLAROS**

**TECNOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-  
COLHEITA DE BANANA ‘PRATA-ANÃ’: 1-  
METILCICLOPROPENO, ATMOSFERA  
MODIFICADA, ETILENO E REFRIGERAÇÃO**

**MARIA HELENA MENEZES CORDEIRO**

**2013**

**MARIA HELENA MENEZES CORDEIRO**

**TECNOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA  
'PRATA-ANÃ': 1-METILCICLOPROPENO, ATMOSFERA  
MODIFICADA, ETILENO E REFRIGERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de "*Magister Scientiae*".

**Orientador**  
**Prof<sup>a</sup>. Dra. Gisele Polete Mizobutsi**

**JANAÚBA**  
**MINAS GERAIS - BRASIL**  
**2013**

C794t

Cordeiro, Maria Helena Menezes

Tecnologia para conservação pós-colheita de banana 'prata-anã': 1-metilciclopropeno, atmosfera modificada, etileno e refrigeração [manuscrito] / Maria Helena Menezes Cordeiro. – 2013.

115 p.

Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba, 2013.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. DSc. Gisele Polete Mizobutsi.

1. Bananicultura. 2. Inibidor de etileno. 3. *Musa spp.* I. Mizobutsi, Gisele Polete. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 634.772

Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

**MARIA HELENA MENEZES CORDEIRO**

**TECNOLOGIA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA  
'PRATA-ANÃ': 1-METILCICLOPROPENO, ATMOSFERA  
MODIFICADA, ETILENO E REFRIGERAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

**APROVADA em 10 de julho de 2013.**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Polete Mizobutsi  
UNIMONTES  
(Orientadora)

Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi  
UNIMONTES  
(Coorientador)

Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota  
UNIMONTES

Pesq<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ariane Castricini  
EPAMIG

**JANAÚBA  
MINAS GERAIS – BRASIL 2013**

A Deus,

*Agradeço*

Àqueles que estiveram sempre presentes em minha vida, me dando amor, força e conhecimento em todos os momentos, sendo referência em minhas escolhas.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma chance de estar aqui aprendendo através de erros e acertos.

À UNIMONTES, por conceder seu espaço para a realização dos trabalhos e principalmente pela minha formação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado, e à Rohm and Haas Química Ltda, pelo apoio financeiro concedido ao projeto de pesquisa.

À professora orientadora, Gisele Polete Mizobutsi, pela oportunidade de trabalho, pelo incentivo, confiança, carinho e disponibilidade de contribuir para a minha formação.

Ao professor Wagner Ferreira da Mota, pela orientação quanto à estatística, além da amizade e respeito.

Aos demais membros da banca: Professor Edson Hyudu e a Pesquisadora Ariane Castricini, pelas sugestões apresentadas que contribuíram para melhor a qualidade do trabalho.

Aos meus queridos pais, José e Maria, e meus irmãos, Jairo, Rogério e Eliza, pelo apoio, incentivo e pelo amor incondicional. Amo muito vocês.

A toda minha família, em especial a minha querida cunhada, Cristiane, pelo amor e carinho e por sempre estar ao meu lado me apoiando e incentivando.

Aos meus colegas de mestrado, pela amizade e convivência, em especial àqueles que estiveram mais próximos.

As minhas amigas e companheiras do laboratório de Fisiologia Pós-colheita-Unimontes, Francielle, Joelma, Darlaine, Bárbara, Michele e Clarissa, pela amizade e convivência.

A todos os funcionários e demais professores da UNIMONTES sempre dispostos a cooperar para o bom funcionamento da Universidade.

A todos, muito obrigada pela participação e compreensão nos meus bons e maus momentos.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
2.1 Bananicultura.....	3
2.2 Fisiologia do amadurecimento da banana .....	5
2.3 Pós-colheita.....	8
2.3.1 Refrigeração, atmosfera modificada, 1-metilciclopropeno .....	9
2.3.2 Etileno exógeno .....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 1 .....	19
ATMOSFERA MODIFICADA E CLIMATIZAÇÃO ASSOCIADAS AO USO DO 1-METILCICLOPROPENO NA CONSERVAÇÃO PÓS- COLHEITA DE BANANA ‘PRATA-ANÃ .....	19
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
CAPÍTULO 2 .....	65
RESUMO.....	66
ABSTRACT.....	68
1 INTRODUÇÃO.....	70

<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>72</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>76</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>111</b>



## RESUMO GERAL

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **Tecnologia Para Conservação Pós-Colheita de Banana ‘Prata-anã’: 1-Metilciclopropeno, Atmosfera Modificada, Etileno e Refrigeração.** 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>1</sup>

A produção de banana apresenta importância social e econômica no Brasil e no mundo, havendo necessidade de pesquisas que procurem aumentar sua vida útil sem interferir na qualidade da fruta. O objetivo do trabalho foi desenvolver uma tecnologia para conservação pós-colheita de banana ‘Prata-anã’ com uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP), etileno, embalagens e armazenamento refrigerado. Os frutos foram levados ao laboratório onde foram divididos em buquês de três frutos, selecionados, lavados e sanitizados. Posteriormente, realizaram-se dois experimentos onde combinações de aplicação de 1-MCP, exposição ao etileno e embalagens foram testadas. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, sendo o experimento I em esquema fatorial 6x7 e o experimento II dividido em dois conforme a temperatura de armazenamento. Para o primeiro armazenamento o fatorial foi 5x6 e o segundo 5x5. No experimento I os frutos foram armazenados a temperatura de  $25 \pm 1$  °C e UR de 90 %, sendo os seguintes tratamentos: T1 (testemunha); T2 (embalagem macroperfurada e aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$ ); T3 (embalagem de polietileno e aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$ ); T4 (embalagem macroperfurada e aplicação de etileno exógeno); T5 (embalagem de polietileno e aplicação de etileno exógeno); T6 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem macroperfurada, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$ ) e T7 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem de polietileno, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$ ). As avaliações foram realizadas a cada dois dias por um período de 11 dias. Para o experimento II os frutos foram armazenados a  $16 \pm 1$  °C e UR de 90 % durante 26 dias e posteriormente a  $25 \pm 1$  °C e UR de 90 % por 9 dias. Os tratamentos foram: T1 (testemunha); T2 (embalagem macroperfurada e aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$ ); T3 (embalagem de polietileno e aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$ ); T4 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem macroperfurada, quando 50 % amarelos,

---

<sup>1</sup>**Comitê de orientação:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Gisele Polete Mizobutsi - UNIMONTES (Orientadora); Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi- UNIMONTES (Coorientador); Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES (Conselheiro); Pesq<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ariane Castricini- EPAMIG (Conselheira).

aplicação de 1-MCP na dose de 300 nLL<sup>-1</sup>) e T5 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem de polietileno, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de 300 nLL<sup>-1</sup>). As avaliações foram realizadas a cada 5 dias para o armazenamento a 16 °C e a cada 2 dias para o armazenamento a 25 °C. As variáveis analisadas foram: coloração da casca; perda de massa, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, amido e açúcares. Os resultados foram submetidos à análise de variância e a descrição das variáveis realizada através de análises de regressão e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos mantendo suas características físicas e químicas durante o armazenamento. A associação do produto à embalagem atrasou as mudanças decorrentes do amadurecimento. A aplicação do 1-MCP em bananas parcialmente maduras sob efeito do etileno exógeno não apresentou resultados que indiquem controle do amadurecimento. A utilização do 1-MCP associado à embalagem de polietileno é eficiente na conservação pós-colheita de banana 'Prata-anã' por um período de 34 dias sem afetar a qualidade dos frutos.

**Palavras-chave:** inibidor de etileno, embalagens, armazenamento, *Musa spp.*

## GENERAL ABSTRACT

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **Technology for post-harvest conservation of 'Prata-Anã banana: 1-methylcyclopropene, Modified Atmosphere, Ethylene and Cooling**. 2013. 114 p. Dissertation (Master in Plant Production in the Semiarid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>1</sup>

Banana production has social and economic importance in Brazil and around the world. Thus researches that aim to increase its shelf life keeping fruit quality are necessary. This work aimed to develop a technology for post-harvest conservation of 'Prata-anã' banana with the use of 1-methylcyclopropene (1-MCP), ethylene, packaging and cold storage. The fruits were taken to the laboratory where they were divided into bouquets of three fruit, selected, washed and sanitized. Subsequently, two experiments were carried out where combinations of application of 1-MCP, exposure to ethylene and packaging were tested. The experimental design was completely at random, with the first experiment in a 6 x 7 factorial and the second one divided into two as the storage temperature. For the first storage the 5x6 factorial and for the second one it was 5x5. In the experiment I, the fruits were stored at  $25 \pm 1$  °C and 90% RH, with the following treatments: T1 (control), T2 (macro-holed packaging and application of 1-MCP 90 nLL<sup>-1</sup>), T3 (polyethylene packaging and application of 1-MCP dose in 90 nLL<sup>-1</sup>), T4 ( macro-holed packaging and application of exogenous ethylene), T5 ( polyethylene packaging and application of exogenous ethylene ), T6 (application of exogenous ethylene in fruit stored in packaging when they were 50 % yellow , application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup> ) and T7 (application of exogenous ethylene in fruit stored in polyethylene packing , when they were 50 % yellow, application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup>). The evaluations were performed every two days for 11 days. For the experiment II, the fruits were stored at  $16 \pm 1$  °C and 90% RH for 26 days and after at  $25 \pm 1$  °C and 90 % RH % for 9 days. The treatments were: T1 (control), T2 ( macro-holed packaging and application of 1-MCP 90 nLL<sup>-1</sup>), T3 (polyethylene packaging and application of 1-MCP 90nLL<sup>-1</sup> ), T4 (application of exogenous ethylene in fruits stored in macro-holed packing when they were 50 % yellow, treatment with 1-MCP at a dose of 300 nLL<sup>-1</sup> ) and T5 (application of exogenous ethylene in fruit stored in polyethylene packings, when they were 50 % yellow, application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup> ). The evaluations were performed

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Prof. Dr. Gisele Polete Mizobutsi - UNIMONTES (Adviser); Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi - UNIMONTES (Co-adviser); Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES; Researcher Dr. Ariane Castricini – EPAMIG.

every 5 days for storage at 16 °C and every 2 days for storage at 25 °C. The analyzed variables were: skin color, fresh matter loss, firmness, soluble solids, titratable acidity, starch and sugars. The results were submitted to variance analysis and description of the variables held by regression analysis and Tukey test ( $p < 0.05$ ). The 1-MCP delayed fruit ripening maintaining their physical-chemical characteristics during storage. The association of the product with the packaging delayed changes resulting from ripening. Application of 1-MCP in bananas partially ripe under the effect of exogenous ethylene did not present results that indicate control in the ripening process. The use of 1-MCP associated with polyethylene packaging is effective in post-harvest conservation of 'Prata-anã' banana for 34 days without affecting fruit quality.

**Key words:** ethylene inhibitor, packaging, storage, *Musa spp.*

## 1 INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais consumidas no mundo devido a suas características nutricionais e suas variadas formas de consumo. No entanto, por ser um fruto climatérico, com alta taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita, apresenta uma vida de prateleira relativamente curta. O etileno é um fitormônio gasoso importante em todo o desenvolvimento dos frutos, principalmente na fase de amadurecimento (SOUZA *et al.*, 2009).

Em pós-colheita são estudados diferentes técnicas e produtos com potencialidade para prolongar a vida de prateleira de frutos, tornando-os aptos ao transporte a longas distâncias com manutenção da qualidade. Destaca-se o uso de inibidores de etileno, atmosfera modificada e refrigeração no controle do amadurecimento e o etileno exógeno na uniformização do amadurecimento dos frutos. Dentre os inibidores de etileno estudados, o 1-metilciclopropeno destaca-se por ser um produto que bloqueia a ação do etileno sendo utilizado com sucesso em flores, hortaliças e frutos (BOTREL *et al.*, 2002). O 1-MCP protege os produtos vegetais tanto do etileno endógeno como do exógeno, pois se liga permanentemente aos receptores desse fitormônio no momento da aplicação do tratamento; entretanto, pode ocorrer o retorno da sensibilidade do produto vegetal ao etileno devido à formação de novos sítios receptores (BLANKENSHIP e DOLE, 2003).

As técnicas de atmosfera modificada e o uso de refrigeração podem ser utilizados em associação ao 1-metilciclopropeno no controle do amadurecimento de frutos em especial da banana. O armazenamento sob refrigeração consiste no principal meio de conservação dos vegetais, podendo ser associado a outras técnicas de conservação (MARTINS *et al.*, 2007) como a atmosfera modificada

passiva (MAP) que pode ser criada passivamente no interior da embalagem, através do consumo de O<sub>2</sub> e produção de CO<sub>2</sub> pela respiração do produto.

Contudo, diversos trabalhos na literatura indicam que o 1-MCP pode causar problemas de desuniformidade no amadurecimento em bananas, que pode ser solucionada através da utilização do etileno exógeno no processo de climatização. Segundo Silva *et al.* (2006), a climatização é uma técnica que proporciona amadurecimento mais uniforme da banana, desencadeando e acelerando o processo de amadurecimento.

A banana é uma fruta de grande relevância no cenário mundial devido sua importância nutricional, social e econômica principalmente para os países em desenvolvimento. Com isso, é necessário o estudo de tecnologias que permitam o prolongamento da vida útil dessa fruta para que ela chegue a mercados cada vez mais distantes. A conservação pós-colheita da banana 'Prata-Anã' pode ser conseguida através da associação das diferentes tecnologias existentes como o 1-metilciclopropeno, a atmosfera modificada, refrigeração e o uso do etileno para garantir a uniformidade do amadurecimento destes frutos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Bananicultura

A banana (*Musa ssp*) é fonte de vitaminas, minerais e energia, além disso, sua cadeia produtiva e de comercialização apresenta relevante importância social, pela geração de empregos diretos e indiretos. Características como baixa acidez e textura macia a indicam para o consumo por crianças e idosos (SARMENTO *et al.*, 2012). Donato *et al.* (2006) destacam que a banana apresenta grande importância mundial pela sua composição química e conteúdo em vitaminas e minerais, é uma das frutas mais consumidas no mundo, apresentando versatilidade em termos de modalidades de uso (processamento, frita, cozida, consumo *in natura*) e boas características de sabor, aroma, higiene e facilidade de consumo *in natura*.

O Brasil encontra-se entre os principais consumidores e produtores mundiais de banana. De acordo com dados do IBGE (2012), em 2011 a produção do país foi próxima de 7 milhões de toneladas em uma área de 483 mil hectares de banana. Dentre as regiões brasileiras produtoras, o nordeste destaca-se com a produção de aproximadamente 2,8 milhões de toneladas. Conforme Donato *et al.*(2009), na Região do Semiárido brasileiro, ocorrem em maior evidência os seguintes polos de produção de banana: Minas Gerais – em Janaúba e Jaíba; Bahia – em Juazeiro, Bom Jesus da Lapa, Barreiras, Livramento de Nossa Senhora, Caraíbas, Guanambi, Urandi e Sebastião Laranjeiras; Pernambuco – em Petrolina e Santa Maria da Boa Vista; Rio Grande do Norte – no Vale do Açu; Sergipe – em Platô de Neópolis; e Ceará – em Chapada do Apodi e Baixo Acaraú.

A banana é cultivada, na maioria das vezes, em pequenas propriedades, sendo de grande importância para a fixação do homem no campo e para a

geração de emprego rural, especialmente para as camadas da população com menor grau de qualificação. No Brasil, são produzidos diversos tipos de bananas, sendo as principais variedades Prata, Maçã, Nanica e Nanicão, que, em sua maior parte, são cultivadas em pequenas propriedades, com infraestrutura tecnológica modesta. O desenvolvimento da produção brasileira de banana segue muito mais a dinâmica da demanda doméstica que as flutuações do mercado externo, ao qual menos de 1 % da produção nacional é destinada (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

As perspectivas de exportações de frutas produzidas em Minas Gerais, para o ano de 2013, indicam crescimento no volume de negociações. As vendas externas de frutas por ano movimentam cerca de US\$ 6 milhões no mercado mineiro. Destacando-se a região do Jaíba, no Norte de Minas, com a maior produção e a principal exportadora do estado (AGENCIA MINAS, 2013). Consoante o SEBRAE (2008), com a redução das barreiras comerciais para a banana na Europa surgiu uma oportunidade para a exportação brasileira da fruta, porém é necessária a adoção de procedimentos que possibilitem um produto que atenda aos rigorosos padrões internacionais e resista ao transporte para mercados mais distantes com aumento de sua vida de prateleira e manutenção da qualidade dos frutos.

Conforme Silva *et al.* (2004), as variedades Prata, Prata-anã e Pacovan respondem por aproximadamente 60 % da área cultivada com banana no Brasil. Cordeiro *et al.* (2003) relatam que a cultivar Prata-Anã é uma cultivar do grupo AAB, com pseudocaule muito vigoroso de cor verde-clara, brilhante, com poucas manchas escuras próximo à roseta foliar. Apresenta porte médio a baixo, cacho cônico, ráquis com brácteas persistentes, coração grande e frutos pequenos quando comparados aos da cultivar Cavendish, com quinças, ápices em forma de gargalo e sabor acre-doce. É suscetível às sigatokas amarela e negra e



ao mal-do-Panamá, porém, apresenta tolerância à broca-do-rizoma e aos nematoides.

## **2.2 Fisiologia do amadurecimento da banana**

O desenvolvimento do fruto da bananeira é dividido em quatro fases: crescimento, maturação, amadurecimento e senescência. O crescimento é marcado por um período de rápida divisão e alongamento celular, e a maturação é caracterizada por mudanças físicas e químicas que afetam a qualidade sensorial do fruto. A maturação se inicia ao final do estágio de crescimento e culmina com o amadurecimento do fruto, período no qual o fruto se torna apto para o consumo, em virtude de alterações na aparência, no sabor, no aroma e na textura (MATSUURA e FOLEGATTI, 2001).

O amadurecimento dos frutos é um processo fisiológico muito complexo, que causa transformações na cor, no sabor, no aroma e na textura, até alcançar o estado comestível. Essas trocas podem coincidir com o início da senescência (MOSCA *et al.*, 2006). Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que no decorrer do amadurecimento ocorrem reações de síntese e de degradação, sendo a energia liberada utilizada para várias atividades fisiológicas e de manutenção da integridade celular. Sampaio *et al.* (2007) relatam que o processo de amadurecimento das frutas é acompanhado pela síntese de novas proteínas e mRNA em conjunto com sabor e pigmentos. Essa síntese exige esqueletos de energia e blocos de carbono que são fornecidos para o tecido das frutas por um processo de respiração, cujos padrão e taxa variam marcadamente entre os frutos climatéricos e não climatéricos. Em geral, frutas com maiores taxas respiratórias, como bananas e abacates tendem a amadurecer mais rapidamente e, portanto, possuem uma vida de prateleira limitada.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), após a colheita do fruto, a respiração representa o seu principal processo fisiológico, uma vez que ele não depende mais da absorção de água e minerais realizada pelas raízes, da condução de nutrientes pelo sistema vascular, nem da atividade fotossintética das folhas da planta-mãe. Medina e Pereira (2004) afirmam que a banana é um fruto climatérico, o que lhe permite ser colhida antes do seu completo amadurecimento. Frutos climatéricos apresentam aumento da taxa respiratória e da produção do etileno durante o climatério e neste momento iniciam-se as principais alterações sensoriais na fruta, tais como pigmentação amarela da casca, amaciamento da polpa e mudanças no sabor e no aroma, características da banana madura.

O etileno é um fitormônio gasoso importante em todo o desenvolvimento dos frutos, principalmente na fase de amadurecimento (SOUZA *et al.*, 2009). A ação do etileno ocorre com sua ligação ao seu receptor na célula, promovendo uma série de reações de fosforilação que sinalizam para a expressão de genes relacionados com o amadurecimento e a senescência dos frutos (SISLER *et al.*, 2006). Conforme Chitarra e Chitarra (2005), o etileno é o hormônio natural do amadurecimento, e o aumento na sua biossíntese até concentrações que estimulam o processo é o evento que marca a transição entre as fases de crescimento e senescência no fruto, sendo responsável por uma variedade de respostas fisiológicas, incluindo a indução do climatério respiratório.

Klee *et al.* (1991) salientam que a biossíntese do etileno nas plantas é regulada pela atividade das enzimas específicas, a sintase do ACC (ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico) e a oxidase do ACC. Consoante Moura *et al.* (2005), estudos demonstraram que a oxidase do ACC é uma enzima constitutiva, nesse sentido, a sintase do ACC poderia ser considerada como passo limitante na biossíntese de etileno. Segundo Asmar *et al.* (2010) o etileno se encontra

envolvido na aceleração do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos.

Em conformidade com Medina e Pereira (2004), durante o amadurecimento da banana, os teores de clorofila da casca diminuem continuamente, alcançando valores mínimos quando os frutos se encontram totalmente amarelos com manchas marrons. Para Chitarra e Chitarra (2005), a mudança da cor verde para amarela ocorre pela decomposição estrutural da clorofila decorrente dos sistemas enzimáticos que atuam isoladamente ou em conjunto, principalmente pela ação da clorofilase sobre os cloroplastos, que revela a cor amarela.

Durante o amadurecimento e senescência da banana também acontece o amaciamento dos frutos que, consoante Camargo *et al.* (2000), é frequentemente atribuído à degradação enzimática da parede celular. Em geral o amaciamento é acompanhado de solubilização da pectina envolvendo a ação das enzimas poligalacturonase (PG), pectinometilsterase (PME) e celulase (ABU-SARRA e ABU-GOUKH, 1992).

Segundo Dadzie e Orchard (1997), sob condições normais de armazenamento, ocorrem transformações na textura das bananas à medida que amadurecem. A fruta fresca, dura e verde se converte em uma fruta amarela com a polpa interna tenra e suave na etapa ótima de amadurecimento, e se torna mole à medida que avança até a senescência. A firmeza apresenta tendência semelhante para as diferentes cultivares, com redução acentuada até próximo de quatro dias após a colheita e estabilização nos estádios finais da maturação em condições ambientes. Quando madura, a banana apresenta alta relação sólidos solúveis /acidez titulável, indicando a presença de altos teores de açúcares e baixos de ácidos (MEDINA e ALVES, 2004).

Matsuura e Folegatti (2001) declaram que com o amadurecimento ocorre aumento na doçura do fruto em função da hidrólise do amido, com consequente

acúmulo de açúcares solúveis, principalmente glicose, frutose e sacarose. Tais açúcares são oxidados, servindo como substratos básicos no processo respiratório do fruto.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o amido é o principal carboidrato de reserva na maioria dos produtos vegetais. Em boa parte dos frutos climatéricos imaturos, ele se encontra em proporção elevada, como no caso da banana, com teores de 20 a 25 %. Com a evolução da maturação, o amido é hidrolisado à glicose, responsável pelo aumento no grau de doçura, restando teores residuais de cerca de 1 a 2 %. Ainda durante o amadurecimento do fruto os ácidos orgânicos são reduzidos, porém no caso da banana ocorre o contrário, visto que ocorre um aumento acentuado nas concentrações de ácido málico seguido de decréscimo ao final do amadurecimento decorrente do consumo dos ácidos orgânicos utilizado na respiração dos frutos.

Quanto à perda de massa fresca, observa-se uma redução ao longo do amadurecimento. A perda de massa traduz-se como a expressão percentual da perda de umidade durante o processo de armazenamento do fruto, tornando-se uma variável importante por estar diretamente associada à qualidade do fruto (GUEDES, 2007).

### **2.3 Pós-colheita**

Frutos e hortaliças depois de colhidos continuam vivos, com todos os processos metabólicos ainda ativos, principalmente a degradação de reservas de compostos orgânicos acumulados durante o seu crescimento e maturação. As substâncias que possivelmente tomam parte nessas alterações são as proteínas, glicídeos, lipídios, ácidos orgânicos, vitaminas, minerais e alguns componentes específicos de parede celular. Em condições não controladas, esses processos podem levar rapidamente à senescência, e os tecidos tornam-se muito

susceptíveis ao ataque de micro-organismos e à perda de umidade. O controle dessas alterações passa a ser condição essencial para a conservação e o aumento da vida útil desses produtos (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para Figueiras *et al.* (2000) um fruto de qualidade deve se apresentar firme, fresco, sadio, livre de materiais estranhos, isento de umidade externa anormal, sem manchas ou danos mecânicos, sem danos causados por pragas ou por baixas temperaturas, isento de sabor e odor estranhos, deve estar suficientemente desenvolvido e apresentar maturação adequada. Com isso é de grande necessidade o emprego de tecnologias pós-colheita que retardem o amadurecimento, aumentando a vida útil pós-colheita (HOJO *et al.*, 2007).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o principal objetivo do uso de técnicas pós-colheita é a manutenção da qualidade dos produtos e o prolongamento de sua vida útil. As técnicas de armazenamento pós-colheita reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e previnem desordens, garantindo a manutenção da qualidade dos frutos (SOUSA *et al.*, 2002).

### **2.3.1 Refrigeração, atmosfera modificada, 1-metilciclopropeno**

De acordo com Martins *et al.* (2007), o armazenamento sob refrigeração consiste no principal meio de conservação dos vegetais, podendo ser associado a outras técnicas de conservação. A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutos e hortaliças frescos. Os demais métodos de controle do amadurecimento e de doenças são utilizados como complemento à diminuição da temperatura. Os métodos de controle ou modificação da atmosfera, utilização de ceras na superfície dos produtos, entre outros, não produzem bons resultados se não forem associados ao uso de baixas temperaturas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Conforme Hojo *et al.* (2007), a temperatura utilizada durante o armazenamento exerce influência na taxa de respiração e transpiração dos frutos retardando seu amadurecimento e senescência. A temperatura interfere nos processos vitais do fruto, como respiração e produção de calor vital, maturação, produção de etileno, perda de massa e firmeza.

A refrigeração pode ser associada à atmosfera modificada passiva (MAP) minimizando ainda mais a decomposição fisiológica e microbiana de produtos perecíveis. Atmosfera Modificada (MA) refere-se a qualquer atmosfera diferente do ar normal (20-21 % de O<sub>2</sub>, cerca de 0,03 % de CO<sub>2</sub>, 78-79 % de nitrogênio e pequenas quantidades de outros gases) podendo ser criada tanto por injeção de gás direto (MAP ativo) ou por respiração do produto fornecido (MAP passiva) (YAHIA, 2009).

As embalagens mais utilizadas para obtenção da atmosfera modificada passiva são os filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD) com diferentes espessuras, que apresentam boas características de permeabilidade; os filmes poliolefínicos simples ou coextrusados, por apresentarem elevada taxa de permeabilidade ao O<sub>2</sub> e ao CO<sub>2</sub> e boas propriedades de barreira ao vapor d'água, bem como os filmes de PVC, que são mais delgados e cerca de duas vezes mais permeáveis que os de PEBD (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O emprego da refrigeração prolonga o período de conservação dos frutos, e o uso de atmosfera modificada durante o armazenamento pode reduzir as taxas de respiração e pela transpiração influenciando na perda de massa e mudança na aparência (JERÔNIMO e KANESIRO, 2000).

Além da atmosfera modificada, a refrigeração pode ser associada a inibidores da ação do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP) que é utilizado com o objetivo de retardar o amadurecimento dos frutos (HOJO *et al.*, 2007). Esse produto age por meio de fixação preferencial ao receptor de etileno, bloqueando, desse modo, o efeito do etileno procedente de fontes internas e

externas. O 1-metilciclopropeno é um produto que bloqueia a ação do etileno e tem sido utilizado com sucesso em flores, hortaliças e frutos (BOTREL *et al.*, 2002).

De acordo com Pinheiro *et al.* (2005), em condições normais, o etileno liga-se a moléculas receptoras, possivelmente proteínas de membrana, gerando respostas associadas ao amadurecimento. O 1-MCP, ao ser aplicado na pós-colheita, atua ligando-se a esses sítios receptores, inibindo a ação do etileno, retardando o processo de amadurecimento, já que novos sítios receptores são sintetizados, retornando a sensibilidade ao etileno. Com isso, o fruto pode permanecer produzindo etileno, mas não existe resposta ao hormônio, a despeito da fonte. Em situações normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, de onde surge a resposta, sendo desencadeada uma cascata de reações associadas à qualidade e à vida pós-colheita dos frutos (SÁ *et al.*, 2008).

Chitarra e Chitarra (2005) enfatizam que esse produto vem sendo considerado como uma das mais importantes ferramentas da pós-colheita para manter a qualidade dos frutos sensíveis ao etileno durante seu armazenamento e transporte. O 1-MCP é liberado para utilização em produtos comestíveis em vários países, incluindo o Brasil, sendo um produto promissor para utilização na pós-colheita (PINHEIRO *et al.*, 2005).

### **2.3.2 Etileno exógeno**

Segundo Nogueira (2005), o etileno é o mais simples dos compostos orgânicos presentes nos processos fisiológicos das plantas, sendo produto natural do metabolismo das plantas e produzido por tecidos de plantas superiores e alguns micro-organismos. O amadurecimento da banana pode ser iniciado naturalmente pelo etileno endógeno ou através da aplicação comercial de etileno

(JIANG *et al.*, 2004). Campos *et al.* (2003) relatam que as qualidades alimentícia e comercial da banana são influenciadas pelas condições de amadurecimento e armazenamento, sendo necessária a indução do amadurecimento em câmaras de maturação controlada, também denominada de climatização.

A climatização é uma técnica que proporciona um amadurecimento mais uniforme da banana, que desencadeia e acelera o processo de amadurecimento. Nesse sistema, a temperatura, a umidade do ar e a concentração de gases (CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>) são controladas por meio de aparelhos e procedimentos específicos, ocorrendo exposições pré-determinadas de um gás indutor do amadurecimento, visando à melhor uniformização no grau de amadurecimento para comercialização dos frutos (SILVA *et al.* 2006; CAMPOS *et al.*, 2003). Andreuccetti *et al.* (2007) salientam que etileno na forma gasosa pode ser aplicado por meio de um sistema estático ou dinâmico. No primeiro sistema, o produto é colocado no interior de um recipiente com volume conhecido por um período determinado de tempo, no qual o gás é injetado. Por outro lado, no sistema dinâmico existe um fluxo contínuo de gás (ou gases) que entra em contato com o produto a ser tratado. Dentro do sistema estático, Paulo (2010) ressalta o uso de misturas compostas basicamente de 96 % de álcool e 4 % de etileno e outros compostos hidrocarbonetos de cadeia curta em geradores de etileno que volatilizam o líquido liberando o etileno.

A aplicação do etileno acelera a taxa respiratória da banana, que provoca sua rápida maturação, convertendo o amido em açúcares e, na casca, a clorofila é degradada. O efeito desse gás exógeno é somente constatado na fase pré-climatérica, pois depois de iniciada a ascensão climatérica, não há ação sobre a fruta (BOTREL *et al.*, 2001).



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-SARRA, A. F.; ABU-GOUKH, A. A. Changes in pectinesterase, poligalacturonase and cellulase activity during mango fruit ripening. **Journal of horticultural science**, Alexandria, v. 67, n.4, p.561-568, 1992. Disponível em: < <http://staffcv.uofk.edu/agriculture/aaabugoukh/downloads/pub6.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2011.

AGENCIA MINAS. **Notícias do governo do estado de Minas Gerais:** Produção do Jaíba impulsiona exportações de frutas em Minas Gerais. Belo Horizonte, 25 de maio de 2013. Disponível em:< <http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticias/producao-do-jaiba-impulsiona-exportacoes-de-frutas-em-minas-gerais/>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

ANDREUCETTI, C. *et al.* Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 122-126, 2007.

ASMAR, S. A. *et al.* Firmeza de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 440-444, 2010.

BLANKENSHIP, S.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BOTREL, N. *et al.* Inibição do amadurecimento da “Banana-Prata-Anã” com aplicação de 1-Metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 053-056, 2002.

BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITTENCOURT, A. M. **Banana Pós-colheita:** procedimentos pós-colheita. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 32-39.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. (Coord.). **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: IICA,

2007. 101 p. (MAPA. Agronegócios, v. 7). Disponível em: < [http://www.ibraf.org.br/x\\_files/Documentos/Cadeia\\_Produtiva\\_de\\_Frutas\\_S%C3%A9rie\\_Agroneg%C3%B3cios\\_MAPA.pdf](http://www.ibraf.org.br/x_files/Documentos/Cadeia_Produtiva_de_Frutas_S%C3%A9rie_Agroneg%C3%B3cios_MAPA.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2011.

CAMARGO, Y. R. *et al.* Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 968-972, 2000.

CAMPOS, R. P.; VALENTE, J. P.; PEREIRA, W. E. Conservação pós-colheita de banana cv. nanicão climatizada e comercializada em Cuiabá – MT e região. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 172-174, 2003.

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

CORDEIRO, Z. J. M. **Cultivo da Banana para o Pólo Petrolina Juazeiro: Cultivares**, versão eletrônica: 2003 (Sistemas de Produção, 10). Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaJuazeiro/cultivares.htm>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

DADZIE, B. K; ORCHARD, J. E. **Evaluación rutinaria postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y metodos**. Guias técnicas INIBAP. Roma: IPGRI, 2 ed., 1997. p. 63 Disponível em: < [http://www.musalit.org/pdf/IN980035\\_es.pdf](http://www.musalit.org/pdf/IN980035_es.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2011.

DONATO, S. L. R. *et al.* Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n.12, p.1608-1615, 2009.

DONATO, S. L. R. *et al.* Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (*Musa* spp.) em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 139-144, 2006.

FILGUEIRAS, H. A. C. *et al.* Características da fruta para exportação. In: FILGUEIRAS, H. A. C. **Manga –pós-colheita**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 14-21. (Frutas do Brasil, 2)

GUEDES, P. de A. **Utilização de biofilme comestível na conservação pós-colheita de manga, cv. Rosa**. 2007. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2007. Disponível em: < <http://www.uesb.br/mestradoagronomia/dissertacoes/UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20BIOFILME%20COMEST%C3%8DVEL%20NA%20CONSERVA%C3%87%C3%83O%20P%C3%93S-COLHEITA.pdf> >. Acesso em: 22 out. 2011.

HOJO, E. T. D. *et al.* Firmeza de mangas Palmer tratadas com 1-Metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1878-1883, 2007.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 1-88, 2012.

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

JIANG, Y. *et al.* Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. **Plant growth regulation**, Países Baixos, v. 43, p.109–115, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1/a47v25n1.pdf> >. Acesso em: 02 nov. 2011.

KLEE, H. J. *et al.* Control of ethylene synthesis by expression of a bacterial enzyme in transgenic tomato plants. **The plant cell**, Missouri, v. 3, p. 1187-1193, 1991. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC160085/pdf/031187.pdf> >. Acesso em: 03 out. 2011.

MARTINS, R. N. *et al.* Armazenamento refrigerado de ‘Prata-anã’ proveniente de cachos com 16, 18 e 20 semanas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1423-1429, 2007.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. **Banana: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 71 p. (Frutas do Brasil, 16).

MEDINA, V. M.; ALVES, E. J. Colheita e Pós-colheita. In: Cordeiro, Z. J. M (Org.). **Banana: produção e aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 121-130. (Frutas do Brasil, 1).

MEDINA, V. M.; PEREIRA, M. E. C. Pós-colheita. In: BORGES, A. L.; Souza, L. S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

MOSCA, J. L.; CAVALCANTE, C. E. B.; DANTAS, T. M. **Características Botânicas das Principais Anonáceas e Aspectos Fisiológicos de Maturação**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 2006. p. 27. (Documentos, 106). Disponível em: <[http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Dc\\_106.pdf](http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Dc_106.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2011.

MOURA, M. L. *et al.* Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate ‘Santa Clara’ e do mutante ‘Firme. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n.1, p. 81-85, 2005.

NOGUEIRA, D. H. **Fisiologia e conservação pós-colheita de bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ tratadas com carbureto de cálcio**. 2005. 132 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal da Paraíba, 2005. Disponível em: <<http://www.cca.ufpb.br/ppga/pdf/mestrado/Djaumas05.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2011.

PAULO, B. K. **Efeitos de concentrações de etileno e temperaturas na climatização de bananas de regiões subtropicais**. 2010. 95 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/30194/000778906.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da Banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

SÁ, C. R. L. *et al.* **Métodos de controle do etileno na qualidade e conservação pós-colheita de frutas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2008. 36 p. (Documentos 111).

SAMPAIO, S. A. *et al.* Postharvest respiratory activity and changes in some chemical constituents during maturation of yellow mombin (*Spondias mombin*) fruit. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 511-515, 2007.

SARMENTO, J. D. A. *et al.* Qualidade pós-colheita de banana submetida ao cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.1, p. 85-93, 2012.

SEBRAE. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**. Banana: estudos de mercado SEBRAE /ESPM, 2008. Disponível em:< [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0D8AE2879FDAB331832574DC004521C1/\\$File/NT0003904E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0D8AE2879FDAB331832574DC004521C1/$File/NT0003904E.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2011.

SILVA, C. S. *et al.* Amadurecimento de banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; CORDEIRO, Z. J. M. Cultivares. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.(Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

SISLER, E. C.; GRICHKO, V. P.; SEREK, M. Interaction of ethylene and other compounds with the ethylene receptor: agonists and antagonists. In.: KHAN, N.A. (Ed.). **Ethylene action in plants**. Berlim: Springer, 2006. 206 p. Disponível em:< [http://bilder.buecher.de/zusatz/20/20817/20817899\\_lese\\_1.pdf](http://bilder.buecher.de/zusatz/20/20817/20817899_lese_1.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2011.

SOUSA, J. P. *et al.* Influência do armazenamento refrigerado em associação com atmosfera modificada por filmes plásticos na qualidade de mangas ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.

SOUZA, M. S. *et al.* Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro ‘Golden’ em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 693-700, 2009.

YAHIA, E. M. Introduction. In: Yahia, E. M. (Ed). **Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities**. Boca Raton: CRC Press, 2009. p. 1-17.

## **CAPÍTULO 1**

### **ATMOSFERA MODIFICADA E CLIMATIZAÇÃO ASSOCIADAS AO USO DO 1-METILCICLOPROPENO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA 'PRATA-ANÃ**

## RESUMO

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **Atmosfera Modificada e Climatização Associadas ao Uso do 1-Metilciclopropeno na Conservação Pós-Colheita de Banana 'Prata-Anã**. 2013. Capítulo 1. p. 19-64 Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG<sup>1</sup>

A produção de banana apresenta relevante importância social e econômica, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas para aumentar sua vida útil sem interferir na qualidade da fruta. O objetivo do trabalho foi avaliar a conservação pós-colheita de banana 'Prata-anã' sob efeito da atmosfera modificada e climatização associada ao uso de 1-metilciclopropeno durante o armazenamento. Os frutos foram colhidos no estágio 2 de maturação e levados ao laboratório de Fisiologia pós-colheita-Unimontes/MG onde foram divididos em buquês de três frutos, selecionados, lavados e sanitizados. Posteriormente submetidos aos seguintes tratamentos: T1 (testemunha); T2 (aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$  e embalagem macroperfurada); T3 (aplicação de 1-MCP na dose  $90 \text{ nLL}^{-1}$  e embalagem de polietileno); T4 (aplicação de etileno exógeno e embalagem macroperfurada); T5 (aplicação de etileno exógeno e embalagem de polietileno); T6 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem macroperfurada, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$ ) e T7 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem de polietileno, quando se encontravam 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$ ). As bananas foram armazenadas em câmara fria sob temperatura de  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  e 90 % de UR, sendo avaliadas a cada dois dias por um período de 11 dias. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 7x6 (sete tratamentos e sete intervalos de avaliação). As variáveis analisadas foram: coloração da casca; perda de massa fresca, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, amido e açúcares. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo a diferença entre as variáveis estudada por meio de

---

<sup>1</sup> **Comitê de orientação:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Polete Mizobutsi - UNIMONTES (Orientadora); Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi- UNIMONTES (Coorientador); Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES (Conselheiro); Pesq<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ariane Castricini- EPAMIG (Conselheira).



análises de regressão e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Verificou-se que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos mantendo suas características físicas e químicas. A associação do produto à embalagem de polietileno permitiu um atraso no início das mudanças decorrentes do amadurecimento destacando-se entre os tratamentos com valores de sólidos solúveis de 7,03 °Brix, perda de massa fresca de 1,55 %, ângulo hue de 86,64°, amido de 20,53 % e açúcares totais de 19,82 % no décimo primeiro dia de armazenamento. A utilização do 1-MCP em bananas parcialmente maduras sob efeito do etileno exógeno não apresentou resultados satisfatórios para o controle do amadurecimento, sendo verificado apenas o efeito da embalagem. A associação da atmosfera modificada ao 1-metilciclopropeno é eficiente na conservação pós-colheita de bananas ‘Prata-anã’, pois não afeta a qualidade dos mesmos.

**Palavras-chave:** inibidor de etileno, *Musa spp*, vida de prateleira.

## ABSTRACT

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **Modified atmosphere and climatization associated with the use of 1-methylcyclopropene on the postharvest conservation of 'Prata-Anã' Banana.** 2013. Chapter 1. p. 19-64 Dissertation (Master in Plant Production in the Semiarid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.<sup>1</sup>

Banana production has significant social and economic importance, being necessary to develop research to increase your life without reduce the fruit quality. This work aimed to evaluate the postharvest conservation of 'Prata-anã' banana under the effect of modified atmosphere and climatization associated with the use of 1-methylcyclopropene during storage. The fruits were harvested at stage 2 of maturity and taken to the laboratory of Post-harvest Physiology - Unimontes/MG where bouquets were divided into three fruits, selected, washed and sanitized. Subsequently submitted to the following treatments: T1 (control), T2 (application of 1-MCP 90 nLL<sup>-1</sup> and macro-holed packaging), T3 (application of 1-MCP 90 nLL<sup>-1</sup> and polyethylene packaging), T4 (application of exogenous ethylene and macro-holed packing), T5 (application of exogenous ethylene and polyethylene packaging), T6 (application of exogenous ethylene in fruits stored in macro-holed packing when they were 50 % yellow, application of with 1- MCP 300 nLL<sup>-1</sup>) and T7 (application of exogenous ethylene in fruit stored in polyethylene packing, as they were 50 % yellow, application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup>). The bananas were stored in cold chamber at temperature of 25 ± 1 °C and 90 % RH, they were evaluated every two days for 11 days. The experimental design was completely at random in a 7x6 factorial (seven treatments and seven evaluation intervals). The variables analyzed were: skin color, fresh matter loss, firmness, soluble solids, titratable acidity, pH, starch and sugars. The results were submitted to analysis of variance, the difference between the variables studied by regression analysis and Tukey test (p< 0.05). It was found that 1-MCP delayed fruit ripening, keeping its physical-chemical characteristics. The product associated with polyethylene packaging delayed the beginning of changes resulting from ripening being highlighting between

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Prof. Dr. Gisele Polete Mizobutsi - UNIMONTES (Adviser); Prof. Dr. Edson Hiydu Mizobutsi - UNIMONTES (Co-adviser); Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES; Researcher Dr. Ariane Castricini – EPAMIG.

treatments with values of soluble solids of 7.03 °Brix, fresh matter loss of 1.55 %, hue angle of 86.64°, starch of 20.53 % and total sugars of 19.82 % in the eleventh day of storage. The use of 1-MCP on banana partially ripe under the effect of exogenous ethylene did not provide satisfactory results for controlling ripening, and it is verified only effect of the package. The combination of modified atmosphere and climatization associated with 1-methylcyclopropene is efficient in postharvest conservation of 'Prata-anã' banana, since it does not affect its quality.

**Key words:** ethylene inhibitor, *Musa spp*, shelf life.

## 1 INTRODUÇÃO

A banana apresenta grande importância no mundo, devido a sua composição química e conteúdo em vitaminas e minerais, com isso destaca-se entre as fruteiras tropicais como uma das frutas mais consumidas, apresentando versatilidade em termos de modalidades de uso (processada, frita, cozida, *in natura*) e boas características como sabor, aroma, higiene e facilidade de consumo *in natura* (DONATO *et al.*, 2006).

O Brasil encontra-se entre os principais consumidores e produtores mundiais de banana. De acordo com dados do IBGE (2012), em 2011 a produção do país foi de 7,023 milhões de toneladas em uma área de 483 046 ha de banana, sendo a região nordeste uma das principais produtoras, com produção de 2,8 milhões de toneladas nesse ano. Dentre as variedades comerciais, as variedades Prata, Prata-anã e Pacovan respondem por aproximadamente 60 % da área cultivada com banana no Brasil (SILVA *et al.*, 2004).

A banana é um fruto climátero, que se caracteriza por alta taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita, apresentando uma vida de prateleira relativamente curta, associada a problemas com desuniformidade do amadurecimento dos frutos. Com isso, faz-se necessário o uso de tecnologias que permitam um aumento da vida de prateleira do fruto associado à manutenção de sua qualidade quando maduro. Dentre as tecnologias hoje existentes, o 1-metilciclopropeno, a atmosfera modificada e a refrigeração apresentam resultados interessantes.

O 1-metilciclopropeno (1-MCP) com o objetivo de retardar o amadurecimento tem sido utilizado associado à refrigeração (HOJO *et al.*, 2007). Normalmente, o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas relacionadas ao amadurecimento. O 1-MCP liga-se a esses sítios receptores, bloqueando a ação

do etileno, retardando o processo de amadurecimento, uma vez que novos sítios receptores são sintetizados, permitindo o retorno da sensibilidade ao etileno (PINHEIRO *et al.*, 2007). Vilas Boas e Kader (2005) asseveram que o 1-MCP tem valor comercial potencial por retardar as alterações associadas com perda de qualidade e estender a vida de prateleira de frutas frescas parcialmente maduras.

Nesse processo pode haver a ocorrência de desuniformidade do amadurecimento das bananas. A climatização pode ser utilizada para evitar essa desuniformidade, pois segundo Silva *et al.* (2006), ela é uma técnica que proporciona amadurecimento mais uniforme da banana desencadeando e acelerando o processo de amadurecimento. Aplicação do etileno no processo de climatização acelera a taxa respiratória da banana, provocando rápida maturação, convertendo o amido em açúcares, e degradação da clorofila na casca do fruto. O efeito deste gás é somente constatado na fase pré-climatérica, pois, depois de iniciada a ascensão climatérica, não há ação sobre a fruta (BOTREL *et al.*, 2001).

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a conservação pós-colheita de banana ‘Prata-anã’ sob efeito da atmosfera modificada e climatização associada ao uso de 1-metilciclopropeno durante o armazenamento

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A banana 'Prata-anã' foi colhida em pomar comercial estágio de maturação 2, segundo normas de classificação de cor da CEAGESP (2009), localizado na zona rural de Janaúba, Norte de Minas Gerais, à altitude de 544 m, situado a 15°49'48" de latitude Sul e 43°16'08" de longitude Oeste. Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas próprias para colheita, forradas com papel picado, evitando-se danos físicos a eles. Posteriormente, foram cuidadosamente transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, no Campus da Unimontes, em Janaúba, Minas Gerais, onde foram divididos em buquês de três frutos, selecionados e lavados em água potável corrente. Posteriormente, os buquês foram imersos em solução com Imazalil (Magnate®) 2mL P.C. L<sup>-1</sup> e 2 gotas de Tween L<sup>-1</sup> de água por 5 minutos, e colocados para secar ao ar.

Os buquês de três frutos foram divididos em sete grupos, em que cada grupo constituiu um dos seguintes tratamentos:

T1: frutos acondicionados em embalagem macroperfurada;

T2: frutos submetidos à aplicação da dose de 90 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno, acondicionados em embalagem macroperfurada;

T3: frutos submetidos à aplicação da dose de 90 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno, acondicionados em embalagem de polietileno;

T4: frutos submetidos à aplicação de etileno, acondicionados em embalagem macroperfurada;

T5: frutos submetidos à aplicação de etileno, acondicionados em embalagem de polietileno;

T6: frutos acondicionados em embalagem macroperfurada submetidos à aplicação de etileno, e ao apresentarem 50 % da coloração da casca amarela, expostos à aplicação da dose de 300 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno;

T7: frutos acondicionados em embalagem de polietileno submetidos à aplicação de etileno, e ao apresentarem 50 % da coloração da casca amarela, submetidos à aplicação da dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$  de 1-metilciclopropeno.

A aplicação de 1-metilciclopropeno constou da colocação dos frutos embalados em câmara hermética (caixa plástica de água de 300 L) e exposição ao 1- metilciclopropeno por 6 horas à temperatura ambiente. No que se refere à aplicação de etileno, este foi aplicado em câmara, onde os frutos dentro das respectivas embalagens foram resfriados até a temperatura de  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , quando então expostos à ação desse gás através de um gerador de etileno com solução composta basicamente de 96 % de álcool e 4 % de hidrocarbonetos de cadeia curta por um período de 12 horas. Para os tratamentos T6 e T7, o armazenamento ocorreu 2 dias após os demais tratamentos em decorrência da aplicação do 1-MCP ter sido realizada quando os frutos se encontravam 50 % amarelos.

Todos os frutos foram armazenados em câmara frigorífica na temperatura de  $25 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , com umidade relativa de 90 % e avaliados a cada dois dias por um período de 11 dias a contar do primeiro dia de armazenamento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial  $7 \times 6$  composto por sete tratamentos e seis intervalos de avaliação (1, 3, 5, 7, 9 e 11 dias), com quatro repetições e 3 frutos por unidade experimental. As características avaliadas foram: a) Perda de massa fresca: os frutos de cada tratamento e em cada época de avaliação foram pesados individualmente. A diferença de massa entre as avaliações foi acumulada durante a evolução do experimento e o resultado da perda de matéria fresca em relação à massa inicial do fruto, foi expresso em porcentagem; b) firmeza da polpa (N): determinada por um texturômetro da marca Brookfield modelo CT3 10KG. A firmeza foi medida na região mediana do fruto sem casca, sendo determinada pela força de penetração, medida em Newton (N), necessária para

que a ponteira de 4 mm de diâmetro penetre na polpa do fruto em uma profundidade de 8 mm; c) sólidos solúveis (°Brix): obtido por meio de refratometria medindo-se o suco da polpa da região central de cada fruto; d) acidez titulável (mg de ac. málico 100 mL<sup>-1</sup> de suco): obtida por meio da titulação de 10 mL de suco homogeneizado em 90 mL de água destilada; utilizou-se como titulante solução de NaOH 0,1 N adicionando-se à amostra três gotas de fenolftaleína a 1 % como indicador; e) amido ( %): obtido por espectrofotometria, com leitura a 510 nm, segundo o método descrito por Nelson (1944 ); f) açúcares redutores ( %): obtidos por espectrofotometria com leitura a 510 nm, segundo o método descrito por Nelson (1944 ); g) açúcares totais ( %): obtidos por espectrofotometria com leitura a 620 nm segundo o método descrito por Dische (1962); h) açúcares não redutores ( %): determinados pela diferença dos açúcares totais e açúcares redutores; e i) coloração da casca: obtida por meio de um colorímetro Color Flex 45/0(2200), stdzMode:45/0 com leitura direta de reflectância das coordenadas L\* (luminosidade) a\* (tonalidade vermelha ou verde) e b\* (tonalidade amarela ou azul), do sistema Hunterlab Universal Software. Foi obtida diretamente a luminosidade (L\*) e a partir dos valores de a\* e b\*, calcularam-se o ângulo hue (°h\*) ( A1 e A2) e o cromaticidade (C\*) (B), conforme fórmulas a seguir:

$$^{\circ}h^* = \text{actg}(a^*/b^*)(-1) + 90 \rightarrow \text{para } a^* \text{ negativo (A1)}$$

$$^{\circ}h^* = 90 - (\text{actg}(a^*/b^*)) \rightarrow \text{para } a^* \text{ positivo (A2)}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{B})$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os efeitos dos tratamentos foram estudados pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Para os efeitos dos períodos de armazenamento, realizou-se análise de regressão selecionando-se os modelos estatísticos para representá-los com base na sua significância (teste T), no valor do coeficiente de determinação e no potencial para explicar o comportamento biológico.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

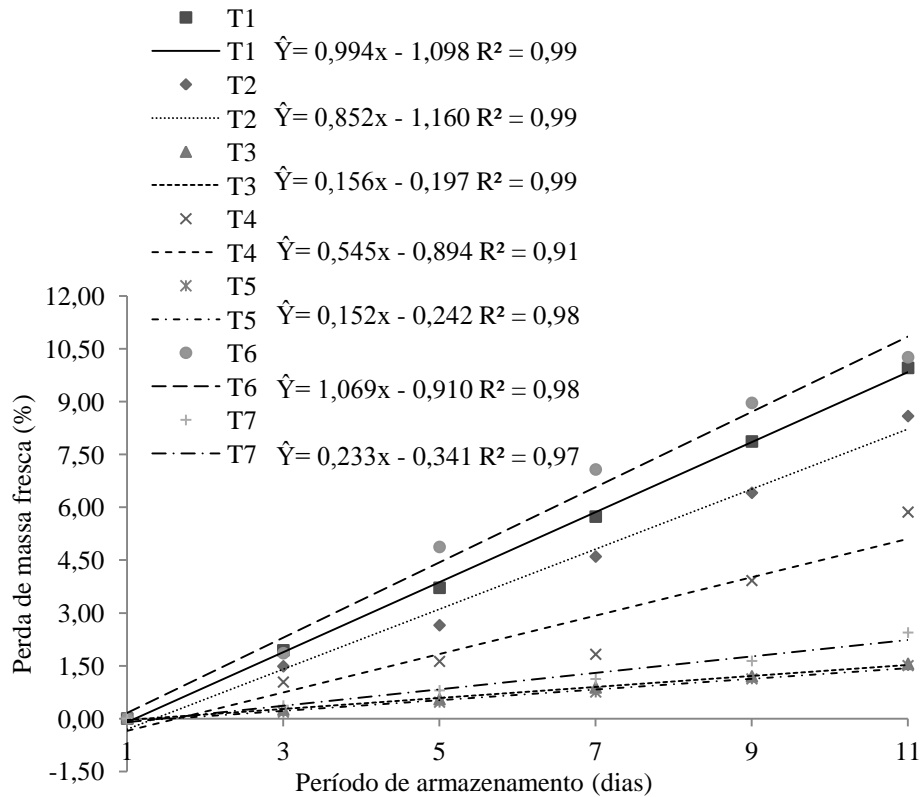
Para todas as variáveis avaliadas, foram verificadas interação entre os tratamentos e os períodos de armazenamento. No entanto, no desdobramento do período de armazenamento dentro dos tratamentos não foram verificados modelos significativos para todos eles conforme a variável analisada.

A perda de massa fresca dos frutos apresentou aumento linear ao longo do armazenamento para todos os tratamentos (FIGURA 1). As maiores perdas de massa fresca verificadas foram para os tratamentos em que os frutos foram armazenados em embalagem macroperfurada (T1, T2, T4 e T6) diferindo significativamente dos demais, evidenciando a ineficiência deste tipo de embalagem no controle da perda de massa fresca. Isso foi devido aos furos presentes na embalagem não permitirem que essa seja capaz de promover modificações na atmosfera ao redor do fruto reduzindo a diferença de umidade relativa entre a atmosfera interna e a atmosfera externa do fruto, o que acarretou uma maior perda de massa fresca devido à transpiração.

Em contrapartida, os frutos em embalagem de polietileno (T3, T5 e T6) apresentaram perdas de massa fresca inferiores a 0,25 % ao dia, indicando maior controle da perda de massa. As embalagens de polietileno promovem uma alteração mais eficiente da atmosfera ao redor do fruto servindo como barreira para trocas gasosas, atuando tanto na redução da transpiração quanto na redução da respiração dos frutos. Entretanto, foi verificado acúmulo de água no interior destas embalagens influenciando negativamente na aparência dos frutos.

No décimo primeiro dia de armazenamento, os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7 apresentaram respectivamente 9,96; 8,59; 1,55; 5,86; 1,50; 10,26 e 2,44 % de perda de massa fresca. Perdas de massa fresca da ordem de 5 % a 10 % são suficientes para reduzir a qualidade da maioria das frutas e hortaliças, diminuindo o valor de comercialização do produto (CHITARRA e

CHITARRA, 2005). Nesse sentido, os tratamentos com embalagem de polietileno T3, T5 e T7 diferiram significativamente dos demais, apresentando respostas superiores com as menores perdas de massa fresca ao longo do tempo.



**FIGURA 1.** Perda de massa fresca (%) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade ( $dms = 3,98E-9$ ).

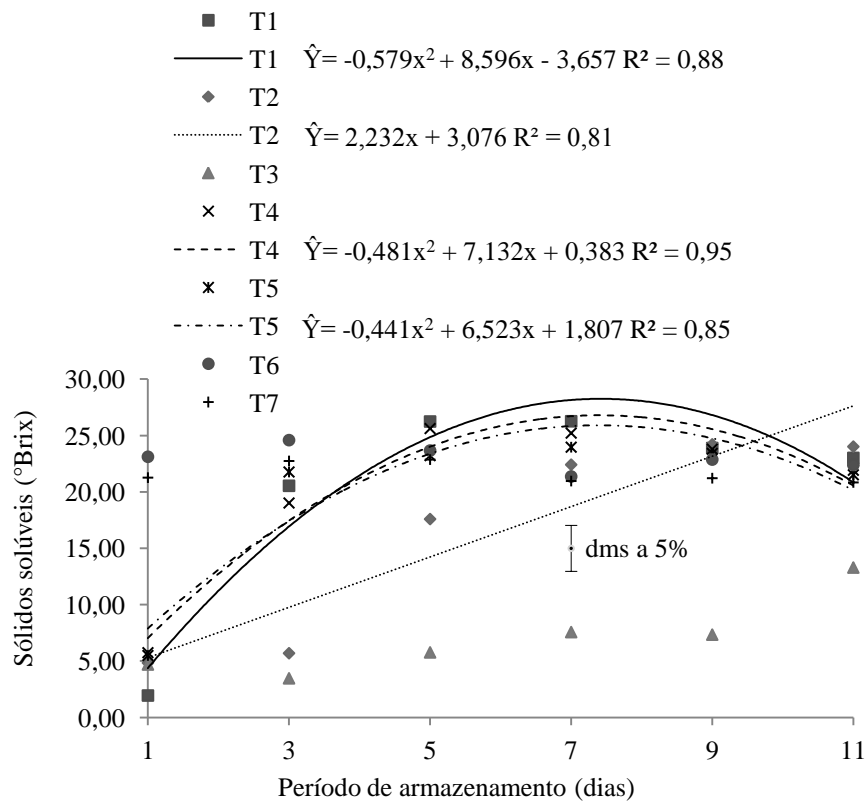
Valores altos de perda de massa fresca também foram observados por Siqueira *et al.* (2010) que registraram, para bananas armazenadas sem embalagem sob temperatura de 25 °C aos 12 dias de armazenamento, perda de massa fresca de 18 %, enquanto que para frutos com embalagens de polietileno de 10 e 16 µm respectivamente as perdas foram de 2 %.

O tratamento T6 apresentou os maiores valores de perda de massa fresca, mostrando que a aplicação do 1-MCP não influenciou na perda de massa fresca dos frutos quando aplicado em frutos 50 % amarelos sob efeito de etileno exógeno. Essa perda de massa fresca elevada também foi observada para o tratamento no qual se aplicou apenas 1-MCP e se utilizou embalagem macroperfurada.

De acordo com Silva *et al.* (2006), a perda de massa fresca é acentuada quanto maior o grau de amadurecimento, chegando a níveis demasiados na senescência, quando a fruta não se apresenta mais apta à comercialização. Isso pode ter ocorrido no caso do tratamento T6, uma vez que os frutos quando foram armazenados se encontravam no estágio 3,5 de maturação, ou seja, 50 % maduros e foram armazenados com uma embalagem que não exerce a função de conter a perda de massa fresca.

Segundo Pinheiro *et al.* (2006), as maiores perdas de massa fresca em frutos tratados com 1-MCP são decorrentes da extensão da vida de prateleira proporcionada pelo atraso no amadurecimento, visto que quanto maior o tempo de vida do fruto maior é a perda de água decorrente da transpiração.

Para a variável sólidos solúveis, verificaram-se modelos significativos apenas para os tratamentos T1, T2, T4 e T5 (FIGURA 2). Constata-se aumento linear no teor de sólidos solúveis ao longo do armazenamento para o tratamento T2 enquanto os demais apresentaram resposta quadrática com aumento no valor de sólidos solúveis até o sétimo dia de armazenamento, seguido de decréscimo, provavelmente devido ao início da senescência.



**FIGURA 2.** Sólidos solúveis (°Brix) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 4,077).

O tratamento T3 diferiu significativamente dos demais com os menores valores de sólidos solúveis durante o armazenamento. A atmosfera modificada proporcionada pela embalagem de polietileno associada ao 1-MCP foi eficiente em retardar o processo de amadurecimento desses frutos. Para o tratamento T2, os valores de sólidos solúveis também foram baixos no início do armazenamento; no entanto, a partir do sétimo dia não diferiram dos demais, com exceção do tratamento T3.

Nos tratamentos T4 e T5, que constaram apenas da aplicação de etileno exógeno com suas respectivas embalagens, macroperfurada e de polietileno, do primeiro ao terceiro dia ocorreu um aumento brusco no teor de sólidos solúveis, resultado da ação do etileno exógeno. Todavia, esses tratamentos com etileno e a testemunha não diferiram a partir do terceiro dia de armazenamento, exceto na época sete para o tratamento T7.

Quanto aos tratamentos T6 e T7, as diferenças mais marcantes observadas foram no primeiro dia de armazenamento quando apresentaram os maiores valores, porque os frutos foram armazenados quando se encontravam 50 % amarelos. Verifica-se que o tipo de embalagem e o 1-MCP não influenciaram no amadurecimento dos frutos, uma vez que não diferiram da testemunha.

O uso do 1-MCP em frutos 50 % amarelos não tem influencia sob a hidrólise de sólidos solúveis em açúcares durante o amadurecimento. No entanto, quando aplicado em frutos no estágio 2 de amadurecimento observa-se resposta positiva do produto com retardo no amadurecimento, sendo mais acentuado quando ele é utilizado associado à embalagem de polietileno.

Os valores baixos de sólidos solúveis para os frutos do tratamento T3 também foram constatados por Lima *et al.* (2005) trabalhando com banana ‘Prata-anã’ na concentração de  $90 \text{ nLL}^{-1}$  de 1-MCP armazenadas em atmosfera modificada passiva e temperatura de  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo observados aos 25 dias de armazenamento teores de sólidos solúveis de  $4 \text{ }^\circ\text{Brix}$ . Jiang *et al.* (2004)

verificaram que para frutos de bananas tratados com 1-MCP na dose de 200 nLL<sup>-1</sup> durante os primeiros 10 dias armazenados à temperatura de 20 °C o teor de sólidos solúveis foi praticamente constante.

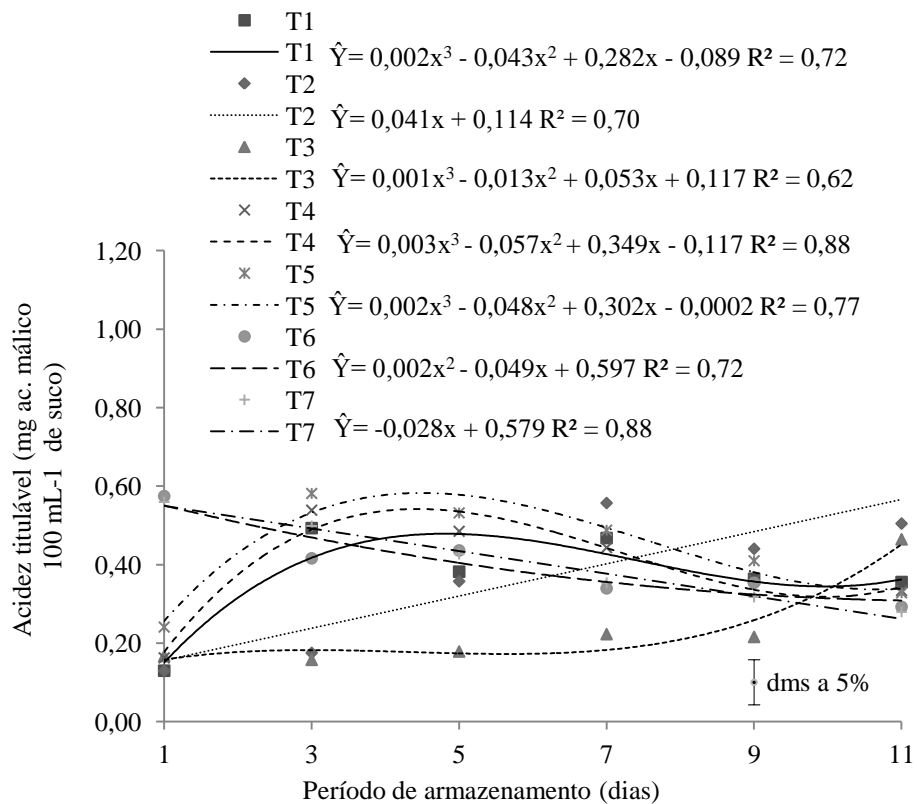
Esses trabalhos evidenciam a eficiência do 1-MCP em retardar o amadurecimento dos frutos e quando associado à atmosfera modificada o controle do amadurecimento é ainda mais eficiente.

Sobre os efeitos do etileno aplicado após a exposição ao 1-MCP (200 nLL<sup>-1</sup>) em bananas, Jiang *et al.* (2004) reportaram não haver diferenças entre o teor de sólidos solúveis para frutos tratados apenas com 1-MCP ou associado ao etileno, foi observado apenas que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos. No presente experimento não foi constatado efeito do 1-MCP no atraso do amadurecimento de frutos 50 % amarelos sob ação do etileno, indicando que após o início do amadurecimento há pouco ou nenhum efeito do produto.

Resultados concordantes aos observados para os tratamentos T4 e T5 foram obtidos por Silva *et al.* (2004) estudando diferentes dias após a colheita para climatização de bananas 'Prata-anã'. Os autores verificaram aumento no teor de sólidos solúveis durante o amadurecimento dos frutos. Os sólidos solúveis durante o amadurecimento aumentam devido à hidrólise da protopectina em pectina solúvel e da hidrólise do amido em glicose e frutose (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para a acidez titulável, verificou-se que os tratamentos T2 e T7 apresentaram respostas lineares ao longo do tempo (FIGURA 3). O tratamento T2 (1-MCP e embalagem macroperfurada) revelou um aumento linear na acidez titulável, o que também ocorreu nos tratamentos T1, T4 e T5. Contudo, a partir do quinto dia de armazenamento ocorreu decréscimo nos valores de acidez. Nos tratamentos T6 e T7 ocorreu redução nos valores de acidez titulável ao longo do período de armazenamentos. Para o tratamento T3, os valores se mantiveram bem próximos entre 0,16 a 0,21 mg de ácido málico 100 mL<sup>-1</sup> suco até o nono

dia de armazenamento, quando ocorreu um aumento acentuado no valor de acidez. Verifica-se que nos tratamentos T6 e T7 nos quais os frutos se encontravam 50 % amarelos no início do armazenamento, os valores de acidez iniciais foram elevados e decresceram ao longo do armazenamento, indicando o consumo dos ácidos orgânicos pelo processo de respiração.



**FIGURA 3.** Acidez titulável (mg de ac. málico 100mL<sup>-1</sup> de suco) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms =0,115).

Os tratamentos T3 e T2 apresentaram inicialmente os menores valores de acidez titulável que foram aumentando ao longo do armazenamento. No primeiro e no terceiro dia não houve diferenças entre eles; no entanto, a partir do quinto dia os valores de acidez titulável do tratamento T2 foram maiores se assemelhando à testemunha, enquanto o tratamento T3 apresentou resultados semelhantes apenas no décimo primeiro dia.

Acidez titulável em bananas caracteriza-se por uma elevação nos valores no início do amadurecimento com posterior decréscimo. Os resultados observados para o tratamento T3 indicam que os valores de acidez mantiveram-se praticamente constantes até próximo ao nono dia de armazenamento quando se iniciou o aumento da acidez titulável, sendo que neste momento os frutos dos demais tratamentos com exceção do T2 já estavam no processo de redução dos valores de acidez.

Os tratamentos apenas com etileno e embalagem (T4 e T5) externaram valores elevados até próximo ao quarto dia, quando iniciaram o decréscimo dos valores. Para os tratamentos T6 e T7 esse decréscimo foi observado em todo o período de armazenamento. Nestes tratamentos os frutos quando foram armazenados se encontravam 50 % amarelos, o que pode explicar o decréscimo na acidez titulável logo no início do armazenamento. Durante o amadurecimento ocorre um incremento inicial da acidez com posterior decréscimo. Provavelmente as bananas nos tratamentos T6 e T7 quando armazenadas já haviam iniciado a fase de decréscimo. Por isso, pode-se inferir que o 1-MCP aplicado durante o amadurecimento não influencia no consumo de ácidos orgânicos.

Segundo Pimentel *et al.* (2010), a acidez dos frutos pode diminuir ou aumentar durante o amadurecimento, dependendo da espécie estudada. Ácidos orgânicos são utilizados na respiração para produção de ATP, resultando na diminuição da acidez dos frutos, como também o próprio processo respiratório



produz ácidos orgânicos que podem acumular-se no fruto, ocasionando um leve aumento da acidez dos mesmos. Isso pode explicar o comportamento dos diferentes tratamentos para a acidez titulável durante o armazenamento.

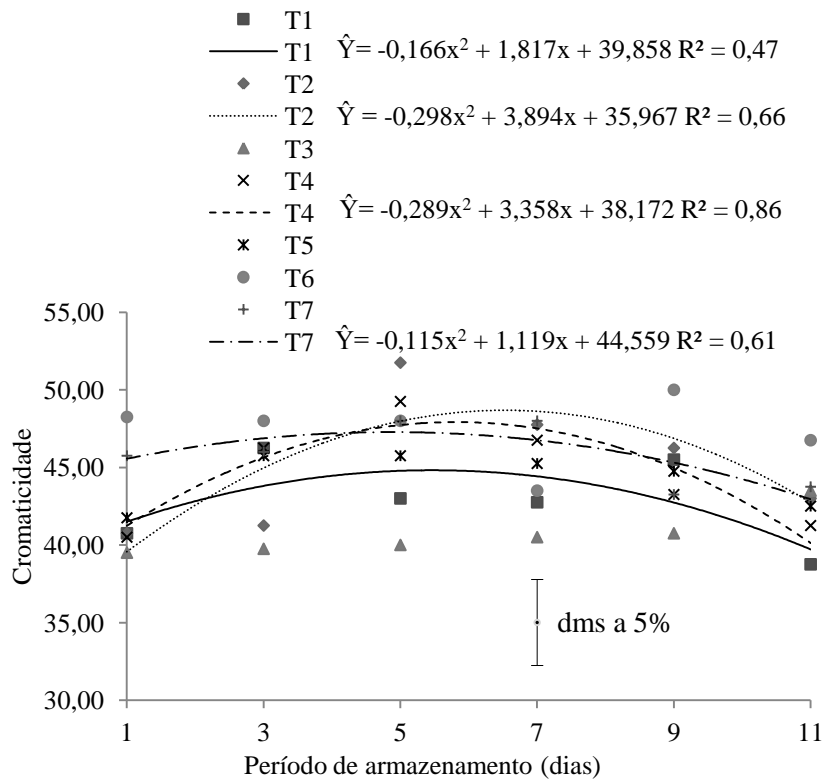
Zewter *et al.* (2012) verificaram resultados concordantes aos obtidos para os tratamentos T2 e T3 em que ocorreu aumento da acidez titulável durante o amadurecimento e queda ao final desta fase para bananas tratadas com 1-MCP e armazenadas em embalagem de polietileno perfurado ou embalagem de polietileno não perfurado.

Jiang *et al.* (2004), em experimento avaliando os efeitos do 1-MCP isolado e do 1-MCP com posterior aplicação de etileno, constataram que a acidez titulável da banana diminuiu gradualmente com o decorrer do armazenamento, sendo significativamente retardada pela ação do 1-MCP. Assim como nos tratamentos T6 e T7, os autores não verificaram para o tratamento com 1-MCP e posterior aplicação de etileno alterações na acidez decorrentes do efeito do 1-MCP.

Os valores de cromaticidade estão apresentados na Figura 4 onde se revelam modelos significativos apenas para os tratamentos T1, T2, T4 e T5. Conforme observado, todos os tratamentos com modelos significativos apresentaram resposta quadrática, sendo que o tratamento T7 apresentou o maior valor no segundo dia de armazenamento, indicando que este completou a mudança de cor da casca mais cedo em comparação aos demais tratamentos.

Os tratamentos T1, T2 e T4 demonstraram os maiores valores de cromaticidade respectivamente, nos dias 8, 7 e 6 de armazenamento. Verifica-se com esses resultados que para a cromaticidade, o 1-MCP não foi eficiente em atuar no controle das mudanças de cor da casca, uma vez que a testemunha apresentou alterações na cor tardiamente quando comparada ao tratamento com 1-MCP (T2). Os tratamentos T4 e T7 obedeceram ao esperado para frutos tratados com etileno, nos quais se comprova que o tempo necessário para que

ocorram alterações na cor da casca desses é menor que para frutos que não foram expostos ao etileno exógeno.



**FIGURA 4.** Cromaticidade de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 5,545).

Para o tratamento T3, foram observados os menores valores de cromaticidade ao longo do tempo, evidenciando atraso na evolução da cor do verde para o amarelo decorrente da associação do 1-MCP com a embalagem de polietileno. Quanto ao tratamento T2, não foram registradas diferenças significativas entre este e os tratamentos apenas com etileno e embalagem e testemunha.

Com relação aos tratamentos T6 e T7, considerando o estágio de amadurecimento diferente dos demais tratamentos, o T6 manteve-se durante todo o armazenamento com os maiores valores de cromaticidade da casca, exceto na época 7, indicando que os frutos encontravam em um estágio mais avançado de amadurecimento, iniciando a senescência a partir da época sete com redução da cromaticidade devido ao escurecimento da casca.

A aplicação de 1-MCP em bananas parcialmente maduras foi estudada por Pelayo *et al.* (2003), que reportaram que o 1-MCP alterou a cor da casca da banana em decorrência do amadurecimento sem afetar a qualidade do fruto. Segundo Silva *et al.* (2006), para a banana, durante o amadurecimento, a degradação da clorofila (cor verde) é intensa, evidenciando a pré-existência dos pigmentos carotenoides (cor amarela à laranja) enquanto que a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos.

O atraso na mudança na coloração registrado nos tratamentos T2 e T3 também foram relatados por Lima *et al.* (2005) que analisaram a associação da atmosfera modificada, 1-MCP e refrigeração sob o efeito do amadurecimento de bananas 'Prata-anã', verificando que a coloração da casca se manteve no grau 3 (mais verde do que amarelo) até os 15 dias de armazenamento, passando para o grau 4 (mais amarelo do que verde) dos 20 dias até o final do experimento, o que demonstra que o produto retardou a perda da cor verde da casca em frutos tratados, independente da concentração utilizada.

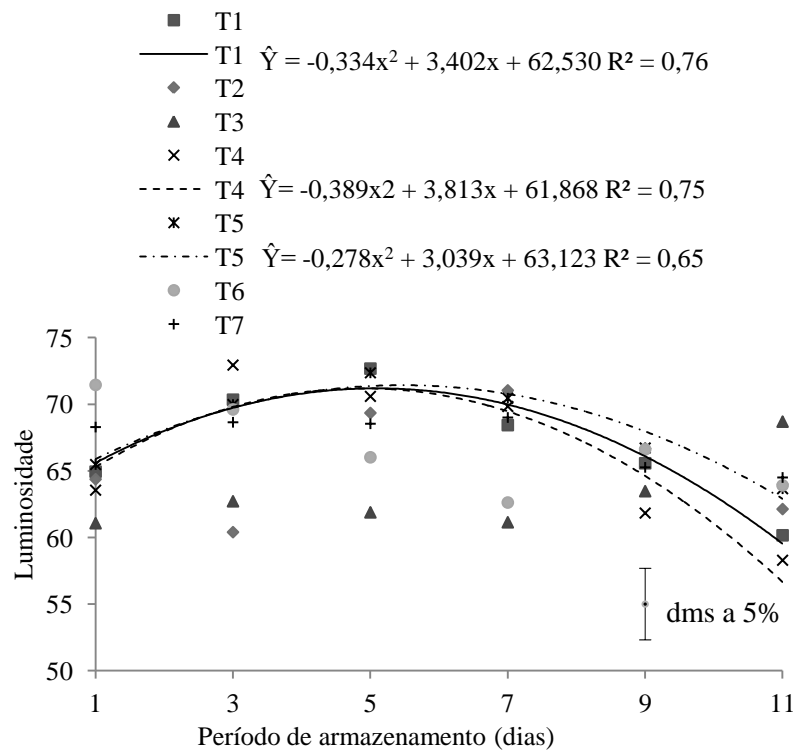
Nesse sentido, pode-se verificar que o uso do 1-MCP associado ou não a determinado tipo de embalagem tem influência direta nas mudanças na coloração da casca de bananas ‘Prata-anã’.

Verificaram-se modelos significativos para luminosidade da casca apenas para os tratamentos T1, T4 e T5, todos com resposta quadrática ao longo do período de armazenamento. Esses tratamentos apresentaram valores crescentes de luminosidade até o quinto dia de armazenamento e a partir de então ocorreu decréscimo nos valores (FIGURA 5). Observa-se que no período inicial os resultados para os diferentes tratamentos não diferiram entre si; entretanto, o tratamento T5, no décimo primeiro dia, apresentou valores de luminosidade mais elevados que os tratamentos T1 e T4. No tratamento T5 os frutos foram submetidos à aplicação de etileno e estavam acondicionados em embalagem de polietileno, o que pode ter atrasado a evolução na cor comparado ao tratamento T4 (frutos acondicionados em embalagem macroporosa e expostos ao etileno).

Os tratamentos T2 e T3 permaneceram por maior período com os menores valores de luminosidade diferindo significativamente dos demais. O tratamento T2 apresentou resultados inferiores até o quinto dia de armazenamento, quando se iniciou um incremento mais acentuado em seus valores não diferindo da testemunha. Para o tratamento T3, os valores baixos de luminosidade permaneceram por um período maior até o sétimo dia de armazenamento. Em bananas ocorre durante o amadurecimento aumento nos valores de luminosidade devido às mudanças na cor da casca do verde (valores mais baixos) para o amarelo. Os valores mais baixos verificados nos tratamentos T2 e T3 podem se explicados pela influência do 1-MCP no amadurecimento dos frutos.

Os tratamentos T6 e T7 diferiram entre si apenas no sétimo dia de armazenamento. Verifica-se que os valores de luminosidade para esses

tratamentos foram elevados desde o início do armazenamento. Esse resultado já era esperado por estes tratamentos terem sido armazenados em um estágio mais avançado de amadurecimento em comparação aos demais. Constataram-se valores baixos ao final do armazenamento, provavelmente devido ao escurecimento dos frutos, resultado da senescência.



**FIGURA 5.** Luminosidade de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 5,375).

Os efeitos do 1-MCP verificados para os tratamentos T2 e T3 de atraso em mudanças na coloração também foram reportados por Lima *et al.* (2005) que observaram para bananas ‘Prata-anã’ tratadas com 1-MCP (30, 60 e 90 nLL<sup>-1</sup>) e armazenadas em bandejas de isopor e embaladas em filme de PVC de 15 micras a 12 °C, que a coloração da casca se manteve no grau 3 (mais verde do que amarelo) até os 15 dias de armazenamento, passando para o grau 4 (mais amarelo do que verde) a partir dos 20 dias até o final do experimento, comprovando a eficiência do produto associado à embalagem em retardar o amadurecimento dos frutos.

Prill *et al.* (2012) constataram para bananas climatizadas com etrel, sendo armazenadas em embalagem de polietileno e temperatura de 22 °C, adequada manutenção dos atributos de qualidade, tal como a própria coloração entre o segundo e o terceiro dia de armazenamento. No presente trabalho, a total mudança de cor associada com preservação dos atributos de qualidade ocorreu no quinto dia de armazenamento para aqueles frutos tratados com apenas etileno nas embalagens macroperfurada e de polietileno.

Durante o amadurecimento, as bananas sofrem uma mudança na coloração do verde (cor com menos luminosidade) para o amarelo (cor com maior luminosidade), ao iniciar o processo de senescência, os frutos tendem a sofrer escurecimento da casca. O decréscimo da luminosidade a partir do quinto dia de armazenamento indica o início deste escurecimento, embora o tratamento T5, por apresentar maiores valores, demonstre que o processo de escurecimento foi menos acelerado. Segundo Vilas Boas e Kader (2005), na ocorrência de escurecimento, os valores de luminosidade tendem a diminuir.

Para o ângulo hue ocorreu redução nos valores para todos os tratamentos a longo do armazenamento, exceto para o tratamento 3em que esses valores aumentaram até o quarto dia de armazenamento, decrescendo posteriormente. Este comportamento pode ter ocorrido devido a uma possível desuniformidade

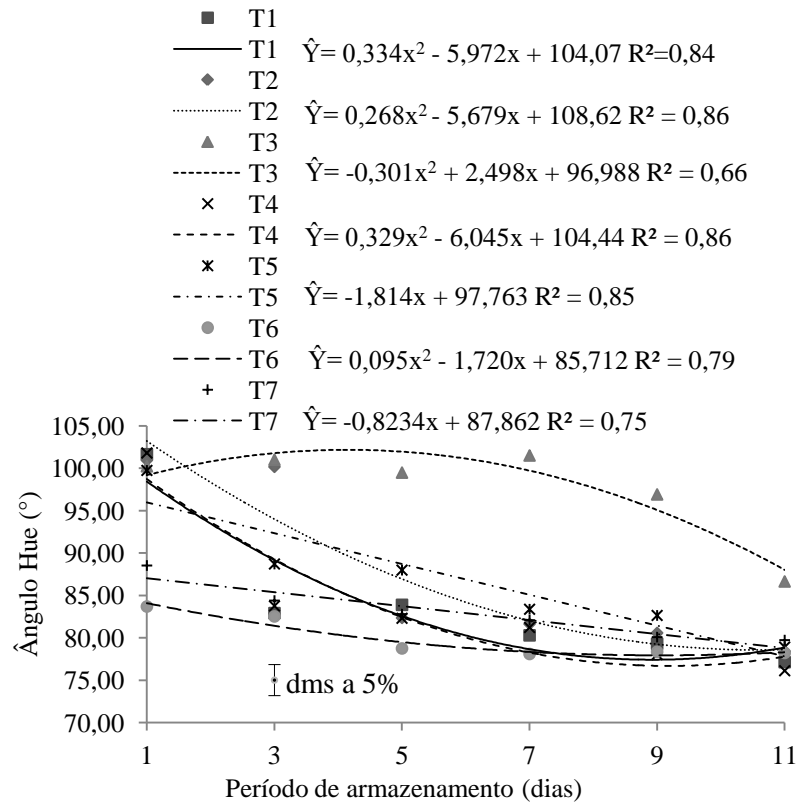
no amadurecimento dos frutos provocada pelo 1-MCP. Apesar de variações durante o armazenamento, os demais tratamentos no último dia apresentaram valores semelhantes de ângulo hue.

Avaliando os tratamentos em função dos períodos de armazenamento (FIGURA 6), nota-se que os maiores valores de ângulo hue foram observados para aqueles com aplicação apenas do 1-MCP e a embalagem macroperfurada ou de polietileno (tratamentos T2 e T3). O tratamento T3 apresentou valores de ângulo hue variando de 100,22° no início do armazenamento a 86,63° ao final do mesmo, diferindo dos demais tratamentos com os maiores valores de ângulo hue. No decorrer do amadurecimento, com a mudança da cor da casca do verde para o amarelo, ocorre uma redução nos valores de ângulo hue da casca, sugerindo então que o atraso na redução dos valores de ângulo hue é resultado do efeito do 1-MCP e a atmosfera modificada.

Os tratamentos T1, T4, T5, T6 e T7 apresentaram os menores valores de ângulo hue durante a maior parte do armazenamento. Os frutos dos tratamentos T6 e T7 sofreram aplicação de etileno e 1-MCP sendo armazenados quando se encontravam 50 % amarelos cada um com sua respectiva embalagem macroperfurada ou de polietileno. Para estes tratamentos foram verificadas diferenças apenas no sétimo dia de armazenamento quando o tratamento T7 foi superior. Apesar de terem sido armazenados 2 dias após os demais tratamentos, em um estágio mais avançado de amadurecimento, a partir do terceiro dia de avaliação não houve diferença entre esses e a testemunha, indicando que o 1-MCP promoveu uma redução na velocidade do processo de amadurecimento para esses frutos.

Nos tratamentos T4 e T5 em que se aplicou etileno e os frutos foram armazenados em embalagens macroperfuradas e de polietileno, respectivamente, nota-se que os frutos armazenados em embalagem de polietileno (T5) revelaram valores superiores de ângulo hue diferindo significativamente do tratamento T4.

Estes resultados inferem que a embalagem de polietileno através da atmosfera modificada proporciona um atraso na evolução da cor do verde para o amarelo dos frutos mesmo eles sendo expostos à ação do etileno exógeno.



**FIGURA 6.** Ângulo Hue (°) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 3,664).



A exposição ao 1-MCP atrasa as mudanças na cor das cascas de bananas durante o amadurecimento. A diminuição no ângulo hue representa uma mudança na coloração da casca do verde para amarelo (PELAYO *et al.* (2003). Verifica-se que para todos os tratamentos ocorreu redução no ângulo hue, indicando essa evolução na cor, no entanto para os tratamentos com 1-MCP esta redução foi atrasada.

Pinheiro *et al.* (2005) verificaram que o 1-MCP na dose de 100 nLL<sup>-1</sup> retardou as primeiras mudanças na coloração da casca do verde para o amarelo em bananas ‘Maçã’ armazenadas à temperatura de 20 °C em pelo menos 10 dias. Morais *et al.* (2007), analisando o efeito do 1-MCP associado à atmosfera modificada, observaram a influência do produto no atraso nas mudanças de tonalidade de frutos de Sapoti em temperatura ambiente.

Pelayo *et al.* (2003), trabalhando com aplicação de 1-MCP em bananas em estádios avançados de amadurecimento, verificaram pouca eficiência do 1-MCP em retardar as mudanças decorrentes do amadurecimento. Com isso, conclui-se que a superioridade do tratamento T7 foi devido à embalagem de polietileno que proporcionou uma atmosfera modificada no fruto reduzindo o processo respiratório com consequente atraso na mudança de cor para frutos desse tratamento.

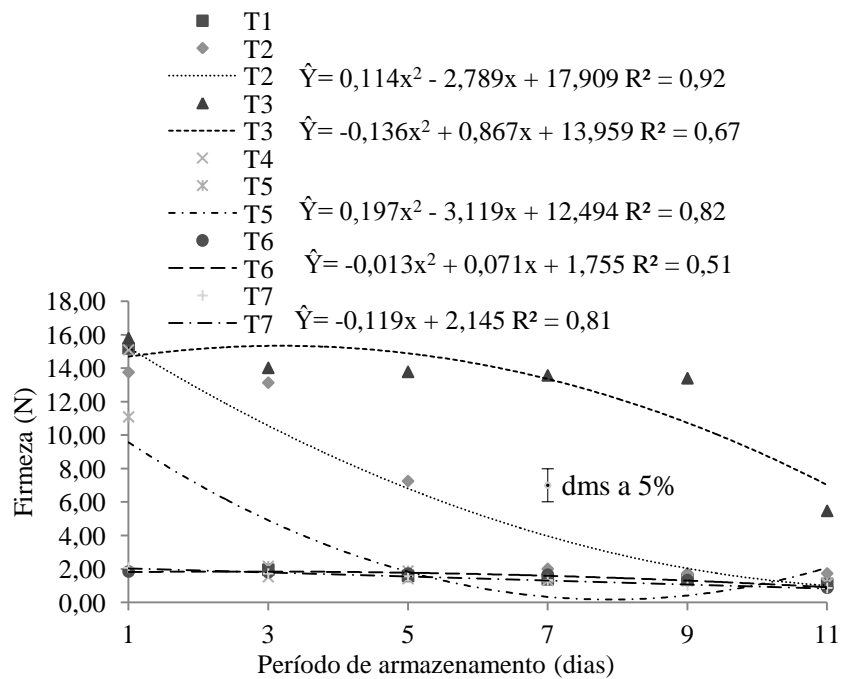
Durante o armazenamento, foi constatado desverdecimento desuniforme para as bananas tratadas apenas com 1-MCP armazenadas em suas respectivas embalagens macroperfuradas e de polietileno. Este desverdecimento desuniforme também foi verificado por Pinheiro *et al.* (2007) em bananas ‘Maçã’ tratadas com 1-MCP; no entanto, com o avanço do amadurecimento, ou seja, quando atingiam coloração amarela com extremidades verdes, essa desuniformidade desaparecia. O amadurecimento desuniforme pode ocorrer devido às diferenças nas taxas de síntese de novos sítios receptores do etileno, em diferentes regiões dos frutos (JIANG *et al.*, 1999).

A firmeza dos frutos para os diferentes tratamentos é apresentada na Figura 7. Não foram verificados modelos significativos para os tratamentos T1 e T4. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram respostas superiores ao longo do armazenamento; entretanto, o tratamento T3 diferiu significativamente com valores mais elevados quando comparado aos demais, indicando um retardo no processo de redução da firmeza, resultante da associação da atmosfera modificada com o 1-MCP. O tratamento T2, a partir do sétimo dia de armazenamento, não diferiu significativamente dos demais tratamentos. O tratamento T5 apresentou uma resposta quadrática, com valor mínimo de 0,15 N de firmeza no oitavo dia de armazenamento. Nas épocas 9 e 11, observou-se aumento nos valores de firmeza para estes tratamentos que pode ter ocorrido em função da perda de água acentuada nessa fase. Consoante Chitarra e Chitarra (2005), a firmeza dos frutos geralmente está associada à integridade da parede celular, da lamela média e com o turgor celular, o qual depende do potencial hídrico. A perda de massa devido à desidratação e à respiração, muito comum durante o armazenamento, diminui a turgidez afetando a firmeza dos frutos.

Para os tratamentos T6 e T7 nos quais os frutos foram expostos ao etileno e quando no estágio 3,5 expostos ao 1-MCP, verificaram-se resultados semelhantes com pouca variação ao longo do armazenamento, visto que esses frutos foram armazenados 50 % amarelos, quando já haviam iniciado o processo de amadurecimento, com redução da firmeza através da hidrólise de carboidratos estruturais da parede celular. Nesse sentido, a embalagem de polietileno e o 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$  para frutos no estágio 3,5 de amadurecimento tratados com etileno não foram eficientes em conter o processo de redução da firmeza durante o amadurecimento.

Constatou-se que os tratamentos T1, T4, T5, T6 e T7 não diferiram entre si a partir do quinto dia de armazenamento, provavelmente neste momento os frutos de todos os tratamentos já se encontravam totalmente maduros.

Considerando o fato de os tratamentos T6 e T7 terem sido armazenados 50 % maduros e não terem diferido dos demais tratamentos exceto T2 e T3, sugere-se que o 1-MCP aplicado nos frutos no estágio 3,5 influenciou na firmeza, mantendo os frutos com firmeza semelhante à de frutos armazenados no estágio 2 de maturação.



**FIGURA 7.** Firmeza (N) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade (dms =1,973).

A firmeza está diretamente associada não só com a composição e a estrutura das paredes celulares, como também com a manutenção de sua integridade. As enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras, durante o amadurecimento dos frutos, atacam os carboidratos estruturais da parede celular e são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza dos tecidos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Pinheiro *et al.* (2006) verificaram valores de firmeza maiores durante o armazenamento para bananas tratadas com 1-MCP, porém quando os frutos chegaram ao grau 7 de maturação apresentaram resultados semelhantes à testemunha. Resposta similar à observada no presente experimento para o tratamento T2 que, a partir sétimo dia de armazenamento, não diferiu da testemunha, provavelmente em decorrência do completo amadurecimento.

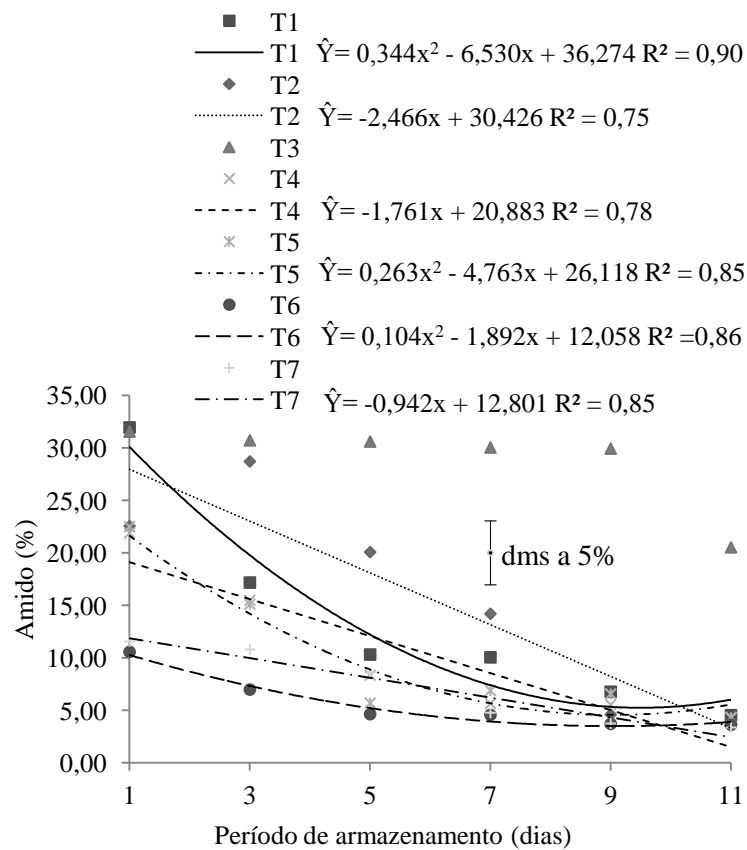
Zewter *et al.* (2012) relataram que bananas tratadas com 1-MCP e mantidas em embalagem de polietileno perfurado permaneceram mais firmes durante o amadurecimento. Segundo os autores, foi verificado melhor desempenho para as embalagens de polietileno perfuradas em comparação as não perfuradas. Estes resultados diferem dos registrados no presente trabalho no qual a embalagem de polietileno apresentou resultados superiores aos da embalagem macrop perfurada.

Jiang *et al.* (2004), em estudo com bananas tratadas com 1-MCP sozinho ou associado ao etileno exógeno verificaram efeito do 1-MCP sobre a redução da firmeza dos frutos, no entanto não foram verificadas diferenças entre os dois tratamentos. É necessário salientar que no caso do presente trabalho inicialmente aplicou-se o etileno e quando os frutos encontravam-se 50 % amarelos foram expostos ao 1-MCP, T6 e T7, com isso o 1-MCP não exerceu influência sobre a perda da firmeza, provavelmente nesse momento o etileno como hormônio do amadurecimento já havia dado o sinal para início do processo.

Pelayo *et al.* (2003) verificaram redução da respiração, atraso na firmeza e mudança de cor de bananas, em estágio mais avançado de amadurecimento, tratadas com 1-MCP.

Os teores de amido se reduziram ao longo do armazenamento em todos os tratamentos (FIGURA 8); todavia, para os tratamentos T2 e T3 essa redução foi menor, diferindo significativamente dos demais tratamentos, indicando um amadurecimento retardado com relação aos demais. Contudo, a partir do nono dia de armazenamento, com exceção do tratamento T3, os resultados dos diferentes tratamentos foram semelhantes.

Constatou-se que os tratamentos T1, T4, T5, T6 e T7 apenas apresentaram diferenças entre si até o terceiro dia de armazenamento, sendo que os tratamentos T6 e T7 revelaram no início do armazenamento os menores valores de amido (%), fato ocorrido em função de esses frutos terem sido armazenados em estágio mais avançado de maturação. Nota-se que as embalagens não tiveram influência sobre os teores de amido, uma vez que para esses tratamentos os frutos acondicionados em embalagem macroperfurada ou de polietileno não diferiram entre si quanto ao teor de amido.



**FIGURA 8.** Amido (%) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 12,859).

Neste trabalho registrou-se efeito significativo do 1-MCP no amadurecimento dos frutos, influenciando em diversos processos tais como a conversão de amido em açúcares. Jiang *et al.* (2004) verificaram que o 1-MCP retardou a queda do teor de amido em bananas durante o amadurecimento. Blankenship e Dole (2003) relatam que apenas alguns trabalhos revelam efeitos do 1-MCP na conversão do amido em açúcares e os resultados podem variar entre espécies, cultivares, condições de crescimento e estágio de maturação.

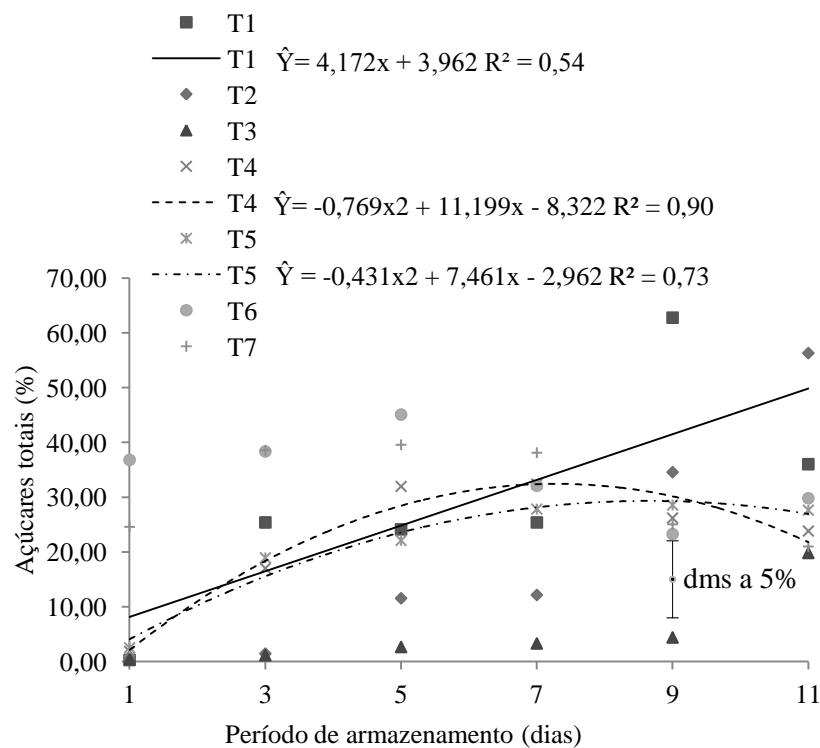
Silva *et al.* (2006) reportam tendência de redução nos teores de amido ao longo do amadurecimento, revelando que em bananas-prata verdes o teor de amido é próximo de 18 % e quando maduras entre 3,58 a 4,61 %.

Nogueira *et al.* (2007) constataram que os teores de amido em bananas verdes tratadas com carbureto de cálcio diminuíram durante o amadurecimento sob refrigeração, pelo consumo de carboidratos no processo respiratório, com aumento nos teores de sólidos solúveis. Esses resultados também foram verificados neste experimento para os tratamentos com etileno os quais não diferiram da testemunha.

Segundo Almeida *et al.* (2006), a exposição ao 1-MCP influencia o controle do acúmulo de açúcares e da inversão da sacarose. Fato revelado neste trabalho em que o tratamento apenas com 1-MCP, sem efeito do etileno exógeno, destacou-se dos demais, indicando atraso no acúmulo de açúcares e inversão da sacarose.

Na Figura 9 é apresentado o comportamento dos açúcares totais ao longo do tempo, os únicos tratamentos em que se encontraram modelos significativos foram T1, T4 e T5. Observa-se que durante o armazenamento os tratamentos T1 e T5 apresentaram comportamento crescente quanto aos açúcares totais. Para o tratamento T4, o acréscimo nos valores de açúcares totais ocorreu até o sétimo dia de armazenamento, quando se iniciou o declínio destes valores, indicando um estágio avançado de amadurecimento. O tratamento T1

(testemunha) apresentou os maiores teores de açúcares totais durante o amadurecimento com aumento de 4,17 % para cada dia decorrido do amadurecimento, indicando que para os frutos da testemunha a conversão de amido em açúcares foi mais acelerada em comparação aos demais tratamentos



**FIGURA 9.** Açúcares totais (%) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms =14,062).



Quanto ao comportamento dos tratamentos em função do armazenamento para os açúcares totais, é possível identificar que o tratamento T3 apresentou teores de açúcares totais inferiores aos demais tratamentos nas diversas épocas de avaliação. Isso também é observado para o tratamento T2, no entanto observa-se que a partir do nono dia ocorreu um acréscimo acentuado nos valores, chegando ao décimo primeiro dia com teor de açúcares superior aos demais tratamentos. Verifica-se que o 1-MCP influencia significativamente no processo de amadurecimento das bananas e, quando esse é associado à atmosfera modificada, tal influência é ainda maior retardando o processo de amadurecimento dos frutos ainda mais.

Os tratamentos em que ocorreu a aplicação de etileno, independente da associação com embalagem e 1-MCP, apresentaram redução nos valores de açúcares totais ao final do armazenamento indicando um início do processo de senescência dos frutos. Os tratamentos T6 e T7 apresentaram os maiores valores de açúcares totais até sétimo dia de armazenamento quando ocorreu uma redução nos mesmos. Os resultados subsequentes não diferiram dos demais tratamentos. Entre os tratamentos T4 e T5 e a testemunha não foram verificadas diferenças significativas, exceto no sétimo dia quando os valores desses foram maiores. Não houve influência do tipo de embalagem no processo de conversão de amido em açúcares para esses tratamentos.

Os açúcares totais apresentam comportamento contrário ao amido durante o armazenamento. Com isso, verificou-se durante o processo de amadurecimento dos frutos a elevação nos valores de açúcares totais. Segundo Braz *et al.* (2008), no amadurecimento ocorre a redução do conteúdo de amido concomitantemente ao aumento nos teores de açúcares totais, açúcares não redutores e sólidos solúveis totais, demonstrando crescente conversão de amido em açúcares simples.

Para o tratamento T3, verificaram-se valores inferiores de açúcares totais ao longo do armazenamento, indicando influência do 1-MCP e da atmosfera modificada no retardo do amadurecimento. *Zewter et al. (2012)*, em estudo com bananas tratadas com 1-MCP mantidas em embalagem de polietileno não perfurada, constataram um aumento nos açúcares totais seguido de declínio. Para os autores, o incremento observado no valor total de açúcares pode consequência da conversão de amido em açúcar, visto que com o avanço do amadurecimento ocorre um declínio depois de atingir certo pico quando as frutas entram na fase de senescência.

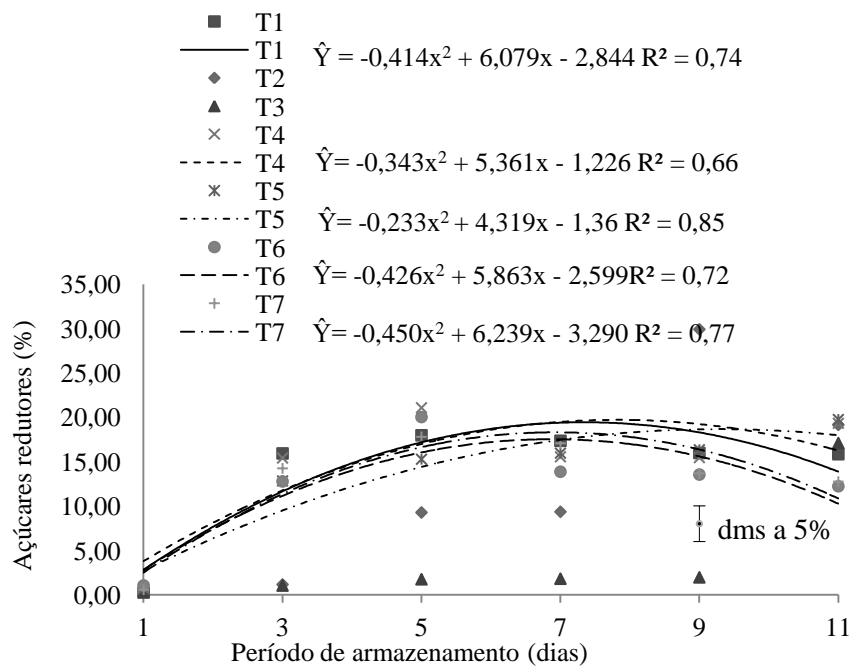
Para os tratamentos com associação de etileno e 1-MCP, *Jiang et al. (2004)* relatam incremento nos teores de açúcares totais durante o amadurecimentos de bananas tratadas apenas com 1-MCP ou associado à aplicação de etileno exógeno após a aplicação de 1-MCP.

Na Figura 10 é apresentado o comportamento dos tratamentos ao longo do armazenamento com relação aos açúcares redutores. Os tratamentos T2 e T, nos quais se associou o 1-MCP a suas respectivas embalagens macroperfurada e de polietileno, não apresentaram modelos significativos. Observa-se que os valores de açúcares redutores apresentaram resposta crescente ao longo do tempo para todos os tratamentos, com posterior decréscimo entre o sétimo e o oitavo dia de armazenamento, exceto o tratamento T5 (frutos acondicionados em embalagem de polietileno e ação do etileno) que apresentou o decréscimo a partir do nono dia de armazenamento, demonstrando um processo de respiração e liberação dos açúcares mais rápidos.

Os açúcares redutores assim como os açúcares totais durante o amadurecimento apresentaram elevação nos seus teores em função da quebra das moléculas de amido no processo de respiração dos frutos. Constatou-se que o tratamento T3 revelou os menores valores de açúcares redutores nos diferentes dias de avaliações dos frutos. Este resultado também foi verificado para o

tratamento T2 do terceiro ao sétimo dia de armazenamento, porém, no nono dia, verificou-se o maior valor de açúcares redutores em comparação aos demais tratamentos, seguido de decréscimo no décimo primeiro dia indicando início da senescência dos frutos.

Os demais tratamentos diferiram apenas nos quinto e décimo primeiro dias de armazenamento. Novamente observa-se que o 1-MCP associado ou não à embalagem proporciona resultados satisfatórios no controle do amadurecimento quando aplicado no estágio dois de maturação. Por outro lado, a aplicação do 1-MCP quando os frutos se encontram 50 % maduros sob efeito do etileno não apresenta resultados satisfatórios pouco se diferenciando da testemunha.



**FIGURA 10.** Açúcares redutores (%) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 14,014).

Durante o amadurecimento de bananas, devido a diversos processos envolvidos no amadurecimento, ocorre conversão de amido em açúcares com consequente redução nos teores de amido e aumento nos teores de açúcares. De acordo com Viviane e Leal (2007), a conversão do amido em açúcares simples é uma das mudanças mais notáveis no amadurecimento da banana.

Novamente observou-se que os tratamentos com exposição ao 1-MCP no estágio dois de amadurecimento apresentaram retardo no amadurecimento dos frutos com consequente atraso na conversão de amido em açúcares.

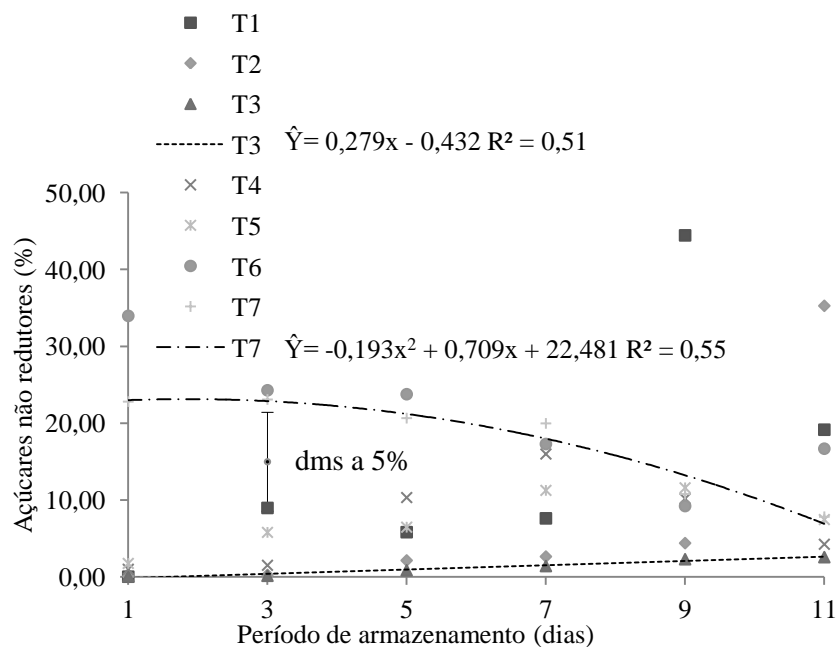
Zewter *et al.* (2012) verificaram, para bananas tratadas com 1-MCP e armazenadas em embalagens de polietileno perfuradas e não perfuradas, comportamento semelhante ao encontrado neste trabalho, apresentando valores baixos de açúcares redutores durante o armazenamento.

Bomfim *et al.* (2011) sugerem que a ação do 1-MCP pode diminuir a atividade de enzimas hidrolíticas do amido, diminuindo, dessa forma, a concentração de açúcares, o que também pode ter ocorrido neste trabalho para frutos tratados com 1-MCP, uma vez que se verificou para esses atraso na conversão de amido e baixo teores de açúcares ao longo do armazenamento.

Para os tratamentos com etileno, observou-se incremento nos valores de açúcares redutores nas avaliações iniciais seguido de decréscimo. Esse incremento também foi verificado por Nogueira *et al.* (2007) trabalhando com etileno exógeno em bananas ‘Pacovan’ e ‘Nanica’. O aumento nos açúcares redutores pode ter ocorrido em consequência da interconversão de moléculas insolúveis, como os açúcares não redutores, em açúcares despolimerizados e posteriormente solúveis.

Na Figura 11 é demonstrado o comportamento dos tratamentos ao longo do armazenamento para os açúcares não redutores, sendo verificados modelos

significativos apenas para os tratamentos T3 e T7. O tratamento T3 apresentou um comportamento linear durante o armazenamento com acréscimo de 0,28 % de açúcares não redutores para cada dia de armazenamento. Para o tratamento T7 a resposta foi quadrática, registrando-se os maiores valores de açúcares não redutores próximos ao segundo dia de armazenamento, a partir de quando ocorreu redução nos valores. O comportamento observado para esses tratamentos pode ser explicado por que no tratamento T3 os frutos se encontravam no estágio 2 de amadurecimento e sob a ação do 1-MCP e embalagem de polietileno, enquanto que no tratamento T7 os frutos estavam no estágio 3,5 (50 % amarelos) de amadurecimento e além disso foram submetidos à exposição de etileno o que levou ao amadurecimento mais acelerado apesar de terem sido armazenados também em embalagem de polietileno e sofrido a ação do 1-MCP.



**FIGURA 11.** Açúcares não redutores ( %) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 11 dias sob temperatura de  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms =12,859).

Para o comportamento dos tratamentos em função dos períodos de armazenamento, verifica-se que até o quinto dia de armazenamento os tratamentos T6 e T7 diferiram dos demais, apresentando os maiores valores de açúcares não redutores. Esse resultado que pode ter sido influenciado por estes tratamentos terem iniciado o armazenamento quando os frutos se encontravam 50 % amarelos sob o efeito do etileno.

Os demais tratamentos não diferiram entre si nesse período e no nono dia de armazenamento. No sétimo dia de avaliação constataram-se valores baixos de açúcares solúveis para os tratamentos T2 e T3, resultado também encontrado no décimo primeiro dia de armazenamento, revelando valores

semelhantes aos tratamentos com etileno. Nota-se que para os tratamentos com etileno ocorreu diminuição dos açúcares não redutores ao final do armazenamento, provavelmente devido à senescência dos frutos.

A resposta obtida para o tratamento T7 indica que em frutos 50 % amarelos o 1-MCP e a atmosfera modificada exercem pouca influência no amadurecimento dos frutos. Todavia, o uso associado dessas duas técnicas em frutos no estágio 2 de maturação permite um controle eficaz desse processo. Segundo Pelayo *et al.* (2003), não existe consistência para o uso do 1-MCP em bananas parcialmente maduras.

Pril *et al.* (2012) verificaram que bananas climatizadas e acondicionadas em embalagem de polietileno e mantidas sob temperatura ambiente mantém qualidade por até três dias. Esse resultado é discordante do encontrado no presente trabalho, uma vez que os frutos expostos ao etileno mantiveram a qualidade por um período de sete dias quando se iniciou a senescência dos frutos.

Para os frutos tratados com 1-MCP no estágio dois de amadurecimento verificou-se no sétimo dia de armazenamento, quando totalmente maduros valores de açúcares não redutores entre 2,66 e 19,99 %. Almeida *et al.* (2006) observaram teores de açúcares não redutores para bananas-maçã expostas à dose de 50 nLL<sup>-1</sup> de 1-MCP por seis horas e armazenadas 30 dias em temperatura de 13 °C e amadurecidas em temperatura ambiente de 13,3 %.

Conforme Pinheiro *et al.* (2007), em bananas-Maçã, o 1-MCP na dose de 50 nLL<sup>-1</sup> retardou o início da ascensão respiratória e diminuiu a taxa respiratória, ao longo do amadurecimento sob temperatura de 25 °C. A diminuição da taxa respiratória e atraso na ascensão respiratória influenciam significativamente na conversão de amido em açúcares nos frutos, o que pode ter ocorrido no presente trabalho.

#### 4 CONCLUSÕES

A atmosfera modificada proporcionada pela embalagem de polietileno, associada ao uso do 1-metilciclopropeno na dose de  $90 \text{ nLL}^{-1}$  aplicado por seis horas em banana 'Prata-anã' no estágio dois de maturação, é eficiente em sua conservação pós-colheita por um período de 11 dias sob temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , sem afetar a qualidade da fruta.

O 1-MCP na dose de  $300 \text{ nLL}^{-1}$ , aplicado quando os frutos se encontram 50 % amarelos sob efeito do etileno exógeno, não é eficiente na conservação pós-colheita de banana 'Prata-anã'.

A embalagem de polietileno é eficiente em retardar o amadurecimento de frutos quando associada ao 1-MCP; no entanto, verifica-se acúmulo de água no interior da embalagem, o que pode influenciar a qualidade dos frutos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. C. *et al.* F.Atraso do amadurecimento de banana ‘Maçã’ pelo 1-MCP, aplicado previamente à refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

BLANKENSHIP, S.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BOMFIM, M. P. *et al.* Conservação pós-colheita de manga ‘Tommy atkins’ com 1-metilciclopropeno. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, Volume Especial, p. 290-297, 2011.

BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITTENCOURT, A. M. **Banana Pós-colheita:** procedimentos pós-colheita. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001. p. 32-39

BRAZ, V. B. *et al.* Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p. 225-232, 2008.

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

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.

DONATO, S. L. R. *et al.* Comportamento de variedades e híbridos de bananeira (Musa spp.) em dois ciclos de produção no sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 139-144, 2006.

HOJO, E. T. D. *et al.* Firmeza de mangas Palmer tratadas com 1-Metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1878-1883, 2007.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p.1-88, 2012.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest biology and technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 187-193, 1999.

JIANG, Y. *et al.* Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. **Plant growth regulation**, Países Baixos, v. 43, p.109–115, 2004.  
Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1/a47v25n1.pdf> >. Acesso em: 02 nov. 2011.

LIMA, L. C. *et al.* Controle do amadurecimento de banana ‘Prata-Anã’ armazenada sob refrigeração e atmosfera modificada Passiva com o uso do 1-metilciclopropeno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 476-480, 2005.

MORAIS, P. L. D. *et al.* Conservação pós-colheita de sapoti submetido a diferentes doses de 1-Metilciclopropeno. **Revista ceres**, Viçosa, v. 54, n. 316, p. 517-525, 2007.

NELSON, N. **A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose**. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NOGUEIRA, D. H. *et al.* Mudanças fisiológicas e químicas em bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ tratadas com carbureto de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 460-464, 2007.

PELAYO, C. *et al.* Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, v.28, n.1, p.75-85, 2003.

PIMENTEL, R. M. A.; GUIMARÃES, F. N.; SANTOS, V. M.; RESENDE, J. C. F. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-anã

cultivados no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p.407-413, 2010.

PINHEIRO, A. C. M. *et al.* Pós-colheita de bananas-maçã submetidas ao 1-mcp e Armazenadas à temperatura ambiente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 323-328, 2006.

PINHEIRO, A. C. M. *et al.* Amadurecimento de bananas ‘Maçã’ submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 001-004, 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da Banana ‘Maçã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PRILL, M. A. S. *et al.* Métodos para a climatização de bananas ‘prata-anã’ produzidas na amazônia setentrional brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 1030-1042, 2012.

PRILL, M. A. S. *et al.* Climatização de bananas ‘Prata-Anã’: métodos e tempos para o desverdecimento após o armazenamento refrigerado. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 5, n. 2, p.134-142, 2011.

SILVA, C. S. *et al.* Amadurecimento de banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.

SILVA, S. O. *et al.* In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.(Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

SIQUEIRA, C. L. *et al.* Características físico-químicas, análise sensorial e conservação de frutos de cultivares de bananeira resistente à sigatoca-negra. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.5, p. 673-678, 2010.

VILAS-BOAS, E. V. B.; KADER, A. A. Effect of atmospheric modification, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, s/n, p.155–162, 2005.

VIVIANI, L.; LEAL, P. M. Qualidade pós-colheita de banana prata anã Armazenada sob diferentes condições. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal , v. 29, n. 3, p. 465-470, 2007.

ZEWTER, A.; WOLDETSADIK, K.; WORKNEH, T. S. Effect of 1-methylcyclopropene, potassium permanganate and packaging on quality of banana. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 7, n. 16, p. 2425-2437, 2012.

## **CAPÍTULO 2**

### **1-METILCICLOPROPENO ASSOCIADO A ATMOSFERA MODIFICADA, ETILENO E REFRIGERAÇÃO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE BANANA PRATA-ANÃ**

## RESUMO

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **1-Metilciclopropeno Associado a Atmosfera Modificada, Etileno e Refrigeração na Conservação Pós-Colheita de Banana Prata-Anã**. 2013. Capítulo 2. p. 65-114 Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG.

O Brasil está entre os maiores produtores de banana do mundo, no entanto apenas uma pequena parte de sua produção é exportada principalmente devido a curta vida de prateleira dos frutos. Com isso faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas para prolongar a vida de prateleira da banana sem interferir na qualidade da fruta. O objetivo do trabalho é avaliar a conservação pós-colheita da banana 'Prata-anã' sob efeito do 1-metilciclopropeno associado à atmosfera modificada, etileno e refrigeração durante o armazenamento. Frutos colhidos no estádio 2 de maturação foram levados ao laboratório de Fisiologia pós-colheita-Unimontes/MG onde foram divididos em buquês de três frutos, selecionados, lavados e sanitizados. Posteriormente submetidos aos seguintes tratamentos: T1 (testemunha); T2 (embalagem macroperfurada e aplicação de 1-MCP na dose  $90\text{nLL}^{-1}$ ); T3 (embalagem de polietileno e aplicação de 1-MCP na dose  $90\text{nLL}^{-1}$ ); T4 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem macroperfurada, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300\text{nLL}^{-1}$ ) e T5 (aplicação de etileno exógeno em frutos acondicionados em embalagem de polietileno, quando 50 % amarelos, aplicação de 1-MCP na dose de  $300\text{nLL}^{-1}$ ). As bananas foram armazenadas em câmara fria durante 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1^\circ\text{C}$  e 90 % de UR, seguido de mais nove dias sob temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e 90 % de UR, sendo avaliados a cada cinco dias durante o armazenamento a  $16 \pm 1^\circ\text{C}$  e a cada dois dias durante o armazenamento a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . Para estudo estatístico, o experimento foi dividido em dois conforme a temperatura de armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial  $5 \times 6$  para a primeira fase do armazenamento e  $5 \times 5$  na segunda fase tendo no primeiro fator os tratamentos e no segundo os períodos de avaliações. As variáveis analisadas foram: coloração da casca; perda de massa fresca, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, amido e açúcares. Os resultados foram submetidos à análise de variância e o estudo das diferenças foi realizado por meio de análises de regressão e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Verificou-se que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos mantendo suas características físico e químicas durante todo o armazenamento a  $16 \pm 1^\circ\text{C}$  e em boa parte do armazenamento a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , diferindo dos demais tratamentos com valores de sólidos solúveis de 21 °Brix, perda de massa fresca de 5,31 %, ângulo hue de

79,36°, teor de amido de 5,56 % e teores de açúcares totais de 18,28 % aos 34 dias de armazenamento. A associação do produto à embalagem de polietileno permitiu um atraso no início das mudanças decorrentes do amadurecimento destacando-se entre os tratamentos com os resultados mais satisfatórios. O 1-MCP aplicado em bananas parcialmente maduras sob efeito do etileno exógeno não apresentou resultados conclusivos para o controle do amadurecimento, sendo verificado apenas o efeito da embalagem. A utilização do 1-MCP associado à embalagem de polietileno e refrigeração é eficiente na conservação pós colheita de banana, sem afetar sua qualidade por um período de 34 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Musa spp*, armazenamento, inibidor de etileno

## ABSTRACT

CORDEIRO, Maria Helena Menezes. **1-methylcyclopropene associated with modified Atmosphere, ethylene, cooling and conservation in Postharvest of 'Prata-anã' Banana.** 2013. Chapter 2. p. 65-114 p. Dissertation (Master in Plant Production in the Semiarid) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG<sup>1</sup>

Brazil is one of the largest banana producers around the world, however only a small part of its production is exported mainly due to the short shelf life of fruits. Thus it is necessary to develop research to prolong the shelf life of banana keeping the fruit quality. The objective of this work was to evaluate the postharvest of 'Prata-Anã' banana under the effect of 1- methylcyclopropene associated with modified atmosphere and ethylene cooling during storage. Fruits harvested at maturity stage 2 were taken to the laboratory of Post-harvest Physiology - Unimontes/MG where bouquets were divided into three fruits, selected, washed and sanitized. Subsequently they were submitted to the following treatments : T1 (control ), T2 (macro-holed packaging and application of 1-MCP 90 nLL<sup>-1</sup>), T3 (polyethylene packaging and application of 1-MCP nLL<sup>-1</sup>), T4 ( application of exogenous ethylene in fruits stored in macro-holed packing when 50 % yellow, application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup>) and T5 (application of exogenous ethylene in fruit packed in polyethylene bags, when 50 % yellow , application of 1-MCP 300 nLL<sup>-1</sup>). The bananas were stored in cold chamber for 26 days at a temperature of  $16 \pm 1$  ° C and 90 % RH , followed by another nine days under a temperature of  $25 \pm 1$  ° C and 90 % RH , and were evaluated every five days during storage at  $16 \pm 1$  ° C and every two days during storage at  $25 \pm 1$  ° C. For statistical analysis, the experiment was divided into two according to the storage temperature. The experimental design was completely at random in a 5x6 factorial for the first phase of the storage and 5x5 one in the second phase with the first factor treatments and second one periods of evaluations. The variables analyzed were: skin color, fresh matter loss, firmness, soluble solids, titratable acidity, pH, starch and sugars. The results were submitted to variance analysis and the study of differences was performed

---

<sup>1</sup>**Guidance Committee:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gisele Polete Mizobutsi - UNIMONTES (Adviser); Prof. Dr. Edson Hydu Mizobutsi - UNIMONTES (Co-adviser); Prof. Dr. Wagner Ferreira da Mota - UNIMONTES; Pesq<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ariane Castricini – EPAMIG.



by means of regression analysis and Tukey test ( $p < 0.05$ ). It was found that 1-MCP delayed fruit ripening and maintaining its physical chemical during storage at  $16 \pm 1$  °C and in much of the storage at  $25 \pm 1$  °C, differing from other treatments with values of soluble solids of 21 °Brix, the fresh matter loss of 5.31 %, hue angle of 79.36°, starch content of 5.56 % and total sugar content of 18.28 % at 34 days of storage. The product associated with packaging polyethylene delayed the beginning of changes arising from the ripening standing out among treatments with the most satisfactory results. The 1-MCP applied on banana partially ripe under the effect of exogenous ethylene did not show conclusive results for ripening control, being verified only effect of the package. The use of 1-MCP associated with a polyethylene packing and cooling is efficient in postharvest preservation of banana, without affecting its quality for 34 days.

**Key words:** *Musa spp*, storage, ethylene inhibitor

## 1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) encontra-se entre os frutos mais consumidos no mundo na forma *in natura*, sendo explorada na maioria dos países de clima tropical. Dentre estes países o Brasil destaca-se como um dos maiores produtores e consumidores do mundo. Em 2011, o país produziu mais de 7 milhões de toneladas (IBGE, 2012), sendo a região Nordeste uma das principais produtoras com produção superior a 2 milhões de toneladas no mesmo ano.

Apesar de o Brasil ser um dos principais produtores, o país apresenta pouca participação no mercado de exportação da fruta. Nos últimos anos, tanto o governo quanto empresas privadas têm intensificado investimentos na cadeia produtiva da banana com intuito de aumentar a participação do país no mercado de exportações da fruta (SEBRAE, 2008).

Os principais entraves encontrados pelos produtores para exportação da banana, em especial a ‘Prata-anã’ é sua vida pós-colheita relativamente curta, o que afeta seu transporte para mercados mais distantes, como o europeu. Segundo Medina e Alves (2000) a banana ‘Prata-anã’ apresenta uma vida pós-colheita relativamente superior com relação às cultivares Grand Naine, Myssore, Thap Maeo e Pioneira, apresentando cerca de 14 dias de longevidade. Porém, este período não é suficiente para que esta fruta chegue em condições de comercialização na Europa, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias pós-colheita que prolonguem a vida de prateleira da fruta.

Nesse sentido, diversas técnicas vêm sendo estudadas para prolongar a vida útil da banana, dentre elas o armazenamento refrigerado é um dos mais utilizados, podendo ser associado ou não a atmosfera modificada, técnica que permite uma mudança na atmosfera ao redor do fruto reduzindo o processo respiratório do mesmo, o que reflete em um aumento da vida de prateleira dos frutos. Segundo Pinto *et al.* (2006) uma das formas de proporcionar a atmosfera

modificada é através de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) que apresentam permeabilidade seletiva aos gases emitidos durante a estocagem de frutos possibilitando, também a redução da transpiração.

Em associação as técnicas de refrigeração e atmosfera modificada tem-se pesquisado sobre o 1-metilciclopropeno (1-MCP) uma molécula que funciona como bloqueador da ação do etileno. Segundo Souza *et al.* (2009) o etileno é um fitormônio gasoso de papel relevante em todo o desenvolvimento dos frutos, principalmente na fase de amadurecimento. O 1-MCP age por meio da fixação preferencial ao receptor de etileno, bloqueando deste modo, o efeito do etileno procedente de fontes internas e externas. Estudos em vários frutos têm demonstrado resultados satisfatórios do produto no controle do amadurecimento (HOJO, *et al.*, 2007).

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a conservação pós-colheita da banana ‘Prata-anã’ sob efeito do 1-metilciclopropeno associado a atmosfera modificada, etileno e refrigeração durante o armazenamento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Bananas 'Prata-anã' foram colhidas no estágio de maturação 2, segundo normas de classificação de cor da CEAGESP (2009), em pomar comercial localizado na zona rural de Janaúba, Norte de Minas Gerais, à altitude de 544 m, a 15°49'48" de latitude Sul e 43°16'08" de longitude Oeste. Depois de colhidos, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas próprias para colheita, forradas com papel picado, evitando-se danos físicos a eles. Posteriormente, foram cuidadosamente transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-colheita, no Campus da Unimontes, em Janaúba, Minas Gerais, onde foram divididos em buquês de três frutos, selecionados e lavados em água potável corrente. Em seguida, os buquês foram imersos em solução com Imazalil (Magnate®) 2mL P.C. L<sup>-1</sup> e 2 gotas de Tween L<sup>-1</sup> de água por 5 minutos e colocados para secar ao ar.

Os buquês de três frutos foram divididos em seis grupos, onde cada grupo constituiu um dos seguintes tratamentos:

T1: frutos armazenados em embalagem macroperfurada;

T2: frutos armazenados em embalagem macroperfurada e submetidos à aplicação da dose de 90 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno;

T3: frutos armazenados em embalagem de polietileno submetidos à aplicação da dose de 90 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno;

T4: frutos armazenados em embalagem macroperfurada, submetidos à aplicação de etileno, e em seguida, ao apresentarem 50 % da coloração da casca amarela, submetidos à aplicação da dose de 300 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno;

T5: frutos armazenados em embalagem de polietileno, submetidos à aplicação de etileno e em seguida, ao apresentarem 50 %

da coloração da casca amarela, submetidos à aplicação da dose de 300 nLL<sup>-1</sup> de 1-metilciclopropeno.

A aplicação de 1-metilciclopropeno constou da colocação dos frutos embalados em câmara hermética (caixa plástica de água de 300 L) e exposição ao 1- metilciclopropeno por 6 horas à temperatura ambiente. No que se refere à aplicação de etileno, este foi aplicado em câmara, onde os frutos dentro das respectivas embalagens foram resfriados até a temperatura de 16 °C, quando então expostos à ação deste através de um gerador de etileno com solução composta basicamente de 96 % de álcool e 4 % de hidrocarbonetos de cadeia curta por um período de 12 horas. Para os tratamentos T4 e T5, o armazenamento ocorreu 2 dias após os demais tratamentos em decorrência da aplicação do 1-MCP ter sido realizada quando os frutos se encontravam 50 % amarelos.

Todos os frutos foram armazenados em câmara frigorífica na temperatura de  $16 \pm 1$  °C, com umidade relativa de 90 % e avaliados a cada cinco dias por um período de 26 dias a contar do primeiro dia de armazenamento. A partir do vigésimo sexto dia de armazenamento a temperatura foi alterada para  $25 \pm 1$  °C e os frutos foram avaliados a cada dois dias por um período de nove dias.

Para realização da estatística dividiu-se o experimento em dois conforme a temperatura e o intervalo de avaliação. Os experimentos foram em delineamento inteiramente casualizado, tendo no primeiro um esquema fatorial 5 x 6 composto por 5 tratamentos e seis intervalos de avaliação (1, 6, 11, 16, 21 e 26 dias) com 4 repetições e 3 frutos por repetição e no segundo experimento um esquema fatorial 5 x 5 composto por cinco tratamentos e cinco intervalos de avaliação (1, 3, 5, 7 e 9 dias), com quatro repetições e 3 frutos por unidade experimental. As características avaliadas foram: a) Perda de massa fresca: os frutos de cada tratamento e em cada época de avaliação foram pesados

individualmente. A diferença de massa entre as avaliações foi acumulada durante a evolução do experimento e o resultado da perda de matéria fresca em relação à massa inicial do fruto foi expresso em porcentagem; b) firmeza da polpa (N): determinada por um texturômetro da marca Brookfield modelo CT3 10KG. A firmeza foi medida na região mediana do fruto sem casca, sendo determinada pela força de penetração, medida em Newton (N), necessária para que a ponteira de 4 mm de diâmetro penetre na polpa do fruto em uma profundidade de 8 mm; c) sólidos solúveis (°Brix): obtidos por meio de refratometria medindo-se o suco da polpa da região central de cada fruto; d) acidez titulável (mg de ac. málico 100 mL<sup>-1</sup> de suco): obtida por meio da titulação de 10 mL de suco homogeneizado em 90 mL de água destilada, utilizou-se como titulante solução de NaOH 0,1 N adicionando à amostra três gotas de fenolftaleína a 1 % como indicador; e) amido ( %): obtido por espectrofotometria, com leitura a 510 nm, segundo o método descrito por Nelson (1944 ); f) açúcares redutores ( %): obtidos por espectrofotometria com leitura a 510 nm, conforme o método descrito por Nelson (1944 ); g) açúcares totais ( %): obtidos por espectrofotometria com leitura a 620 nm segundo o método descrito por Dische (1962); h) açúcares não redutores ( %): determinados pela diferença dos açúcares totais e açúcares redutores; e i) coloração da casca: obtida por meio de um colorímetro Color Flex 45/0(2200), stdzMode:45/0 com leitura direta de refletância das coordenadas L\* (luminosidade) a\* (tonalidade vermelha ou verde) e b\* (tonalidade amarela ou azul), do sistema *Hunterlab Universal Software*. Foi obtida diretamente a luminosidade (L\*) e a partir dos valores de a\* e b\*, calcularam-se o ângulo hue (°h\*) ( A1 e A2) e o cromaticidade (C\*) (B), conforme fórmulas a seguir:

$$^{\circ}h^* = \text{actg}(a^*/b^*)(-1) + 90 \rightarrow \text{para } a^* \text{ negativo (A1)}$$

$$^{\circ}h^* = 90 - (\text{actg}(a^*/b^*)) \rightarrow \text{para } a^* \text{ positivo (A2)}$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (B)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Os efeitos dos tratamentos foram estudados pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade. Para os efeitos dos períodos de armazenamento, realizou-se análise de regressão selecionando-se os modelos estatísticos para representá-los com base na sua significância (teste T), no valor do coeficiente de determinação e no potencial para explicar o comportamento biológico.

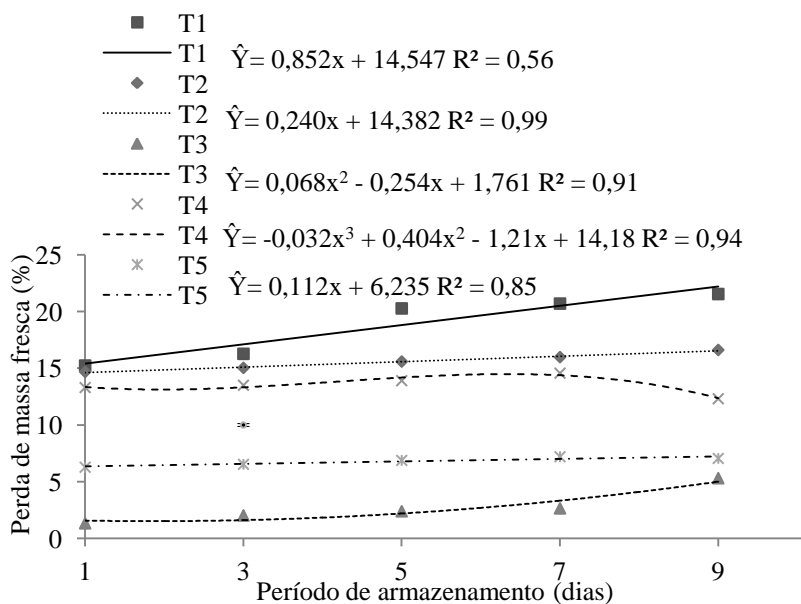
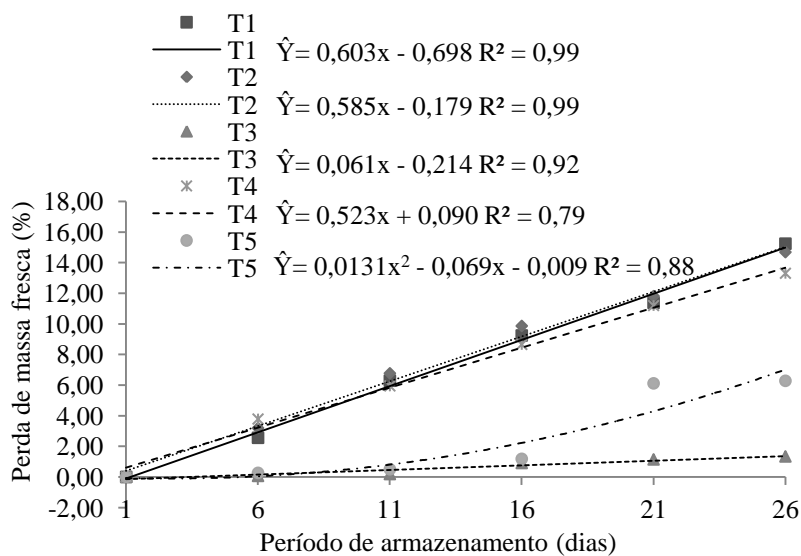
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as variáveis avaliadas foram verificadas interação entre os tratamentos e os períodos de armazenamento. No entanto, no desdobramento do período de armazenamento dentro dos tratamentos não foram observados modelos significativos para todos os tratamentos conforme a variável analisada.

A perda de massa fresca durante o armazenamento dos frutos é apresentada nas Figuras 1a e 1b. Conforme pode ser verificado, ocorreu aumento da perda de massa fresca ao longo do armazenamento, que foi significativamente maior para os tratamentos nos quais se utilizou a embalagem macroperfurada (T1, T2 e T4) no armazenamento a 16 °C e 25 °C. Para esses tratamentos a perda de massa fresca foi superior a 10 % no vigésimo sexto dia, iniciando o armazenamento a 25 °C com uma perda de massa fresca elevada. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), perdas de massa fresca da ordem de 5 % a 10 % são suficientes para reduzir a qualidade da maioria das frutas e hortaliças, diminuindo o valor de comercialização do produto.

Nos tratamentos T3 e T5 fez-se uso do 1-MCP e da embalagem de polietileno, com isso a perda de massa fresca foi menor. No tratamento T3 a perda de massa fresca verificada no vigésimo sexto dia foi de 1,5 %, para o tratamento T5 essa perda foi de 7 %. Estes resultados indicam que o 1-MCP associado à atmosfera modificada é eficiente em conter a perda de massa fresca, no entanto percebem-se perdas maiores quando ele é aplicado após a exposição ao etileno, quando os frutos estão 50 % amarelos, evidenciando que o 1-MCP pouco influencia nessa variável, quando aplicado nessas condições.





**FIGURA 1.** Perda de massa fresca (%) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms =  $6,18E-9$ (a) e  $5,12E-9$  (b)).

Para os tratamentos T1, T2 e T4, que apresentaram as maiores perdas de massa fresca, utilizou-se a embalagem macrop perfurada. As embalagens com perfurações apresentam como vantagem o fato da permeabilidade poder ser ajustada alterando as dimensões da perfuração, mas há ainda muito para ser estudado sobre esse tipo de embalagem para assegurar uma composição de gases adequada ao controle do amadurecimento e condições de umidade obtidas e mantidas durante todo o período de armazenamento. Além disso, a aplicabilidade das embalagens perfuradas em controlar a perda ou ganho de umidade através dos furos não foi estudada até o momento (MAHAJAN *et al.*, 2008).

Pinheiro *et al.* (2006) verificaram maiores perdas de massa fresca em frutos tratados com 1-MCP devido à extensão da vida de prateleira proporcionada pelo atraso no amadurecimento ocasionado pelo mesmo, resultado próximo ao verificado neste experimento para o tratamento T2.

Nos tratamentos T3 e T5, os resultados inferiores para perda de massa fresca foram devido à atmosfera modificada proporcionada pela embalagem de polietileno, que promove uma atmosfera diferenciada ao redor do fruto com umidade relativa maior influenciando na transpiração dos frutos que é consequência da diferença de umidade relativa entre a atmosfera interna e externa do fruto.

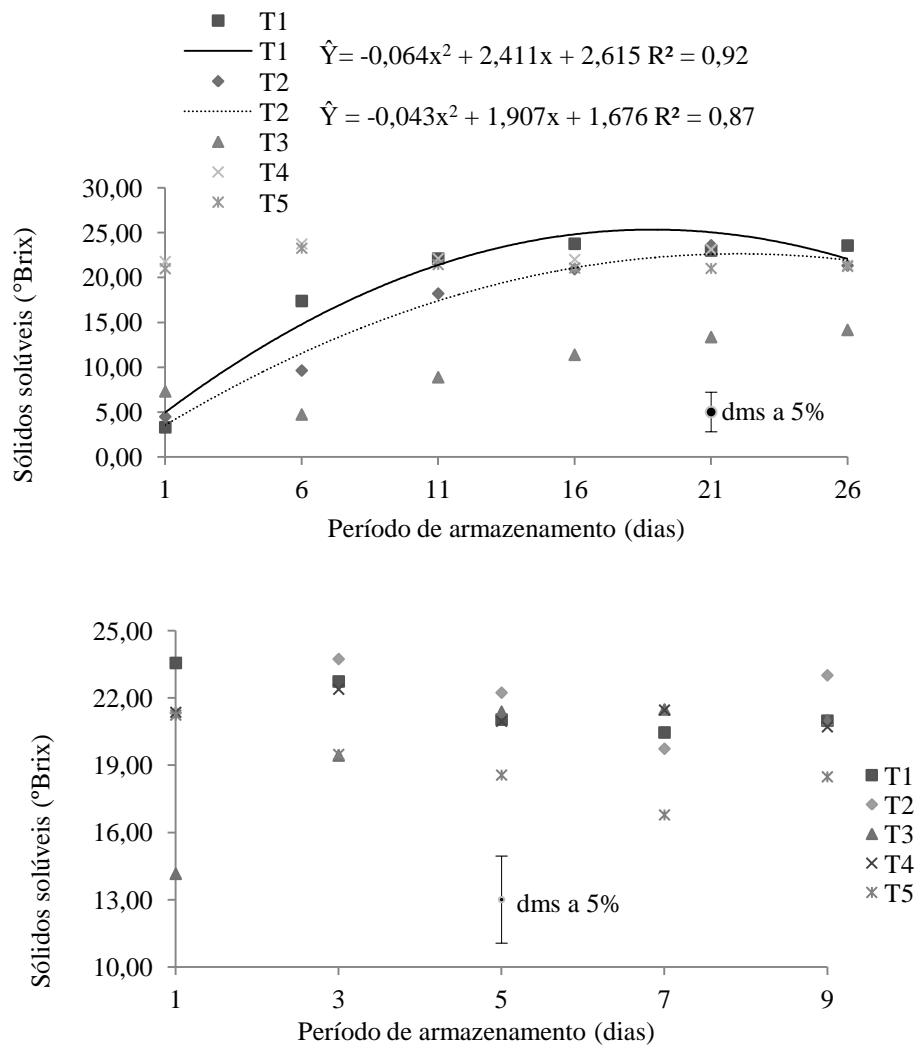
De acordo com Neves *et al.* (2004), a redução nas perdas de massa fresca observada nos frutos em atmosfera modificada, possivelmente, ocorre devido ao aumento da umidade relativa do ar no interior das embalagens, saturando a atmosfera ao redor dos frutos, o que promove a diminuição do deficit de pressão de vapor d'água e, conseqüentemente, reduz a transpiração dos frutos.

Os resultados referentes aos tratamentos onde o 1-MCP foi aplicado quando os frutos se encontravam 50 % maduros pela ação do etileno podem ter sido influenciados pelo estágio mais avançado de amadurecimento comparado aos demais tratamentos. No último dia de armazenamento a 16 °C, verificaram-se, respectivamente, perdas de massa fresca de 13,3 e 6,28 % para os tratamentos T4 e T5, indicando influência da embalagem sob essa variável. Durante o armazenamento a 25 °C essa diferença persistiu. O 1-MCP apresenta efeito sobre a atividade respiratória, produção de etileno, pigmentos, metabolismo da parede celular entre outros (WATKINS, 2006). A aplicação do produto após o início das mudanças decorrentes do amadurecimento, que são consequência do aumento da produção de etileno e da respiração em frutos climatéricos, pode comprometer sua ação uma vez que nos frutos 50 % maduros já ocorreu a ligação do etileno ao seu receptor na célula promovendo o início do amadurecimento.

Segundo Silva *et al.* (2006), a perda de massa fresca pode ser acentuada quanto maior o grau de amadurecimento da fruta, chegando a níveis demasiados na senescência, quando essa não se apresenta mais apta à comercialização. A embalagem de polietileno atuou contendo a perda de massa fresca diferindo significativamente do tratamento com embalagem macroperfurada.

Os sólidos solúveis apresentaram modelos significativos apenas para os tratamentos T1 e T2 na primeira fase do armazenamento a 16 °C. Verificou-se para esses tratamentos um comportamento quadrático, apresentando os valores máximos de sólidos solúveis aos 19 e 22 dias respectivamente, para os tratamentos T1 e T2. Os valores máximos observados foram 25,35 °Brix de sólidos solúveis para o tratamento T1 e 22,67 °Brix para o tratamento T2. Observa-se que o tratamento T2 apresentou resultados inferiores de sólidos solúveis chegando ao valor máximo três dias depois do tratamento T1,

demonstrando que o 1-MCP foi eficiente em retardar a conversão de amido em açúcares (FIGURA 2).



**FIGURA 2.** Sólidos solúveis (°Brix) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 4,199 (a) e 3,884 (b)).

Em relação às diferenças entre os tratamentos em cada dia de avaliação no armazenamento a 16 e 25 °C, os tratamentos T4 e T5 se destacaram com os maiores valores de sólidos solúveis nos diferentes dias de avaliação durante o armazenamento a 16 °C. Isso indica que o uso do etileno permitiu uma hidrólise mais eficiente do amido em açúcares nos frutos sobre o efeito do 1-MCP, contudo, o tratamento T5 no armazenamento a 25 °C apresentou valores mais baixos, o que sugere a ocorrência do processo de senescência. Essa senescência pode ter ocorrido porque no tratamento T5 os frutos foram armazenados em embalagem de polietileno, permitindo acúmulo de água em seu interior, o que pode ter propiciado a senescência dos frutos nesse período, uma vez que tanto os frutos do tratamento T4 quanto do tratamento T5 encontravam-se maduros quando transferidos para a temperatura de 25 °C.

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram uma conversão mais lenta de amido em açúcares, especialmente o tratamento T3 que apresentou valores significativamente inferiores durante todo o armazenamento a 16 °C, até o terceiro dia de armazenamento a 25 °C, evidenciando que o completo amadurecimento ocorreu 30 dias após o armazenamento. A atmosfera modificada em associação com o 1-MCP reduziu o processo respiratório e influenciou significativamente na conversão do amido em açúcares solúveis.

De acordo com Blankenship e Dole (2003) e Watkins (2006), em revisão sobre o 1-MCP, alguns trabalhos registram efeitos do 1-MCP na conversão do amido em açúcares, porém, os resultados variam entre espécies, cultivares, condições de crescimento e estágio de maturação.

Pinheiro *et al.* (2006), em estudo sobre a ação do 1-MCP em bananas-maçã relatam que o produto, assim como no presente trabalho, promoveu acúmulo de sólidos solúveis, no entanto com posterior declínio. Essa redução dos sólidos solúveis ao final do armazenamento pode indicar o consumo de açúcares resultado do início do processo de senescência dos frutos.

Lima *et al.* (2005), estudando bananas ‘Prata-anã’ sob ação da dose de 90 nLL<sup>-1</sup> de 1-MCP armazenadas em atmosfera modificada passiva e temperatura de 12 °C, verificaram, aos 25 dias de armazenamento, teores de sólidos solúveis de 4° Brix com atraso no amadurecimento quando comparado à testemunha. No presente trabalho, aos 26 dias de armazenamento a 16 °C, constataram-se valores de sólidos solúveis de 14,15 °Brix.

Verificaram-se valores elevados de sólidos solúveis para os tratamentos T4 e T5, resultado provavelmente ocorrido em função do armazenamento dos frutos quando se encontravam 50 % amarelos sob efeito do etileno exógeno. O 1-MCP aplicado nesse momento não apresentou efeito no retardo do amadurecimento, resultando em um teor de sólidos solúveis mais elevados durante a maior parte do armazenamento e redução dos teores ao final devido à senescência dos frutos.

Jiang *et al.* (2004), analisando os efeitos do etileno aplicado após a exposição ao 1-MCP (200 nLL<sup>-1</sup>) em bananas, não encontraram diferenças entre o teor de sólidos solúveis para frutos tratados apenas com 1-MCP ou associado ao etileno, foi observado apenas que o 1-MCP retardou o amadurecimento dos frutos.

Faz-se necessário salientar que houve efeitos satisfatórios da associação do 1-MCP à embalagem de polietileno em frutos no estágio 2 de amadurecimento para todas as variáveis analisadas, todavia durante o armazenamento foi registrado acúmulo de água em seu interior, o que é prejudicial à qualidade do fruto.

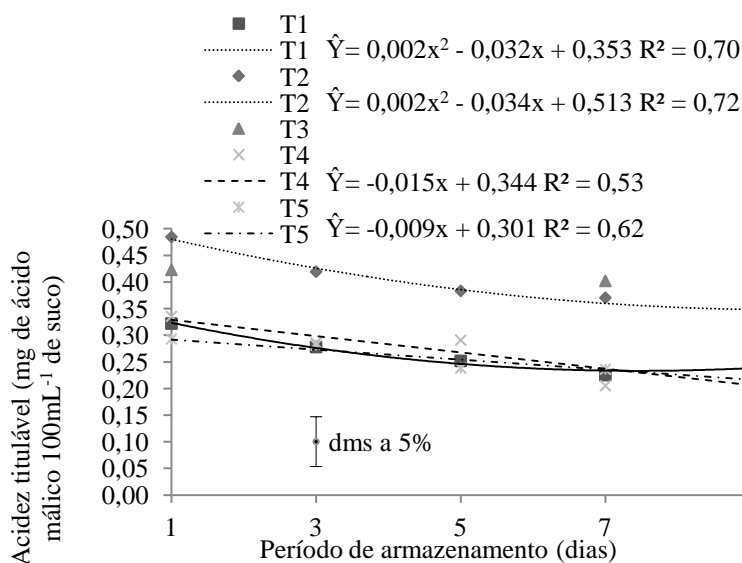
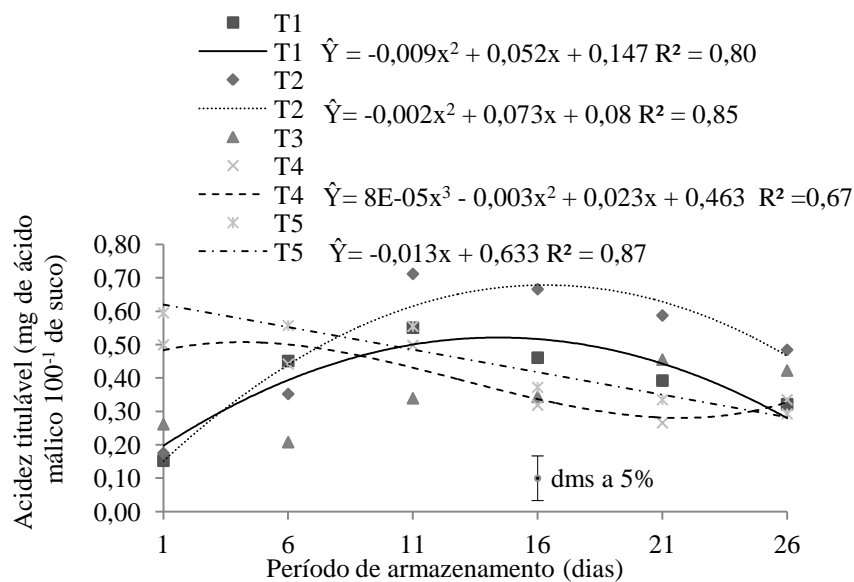
Para a acidez titulável, não se observou modelo significativo apenas para o tratamento T3. Os tratamentos T1 e T2 apresentaram aumento nos valores de acidez do primeiro até respectivamente o décimo quarto e o décimo sexto dias de armazenamento a 16 °C, seguido de decréscimo. Na segunda fase do armazenamento (25 °C) esses tratamentos continuaram a decrescer os valores,

sendo que o tratamento T2 em todo o armazenamento manteve valores superiores. Com isso nota-se que o 1-MCP foi eficiente em retardar as mudanças na acidez dos frutos em 2 dias, quando comparado à testemunha (FIGURAS 3a e 3b).

O tratamento T5 apresentou resposta linear com redução de 0,013 mg de ácido málico  $100 \text{ mL}^{-1}$  para cada dia de armazenamento a 16 °C, enquanto o tratamento T4 também apresentou decréscimo nos valores até o vigésimo primeiro dia, seguido por um aumento. No caso do armazenamento a 25 °C para os dois tratamentos, a resposta foi linear com decréscimo nos valores de acidez. Esse comportamento indica que para ambos os tratamentos ocorreu o consumo dos ácidos orgânicos durante o amadurecimento.

Quanto às diferenças entre tratamentos nos diferentes períodos de armazenamento nota-se que o tratamento T3 diferiu significativamente dos demais, com os menores valores de acidez titulável no armazenamento a 16 °C. A partir de então seus valores foram baixos, entretanto não diferiram dos demais tratamentos, que nesse momento haviam iniciado o decréscimo nos valores. Para o armazenamento a 25 °C foi observado comportamento inverso. Os tratamentos T3 e T2 diferiram significativamente dos demais com os maiores valores de acidez titulável.

Os tratamentos T6 e T7 não diferiram entre si ou da testemunha nos dois armazenamentos, indicando que o 1-MCP e as embalagens testadas não foram eficientes no controle do consumo de ácido málico durante o amadurecimento dos frutos. Para esses tratamentos, os frutos no momento do armazenamento encontravam-se 50 % amarelos e com valores elevados de acidez titulável.



**FIGURA 3.** Acidez titulável (mg de ácido málico 100 mL<sup>-1</sup> de suco) de banana 'Prata-anã' submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de 16 ± 1 °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a 25 ± 1 °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 0,134 (a) e 0,093 (b)).



Para o tratamento T2 foi constatado um comportamento quadrático, com aumento inicial nos valores seguido por decréscimo, resposta também observada para a testemunha. Zewter *et al.* (2012) verificaram comportamento semelhante de aumento da acidez titulável durante o amadurecimento e queda ao final do armazenamento em estudo com bananas tratadas com 1-MCP e armazenadas em dois tipos diferentes de embalagem, embalagem de polietileno perfurado e de polietileno não perfurado com valor máximo de acidez verificado no 28° para aquela embalagem e 24 dias para esta.

Segundo Pimentel *et al.* (2010), durante o amadurecimento a acidez dos frutos pode diminuir ou aumentar, dependendo da espécie estudada. Ácidos orgânicos são utilizados na respiração para produção de ATP, resultando na diminuição da acidez dos frutos, como também o próprio processo respiratório produz ácidos orgânicos que podem acumular-se no fruto, ocasionando um leve aumento da acidez dos mesmos.

Lima *et al.* (2005) verificaram para banana ‘Prata-anã’ que a aplicação do 1-MCP retardou o incremento natural da acidez e a redução do pH durante o amadurecimento, comportamento similar ao verificado neste experimento.

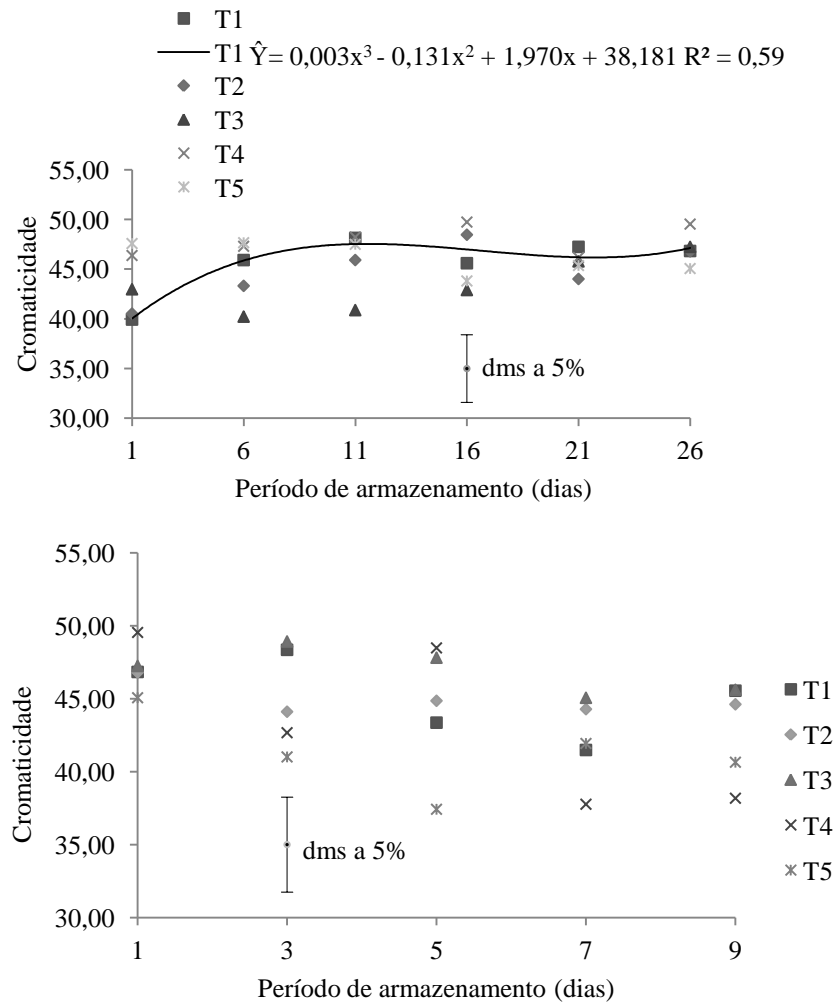
Com relação aos tratamentos T4 e T5, sabe-se que na banana durante o amadurecimento ocorre aumento acentuado da acidez titulável, seguido por decréscimo nos teores de ácido málico ao final dessa fase. Diante disso, os resultados observados indicam que o 1-MCP aplicado após o aumento da acidez não tem efeito sob o controle do amadurecimento, uma vez que o processo de consumo do ácido málico através da respiração continua a acontecer.

Jiang *et al.* (2004), em experimento avaliando os efeitos do 1-MCP isolado e do 1-MCP com posterior aplicação de etileno, relataram que a acidez titulável de bananas diminuiu gradualmente durante o armazenamento, sendo significativamente retardada essa redução pela ação do 1-MCP. Não se verificou para o tratamento com 1-MCP e posterior aplicação de etileno

alterações resultantes do efeito do 1-MCP na acidez titulável. Verificou-se que para a cromaticidade, apenas o tratamento T1 apresentou modelo significativo durante o armazenamento a 16 °C (Figura 4). Para esse tratamento ocorreu inicialmente um acréscimo nos valores de cromaticidade de 39,83 no primeiro dia de armazenamento para 48,15 no décimo primeiro dia de armazenamento. A partir deste momento ocorreu uma tendência dos valores se estabilizarem chegando ao vigésimo sexto dia com valor de cromaticidade de 46,83. O acréscimo da cromaticidade para os frutos do tratamento T1 ocorreu devido à mudança na coloração dos frutos do verde para o amarelo ocasionada pelo amadurecimento.

O tratamento T3 diferiu significativamente dos demais até o vigésimo primeiro dia de armazenamento a 16 °C, com os menores valores de cromaticidade da casca. Contudo, durante o armazenamento a 25 °C, a partir do terceiro dia, apresentou resultados superiores aos demais, sendo acompanhado do tratamento T2 que também diferiu dos demais com resultados superiores.

Os demais tratamentos apresentaram comportamento contrário ao observado para o tratamento T3. Verifica-se que durante o armazenamento a 16 °C os tratamentos T1, T4 e T5 apresentaram valores superiores até o vigésimo sexto dia de armazenamento, quando se iniciou uma redução acentuada nos valores de cromaticidade, resultado do escurecimento da casca. Esse comportamento indica que os frutos para esses tratamentos completaram a mudança de cor do verde para o amarelo e iniciaram a senescência dos frutos.



**FIGURA 4.** Cromaticidade de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 6,799 (a) e 6,509 (b)).

Para a banana, durante o amadurecimento, a degradação da clorofila (cor verde) é intensa, o que evidencia a pré-existência dos pigmentos carotenoides (cor amarela à laranja) enquanto que a síntese de outros pigmentos é realizada em níveis relativamente baixos (SILVA *et al.* 2006).

Durante o armazenamento, foi verificado que assim como a testemunha, os tratamentos T4 e T5 apresentaram redução na cromaticidade ao longo do tempo, resultado do início da senescência dos frutos. Para esses tratamentos o 1-MCP foi aplicado quando os frutos encontravam-se 50 % amarelos sob ação do etileno exógeno. Este resultado é diferente do observado por Pelayo *et al.* (2003) que, em estudo sobre o efeito do 1-MCP em bananas no estágio intermediário de maturação (estádio 3/4), reportaram que o 1-MCP retardou as mudanças na cor da casca da banana em decorrência do amadurecimento sem afetar a qualidade do fruto.

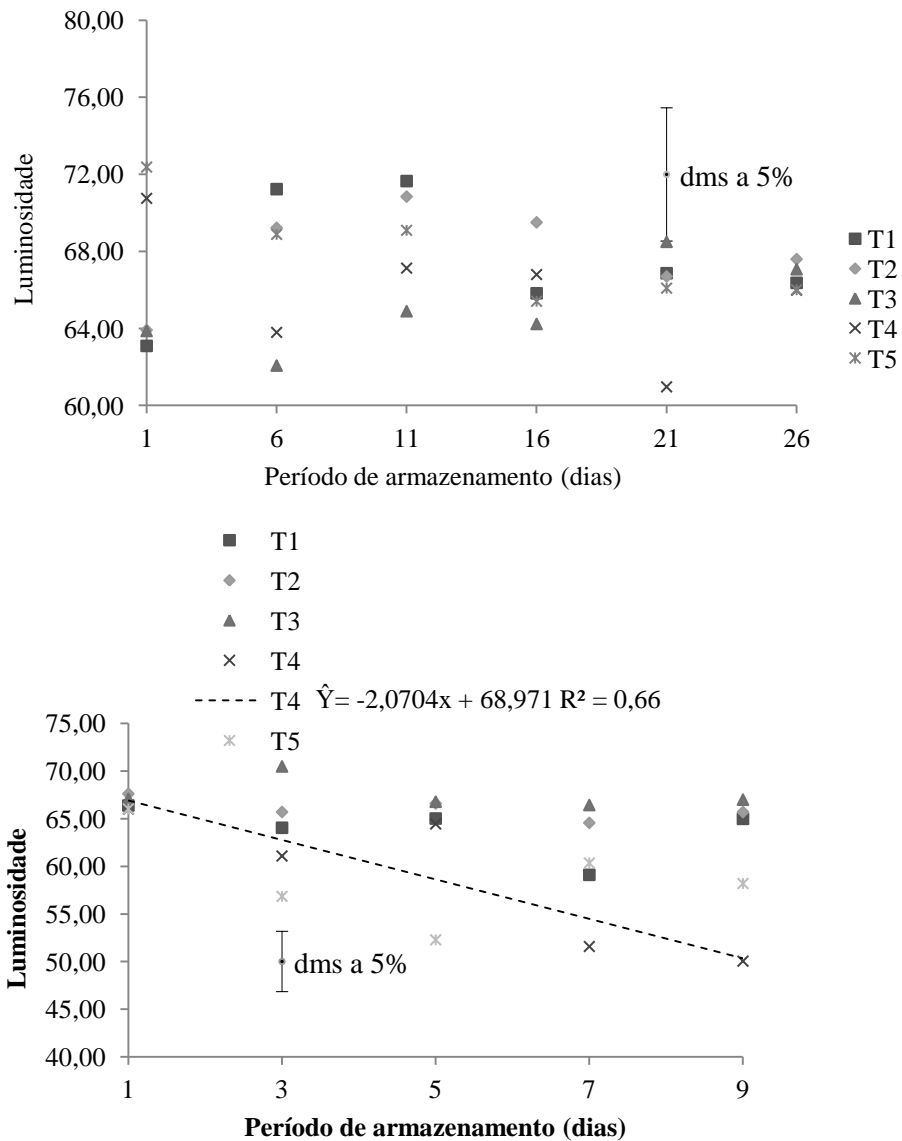
Em contrapartida os tratamentos em que o 1-MCP foi aplicado no fruto no estágio dois de amadurecimento (T2 e T3) verificou-se resposta satisfatória com atraso na mudança da coloração da banana. Lima *et al.* (2005), estudando a associação da atmosfera modificada, 1-MCP e refrigeração sob o efeito do amadurecimento de bananas 'Prata-anã', verificaram que a coloração da casca se manteve no grau 3 (mais verde do que amarelo) até os 15 dias de armazenamento, passando para o grau 4 (mais amarelo do que verde) dos 20 dias até o final do experimento, demonstrando que o produto retardou a perda da cor verde da casca em frutos tratados.

Não foram encontrados para a luminosidade modelos significativos para o desdobramento do período de armazenamento em função dos tratamentos no caso do armazenamento a 16 °C. No armazenamento a 25 °C, registrou-se modelo significativo apenas para o tratamento T4. Neste tratamento durante o armazenamento verificou-se redução nos valores de luminosidade de 66 para 50 indicando que ocorreu evolução na cor, de mais clara para uma cor mais escura,

consequência da senescência dos frutos. Com isso se observa que os frutos do tratamento T4, após o armazenamento a 16 °C, já se encontravam totalmente maduros e haviam iniciado o processo de senescência (FIGURA 5a e 5b).

Verificou-se para os tratamentos T4 e T5 os maiores valores de luminosidade no armazenamento a 16 °C. No entanto, esses tratamentos e a testemunha apresentaram decréscimo nos valores de luminosidade apresentando médias inferiores, principalmente no armazenamento a 25 °C, resultado do escurecimento da casca devido à senescência dos frutos. Para o tratamento T3, obtiveram-se resultados elevados de cromaticidade, a partir do décimo primeiro dia de armazenamento a 16 °C e em todo o período do armazenamento a 25 °C, indicando que este tratamento não apresentou senescência dos frutos.

O tratamento T2 também apresentou valores elevados de luminosidade quando comparado aos tratamentos T4 e T5. É necessário salientar que durante o armazenamento a 25 °C, apesar de os tratamentos T1, T4 e T5 não apresentarem diferenças na maioria dos dias de avaliação dos tratamentos T2 e T3, os resultados verificados neste momento são resultantes da redução da luminosidade devido ao escurecimento dos frutos. Os tratamentos T2 e T3 ainda não haviam chegado a esse estágio.



**FIGURA 5.** Luminosidade de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1^\circ\text{C}$  e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 6,914 (a) e 6,335 (b)).

Conforme Chitarra e Chitarra (2005), o escurecimento dos frutos nos tratamentos T1, T4 e T5 pode estar associado à redução da taxa de respiração devido ao início da senescência, que pode reduzir a intensidade das trocas gasosas levando ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na superfície da casca, favorecendo a formação de alcoóis e aldeídos além de outros compostos, gerando a perda da fluorescência da clorofila e causando o escurecimento de tecidos sensíveis.

Os resultados obtidos para os tratamentos T2 e T3 indicam que o 1-MCP independente da embalagem utilizada não apresenta respostas consistentes quanto ao controle do amadurecimento em frutos parcialmente maduros que foram submetidos à ação do etileno exógeno. A ação do etileno ocorre com sua ligação ao seu receptor na célula, promovendo uma série de reações de fosforilação que sinalizam para a expressão de genes relacionados com o amadurecimento e a senescência dos frutos (SISLER *et al.*, 2006). Nesse sentido, o 1-MCP sendo um inibidor da ação do etileno, quando aplicado após o início da ação do etileno exógeno sobre os frutos apresenta pouca eficiência, uma vez que o etileno, nesse momento, já se ligou ao sítio receptor na célula e com isso sinalizou para início dos eventos do amadurecimento.

Lima *et al.* (2005) observaram para a banana ‘Prata-anã’ tratada com 1-MCP (30, 60 e 90 nLL<sup>-1</sup>) armazenada em embalagem de polietileno a 12°C, que a coloração da casca manteve-se no grau 3 (mais verde do que amarelo) até os 15 dias de armazenamento, passando para o grau 4 (mais amarelo do que verde) dos 20 dias até o final do experimento. Isso comprova a eficiência do produto associado à embalagem em retardar o amadurecimento dos frutos.

Jiang *et al.* (1999) relataram supressão do amadurecimento de bananas pelo uso do 1-MCP associado a embalagens de polietileno em bananas. Todavia, os autores observaram maturação desuniforme dos frutos tratados com 1-MCP,

no estágio inicial de amadurecimento, sugerindo diferenças de posição na taxa de síntese de novo de locais de ligação de etileno.

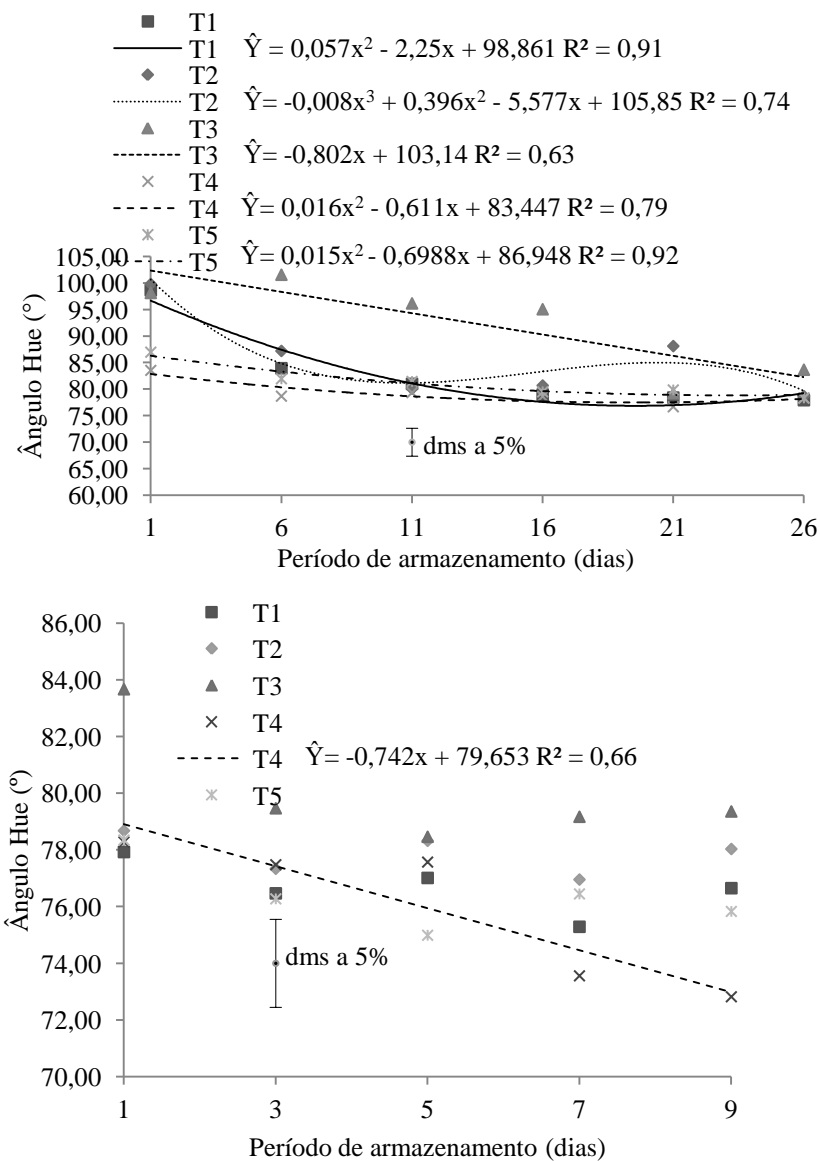
No presente trabalho também foram verificadas desuniformidades no amadurecimento dos frutos na primeira fase do armazenamento, sendo caracterizada pela permanência das pontas das bananas com coloração verde enquanto o restante do fruto se apresentava amarelo.

Quanto ao ângulo hue, constataram-se modelos significativos para todos os tratamentos do armazenamento a 16 °C e apenas para o tratamento T4 do armazenamento a 25 °C (FIGURAS 6a e 6b).

Ocorreu redução nos valores de ângulo hue para todos os tratamentos indicando a mudança na coloração do verde para o amarelo. Os tratamentos T1, T2 e T4 apresentaram os menores valores de ângulo hue aos 19 dias, enquanto para o tratamento T5 o menor valor foi verificado aos 23 dias de armazenamento, demonstrando atraso significativo na mudança da cor. Isso pode ter ocorrido devido a associação do 1-MCP à embalagem de polietileno, sendo eficiente em atrasar o completo amadurecimento desses frutos. O tratamento T4 durante o armazenamento a 25 °C apresentou redução nos valores de ângulo hue, indicando evolução na coloração amarela.

No caso do tratamento T3, verificou-se comportamento linear com decréscimo de 0,80° de ângulo hue para cada dia de armazenamento. Com isso a mudança na cor dos frutos desse tratamento foi mais lenta em decorrência da associação do 1-MCP à atmosfera modificada.





**FIGURA 6.** Ângulo hue (°) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de 16 ± 1 °C e 90 % de UR (a) e subseqüente armazenamento a 25 ± 1 °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 5,263 (a) e 3,105 (b)).

Para as diferenças entre os tratamentos verifica-se que o tratamento T3 apresentou os maiores de ângulo hue, devido ao atraso no amadurecimento proporcionado pela embalagem de polietileno associado à aplicação do 1-MCP. Valores elevados também foram registrados no tratamento T2, porém, este não diferiu significativamente da testemunha. Para os tratamentos T4 e T5, observaram-se durante o armazenamento a 16 °C valores baixos de ângulo hue, em virtude de se apresentarem desde o início do armazenamento 50 % amarelos.

Durante o armazenamento a 25 °C, constatou-se que os tratamentos T1, T4 e T5 já haviam iniciado o processo de senescência e os frutos dos tratamentos T2 e T3 encontravam-se totalmente maduros, com isso nesse momento foram observados resultados semelhantes para o ângulo hue dos diferentes tratamentos.

Novamente verifica-se que os tratamentos em que se aplicou 1-MCP no estágio 2 de amadurecimento destacaram-se entre os demais. Segundo Pelayo *et al.* (2003), a exposição ao 1-MCP diminuiu as mudanças na cor da casca de bananas. A diminuição no ângulo hue representa uma mudança na coloração da casca do verde para amarelo. Nota-se que para todos os tratamentos ocorreu redução no ângulo hue, sugerindo evolução na cor da casca, entretanto para os tratamentos com 1-MCP essa redução foi atrasada.

Pinheiro *et al.* (2007) verificaram que a aplicação de 50 nLL<sup>-1</sup> de 1-MCP atrasou o início do amadurecimento dos frutos, baseando-se nas primeiras mudanças visíveis da coloração da casca de verde para amarela. Consoante os autores, a aplicação de 50 nLL<sup>-1</sup> de 1-MCP, durante 6 horas em temperatura de 25 °C retardou o início do amadurecimento em 7 dias.

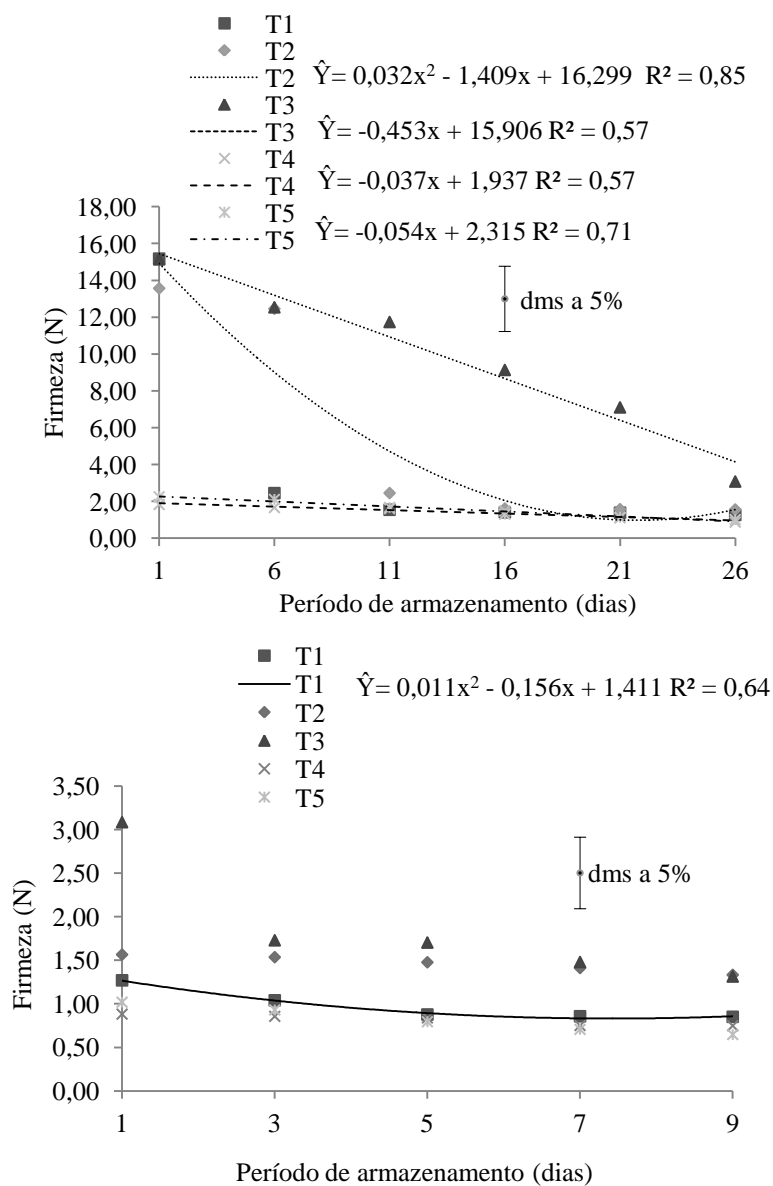
Para os tratamentos T1, T4 e T5 foram registradas poucas diferenças significativas. A associação do 1-MCP à embalagem de polietileno durante o armazenamento exerceu grande influência sobre as mudanças na cor dos frutos durante o processo de amadurecimento. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a perda da cor verde deve-se à decomposição estrutural da clorofila, devido aos

sistemas enzimáticos que atuam isoladamente ou em conjunto, principalmente pela ação da clorofilase sobre os cloroplastos, que revela a cor amarela.

Pinheiro *et al.* (2005), estudando o efeito do 1-MCP sobre bananas-maçã, verificaram que este retardou as primeiras mudanças na coloração da casca do verde para o amarelo em pelo menos 10 dias durante armazenamento a 20 °C. Morais *et al.* (2007), analisando o efeito do 1-MCP associado à atmosfera modificada também observaram influência do produto no atraso nas mudanças de tonalidade de frutos de Sapoti em temperatura ambiente.

Quantos aos tratamentos nos quais se aplicou o 1-MCP em frutos 50 % amarelos, Pelayo *et al.* (2003) relatam pouca eficiência do 1-MCP em retardar as mudanças decorrentes do amadurecimento. Com isso, conclui-se que a superioridade dos tratamentos com embalagem de polietileno foi influenciada pela ação da atmosfera modificada que atuou reduzindo o processo respiratório, o que reflete em um retardo nas principais mudanças decorrentes do amadurecimento.

A firmeza apresentou modelos significativos para os tratamentos T2, T3, T4 e T5 do armazenamento a 16 °C e para o tratamento T1 do armazenamento a 25 °C (Figuras 7a e 7b). Verifica-se que ocorreu redução nos valores de firmeza para todos os tratamentos, sendo mais pronunciada para os tratamentos T2 e T3 que iniciaram o armazenamento no estágio 2 de amadurecimento. Para estes dois tratamentos, observa-se que naqueles em que os frutos foram acondicionados em embalagem de polietileno apresentaram ao final do armazenamento valores de firmeza superiores, indicando uma melhor qualidade do fruto.



**FIGURA 7.** Firmeza (N) de bananas ‘Prata-anã’ submetidas a diferentes tratamentos e armazenadas por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 3,545 (a) e 0,822 (b)).

A redução da firmeza para os tratamentos T4 e T5, foi bem menor quando comparada a dos demais tratamentos porque nesses tratamentos os frutos foram armazenados quando se encontravam no estágio 3,5 (50 % amarelos), e os resultados de firmeza para esses tratamentos foram bem próximos. No caso do tratamento T1 no armazenamento a 25 °C, verificou-se que a partir do sexto dia armazenamento os valores de firmeza tenderam a se estabilizar indicando que os processos de degradação da parede celular e do amido haviam estabilizado em decorrência do completo amadurecimento dos frutos.

Para as diferenças entre os tratamentos em cada intervalo de avaliação observou-se que o tratamento T3 apresentou valores elevados de firmeza até o quinto dia do armazenamento a 25 °C, revelando que a associação do 1-MCP e atmosfera modificada propiciou um atraso na degradação da parede celular e conversão de amido mantendo a firmeza dos frutos elevada por um maior período. O tratamento T2 também diferiu dos demais, no entanto, essa diferença foi verificada apenas até o décimo primeiro dia de armazenamento a 16 °C e no armazenamento a 25 °C a partir do terceiro dia de armazenamento não diferiu do tratamento T3.

Os tratamentos T4 e T5 durante todo o armazenamento apresentaram médias inferiores de firmeza, resultado influenciado pelo estágio de amadurecimento dos frutos no início do armazenamento. A partir do sétimo dia de armazenamento a 25 °C, não se observaram diferenças para os diferentes tratamentos.

Consoante Fagundes e Yamanishi (2001), a firmeza do fruto é um atributo de qualidade que pode indicar o seu estágio de maturação ou ponto de colheita, e que tem influência na sua comercialização. Assim, frutos com valores maiores de firmeza apresentam maior resistência ao transporte, armazenamento e ao manuseio. O tratamento T3 permitiu que os frutos chegassem ao vigésimo

sexto dia de armazenamento ainda com valores elevados de firmeza através do retardo no amadurecimento dos frutos, o que torna esse tratamento uma possibilidade a ser considerada para uso em bananas para exportação com intuito de prolongar a vida de prateleira e preservar a qualidade da fruta.

Pinheiro *et al.* (2006) encontraram resultados semelhantes aos verificados neste trabalho para a firmeza em bananas tratadas com 1-MCP, observando valores de firmeza maiores durante o armazenamento, porém quando os frutos chegaram ao grau 7 de maturação os resultados foram semelhantes à testemunha, mostrando que, apesar do 1-MCP ter retardado o processo de redução da firmeza quando completamente maduras, estas não perderam em qualidade apresentando resultados semelhantes à testemunha.

Jiang *et al.* (2004) verificaram retardo na perda da firmeza para bananas tratadas com 1-MCP sozinho ou com posterior aplicação de etileno, apresentando efeito também da temperatura de armazenamento. Frutos armazenados a 13 °C por 28 dias tratados com 1-MCP apresentaram maiores valores de firmeza quando comparados a frutos nas mesmas condições armazenados a 12 °C por doze dias.

Pinheiro *et al.* (2005) verificaram efeito do 1-MCP no retardo da firmeza de bananas sugerindo que o 1-MCP ligando-se ao sítio receptor do etileno retarda a ativação de enzimas associadas ao amaciamento, o que também pode ter ocorrido no presente experimento para os tratamentos T2 e T3.

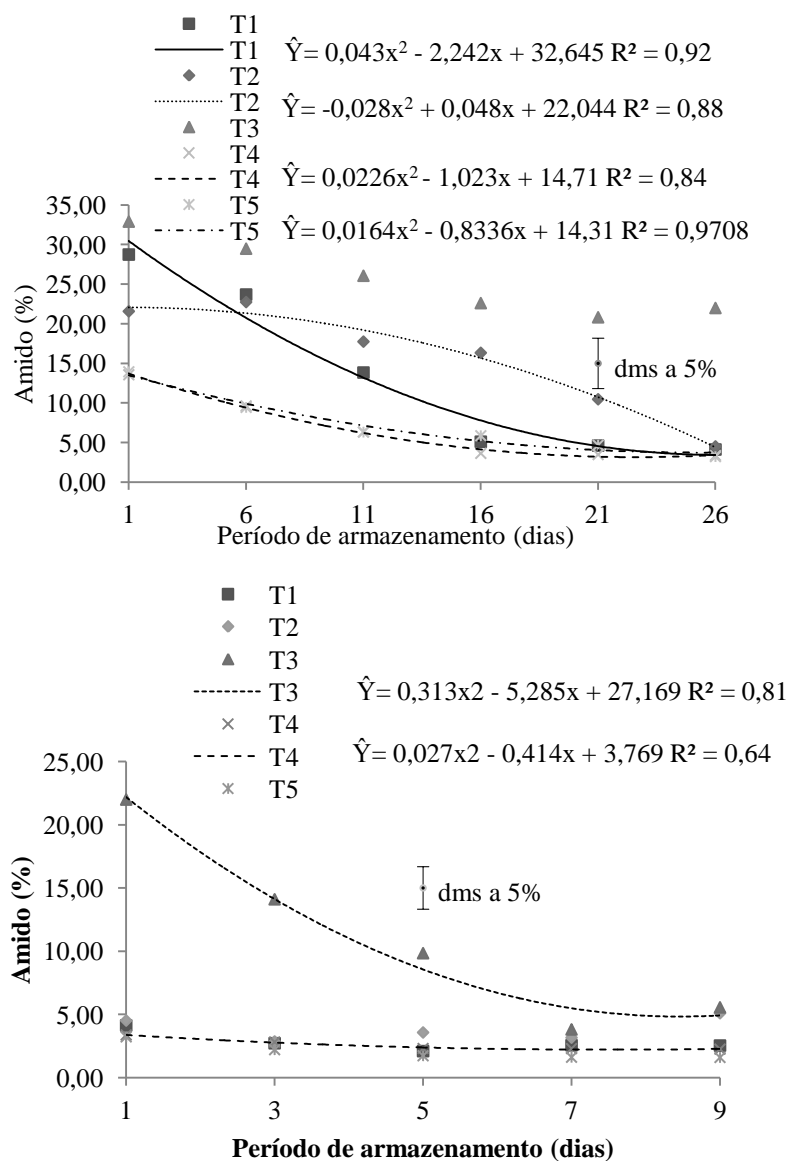
Observou-se que os frutos do tratamento T3 (aplicação de 1-MCP e embalagem de polietileno) mantiveram-se mais firmes por um maior período que os frutos do tratamento T2 (aplicação de 1-MCP e embalagem macroporada). No entanto, Zewter *et al.* (2012) relataram que bananas tratadas com 1-MCP e mantidas em saco de polietileno perfurado permaneceram mais firmes durante o amadurecimento apresentando resultados superiores àquelas acondicionadas em embalagem de polietileno não perfurado

A porcentagem de amido nos frutos apresentou decréscimo ao longo do tempo exceto para o tratamento T3 durante o armazenamento a 16 °C e os tratamentos T1, T2, e T5 durante o armazenamento a 25 °C que não apresentaram modelos significativos (FIGURAS 8a e 8b).

Os tratamentos T1 e T2 apresentaram resultados superiores de porcentagem de amido ao longo do armazenamento, porém ao final do armazenamento a 16 °C todos os tratamentos apresentaram valores próximos de porcentagem de amido. Essa diferença inicial nos teores de amido entre os tratamentos T1 e T2 e os tratamentos T4 e T5 ocorreu em função de os frutos terem sido armazenados em estádios de amadurecimento diferentes.

O tratamento com 1-MCP aplicado durante o estágio 2 de amadurecimento permaneceu por maior período com valores superiores de amido, sendo assim, apesar de ter ocorrido o amadurecimento, o processo foi retardado pelo 1-MCP. Durante o armazenamento a 25 °C, verifica-se que para o tratamento T3 (1-MCP na dose de 90 nLL<sup>-1</sup> associado à embalagem de polietileno) persistiu a conversão de amido em açúcares indicado pela redução dos teores de amido durante o armazenamento. O tratamento T4 nessa mesma fase de armazenamento apresentou pouca variação decorrente do seu estágio mais avançado de amadurecimento no início do armazenamento em comparação ao tratamento T3.

O tratamento T3 diferiu significativamente dos demais com maior porcentagem de amido ao longo do armazenamento a 16 °C e até o quinto dia do armazenamento a 25 °C. Com isso percebe-se novamente que a associação do 1-MCP com a embalagem de polietileno influenciou significativamente no atraso do amadurecimento destes frutos, com consequente redução do processo respiratório refletindo em uma degradação mais lenta do amido em açúcares.



**FIGURA 8.** Amido ( %) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 3,545 (a) e 0,822 (b)).



O tratamento T2 não diferiu da testemunha, apresentando valores semelhantes de amido. Os tratamentos T1, T4 e T5 não diferiram entre si durante o armazenamento a 25 °C. Observa-se que os tratamentos T4 e T5 mantiveram os menores valores de amido durante o armazenamento por estarem 50 % amarelos, ou seja, nesse momento a maior parte do amido presente no fruto já havia sido convertido em açúcares.

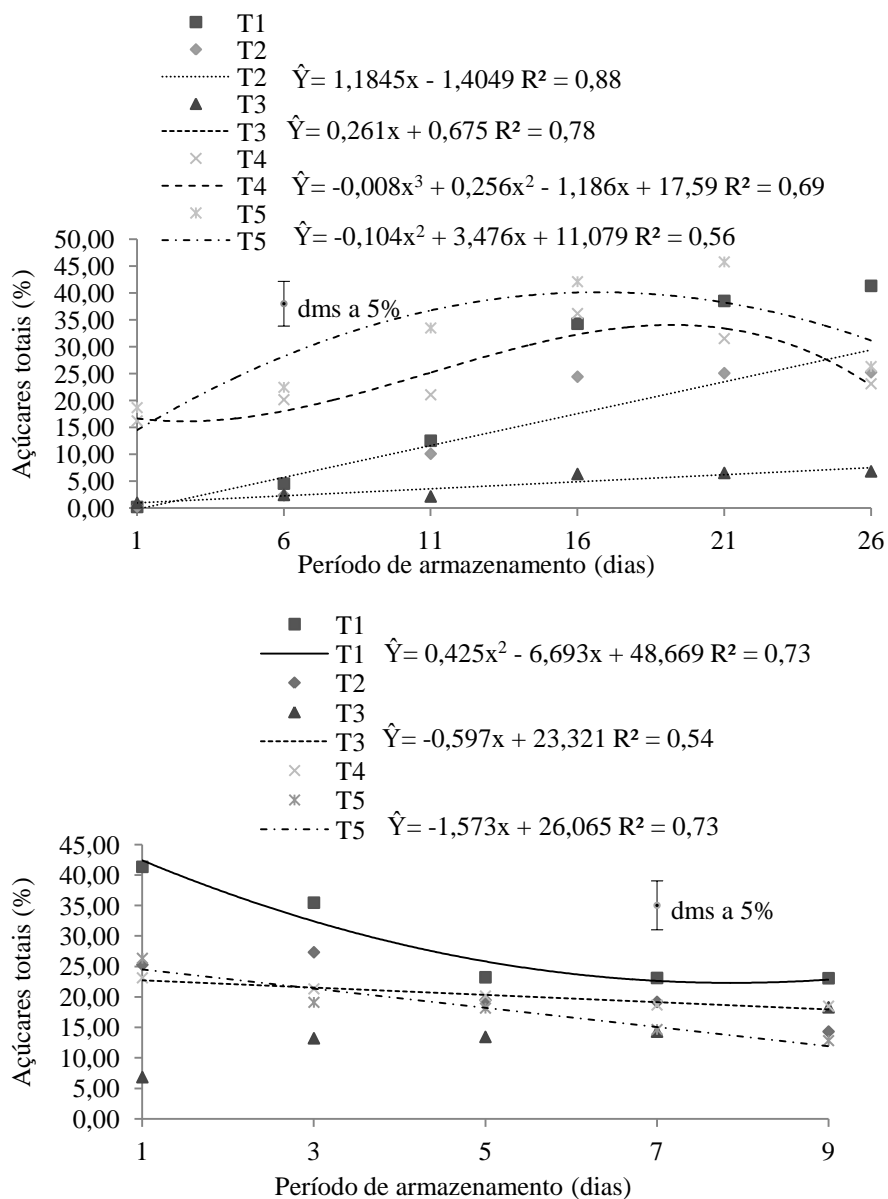
Segundo Pimentel *et al.* (2010), a banana é um fruto que apresenta alto teor de amido quando verde e na medida em que amadurece, o amido é quebrado em açúcares para ser utilizado na respiração do fruto, elevando o teor de sólidos solúveis. Os frutos tratados com etileno armazenados 50 % maduros apresentavam-se em estágio mais avançado de amadurecimento em comparação aos tratamentos T1 e T2, o que influenciou nos resultados de amido ao longo do armazenamento.

Almeida *et al.* (2006) observaram que a exposição ao 1-MCP exerce influência no controle do acúmulo de açúcares e da inversão da sacarose. Fato verificado neste trabalho, pois o tratamento apenas com 1-MCP, sem efeito do etileno exógeno destacou-se dos demais, indicando atraso no acúmulo de açúcares e inversão da sacarose. Jiang *et al.* (2004) verificaram que o 1-MCP retardou a queda do teor de amido em bananas, assim como neste experimento.

Os menores resultados obtidos foram observados nos tratamentos com etileno (T4 e T5), revelando que o 1-MCP, associado ou não à embalagem, não foi eficiente em retardar o processo de amadurecimento dos frutos quando eles se encontram 50 % amarelos e tiveram ação do etileno exógeno. Consoante Blankenship e Dole (2003), apenas alguns trabalhos registram efeitos do 1-MCP na conversão do amido em açúcares, mas os resultados podem variar entre espécies, cultivares, condições de crescimento e estágio de maturação. Pelayo *et al.* (2003) relatam que o 1-MCP não é eficiente em retardar o amadurecimento de bananas em estádios 3 ou 4.

Os açúcares totais apresentaram modelos significativos para todos os tratamentos do armazenamento a 16 °C e para os tratamentos T1, T3 e T4 do armazenamento a 25 °C (FIGURAS 9a e 9b). Ocorreu aumento no teor de açúcares ao longo do armazenamento a 16 °C, indicando a ocorrência do amadurecimento. Para os tratamentos T2 e T3, constatou-se um comportamento linear, sendo que o tratamento T3 apresentou até o terceiro dia do armazenamento a 25 °C os menores valores de açúcares totais diferindo significativamente, demonstrando uma conversão mais lenta de amido em açúcares. Nos tratamentos T4 e T5 ocorreu aumento nos teores de açúcares até o 20° e o 17° dias de armazenamento respectivamente, a partir de então, houve redução nos valores indicando o início do processo de senescência dos frutos.

Durante o armazenamento a 25 °C ocorreu decréscimo nos teores de açúcares totais para os tratamentos T1 e T4, resultado do início do consumo dos açúcares devido ao processo de senescência. Para o tratamento T3, ainda nessa fase ocorreu a conversão de amido em açúcares marcada pelo aumento no teor de açúcares totais, com isso verifica-se que o 1-MCP associado à embalagem de polietileno retardou esse processo de conversão através da redução da respiração do fruto.



**FIGURA 9.** Açúcares totais (%) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias. Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 8,312 (a) e 8,022 (b)).

De acordo com Braz *et al.* (2008), ao longo do amadurecimento ocorre a redução do conteúdo de amido concomitantemente ao aumento nos teores de açúcares totais, açúcares não redutores e sólidos solúveis totais, demonstrando crescente conversão de amido em açúcares simples.

O tratamento com 1-MCP aplicado no estágio 2 armazenado em atmosfera modificada externou os menores valores de açúcares totais. Pinheiro *et al.* (2005) relatam que o uso do 1-MCP em bananas-maçã retardou o amadurecimento dos frutos sem afetar a qualidade dos mesmos não interferindo no amaciamento dos frutos, associado à conversão de amido em açúcares e ao aumento na solubilização pectínica e na atividade da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).

Os tratamentos T4 e T5, nos quais bananas parcialmente maduras foram expostas ao 1-MCP, novamente não se registrou efeito do 1-MCP no atraso do amadurecimento através da redução na conversão de amido em açúcares. Pelayo *et al.* (2003) sugerem falta de consistência em resultados obtidos para o efeito do 1-MCP em bananas parcialmente maduras.

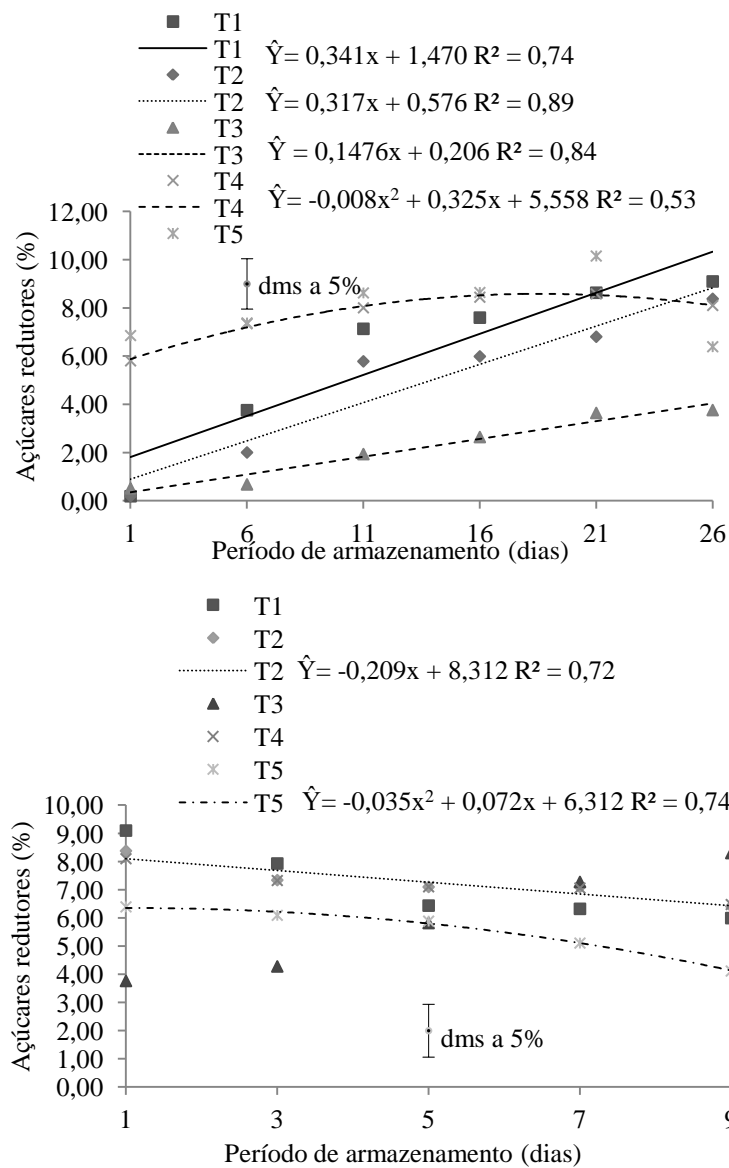
Jiang *et al.* (1999) relatam que o tratamento com etileno exógeno pode acelerar a alteração da cor e amaciamento de fruta e, por conseguinte, reduzir a vida de prateleira da banana tratada com 1-MCP em sacos de polietileno.

Os açúcares redutores não apresentaram modelos significativos para o tratamento T5 no armazenamento a 16 °C e os tratamentos T1, T3 e T5 durante o armazenamento a 25 °C. Observou-se aumento nos açúcares redutores durante o armazenamento a 16 °C, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram comportamento linear com incrementos de 0,34; 0,32 e 0,14 % nos açúcares para cada dia transcorrido durante o armazenamento. Desse modo, verifica-se que o tratamento T3 apresentou os menores valores de açúcares, diferindo significativamente dos demais até o terceiro dia do armazenamento a 25 °C, o

que revela que a associação da embalagem de polietileno ao 1-MCP permitiu um maior controle do amadurecimento (FIGURAS 10a e 10b).

O tratamento T4 demonstrou um comportamento quadrático com o maior valor de açúcares redutores observado no 18º dia de armazenamento, e posteriormente ocorreu redução nos valores, indicando o início de um processo de senescência dos frutos. Para os tratamentos T4 e T2 durante o armazenamento a 25 °C também se verificou redução nos teores de açúcares redutores, resultado da senescência dos frutos. Nestes tratamentos utilizou-se 1-MCP nas doses de 90 e 300 nLL<sup>-1</sup> respectivamente, para os tratamentos T2 e T4 e embalagem macroporada, sendo que os frutos diferiam quanto ao estágio de maturação no início do armazenamento, que para o tratamento T4 encontrava-se mais avançado devido à exposição etileno exógeno. Assim, os valores mais baixos para este tratamento indicam que o 1-MCP não foi eficiente em desacelerar o amadurecimento para frutos parcialmente maduros, resultado já observado em outras variáveis.

O tratamento T2 não diferiu da testemunha para o teor de açúcares não redutores durante o armazenamento. Os tratamentos T4 e T5 diferiram significativamente dos demais durante o armazenamento a 16 °C, com os maiores valores de açúcares redutores. O estágio de amadurecimento influenciou significativamente os teores de amido e açúcares ao longo do armazenamento.

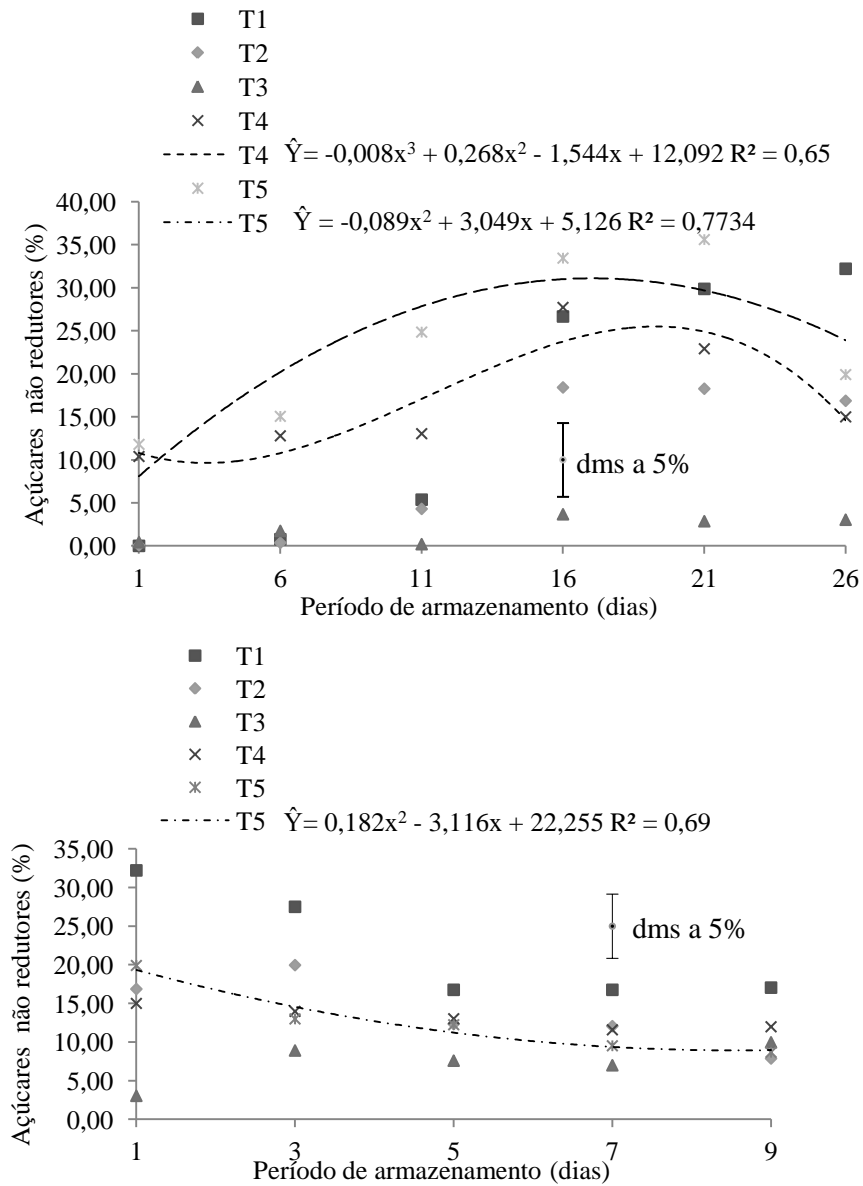


**FIGURA 10.** Açúcares redutores (%) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 2,085 (a) e 1,838 (b)).

O tratamento T3 diferiu significativamente dos demais com os menores valores de açúcares redutores, resultado do atraso no amadurecimento proporcionado pelo 1-MCP e a embalagem de polietileno. Zewter *et al.* (2012) também registraram para bananas tratadas com 1-MCP e armazenadas em duas diferentes embalagens de polietileno, perfuradas e não perfuradas, comportamento semelhante ao verificado neste trabalho, apresentando valores baixos de açúcares redutores durante o armazenamento. Almeida *et al.* (2006) encontraram menores valores de açúcares redutores para bananas tratadas com 1-MCP e armazenados 30 dias em temperatura de 13 °C e amadurecidas em condições ambiente, demonstrando uma conversão menos acentuada do amido em açúcares.

Os valores elevados de açúcares redutores observados para os tratamentos T4 e T5 podem ser explicados pela ação do etileno exógeno sob os frutos. Prill *et al.* (2011) relataram para bananas expostas ao etileno aumento no processo respiratório, que por sua vez demandou maior aporte energético, aumentando a velocidade do metabolismo relacionado ao amadurecimento com consequente aumento dos teores de açúcares redutores.

Os açúcares não redutores apresentaram respostas significativas apenas para os tratamentos T4 e T5 do armazenamento a 16 °C e o tratamento T5 do armazenamento a 25 °C. Durante o armazenamento a 16 °C ocorreu aumento nos açúcares não redutores chegando aos valores máximos respectivamente, próximo aos 20° e 17° dias para os tratamentos T4 e T5. O tratamento T5, apesar de não diferir significativamente, manteve-se superior ao tratamento T4, indicando um maior teor de açúcares não redutores. No entanto, ocorreu declínio nos valores de açúcares não redutores primeiro que para o tratamento T4, persistindo durante o armazenamento a 25 °C, indicando início da senescência dos frutos (FIGURAS 11a e 11b).



**FIGURA 11.** Açúcares não redutores ( %) de banana ‘Prata-anã’ submetida a diferentes tratamentos e armazenada por 26 dias sob temperatura de  $16 \pm 1$  °C e 90 % de UR (a) e subsequente armazenamento a  $25 \pm 1$  °C e 90 % de UR por 9 dias (b). Barra vertical indica a diferença mínima significativa, pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade (dms = 2,085 (a) e 1,838 (b)).



O tratamento T3 apresentou valores baixos de açúcares não redutores em todo o período de armazenamento a 16 °C e até o terceiro dia do armazenamento a 25 °C. Associando o teor de açúcares não redutores às demais variáveis, constata-se que para esse tratamento os frutos completaram o amadurecimento próximo aos 30 dias de armazenamento, resultado significativo quando se pensa em tempo necessário para exportação de banana via transporte marítimo.

Para o tratamento T2 seus resultados não diferiram da testemunha, sendo que esta durante todo o armazenamento a 25 °C se manteve com valores elevados de açúcares redutores. Faz-se necessário salientar que os tratamentos T4, T5 e a testemunha, nessa fase, apresentaram decréscimo nos açúcares não redutores, consequência do início da senescência dos frutos. O tratamento com 1-MCP no estágio 2 de maturação associado à embalagem de polietileno teve influência significativa sobre os teores de açúcares não redutores. Pinheiro *et al.* (2007) verificaram que para bananas-maçã o 1-MCP na dose de  $50\text{nLL}^{-1}$  por 6 horas armazenadas a 25 °C retardou o início da ascensão respiratória e diminuiu a taxa respiratória, ao longo do amadurecimento, influenciando a conversão de amido em açúcares e inversão da sacarose.

Os tratamentos T4 e T5 apresentaram os maiores valores de açúcares redutores na maior parte do período de armazenamento a 16 °C; a testemunha (T1) apresentou resultados superiores durante todo o armazenamento a 25 °C, o que revela que o 1-MCP associado ou não à embalagem de polietileno tem pouco efeito quando aplicado em frutos em estágio 3,5 ou 50 % amarelos que foram expostos à ação do etileno exógeno. Esse resultado é concordante com Pelayo *et al.* (2003), que relatam falta de consistência para o uso do 1-MCP em bananas parcialmente maduras. Por outro lado, Almeida *et al.* (2006) relataram maiores valores de sacarose em comparação à testemunha em frutos tratados com 1-MCP, sugerindo que o 1-MCP atua no controle do acúmulo de açúcares e da inversão da sacarose.

## 4 CONCLUSÕES

O 1-MCP na dose de 90 nLL<sup>-1</sup> associado à atmosfera modificada através de embalagem de polietileno é eficiente na conservação pós-colheita de bananas ‘Prata-anã’ quando aplicado no estágio dois de maturação dos frutos armazenados a 16 °C por um período de 26 dias, seguido de armazenamento por nove dias à temperatura de 25 °C.

O 1-MCP na dose de 300 nLL<sup>-1</sup> não é eficiente na conservação pós-colheita de bananas ‘Prata-anã’ aplicado quando os frutos se encontram 50 % amarelos sob efeito do etileno exógeno independente do tipo de embalagem utilizada, macroperfurada ou de polietileno.

A embalagem de polietileno é eficiente em retardar o amadurecimento de frutos quando associada ao 1-MCP; no entanto, verifica-se acúmulo de água no interior da embalagem, o que pode influenciar a qualidade dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. C. *et al.* Atraso do amadurecimento de banana ‘Maçã’ pelo 1-MCP, aplicado previamente à refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 319-321, 2006.

BLANKENSHIP, S.; DOLE, J. M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, p. 1-25, 2003.

BRAZ, V. B. *et al.* Indução do amadurecimento de mangas cv. Tommy Atkins e cv. Ubá pela aplicação de ethephon pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n.1, p. 225-232, 2008.

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

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962, p. 477-512.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo ‘solo’ comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 541-545, 2001.

HOJO, E. T. D. *et al.* Firmeza de mangas Palmer tratadas com 1-Metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1878-1883, 2007.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p.1-88, 2012.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags.

**Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 187-193, 1999.

JIANG, Y. *et al.* Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. **Plant growth regulation**, Países Baixos, v. 43, p.109–115, 2004.  
Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v25n1/a47v25n1.pdf> >. Acesso em: 02 nov. 2011.

LIMA, L. C. *et al.* Controle do amadurecimento de banana ‘Prata-Anã’ armazenada sob refrigeração e atmosfera modificada Passiva com o uso do 1-metilciclopropeno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 476-480, 2005.

MAHAJAN, P. V.; RODRIGUES, F. A. S.; LEFLAIVE E. Analysis of water vapour transmission rate of perforation mediated modified atmosphere packaging (PM-MAP). **Biosystems Engineering**, Alabama, v. 100, s/n, p.555 – 561, 2008.

MEDINA, V. M.; ALVES, E. J. Colheita e Pós-colheita. In: Cordeiro, Z. J. M (Org.). **Banana: produção e aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p. 121-130. (Frutas do Brasil, 1).

NELSON, N. **A fotometric adaptaion of Somogyi method for the determination of glucose**. The Journal of Biological Chemistry, Baltimore, v. 153, n. 2, p. 375-380, 1944.

NEVES, L. C. *et al.* Armazenagem em atmosfera modificada passiva de carambola azeda (*Averrhoa carambola* L.) cv. ‘Golden Star’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 13-16, Abril 2004.

PELAYO, C. *et al.* Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, v.28, n.1, p.75-85, 2003.

PIMENTEL, R. M. A. *et al.* Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana PA42-44 e Prata-anã cultivados no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p.407-413, 2010.

PINHEIRO, A. C. M. *et al.* Pós-colheita de bananas-maçã submetidas ao 1-mcp e Armazenadas à temperatura ambiente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 323-328, 2006.

PINHEIRO, A. C. M. *et al.* Amadurecimento de bananas 'Maçã' submetidas ao 1-Metilciclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 001-004, 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da Banana 'Maçã'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.

PRILL, M. A. S. *et al.* Climatização de bananas 'Prata-Anã': métodos e tempos para o desverdecimento após o armazenamento refrigerado. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 5, n. 2, p.134-142, 2011.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Banana: estudos de mercado SEBRAE /ESPM**, 2008. Disponível em:< [http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0D8AE2879FDAB331832574DC004521C1/\\$File/NT0003904E.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/0D8AE2879FDAB331832574DC004521C1/$File/NT0003904E.pdf)>. Acesso em: 02 out. 2011.

SILVA, C. S. *et al.* Amadurecimento de banana-prata climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.

SISLER, E. C.; GRICHKO, V. P.; SEREK, M. Interaction of ethylene and other compounds with the ethylene receptor: agonists and antagonists. In.: KHAN, N.A. (Ed.). **Ethylene action en plants**. Berlim: Springer, 2006. 206p. Disponível em:< [http://bilder.buecher.de/zusatz/20/20817/20817899\\_lese\\_1.pdf](http://bilder.buecher.de/zusatz/20/20817/20817899_lese_1.pdf)>. Acesso em: 03 out. 2011.

WATKINS, C. B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Waterloo, v. 24, s/n, p.1-21, 2006.

ZEWTER, A.; WOLDETSADIK, K.; WORKNEH, T. S. Effect of 1-methylcyclopropene, potassium permanganate and packaging on quality of banana. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 7, n. 16, p. 2425-2437, 2012.