

JOÃO ALISON ALVES OLIVEIRA

**TOLERÂNCIA AO FRIO DOS FRUTOS DE DIFERENTES
CULTIVARES DE BANANEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

Oliveira, João Alison Alves, 1989-
O481 Tolerância ao frio dos frutos de diferentes cultivares de
2014 bananeiras / João Alison Alves Oliveira. – Viçosa, MG, 2014.
viii, 51f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.39-46.

1. Banana - variedades. 2. Bananas - Efeito da baixa temperatura. 3. Banana - Armazenamento. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 634.772

JOÃO ALISON ALVES OLIVEIRA

**TOLERÂNCIA AO FRIO DOS FRUTOS DE DIFERENTES
CULTIVARES DE BANANEIRAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 25 de julho de 2014.



Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)



Leonardo Duarte Pimentel

Danielle Fabíola Pereira da Silva
Danielle Fabíola Pereira da Silva



Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Orientador)

À minha irmã, Ana Laura e ao meu avô, João Batista (in memoriam).

À minha mãe, Maria Aparecida e à minha avó, Ana Alves,

Aos meu irmãos, Karla Viviane e Maycom Gabriel.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por me proporcionar uma família maravilhosa.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela ajuda financeira.

Ao meu orientador, Luiz Carlos Chamhum Salomão, pela paciência, pela orientação admirável, pelo apoio e pelos constantes ensinamentos.

Ao professor Leonardo Duarte Pimentel, pela disposição em participar da banca examinadora e pelas sugestões.

Ao professor Dalmo Lopes de Siqueira, pelo incentivo, pela colaboração e pelas sugestões durante o curso.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pelo aconselhamento, pelas críticas e pelos ensinamentos estatísticos, indispensáveis à realização e ao aperfeiçoamento deste trabalho.

À Danielle Fabíola Pereira da Silva, pela disposição em participar da banca examinadora, pelas dicas e contribuições importantes neste trabalho.

À minha avó, Ana, e à minha mãe, Maria Aparecida, pelo amor incondicional e pelo apoio nos momentos mais turbulentos.

Aos meus irmãos, Karla Viviane, Maycon Gabriel e, em especial, à minha querida irmã Ana Laura, que nos deixou tão cedo, mas que sempre estará presente em nossos corações. Sou grato por ter vocês como irmãos.

Ao amigo, César Fernandes Aquino, pela amizade desde o começo desta etapa e pela imprescindível ajuda nas disciplinas e nos experimentos.

Aos amigos Leila Lins, Tiago Struiving, Ítalo e Francisco, por se tornarem grandes amigos e pela força na realização dos experimentos.

Aos amigos de república, Ronaldo e, em especial, ao Hugo Tiago, um verdadeiro irmão mais velho, pelo apoio e pelos ensinamentos.

À minha família, que sempre acreditou em mim e ao meu sobrinho travesso, Matheus Alves.

À minha namorada Mariza, pelo amor, pelo companheirismo, pela amizade, pela paciência e pela compreensão nos momentos de ausência.

Enfim, meus débitos de gratidão a todos que contribuíram para a conclusão do Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa.

BIOGRAFIA

JOÃO ALISON ALVES OLIVEIRA, filho de Carlos de Oliveira Souza e Maria Aparecida Alves Oliveira, nasceu na cidade de Janaúba, Minas Gerais, em 5 de outubro de 1989.

Em agosto de 2007, ingressou na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), graduando-se em Engenharia Agrônômica em julho de 2012.

Em novembro de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, em nível de Mestrado, submetendo-se à defesa da dissertação em 25 de julho de 2014.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Análises.....	6
2.1.1 Índice de cor da casca.....	6
2.1.2 Perda de massa de matéria fresca.....	8
2.1.3 Injúria por frio (chilling).....	8
2.1.4 Consistência.....	9
2.1.5 Teor de sólidos solúveis (SS).....	9
2.1.6 Acidez titulável.....	9
2.1.7 Compostos fenólicos totais.....	10
2.1.8 Atividade da polifenoloxidase (PPO).....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
3.1 Índice de cor da casca.....	12
3.2 Ângulo Hue e Croma.....	14
3.3 Perda de massa de matéria fresca.....	18
3.3 Consistência.....	21
3.4 Teor de sólidos solúveis.....	22
3.5 Acidez titulável.....	24
3.6 Injúria por frio (chilling).....	28
3.7 Compostos fenólicos totais.....	32
3.8 Atividade da polifenoloxidase.....	35
4. CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
APÊNDICE.....	47

RESUMO

OLIVEIRA, João Alison Alves, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2014. **Tolerância ao frio dos frutos de diferentes cultivares de bananeiras.** Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Dalmo Lopes de Siqueira.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância dos frutos de diferentes cultivares de bananeira a baixa temperatura de armazenamento. Foram utilizados frutos dos cultivares Nanicão (AAA), Prata (AAB), Vitória (AAAB), Maçã (AAB) e Caipira (AAA). Utilizaram-se buquês com três frutos, mantidos em câmara fria por 7, 14 e 21 dias, com temperatura média de $10,53 \pm 0,37$ °C e umidade relativa do ar de 85%. Posteriormente, os buquês foram transferidos para a temperatura de $22 \pm 0,39$ °C, para completar o amadurecimento. O experimento foi em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas cinco cultivares e nas subparcelas os dias de avaliação, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e um buquê de três frutos por unidade amostral. Os dados foram analisados por meio de análises de variância e regressão. O teste de Dunnett foi utilizado para comparar os dados da testemunha (início do armazenamento) com os dos dias do fim do armazenamento, a 5% de probabilidade. Cada período de armazenamento foi analisado separadamente. Os frutos dos cultivares estudados permaneceram verdes após 21 dias de armazenamento à $10,53 \pm 0,37$ °C. Frutos do cultivar Nanicão não completaram o amadurecimento após serem transferidos para a temperatura de 22 °C, quando armazenados por 7 dias à baixa temperatura, apresentando frutos mais firmes, com casca verde, baixos teores de sólidos solúveis e acidez titulável. Após 21 dias de armazenamento refrigerado, os frutos de todos os cultivares completaram o amadurecimento, depois de transferidos para temperatura ambiente. Os danos por frio aumentaram com o avanço do tempo de armazenamento refrigerado, para todos os cultivares. ‘Nanicão’, ‘Caipira’ e ‘Maçã’ apresentaram sintomas mais evidentes de dano por frio. As bananas ‘Prata’ e ‘Vitória’ mostraram-se mais tolerantes ao armazenamento refrigerado na temperatura de 10,53 °C por até 21 dias, exibindo amadurecimento normal após a transferência para a temperatura de 22 °C.

ABSTRACT

OLIVEIRA, João Alison Alves, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2014. **Cold tolerance of fruits of different cultivars of banana.** Adviser: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Co-Advisers: Paulo Roberto Cecon and Dalmo Lopes de Siqueira.

The objective of this study was to evaluate the tolerance of fruits of different banana cultivars to low temperature storage. Fruits of the cultivars Nanicão (AAA), Prata (AAB), Vitória (AAAB), Maçã (AAB) and Caipira (AAA) were used. Hands were subdivided into clusters of three fruits, which were kept in cold storage for 7, 14 and 21 days, with an average temperature of 10.53 ± 0.37 °C and relative humidity of 85%. Subsequently, the clusters were transferred to the temperature of 22 ± 0.39 °C, to complete the ripening. The experiment was in a split plot design, having five cultivars in the plots and evaluation days in the subplots, in a completely randomized design with four replications and one cluster per experimental unit. Data were analyzed by variance analyses and regression. The Dunnett test at 5% probability was used to compare data from control (start of storage) with those of the end of storage. Each storage period was analyzed separately. The fruits of all cultivars remained green after 21 days of storage at $10.53 \text{ C} \pm 0.37$ °C. Fruits of the cultivar Nanicão did not complete the ripening after they were transferred to 22 °C, when stored for 7 days at low temperature. These fruits were firmer, with green skin, low soluble solids and low titratable acidity. After 21 days of cold storage, the fruits of all cultivars completed ripening, when transferred to room temperature. The chilling injury increased with the advance of the cold storage for all cultivars. Fruits of ‘Nanicão’, ‘Caipira’ and ‘Maçã’ had more obvious symptoms of chilling injury. Fruits of ‘Prata’ and ‘Vitória’ were more tolerant to cold storage at a temperature of 10.53 °C for up to 21 days, showing normal ripening after transfer to 22 °C.

1. INTRODUÇÃO

A bananeira (*Musa spp.*) é uma das frutíferas mais cultivadas e seu fruto um dos mais consumidos no mundo. Possui grande importância econômica nos países tropicais, além de ser muito apreciada pelo sabor, pela facilidade de consumo, pelo baixo custo e, também, por ser fonte de energia, vitaminas e minerais (SILVA et al., 2006; AMORIM et al., 2009).

O Brasil é o sexto maior produtor mundial de bananas, com 6,9 milhões de toneladas produzidas em 2012 (FAO, 2014). No mesmo ano, a produção mineira foi de 687,3 mil toneladas, em 41,4 mil hectares colhidos, o que representou 10% da produção brasileira, conferindo ao Estado a quarta posição no ranking nacional (IBGE, 2014). Entretanto, em 2011, a exportação brasileira foi de apenas 110.054 toneladas. Além dos problemas inerentes à produção e ao elevado consumo interno, um dos maiores fatores restritivos à exportação é a baixa tecnologia de manejo pós-colheita. De modo geral, o produto nacional não atende às exigências do mercado europeu e norte-americano, principalmente no que se refere aos aspectos organolépticos e visuais (LICHTEMBERG; LICHTEMBERG, 2011).

Em virtude da continuidade dos processos metabólicos na fase pós-colheita, a alta perecibilidade dos frutos, juntamente com os procedimentos inadequados aplicados à colheita, assim como ao transporte e armazenamento, são os principais fatores responsáveis pelo comprometimento da qualidade (CARVALHO et al., 2011). Considerando que a conservação da qualidade está relacionada à minimização da taxa de deterioração, ou seja, à manutenção das características normais do produto, como textura, cor, sabor e aroma, de forma a manter os frutos atraentes ao consumidor pelo maior tempo possível, é necessário utilizar tecnologias que diminuam o metabolismo e desacelerem o processo maturativo.

O amadurecimento da banana é um processo irreversível, caracterizado por um padrão respiratório climatérico, que é estimulado pela produção autocatalítica do etileno, e por alterações fisiológicas e metabólicas sensíveis à temperatura e ao próprio etileno (XIAO et al., 2013). O controle da produção e, ou, a ação do etileno é de vital importância para que a sua comercialização seja eficiente, principalmente em mercados mais distantes. Dentre os fatores ambientais, a temperatura é o mais importante a ser controlado, já que regula as taxas dos processos de amadurecimento dos frutos, influenciando diretamente no tempo para a comercialização (SILVA et al., 2002).

Vários estudos têm sido realizados sobre o controle de qualidade pós-colheita de bananas, abordando as condições de armazenamento e os tratamentos destinados a prolongar a vida de prateleira (NOLASCO et al., 2008; ZHANG et al., 2010; PONGPRASERT et al., 2011; WANG et al., 2012; WANG et al., 2014). A manutenção de uma cadeia de frio, desde a colheita até a comercialização é, sem dúvida, a principal técnica disponível para retardar a senescência dos vegetais (MARTINS et al., 2007), uma vez que a diminuição da temperatura reduz os processos enzimáticos, a taxa respiratória e a taxa de produção do etileno (WILLS et al., 1998), ampliando a vida útil das frutas para consumo in natura.

Embora o armazenamento à baixa temperatura ($< 13\text{ }^{\circ}\text{C}$) retarde a maturação dos frutos e prolongue a sua vida útil pós-colheita, os efeitos benéficos estão limitados pelo desenvolvimento de distúrbios associados ao dano pelo frio, denominado chilling, incluindo o escurecimento da casca e a dificuldade de amadurecimento (NGUYEN et al., 2003; JIANG et al., 2004; PROMYOU et al., 2008). Além disto, o escurecimento enzimático tem um impacto significativo sobre a alteração da cor, depreciando o produto junto ao consumidor (YORUK et al., 2004).

Assim, a diminuição da temperatura deve atingir um limite adequado para manter as células vivas, de forma a preservar a qualidade dos produtos durante o período de armazenamento e comercialização, reduzindo ou até mesmo não permitindo que ocorram danos pelo frio.

A membrana lipídica é a primeira estrutura celular afetada pela baixa temperatura (RUI et al., 2010). A passagem da membrana lipídica, da fase líquido-cristalina para gel sólida, que ocorre em temperaturas reduzidas, aumenta o risco de alteração na permeabilidade da membrana celular (LYONS, 1973; MARANGONI et al., 1989). O estresse oxidativo é comumente o segundo evento que ocorre em diversos estresses bióticos e abióticos, e o chilling não é exceção a esta regra. A perda da integridade da membrana é impulsionada por processos oxidativos, uma vez que o estresse provocado pelo frio aumenta os níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), que estimulam a peroxidação lipídica das membranas celulares e inativam enzimas associadas ao metabolismo energético, além de várias outras enzimas relacionadas a importantes funções metabólicas (HODGES et al., 2004; MAALEKUU et al., 2006; SEVILLANO et al., 2009).

Em alguns casos, a breve exposição de um determinado tecido à baixa temperatura pode não ocasionar o desenvolvimento dos sintomas de chilling enquanto o tecido for

mantido sob refrigeração, porém os sintomas aparecerão gradualmente após a remoção da refrigeração e exposição às temperaturas mais elevadas (SALTVEIT; MORRIS, 1990). Em bananas, sintomas de chilling são manifestados em temperaturas de armazenamento relativamente altas (12 °C) e são agravados com o declínio da temperatura (CHEN et al., 2008). De modo geral, quanto mais baixa a temperatura à qual o tecido está exposto, menor o tempo de exposição necessário para desencadear o desenvolvimento dos sintomas. A exteriorização visual dos sintomas também é variável dependendo da espécie submetida ao frio, do tipo de tecido, do ponto de maturação dos frutos e também de fatores climáticos (LYONS, 1973; SALTVEIT; MORRIS, 1990; LUKATKIN et al., 2012).

Os sintomas de danos pelo frio variam entre os diferentes cultivares de bananas e parecem estar relacionados com o grupo genômico. Na década de 1930, foram iniciados os trabalhos para determinar as temperaturas nas quais os frutos dos diversos cultivares de banana deveriam ser armazenados e transportados, com o objetivo de evitar a ocorrência de chilling durante o trânsito. Bananas ‘Gros Michel’ (AAA) e ‘Dwarf Cavendish’ (AAA) foram armazenadas até 18 dias à 11,7 °C (WARDLAW, 1961). Lima et al. (2001) observaram que bananas ‘Prata-Anã’ (AAB) armazenadas a temperaturas abaixo de 12 °C, por duas semanas, desenvolveram chilling. Wills (1990) e Morrelli (2003) observaram variações na sensibilidade ao chilling, em função do cultivar e do tempo de exposição de bananas às baixas temperaturas de armazenamento. Os autores verificaram que a temperatura mínima de segurança variou de 7,2 à 14 °C, dependendo do cultivar. Fernandes et al. (2010) observaram que a temperatura de 13 °C foi eficiente em retardar o amadurecimento de bananas ‘Nanicão’ armazenadas por 17 dias. Bananas ‘Prata-Anã’, armazenadas por 35 dias às temperaturas de 10 e 12 °C, provenientes de cachos com 16, 18 e 20 semanas de idade não apresentaram sintomas de chilling, na saída da câmara fria (MARTINS et al., 2007).

Lichtemberg et al. (2001) armazenaram frutos dos cultivares de banana Grande Naine (AAA), Prata-Anã (AAB), Mysore (AAB) e FHIA-01 (AAAB) em BOD, com temperatura fixada em 10 °C e observaram que o genoma B (*Musa balbisiana*) confere maior resistência em baixas temperaturas quando comparado com o genoma A (*Musa acuminata*). Confirmando essa observação, o cultivar Prata (AAB) parece ser mais tolerante ao armazenamento sob baixas temperaturas (cerca de 12 °C) do que o cultivar Nanicão (AAA), o que possibilita o transporte a longas distâncias sem prejudicar a qualidade do fruto. De fato, trabalhos anteriores envolvendo cultivares de Prata e

Nanicão, armazenados sob baixas temperaturas, mostraram que os eventos relacionados ao amadurecimento, como degradação de amido, acúmulo de sacarose, níveis de etileno e CO₂, foram mais afetados na ‘Nanicão’ do que na ‘Prata’ (AGOPIAN et al., 2011), além da queda no teor dos compostos voláteis na ‘Nanicão’ comparada com ‘Prata’ (FACUNDO et al., 2012).

Também segundo Robinson e Saúco (2010), temperatura de 13 a 14 °C retarda o amadurecimento de bananas do subgrupo Cavendish (AAA) sem causar danos por frio; para as do subgrupo Prata (AAB), a temperatura de armazenamento pode ser de 10 a 12 °C, em virtude da presença do genoma B. Dentro do subgrupo Cavendish não se recomendam temperaturas menores que 14,5 °C, para frutos do cultivar Lacatán, nem menores que 12,8 °C, para os do cultivar Grande Naine (SCOTT, 1974; FIDLER, 1981). Além do cultivar, o local de cultivo também parece influenciar a tolerância ao frio. Bananas ‘Prata-Anã’ (AAB) produzidas em região de clima semiárido do norte de Minas Gerais manifestaram sintomas leves de injúria por frio alguns dias depois de retiradas de câmara fria, onde permaneceram por 25 dias à 14,5 °C (SALOMÃO, 2014, dados não publicados).

Entretanto, na literatura científica ainda há pouca informação sobre o comportamento de cultivares de banana plantados no Brasil quanto ao armazenamento em diferentes temperaturas, o que limita a aplicação de técnicas de conservação. Assim, novos testes necessitam ser feitos para o estudo das temperaturas e da qualidade atmosférica para a conservação de bananas dos diferentes grupos genômicos, o que poderia permitir seu transporte a longas distâncias.

O objetivo deste estudo foi avaliar a tolerância dos frutos de diferentes cultivares de bananeira a baixa temperatura de armazenamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Cachos de banana (*Musa spp.*) dos cultivares Prata (AAB), Nanicao (AAA), Vitória (AAAB), Maçã (AAB) e Caipira (AAA) foram obtidos do pomar experimental da Universidade Federal de Viçosa, situada a 20° 45' Sul e 42° 51' Oeste, a 648 m de altitude (Tabela 1). Os cachos foram colhidos na fase pré-climatérica, no estágio de cor 1 (casca totalmente verde) (DADZIE; ORCHARD, 1997), no dia 13/03/2014. Destes, foram selecionadas a segunda, terceira e quarta pencas, das quais se eliminaram os frutos danificados, doentes e malformados. As pencas foram transportadas em caixas forradas com plástico bolha para o Laboratório de Análise de Frutas da Universidade Federal de Viçosa, onde foram decompostas em buquês de três frutos. Em seguida, os buquês foram lavados com água e detergente neutro 0,2%, por 5 min, para coagulação do látex e limpeza superficial, sendo logo após imersos em solução de fungicida prochloraz na dose de 49,5 mL/100 L de água por 5 min e secos ao ar ambiente.

Tabela 1. Descrição dos cultivares de bananeiras analisados em Viçosa, Minas Gerais

Cultivares	Descrição
Nanicao (AAA)	¹ É um mutante do cultivar Nanica, surgido em São Paulo. Apresenta o porte mais alto que a Nanica, com polpa ligeiramente amarela, sabor e aroma muitos definidos e preferidos para exportação. ³ Resistente ao mal-do-Panamá, suscetível à Sigatoka-amarela e negra, ao moko, nematoides e broca-do-rizoma.
Caipira (AAA)	² Oriundo da África Ocidental e introduzido no Brasil pela Embrapa. Internacionalmente conhecido como Yangambi km 5, é um cultivar de mesa, de porte médio a alto, frutos pequenos e muito doces. Resistente à Sigatoka-negra, à Sigatoka-amarela e ao mal-do-Panamá, além de resistente à broca-do-rizoma.
Prata (AAB)	² Foi introduzido no Brasil pelos portugueses, apresenta frutos pequenos, de sabor doce e suavemente ácido. ³ É suscetível às Sigatokas amarela e negra, ao moko e moderadamente suscetível ao mal-do-panamá, moderadamente resistente à broca-do-rizoma e resistente aos nematoides.
Maçã (AAB)	² Frutos com casca fina, polpa suave e muito apreciados. É medianamente suscetível à Sigatoka-amarela, muito suscetível à broca-do-rizoma, altamente suscetível ao mal-do-Panamá e ao moko e resistente aos nematoides.
Vitória (AAAB)	⁴ Tetraploide obtido do cruzamento entre plantas do cultivar Pacovan, subgrupo Prata, com o diploide (AA) M-53. De porte elevado, apresenta frutos com casca de coloração amarelo-intensa, polpa de coloração creme, sabor adocicado. Resistente à sigatoka-negra, sigatoka-amarela e ao mal-do-panamá. Além disto, é também resistente à antracnose em pós-colheita.

Fontes: ¹ Moreira (1999); ² Silva et al. (2004); ³ Embrapa (2009); e ⁴ Pereira et al. (2005).

No Laboratório, para cada cultivar, foram selecionados buquês uniformes quanto ao peso e ao diâmetro. Posteriormente, foram armazenados em câmara fria durante 7, 14

e 21 dias. A temperatura média da câmara foi de $10,53 \pm 0,37$ °C e a umidade relativa média do ar, de 85%.

Após cada período de armazenamento à $10,53 \pm 0,37$ °C, os buquês foram transferidos para outra câmara, à temperatura média de $22 \pm 0,39$ °C, até completarem o amadurecimento. As amostragens para as análises foram feitas no dia do armazenamento (dia 0), ao fim dos períodos de armazenamento (dias 7, 14 e 21) e, a partir daí, nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16 dias após a retirada dos buquês da câmara fria. As amostras foram utilizadas para análises dos frutos quanto ao ângulo hue e croma (C^*) da casca, índice de cor da casca, perda de massa fresca do fruto, incidência de injúria por frio na casca (chilling), consistência, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, compostos fenólicos totais e atividade de polifenoloxidase da casca.

O delineamento experimental foi em esquema de parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas cinco cultivares e nas subparcelas os dias de avaliação, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições e um buquê de três frutos por unidade amostral. Cada período de armazenamento constituiu um experimento à parte. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os modelos para análise de regressão foram escolhidos com base no potencial para explicar o fenômeno biológico em questão, no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, a 5% de probabilidade. Também foi realizado o teste de Dunnett, a 5% de probabilidade, para comparar os dados da testemunha (início do armazenamento) com os dos dias do fim do armazenamento. A análise estatística foi realizada com auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007). Para os dados de atividade de polifenoloxidase da casca, utilizou-se análise descritiva.

2.1 Análises

2.1.1 Índice de cor da casca

Foi determinado com o auxílio de colorímetro Konica Minolta, modelo CR-10, que mede a luz refletida, usando-se um sistema de coordenadas cartesianas L^* , a^* e b^* (Figura 1), das quais se obtêm unidades ou pontos de uniformidade visual aproximada. O valor a^* corresponde à escala vermelho-verde e varia de +60 a -60, correspondendo os valores negativos às distintas tonalidades de cor verde e os positivos, às tonalidades

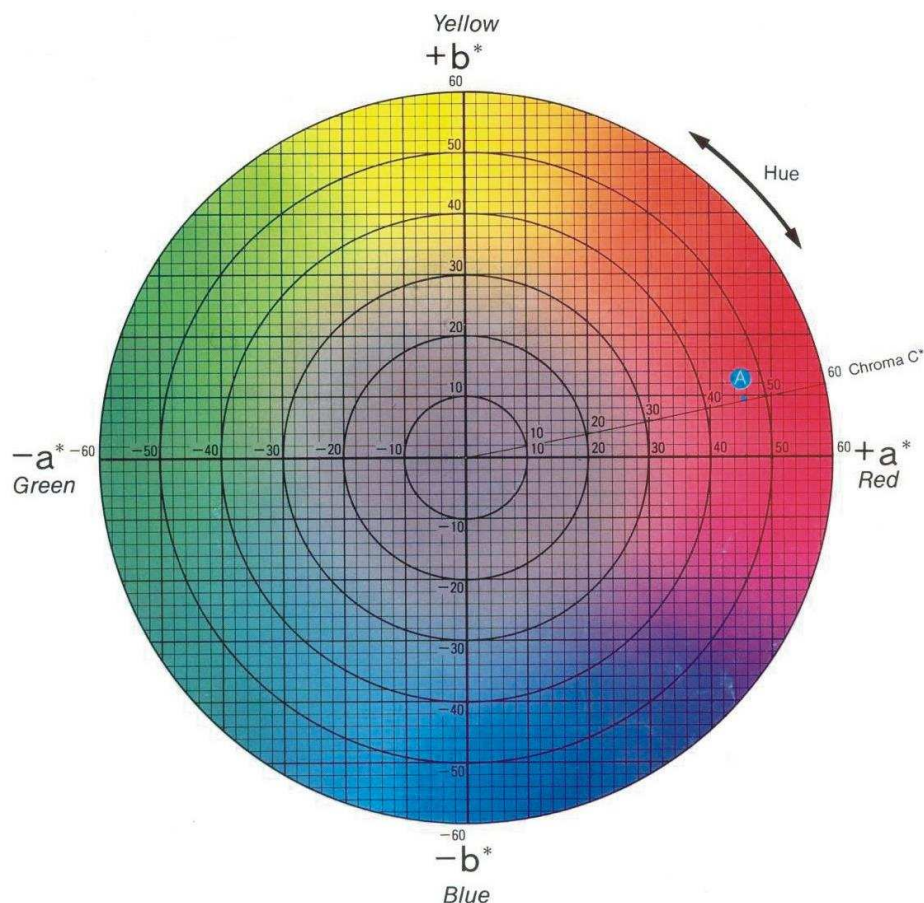


Figura 1. Sistema de coordenadas cartesianas L^* , a^* , b^* para determinação de cores. (Fonte: Minolta Corp, 1994).

vermelhas. O parâmetro b^* corresponde à escala amarelo-azul e varia igualmente de +60 a -60, ressaltando-se que os valores negativos correspondem às tonalidades de cor azul e os positivos, às tonalidades de cor amarela. O L^* refere-se ao nível de luminosidade, variando de 0 (para cor preta) a 100 (para cor branca). O h° (ângulo hue) é o ângulo entre a hipotenusa e 0° no eixo a^* e é calculado por $h^\circ = \text{tg}^{-1}(b^*/a^*)$. O h° varia de 0 a 360° , sendo 0° a cor vermelha, 90° a cor amarela, 180° a cor verde e 270° a cor azul. O croma (C^*) dá informação sobre a intensidade da cor e é calculado por $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (MINOLTA CORP, 1994).

A evolução da cor dos frutos também foi determinada com auxílio da escala visual de cores descrita por Dadzie e Orchard (1997), segundo a qual o estágio 1 corresponde a frutos com a coloração de casca totalmente verde; o 2, a frutos com coloração de casca verde com traços de amarelo; o 3, a frutos com coloração de casca mais verde que amarela; o 4, a frutos com coloração de casca mais amarela que verde; o 5, a frutos com

coloração de casca amarela com as pontas verdes; o 6, a frutos com coloração de casca totalmente amarela; e o 7, a frutos com coloração de casca totalmente amarela, com pontuações marrons (Figura 2).

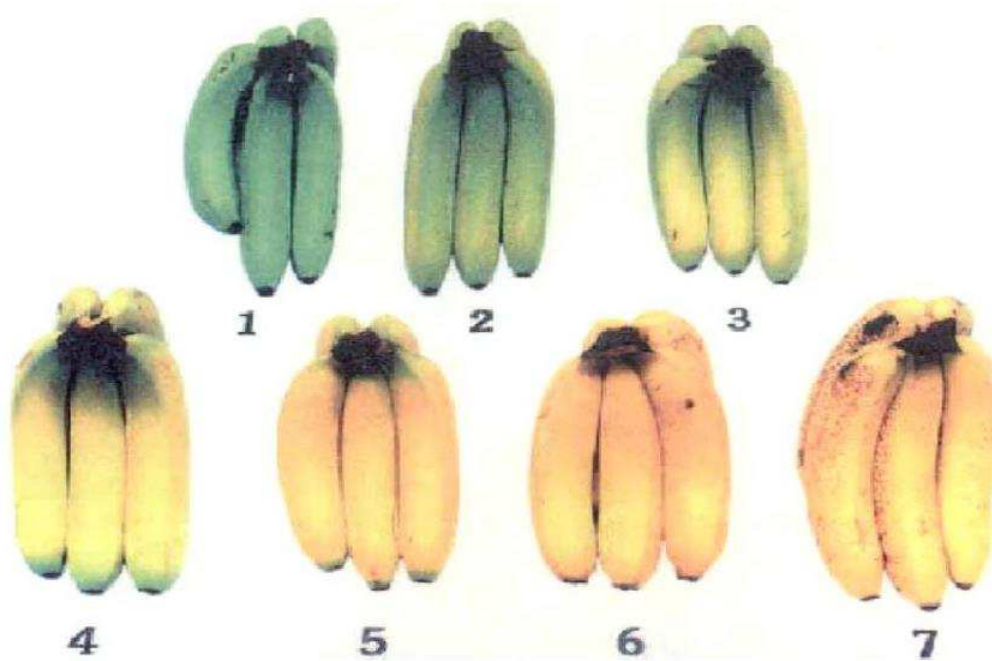


Figura 2. Escala de maturação de bananas, baseada nas alterações da coloração da casca (Fonte: Dadzie; Orchard, 1997).

2.1.2 Perda de massa de matéria fresca

Os frutos foram pesados em balança com precisão de 0,1 g no início do armazenamento, no dia da retirada dos buquês da câmara e, a partir daí, a cada período de avaliação. Os resultados foram expressos em percentagem, considerando-se a diferença entre o peso inicial do fruto e aquele obtido em cada período de amostragem.

2.1.3 Injúria por frio (chilling)

Foi utilizada uma escala de notas de 1 a 5, com base na intensidade do escurecimento da superfície da casca (NGUYEN et al., 2003), em que nota 1 = sem chilling; nota 2 = lesão leve; nota 3 = lesão moderada; nota 4 = lesão grave; e nota 5 = lesão muito grave. Na nota 2, não há escurecimento visível na superfície da casca, porém quando os tecidos da epiderme são descascados, são encontradas áreas cinzentas perto da

superfície. A secção transversal da casca mostra que estas áreas são globulares. Na nota 3, as áreas são maiores e mais escuras, com a presença de várias linhas contínuas. Na nota 4, manchas marrons acinzentadas são visíveis na casca. A secção transversal da casca mostra áreas maiores e mais escuras do que a nota 3. Na pontuação 5, há grandes manchas escuras na superfície da casca. A avaliação foi feita aos 7, 14 e 21 dias após o início de armazenagem e durante o período de amadurecimento dos frutos.

2.1.4 Consistência

Foi retirada uma porção da casca na região mediana de cada fruto do buquê sem que ocorresse ferimento da polpa. Em seguida, a polpa de cada fruto foi submetida a uma força até que o tecido não apresentasse mais resistência. A força foi aplicada por meio da ponteira (12 mm de diâmetro) de um penetrômetro SHIMPO, modelo DFS 100 (Digital Force Gauge). Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.1.5 Teor de sólidos solúveis (SS)

Para esta análise foram retiradas amostras compostas da polpa da região mediana de cada fruto do buquê, as quais passaram por processo de maceração em cadinhos de porcelana. O macerado foi envolto em algodão e comprimido manualmente, para extrair o suco. O teor de SST do suco foi determinado com o auxílio de um refratômetro portátil Atago, modelo N1, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix. Foram feitas três leituras desse suco, sendo a média destas utilizada para a análise dos dados.

2.1.6 Acidez titulável

Foram retiradas amostras compostas da polpa dos frutos do buquê, com massa de aproximadamente 5,0 g, que foram acondicionadas em papel-alumínio, congeladas em nitrogênio líquido e mantidas em congelador na temperatura de -80 °C até o momento das análises. As amostras foram trituradas em homogeneizador de tecidos tipo Politron, juntamente com 50 mL de água destilada. Posteriormente, foram transferidas para erlenmeyers, completando-se o volume para 100 mL com água destilada. Foram adicionadas a essa solução três gotas de indicador fenolftaleína 1%, procedendo-se às titulações, sob agitação, com solução de NaOH 0,05 N, previamente padronizada com

biftalato de potássio. Os resultados foram expressos em g de ácido málico por 100 g de polpa (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

2.1.7 Compostos fenólicos totais

Para a extração dos compostos fenólicos na casca, adotou-se a metodologia de Bloor (2001). Tomou-se 1,00 g do material vegetal, que foi macerado em almofariz com areia lavada. Em seguida, o macerado foi transferido para erlemeyer de 50 mL, onde foram acrescentados 20 mL de uma mistura de metanol: água (80:20 v/v), deixando o sistema em repouso durante 16 horas. Decorrido esse período, os extratos foram filtrados por gravidade em papel de filtro com poros de 28 µm de diâmetro. Em seguida, os solventes foram evaporados até a secura, em evaporador rotativo a vácuo, com temperatura ajustada para 55 °C e o resíduo retomado em 5 mL da mesma mistura de solventes em que havia sido extraído. Os extratos obtidos foram depositados em frascos de vidro envoltos com papel alumínio.

O teor de fenólicos totais extraíveis foi determinado imediatamente após a extração, utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, USA), de acordo com a metodologia proposta por Singleton et al. (1999). Alíquotas de 0,5 mL de extrato foram colocadas em tubos de ensaio de 10 mL envoltos com papel alumínio. Em seguida, adicionaram-se 0,5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (20% v/v), procedeu-se à homogeneização em agitador de tubos e imediatamente após, foram adicionados 0,5 mL de solução aquosa de carbonato de sódio (7,5%, m/v) e, novamente, procedeu-se à homogeneização. Esses tubos foram mantidos em repouso por 30 minutos no escuro; decorrido o tempo, realizou-se a leitura das absorvâncias da mistura no comprimento de onda de 765 nm em espectrofotômetro. O mesmo procedimento foi realizado utilizando-se um “branco”, que constou de uma solução constituída por todos os reagentes, substituindo-se o extrato vegetal por água destilada. Quando necessário, os extratos foram diluídos. Uma curva-padrão de ácido gálico (Sigma-Aldrich, USA), variando de 0,01 a 0,09 mg mL⁻¹, foi usada para estimar os resultados em equivalentes de ácido gálico (GAE), em miligramas por 100 g de tecido vegetal, com base na matéria úmida.

2.1.8 Atividade da polifenoloxidase (PPO)

Para determinação das atividades da PPO, foi utilizada metodologia descrita por Flurkey e Jen (1978), Silva (1981) e Coelho (2001), com modificações. Para obtenção do extrato enzimático, 1.000 mg de casca congelada foram colocados em tubo de ensaio juntamente com 5 mililitros de tampão fosfato 0,2 M (pH = 6,0) resfriado e macerada em politron à 20.500 rpm, por 40 segundos. A suspensão obtida foi centrifugada à 10.000 g, por 21 minutos, à 4 °C. Após a centrifugação, o sobrenadante ou o extrato enzimático foi colocado em outro tubo de ensaio mantido em banho de gelo.

Para determinação da atividade da PPO, foram adicionados em tubo de ensaio 1,3 mililitros de tampão fosfato 0,2 M (pH 6,0) e 1,5 mililitros de catecol 0,2 M. Este tubo foi colocado em banho termostático à 25 °C até estabilização da temperatura. Após esta operação adicionaram-se 30 µL do extrato enzimático seguido de homogeneização e, em seguida, foram efetuadas sete leituras de absorvância de 30 em 30 segundos em espectrofotômetro a 425 nm. Os resultados foram expressos em unidades da enzima por grama de amostra calculada a partir da quantidade de extrato que acusou um aumento na absorvância de 0,001 unidades por minuto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Índice de cor da casca

Não houve diferença no índice de cor da casca entre os frutos da testemunha (dia do início do armazenamento) e após os três períodos de armazenamento (PA) (Tabela 2). Todos os frutos permaneceram verdes após 7, 14 ou 21 dias de armazenamento. Este resultado é similar ao encontrado por Martins et al. (2007) que, trabalhando com banana ‘Prata-Anã’, armazenada à 10 e 12 °C, obtiveram frutos completamente verdes após 35 dias.

Tabela 2. Médias do índice de cor da casca de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Índice de cor da casca				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7 D	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
14 D	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21 D	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento. D = dias.

Após a transferência dos frutos para $22 \pm 0,39$ °C, observou-se padrão sigmoidal de aumento do índice de cor da casca, em função dos dias de avaliação (D), para os cinco cultivares, nos três períodos de armazenamento (PA) (Figura 3A), exceto para ‘Nanicão’ e ‘Vitória’ no PA de 7 dias.

Os frutos da ‘Nanicão’ permaneceram com a casca verde durante as avaliações, após o PA de 7. Após o PA de 14 dias, os frutos desse cultivar mantiveram a coloração verde até 10º dia de avaliação. Após 21 dias de armazenamento, os frutos da ‘Prata’ e da ‘Caipira’ apresentaram evolução de cor da casca mais rápido que os dos outros cultivares, atingindo o estágio 6 aos 3,8 e 4 dias, respectivamente (Figura 3C) apresentando cascas com coloração totalmente amarelada. Na ‘Nanicão’ os frutos permaneceram praticamente verdes até o 10º dia, atingindo o estágio 6 somente após 13,6 dias.

Após os PA de 7 e 14 dias, os frutos da ‘Capira’, ‘Prata’ e ‘Maçã’ completaram o amadurecimento antes dos frutos dos demais cultivares e, após 21 dias de armazenagem, os frutos dos cultivares Caipira e Prata atingiram o ponto ideal de consumo (índice de cor 6) mais rapidamente.

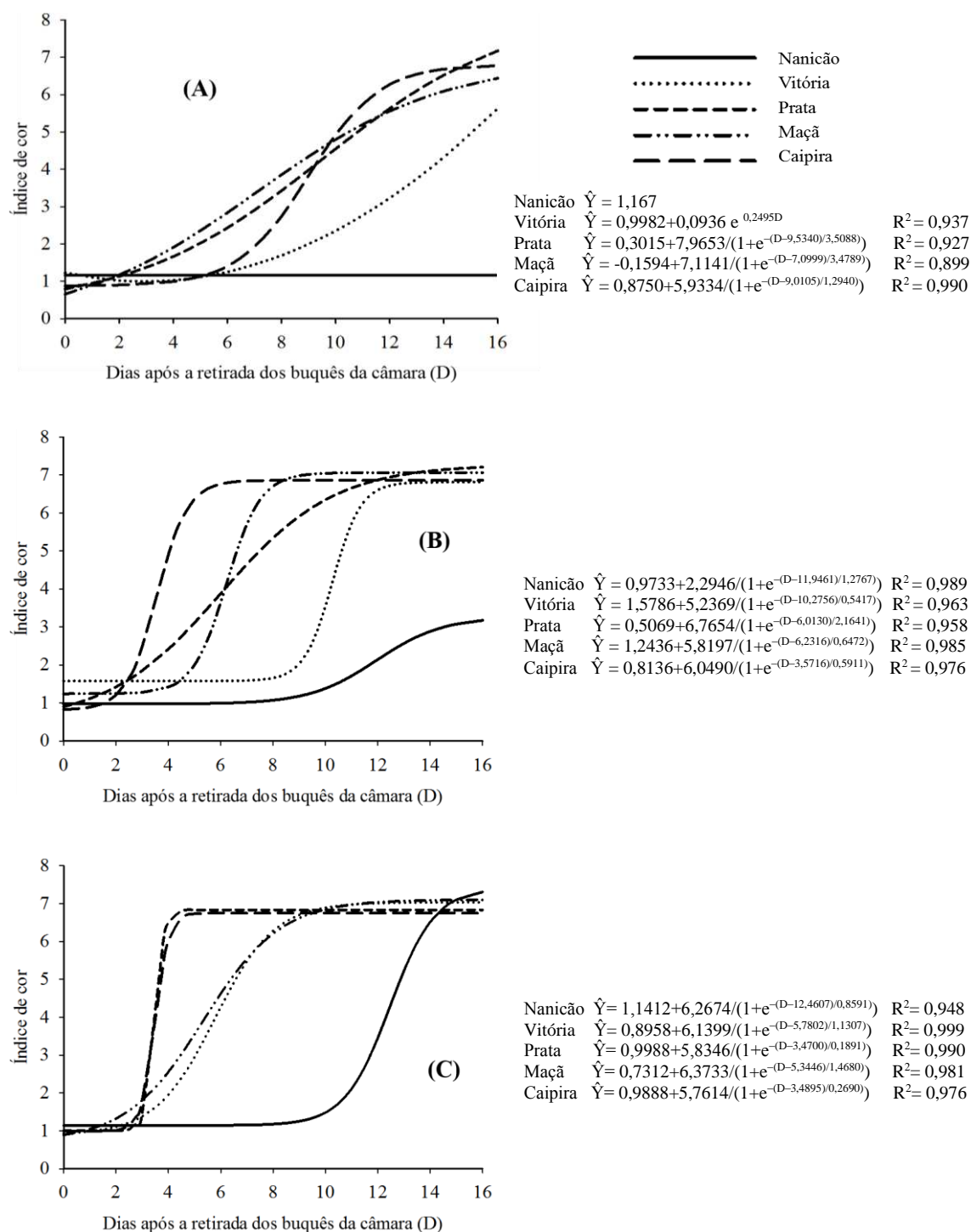


Figura 3. Estimativa do índice de cor da casca de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação, após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

Em bananas, a perda da cor verde deve-se à decomposição estrutural da clorofila, em virtude dos sistemas enzimáticos que atuam isoladamente ou em conjunto (CHITARRA; CHITARRA, 2005), principalmente pela ação da clorofilase sobre os

cloroplastos, que revela a cor amarela (PALMER, 1971; WILLS et al., 1998). A coloração da casca, que é completamente verde após a colheita e progride para amarelo durante o amadurecimento, geralmente é bem correlacionada com a maturação dos frutos, ou seja, é um parâmetro importante para a vida de prateleira e para a decisão dos consumidores de comprar a fruta ou não (MATSUURA et al., 2004).

Após 7 dias de armazenamento refrigerado à 10,53 °C, os frutos dos cultivares ‘Caipira’, ‘Prata’ e ‘Maçã’ precisaram de 11,4, 12,8 e 13,6 dias, respectivamente, para completarem o amadurecimento (Figura 3A). Para o PA de 14 dias, frutos de ‘Caipira’, ‘Maçã’, ‘Prata’ e ‘Vitória’ necessitaram de 4,7, 7,2, 9,2 e 11,2 dias, respectivamente (Figura 3B). Após o PA de 21 dias, ‘Prata’, ‘Caipira’, ‘Vitória’ e ‘Maçã’ atingiram o ponto ideal de consumo nos dias 3,8, 4,0, 7,6 e 7,7 respectivamente, enquanto ‘Nanicão’ atingiu o amadurecimento após 13,6 dias (Figura 3C).

3.2 Ângulo Hue e Cromo

Os frutos da ‘Caipira’ no PA de 7 dias e da ‘Nanicão’, ‘Maçã’ e ‘Caipira’, no PA de 21 dias, apresentaram valores de *h* estatisticamente diferentes da testemunha (dia do início do armazenamento) (Tabela 3). No entanto, essa diferença nos valores de *h* não refletiu em mudanças na coloração visual dos frutos, os quais permaneceram verdes na saída da câmara fria. Comportamento semelhante foi observado por Facundo (2012), com frutos dos cultivares Prata e Nanicão, armazenados à 10 e 13 °C, por 15 dias, relatando que o armazenamento em baixas temperaturas não afetou a cor da casca dos frutos em nenhum dos cultivares estudados, na saída da câmara fria.

O ângulo hue da casca ajustou-se ao modelo sigmoidal, em função dos dias de avaliação (*D*), para os cinco cultivares, nos três períodos de armazenamento (Figura 4).

Os valores de *h* decresceram rapidamente com o aumento do tempo de armazenamento (Figura 4). No PA de 7 dias, no 12^o dia de avaliação, ‘Nanicão’ e ‘Vitória’ apresentaram os maiores valores de *h* (114,01° e 97,38°), respectivamente, com os frutos ainda verdes, enquanto os frutos de ‘Prata’, ‘Caipira’ e ‘Maçã’ já se encontravam totalmente amarelos, com *h* = 86,38°; 87,40° e 87,87°, respectivamente (Figuras 4A e 5).

Após 21 dias de armazenamento, os frutos da ‘Nanicão’ permaneceram com a casca praticamente verde até o 10^o dia, com valor de hue, em média, 23,70% maior que os outros cultivares, no mesmo dia de avaliação; enquanto os demais cultivares, apresentaram frutos com coloração totalmente amarela no 8^o dia, com *h* entre 88,06° e

Tabela 3. Médias do ângulo hue da casca dos frutos de cinco cultivares de banana após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Ângulo Hue (°)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	119,6	117,4	118,3	117,8	117,8
7 D	117,6	117,5	117,7	117,3	115,3*
14 D	117,9	117,8	117,4	116,9	116,5
21 D	116,4*	117,7	116,8	114,6*	116,1*
CV ² (%)	1,04	0,80	0,67	1,03	0,89

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

81,16° (Figura 4C). Este resultado confirma que o cultivar Nanicão apresenta uma maior vida de prateleira, sendo um cultivar com alto potencial para comercialização a longas distâncias.

A variável croma (C*) diferiu apenas entre os frutos da ‘Caipira’ armazenados por 7 dias e a testemunha (dia do início do armazenamento) (Tabela 4), observando aumento de 9,52% no valor de C*, indicando que a cor tornou-se mais brilhante, uma vez que, valores de croma próximos de zero representam cores neutras (cinzas), enquanto valores próximos de 60 expressam cores vívidas (MINOLTA CORP, 1994). Salvador et al. (2007), trabalhando com bananas dos grupos AAA e AAB, armazenadas à 10 °C, por 16 dias, obtiveram valores de C* inalterados, logo após o armazenamento.

Em frutos de ‘Nanicão’, os valores de C* mantiveram-se inalterados durante o período de avaliações, após o armazenamento por 7 dias à 10 °C (25,57) (Figura 6A), apresentando acréscimos somente a após 11,7 dias, no PA de 21 dias, com valor máximo de 30,11 (Figura 6C). O maior valor de C* foi observado em ‘Prata’, após o PA de 7 dias, com C* = 40,17, apresentando frutos com coloração amarelo brilhante.

No PA de 21 dias, frutos de banana ‘Prata’ e ‘Caipira’ apresentaram comportamento quadrático, em função dos dias de avaliação (D), para o parâmetro C*, atingindo valores máximos de 38,1 e 32,0, respectivamente, aos 8,31 e 7,03 dias (Figura 6C). Após esses dias, os valores de C* diminuíram, apresentando frutos com coloração mais opaca, ou seja, com menos brilho, indicando o início da senescência desses frutos.

Wang et al. (2006) relataram os efeitos do armazenamento em baixas temperaturas na cor e expressão gênica em banana. Os valores de L*, C* e h diminuíram durante o armazenamento à 7 °C durante 8 dias. Nesse caso, as alterações de cor apareceram em virtude do escurecimento da casca, como consequência da injúria pelo frio.

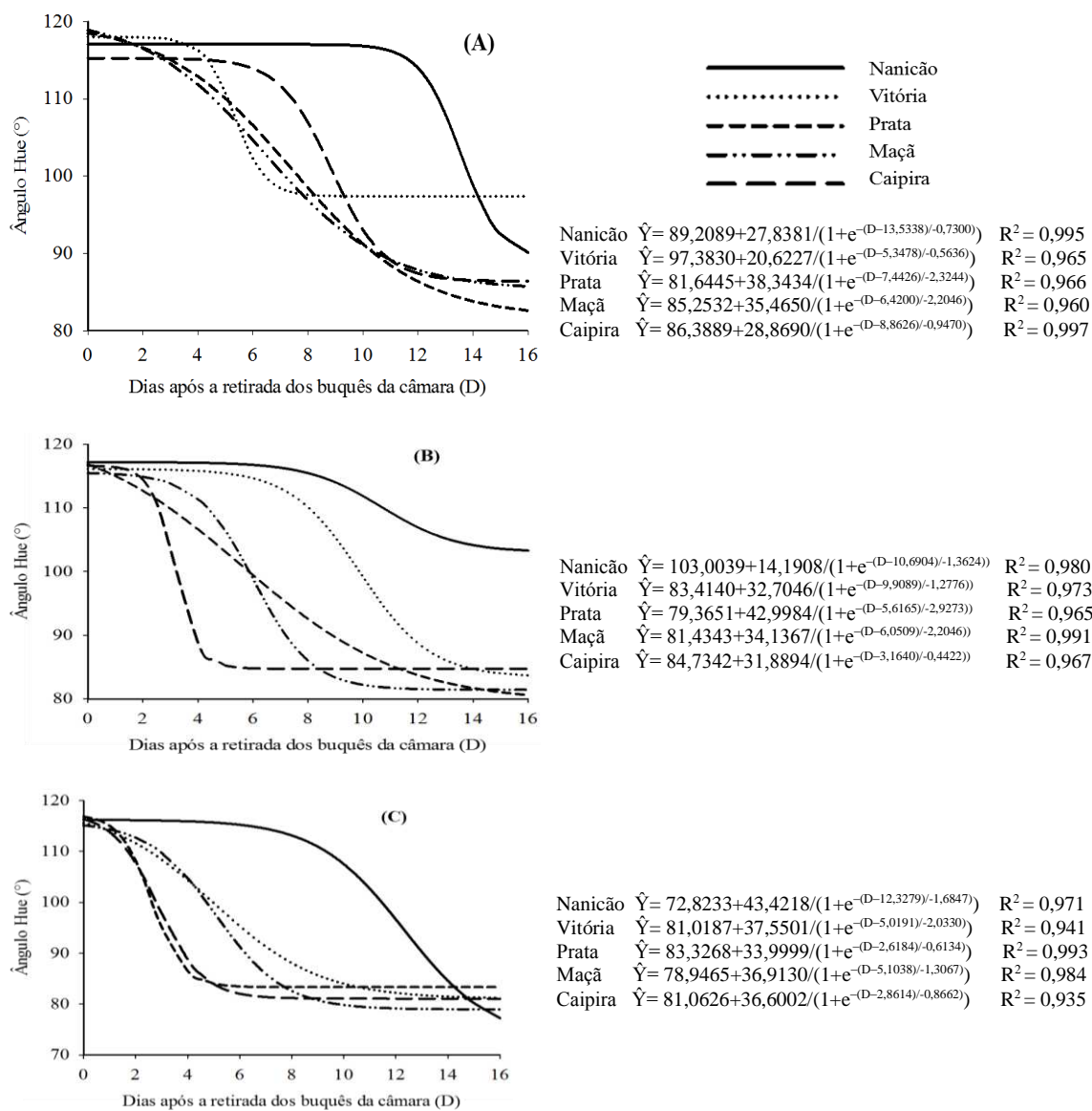


Figura 4. Estimativa do ângulo Hue da casca de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

De um modo geral, neste trabalho, o comportamento dos frutos foi afetado pelo aumento do tempo sob refrigeração. O maior tempo de armazenamento antecipou o aumento do C* durante o amadurecimento.

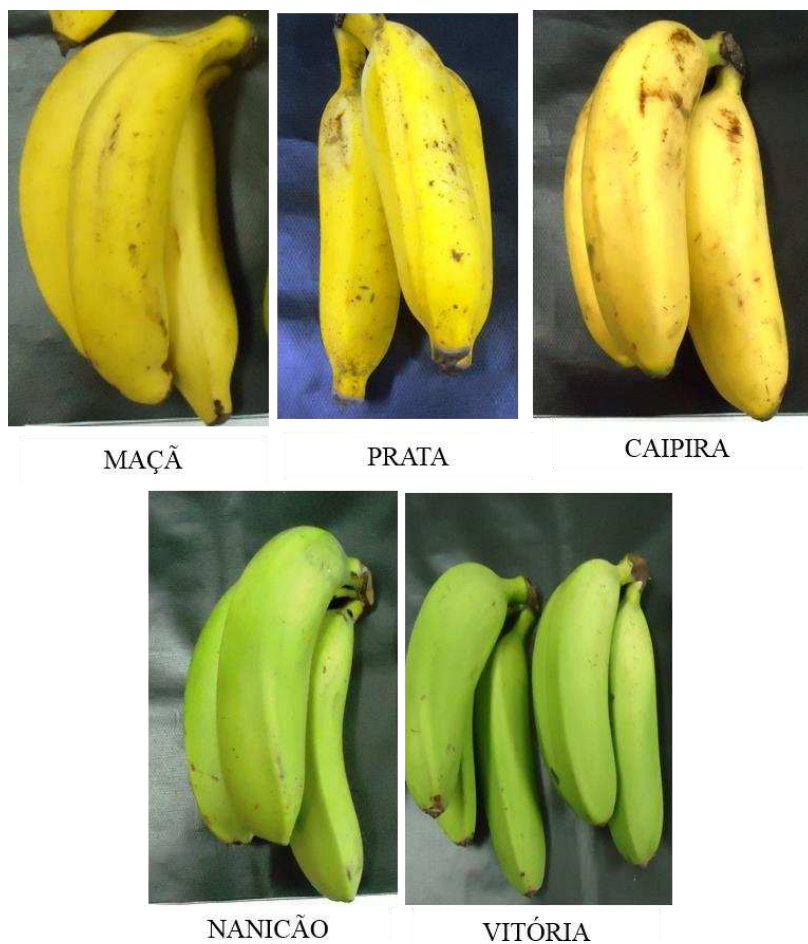


Figura 5. Coloração da casca de cinco cultivares de banana, armazenadas por 7 dias à 10 °C, no 12º dia após a retirada dos buquês da câmara.

Tabela 4. Valores médios do croma (C*) de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de 10,53 ± 0,37 °C

Tratamentos	Croma (C*)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	23,733	25,683	26,942	26,808	26,875
7 D	27,325	26,967	27,800	30,133	29,433*
14 D	24,442	25,292	24,800	26,050	25,458
21 D	24,867	25,417	25,792	24,675	26,650
CV ² (%)	7,33	6,22	6,07	8,20	5,35

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

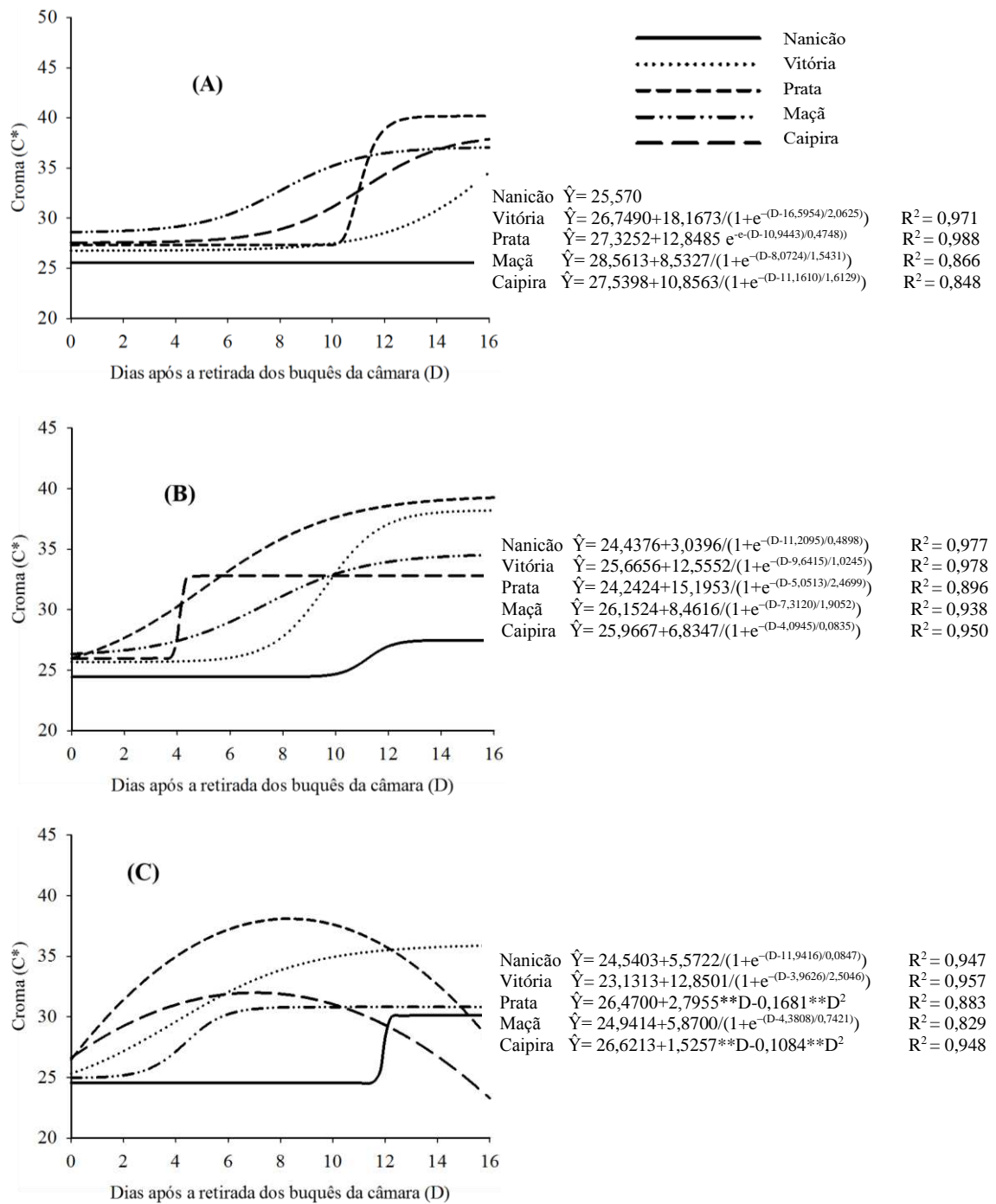


Figura 6. Estimativa do parâmetro cromia (C^*) da casca de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C. ** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste 't'.

3.3 Perda de massa de matéria fresca

A variável perda de massa de matéria fresca apresentou diferença estatística pelo teste de Dunnett entre a testemunha e o fim dos demais períodos de armazenamento, para todos os cultivares (Tabela 5), considerando-se que, no início do armazenamento, a perda

Tabela 5. Médias da perda de matéria fresca de cinco cultivares de banana após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Perda de matéria fresca (%)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 D	0,412*	0,619*	0,942*	0,849*	0,562*
14 D	1,765*	2,039*	2,141*	2,044*	1,710*
21 D	2,580*	2,516*	2,738*	2,738*	2,514*
CV ² (%)	17,88	16,49	12,47	11,78	19,88

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade; ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

de massa de matéria fresca foi nula (‘0’). Entretanto, observa-se, nessa tabela, que a perda de matéria fresca em todos os tratamentos foi pequena. Essa baixa perda pode ser explicada pelo uso da baixa temperatura e alta umidade relativa do ar, que desacelera o metabolismo do fruto e reduz a transpiração (WILLS et al., 1998; PFAFFENBACH et al., 2003).

Na Figura 7, pode-se observar que a perda de matéria fresca aumentou linearmente, em função dos dias de avaliação, após a transferência para a temperatura de $22 \pm 0,39$ °C, para os cinco cultivares, nos três PA.

A perda de matéria fresca acumulada cresceu à medida que os frutos foram amadurecendo. Segundo Silva et al. (2009), a perda de massa fresca é um sintoma inicial de perda de água. Com o amadurecimento dos frutos, as membranas celulares vão perdendo sua permeabilidade seletiva; portanto, perdendo mais eletrólitos e água (PALMER, 1971) e, conseqüentemente, há maior perda de matéria fresca.

Os frutos da ‘Maçã’ apresentaram maior perda de matéria fresca durante todos os dias de avaliação, correspondendo a 6,57, 7,83 e 10,38% nos três PA, respectivamente, no 16º dia após a retirada dos buquês da câmara, enquanto a ‘Nanicão’ exibiu as menores perdas, com 3,98, 4,71 e 6,48%, respectivamente.

Segundo Finger et al. (1995), a perda de matéria fresca afeta a fase pré-climatérica de banana ‘Robusta’ (*Musa acuminata* Colla). Os mesmos autores relataram que perda de 5% de matéria fresca reduz em sete dias, e perda de 10% reduz em dez dias o período pré-climatérico. No presente trabalho, observou-se que frutos dos cultivares com maiores perdas de matéria fresca amadureceram mais rapidamente, de acordo com o índice de cor, evidenciando uma redução no período pré-climatérico.

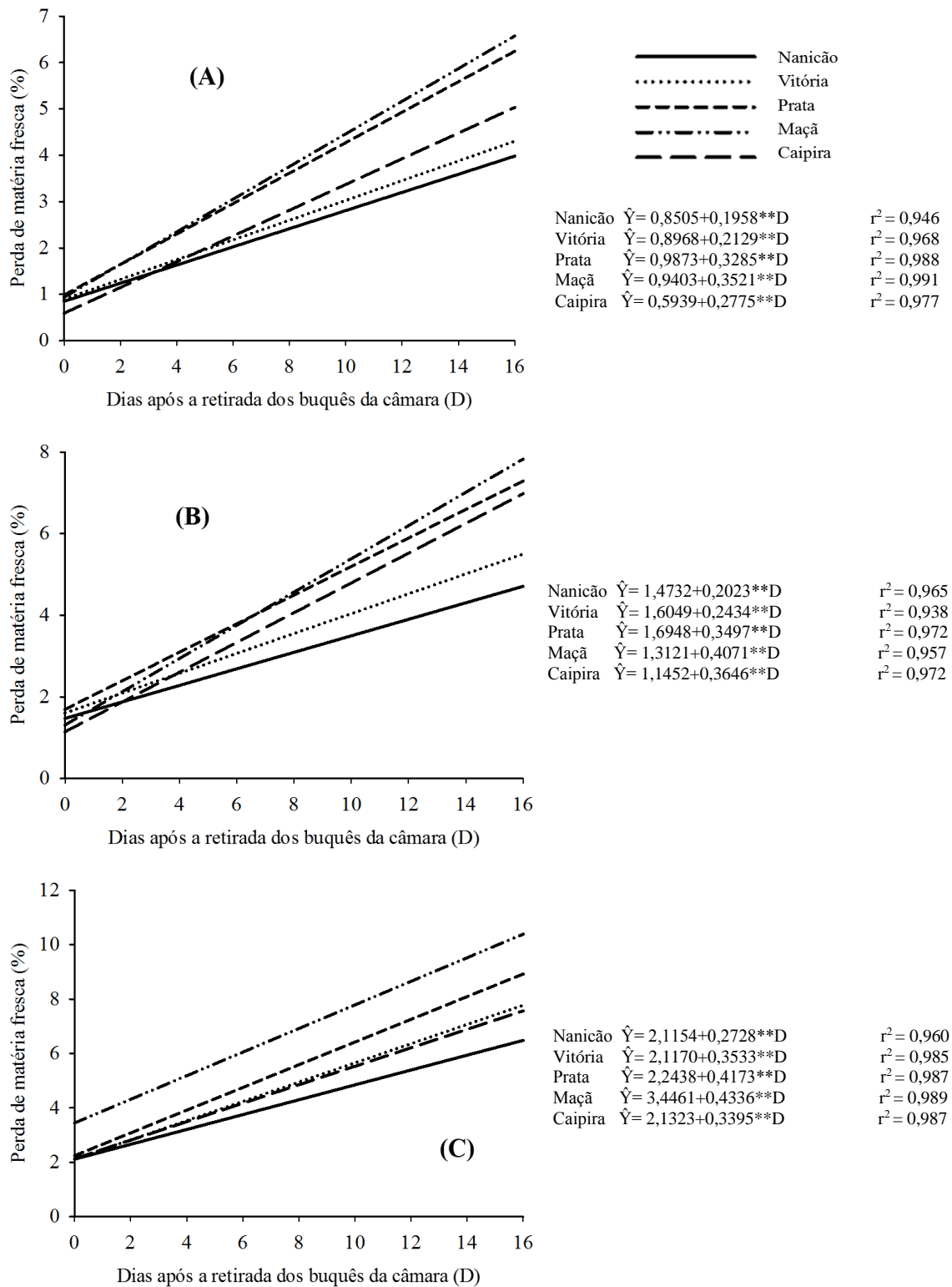


Figura 7. Estimativa da perda de matéria fresca acumulada de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C. ** Significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste 't'.

Perdas para produtos hortícolas da ordem de 3 a 6% são suficientes para causar um marcante declínio na qualidade, mas alguns produtos são ainda comercializáveis com 10% de perda de umidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Embora as perdas de matéria fresca encontradas no presente trabalho tenham ultrapassado esses valores, não foi observado sintomas de murcha nos frutos.

3.3 Consistência

A variável consistência da polpa apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett, entre os frutos da testemunha e os frutos da ‘Maçã’ e ‘Caipira’, armazenados por 14 e 21 dias (Tabela 6), observando-se reduções de 24,66 e 56,32% nos valores de consistência da polpa após 21 dias de armazenamento, respectivamente. Para os demais cultivares, os frutos permaneceram firmes. Salvador et al. (2007), trabalhando com bananas dos grupos AAA e AAB, armazenadas à 10 °C, por 16 dias, obtiveram valores de firmeza da polpa inalterados, logo após o armazenamento. Martins et al. (2007) relatam que a temperatura de 10 °C foi eficaz na prevenção do amaciamento dos frutos de ‘Prata-Anã’ provenientes de cachos com 16 e 18 semanas.

Tabela 6. Médias de valores de consistência da polpa de cinco cultivares de banana após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Consistência (N)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	42,9	29,7	39,7	37,4	39,9
7 D	41,8	32,9	32,1	33,6	35,3
14 D	38,7	30,8	30,9	28,6*	32,3*
21 D	43,2	27,0	32,6	28,2*	17,5*
CV ² (%)	12,77	11,93	17,76	9,14	12,97

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

Resultados de baixa consistência para os cultivares Caipira e Maçã após 14 e 21 de armazenamento refrigerado, demonstram que o transporte em longas distâncias pode ser inviável, uma vez que os frutos chegariam ao destino com polpa amolecida, ficando assim a comercialização restrita aos mercados locais.

Frutos da ‘Nanicão’ armazenados por 7 dias não apresentaram alterações na consistência da polpa, ao longo dos 16 dias de avaliação, observando-se valor 12 vezes

maior que os encontrados para os outros cultivares, no último dia de avaliação (Figura 8A). Comportamento semelhante foi observado no PA de 14 dias, quando a firmeza da polpa da ‘Nanicão’ permaneceu elevada (22,74 N), em comparação com a dos demais cultivares, que tiveram a consistência em média de 3,04 N. Observa-se então, com os resultados até o momento descritos, que os frutos do cultivar ‘Nanicão’ não completaram o amadurecimento após 7 e 14 dias de armazenamento refrigerado, seguidos de 16 dias a $22 \pm 0,39$ °C.

No PA de 21 dias, houve acentuada queda nos valores de consistência entre o 2º e 6º dias, para frutos de todos os cultivares, com exceção da ‘Nanicão’, que exibiu frutos com polpa mais firme. Pode-se observar que, quanto maior o período de armazenamento refrigerado, menor foi o período de amadurecimento à temperatura ambiente. Os frutos dos cultivares Caipira, Prata e Maçã amaciaram mais rapidamente após os períodos de armazenamento.

O amaciamento da banana é um importante atributo de qualidade no momento da comercialização, sendo um indicativo do avanço no seu amadurecimento (MATSUURA et al., 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005). A redução na firmeza da polpa dos frutos geralmente ocorre em virtude da ação de enzimas que atuam em sua parede celular. Segundo Vilas Boas et al. (2004) e Silva et al. (2006), o amaciamento dos frutos está associado à hidrólise de amido e à solubilização das substâncias pécnicas, e também à perda de água.

De um modo geral, no presente trabalho, o armazenamento refrigerado foi eficaz na prevenção do amaciamento dos frutos da maioria dos cultivares.

3.4 Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (SS) diferiu entre os frutos da testemunha e os frutos da ‘Prata’ e ‘Maçã’, armazenados por 14 e 21 dias, e da ‘Nanicão’, armazenados por 21 dias (Tabela 7). Observou-se, em média, aumento de 33% nos valores de SS nesses frutos. Este aumento percentual foi menor que o encontrado por Martins et al. (2007), que trabalhando com banana ‘Prata-Anã’, armazenada à 10 °C, por 35 dias, observaram que o teor de sólidos solúveis mais que duplicou após o fim do armazenamento. Este fato decorre da hidrólise parcial do amido mesmo durante o armazenamento em baixa temperatura (BLEINROTH, 1995).

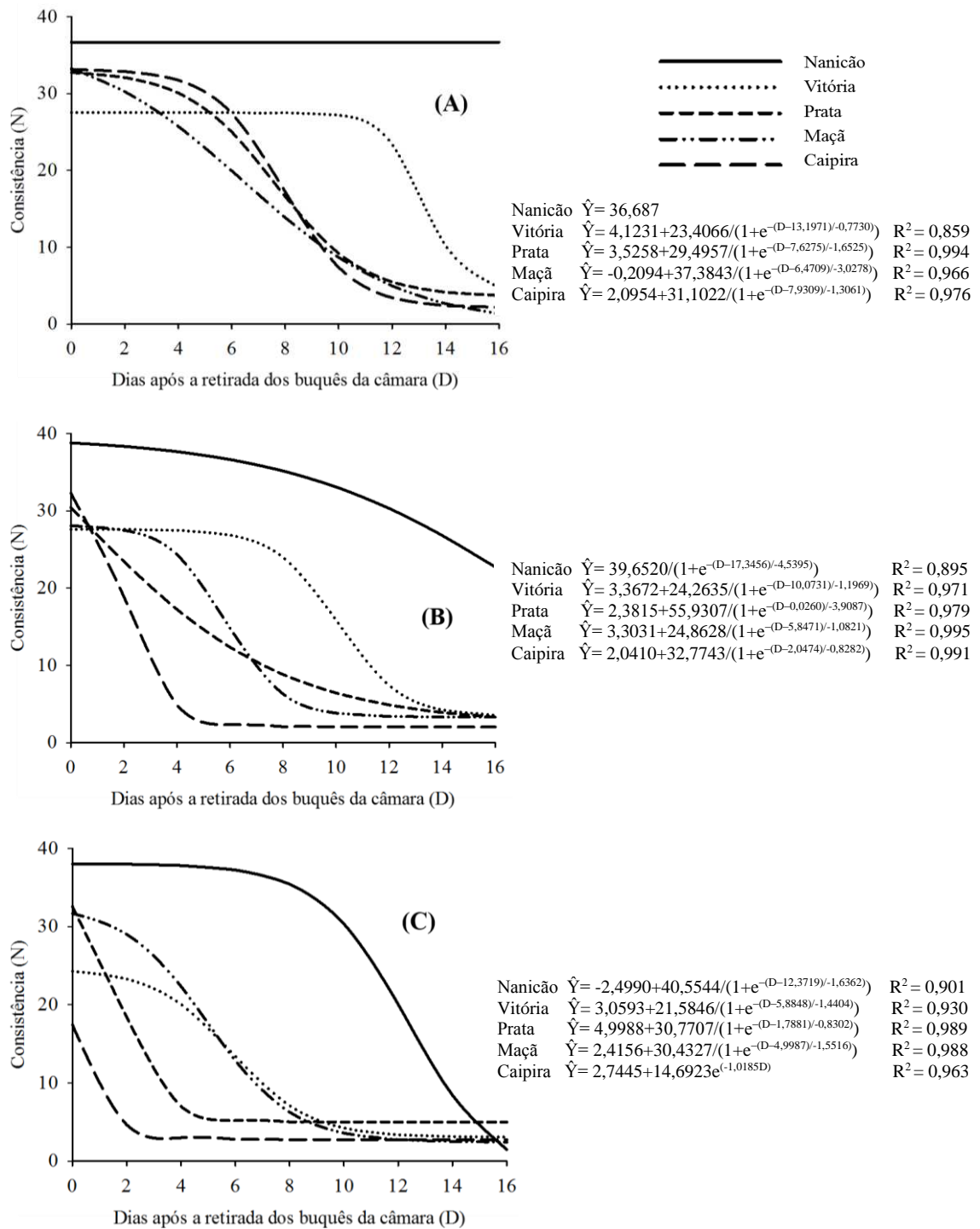


Figura 8. Estimativa da consistência da polpa de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento, à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

O teor de sólidos solúveis apresentou comportamento sigmoidal, em função dos dias de avaliação (D), para os cinco cultivares, nos três períodos de armazenamento (Figura 9), com exceção da ‘Vitória’ no PA de 7 dias, que apresentou padrão exponencial.

Tabela 7. Médias do teor de sólidos solúveis de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	9,63	11,67	10,50	10,99	8,58
7 D	11,27	13,13	10,41	11,88	9,73
14 D	10,88	13,25	13,41*	12,99*	8,87
21 D	12,31*	13,98	15,34*	13,73*	9,73
CV ² (%)	10,03	8,14	9,52	8,01	10,04

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

Em geral, os cultivares ‘Prata’ e ‘Maçã’ apresentaram os maiores teores de SS ao final dos três PA, com média 26,20 e 25,62 °Brix, respectivamente (Figura 9). Esses valores estão próximos dos obtidos por Pinheiro et al. (2007), em ‘Maçã’ (26,3 °Brix) e Nascimento Júnior et al. (2008), em ‘Prata’ (24,38 °Brix). A evolução dos SS em bananas ‘Nanicão’ foi bastante lenta durante o período de avaliação, após os três PA, apresentando aumento significativo, somente a partir do 10º dia, após o PA de 21 dias, coincidindo com o avanço na coloração da casca, de verde para amarelo e com o decréscimo na consistência da polpa.

No presente trabalho, os teores de sólidos solúveis nos frutos maduros oscilaram entre 17,7 e 26,8 °Brix. Jesus et al. (2004), estudando diferentes genótipos de bananeira, observaram teores SS variando de 19,8 a 27,4 °Brix no fruto maduro, valores concordantes com os do presente trabalho. Os sólidos solúveis são usados como indicadores de maturidade e também determinam a qualidade da fruta, exercendo importante papel no sabor (VILAS BOAS et al., 2004; SILVA et al., 2006). Segundo Bleinroth (1995), o valor máximo de sólidos solúveis alcançado para os diversos cultivares de bananeira é 27 °Brix, podendo diminuir quando a fruta se encontra madura.

3.5 Acidez titulável

Nos cultivares Nanicão e Vitória, esta variável não apresentou diferença estatística entre os frutos da testemunha (dia do início do armazenamento) e o fim dos períodos de armazenamento (Tabela 8), indicando que os frutos permaneceram no estágio pré-climatérico. Este resultado é similar ao encontrado por Martins et al. (2007), que

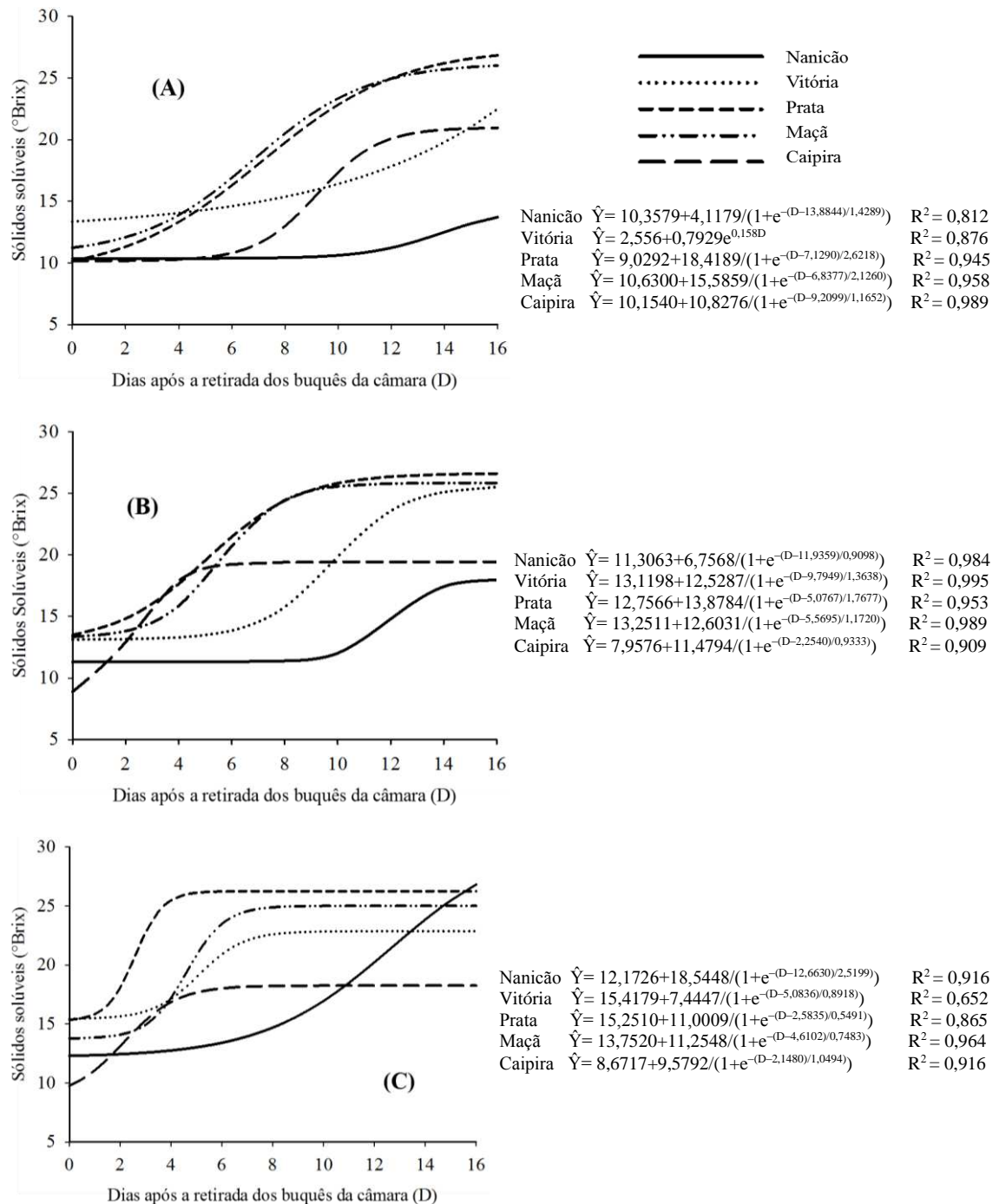


Figura 9. Estimativa do teor de sólidos solúveis da polpa de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

trabalhando com banana ‘Prata-Anã’, armazenada à 10 °C, não observaram alterações na acidez titulável dos frutos, após 35 dias de armazenamento. Lima et al. (2014) também não observaram efeito claro do armazenamento refrigerado (14 °C) sobre a acidez de bananas ‘Caipira’. No entanto, no presente estudo, os frutos da ‘Prata’, ‘Maçã’ e Caipira’ apresentaram, em média, valores de acidez titulável 41,5% maiores que a testemunha,

Tabela 8. Médias da acidez titulável de polpa de cinco cultivares de banana após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Acidez titulável (g de ácido málico 100 g ⁻¹ de polpa)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	0,294	0,292	0,209	0,203	0,255
7 D	0,322	0,279	0,223	0,264*	0,279
14 D	0,324	0,306	0,312*	0,274*	0,284
21 D	0,337	0,330	0,303*	0,292*	0,346*
CV ² (%)	13,09	12,92	12,15	9,39	8,40

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

após 21 dias de armazenamento, o que sugere o início de amadurecimento durante o período sob refrigeração.

A acidez titulável nos frutos da ‘Nanicão’ não sofreu variação durante as avaliações, após 7 dias de armazenamento, com média de 0,35 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa, indicando que os frutos permaneceram verdes, não iniciando o amadurecimento (Figura 10A). Lichtemberg et al. (2001) verificaram que os frutos do cultivar Grande Naine (AAA) possuem pouca doçura e não completaram normalmente a maturação, quando armazenados verdes por 20 dias, à 10 °C. Após 21 de armazenamento refrigerado mais 16 dias, à $22 \pm 0,39$ °C, a polpa da ‘Nanicão’ atingiu valor máximo de acidez titulável de 0,43 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa (Figura 10C). Jesus et al. (2004) constataram acidez de 0,30 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa de ácido málico em bananas ‘Nanica’, enquanto Fernandes et al. (2010) encontraram acidez de 0,41 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa em bananas ‘Nanicão’.

A acidez titulável apresentou comportamento quadrático, em função dos dias de avaliação (D), para os cultivares Vitória, Prata e Maçã, após 21 dias de armazenamento refrigerado (Figura 10C). Os valores máximos de acidez titulável para esses cultivares foram obtidos aos 8,35, 8,12 e 9,18 dias respectivamente. Comportamento semelhante foi observado por Rocha et al. (2009) em bananas ‘Prata’. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o aumento na acidez pode estar relacionado ao desdobramento do amido em açúcares redutores e sua conversão em ácido pirúvico, provocada pela respiração das frutas. Segundo Bleinroth et al. (1992), a banana no estágio verde caracteriza-se por apresentar uma baixa acidez, aumentando com o decorrer do amadurecimento, até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para posteriormente decrescer.

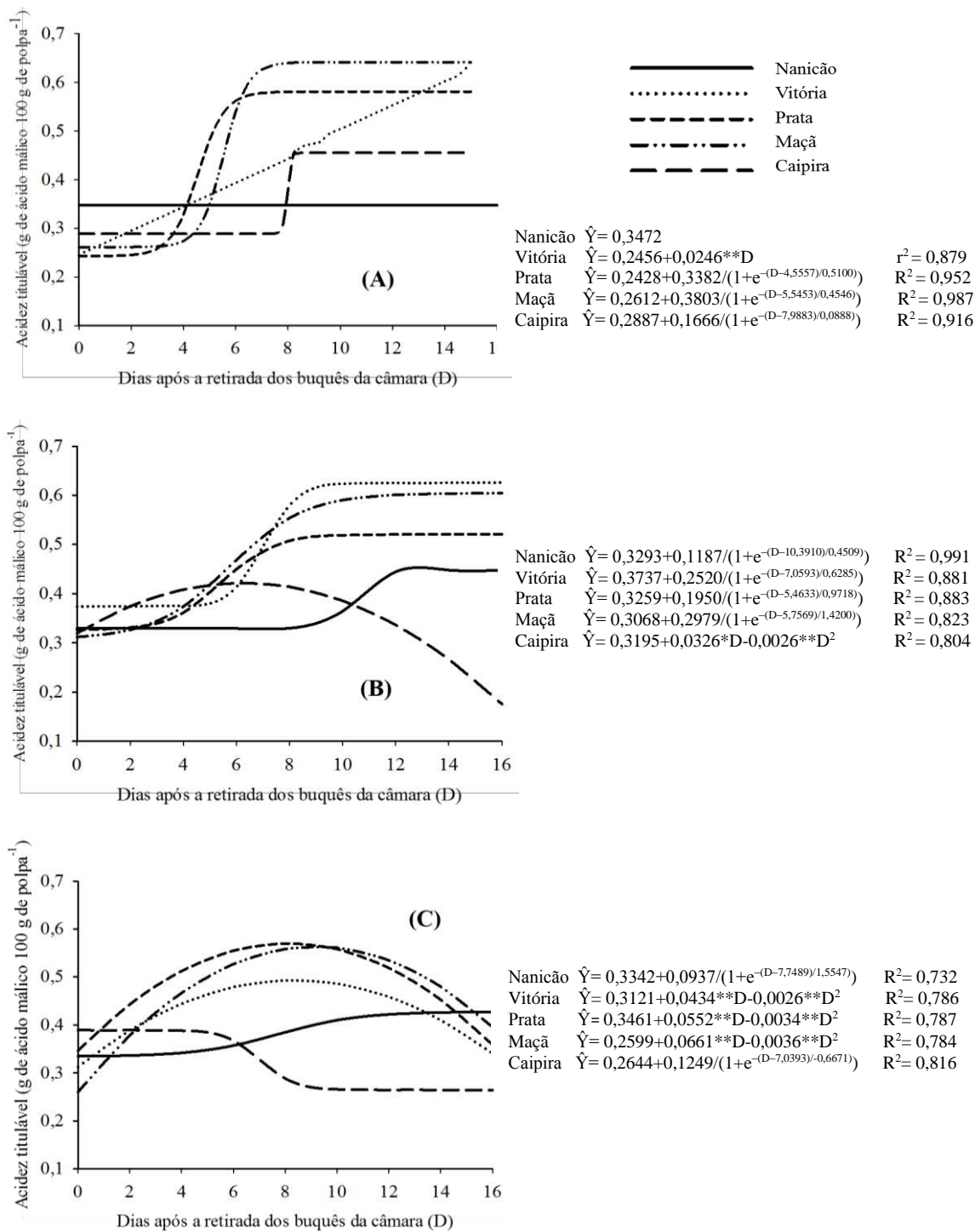


Figura 10. Estimativa da acidez titulável da polpa de diferentes cultivares de bananeira, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C. **Significativos, a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste ‘t’.

Os valores de acidez titulável obtidos neste trabalho variaram de 0,18 a 0,64 g de ácido málico 100 g^{-1} de polpa de málico por 100 g de polpa em frutos maduros. Valores encontrados na literatura (CANO et al., 1997; IMSABAI et al., 2006; PINHEIRO et al.,

2007; VIVIANI; LEAL, 2007) para acidez titulável oscilam entre 0,26 e 0,67 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa de málico por 100 g de polpa, sendo valores próximos aos obtidos neste trabalho. Os valores observados também estão de acordo com Fernandes et al. (1979) que afirmam que a acidez em bananas varia de 0,17 a 0,67 g de ácido málico 100 g⁻¹ de polpa.

Entre os dias 4 e 8 que se seguiram aos 21 dias de armazenamento refrigerado, os frutos dos cultivares Vitória, Prata, Maçã e Caipira estavam maduros na condição ideal de consumo, pois apresentavam índice de cor da casca 6 (casca completamente amarela), polpa com baixa resistência (macios), teor de sólidos solúveis e acidez titulável máximos.

3.6 Injúria por frio (chilling)

A variável injúria por frio ou chilling apresentou diferença estatística entre os frutos da testemunha (dia do início do armazenamento) e os frutos da ‘Nanicão’ (AAA), armazenados por 14 e 21 dias, e os frutos da ‘Maçã (AAB), armazenadas por 21 dias (Tabela 9). Foram observados sintomas leves de escurecimento dos feixes vasculares da casca assim que os frutos foram transferidos para a temperatura de 22 °C. Jyang et al. (2004) não observaram sintomas de chilling em frutos de banana ‘Williams’ (AAA), armazenados por 8 dias, à 13 °C, logo após o armazenamento. Martins et al. (2007) também não relataram sintomas de dano por frio em bananas ‘Prata-Anã’ (AAB) colhidas em Nova Porteirinha, norte de Minas Gerais e armazenadas à 10 °C, por 35 dias. No entanto, Lichtemberg et al. (2001) verificaram grandes áreas com manchas verdes na epiderme de bananas ‘Grande Naine (AAA) colhidas em Itajaí, Santa Catarina e armazenadas por 20 dias, à 10 °C.

Tabela 9. Médias das notas de chilling em frutos de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de 10,53 ± 0,37 °C

Tratamentos	Chilling				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	1,000	1,0	1,0	1,0	1,0
7 D	1,000	1,0	1,0	1,0	1,0
14 D	1,500*	1,0	1,0	1,0	1,0
21 D	1,833*	1,0	1,0	2,0*	1,0
CV ² (%)	22,82	-	-	12,45	-

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; e ² Coeficiente de variação amostral. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

Observa-se, na Figura 11, que os danos por frio aumentaram com o avanço do tempo de armazenamento, durante o período de avaliação, para todos os cultivares. Comportamento semelhante foi observado em bananas do grupo AAA, armazenadas em baixas temperaturas (WANG et al., 2014; WU et al., 2014).

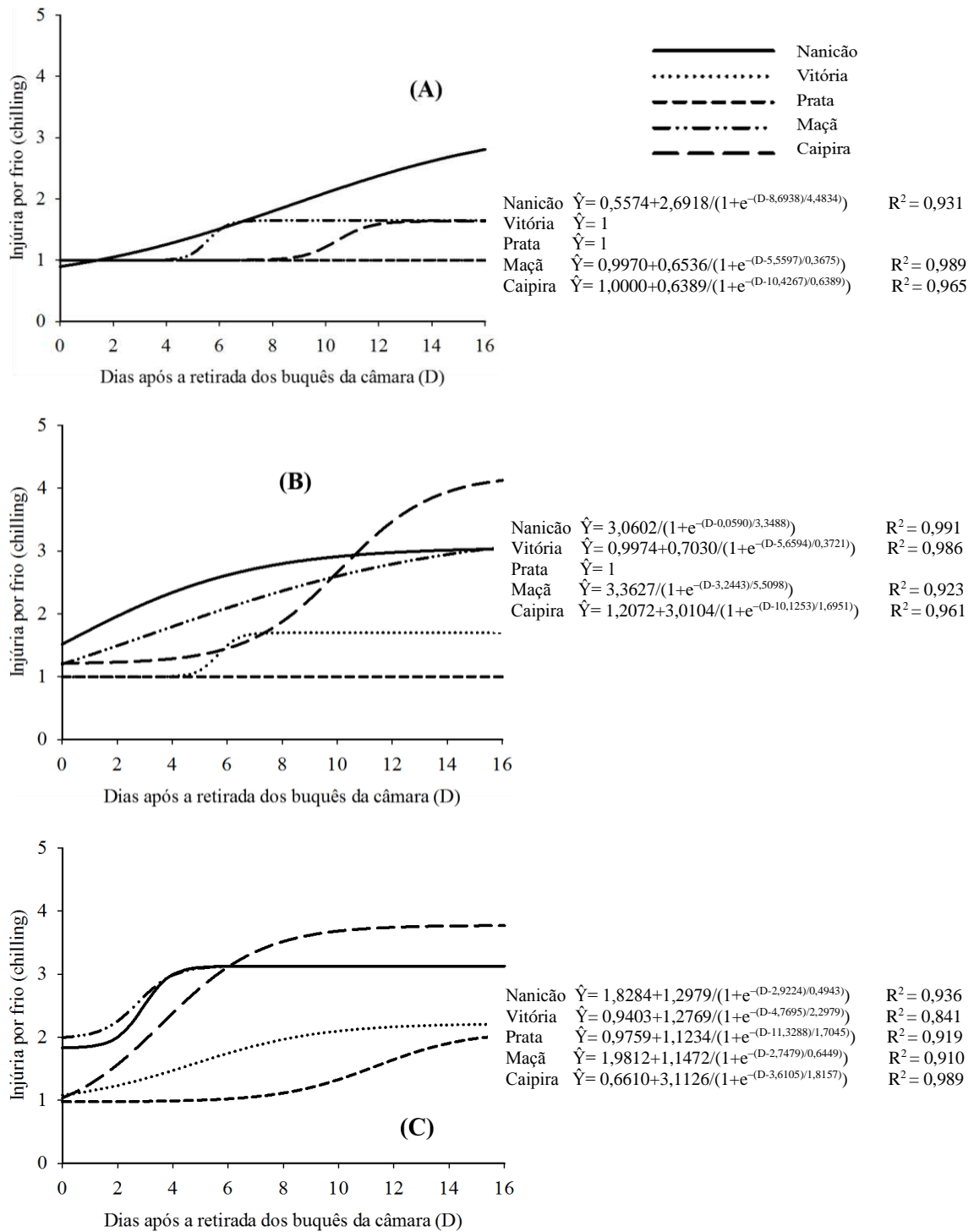


Figura 11. Estimativa da injúria por frio (chilling) em frutos de diferentes cultivares de bananeira, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

Os frutos da ‘Prata’ (AAB) e ‘Vitória’ (AAAB) não manifestaram sintomas de chilling ao decorrer das avaliações, após serem armazenados por 7 dias sob refrigeração (Figura 11A), e apenas ‘Prata’ atingiu completo amadurecimento nesse período. Bananas ‘Prata’ manifestaram sintomas leves de chilling somente a partir do 10º dia de avaliação, após PA de 21 dias sob refrigeração (Figura 11C), quando os frutos já se encontravam totalmente maduros.

Bananas ‘Vitória’ manifestaram sintomas leves de chilling a partir do 6º dia de avaliação, após PA de 14 dias sob refrigeração, quando os frutos ainda se encontravam verdes. Inicialmente, os sintomas de chilling observados nos frutos da ‘Caipira’, ‘Maçã’ e ‘Nanicão’ foram leves, com ausência de escurecimento visível na casca, porém com áreas cinzentas na superfície da casca. Os sintomas tornaram-se mais intensos quando os frutos completaram o amadurecimento.

Após 21 dias de armazenamento, bananas ‘Prata’ e ‘Vitória’ apresentaram os menores danos por frio ao longo das avaliações, com valores, em média, 32,2, 32,21 e 43,9% menores que os encontrados em ‘Nanicão’, ‘Maçã’ e ‘Caipira’, respectivamente, no 16º dia de avaliação. Os frutos da ‘Caipira’, ‘Nanicão’ e ‘Maçã’ apresentaram coloração opaca quando maduros (Figura 12), possivelmente em função dos menores valores de croma. Esses cultivares também apresentaram linhas contínuas escuras ao longo da epiderme da casca (Figura 13). Segundo Morrelli et al. (2003), a sensibilidade ao frio depende da temperatura, do tempo de exposição e dos cultivares. Além disto, também parece estar relacionado com o grupo genômico (ROBINSON; SAÚCO, 2010).

Lichtemberg et al. (2001) armazenaram frutos dos cultivares de banana Grande Naine (AAA), Prata-Anã (AAB), Mysore (AAB) e FHIA-01 (AAAB) a temperatura de 10 °C e observaram que o genoma B (*Musa balbisiana*) confere maior resistência em baixas temperaturas quando comparado com o genoma A (*Musa acuminata*). Esse comportamento também foi constatado no presente estudo, uma vez que os cultivares Prata (AAB) e Vitória (AAAB) foram mais tolerantes ao armazenamento refrigerado, embora, o cultivar Maçã (AAB) apresentasse sintomas de chilling.

Em bananas, sintomas de chilling manifestam-se em temperaturas de armazenamento relativamente altas (12 °C) e são agravados com o declínio da temperatura (CHEN et al., 2008). Se comparada a outros frutos subtropicais, como os citros, a banana pode ser considerada muito sensível ao frio (HAILU et al., 2013). Quando os frutos são submetidos a temperaturas levemente inferiores a 12 °C, mesmo que por um curto período, há formação de pontuações necróticas e escurecimento da casca. Além disto,

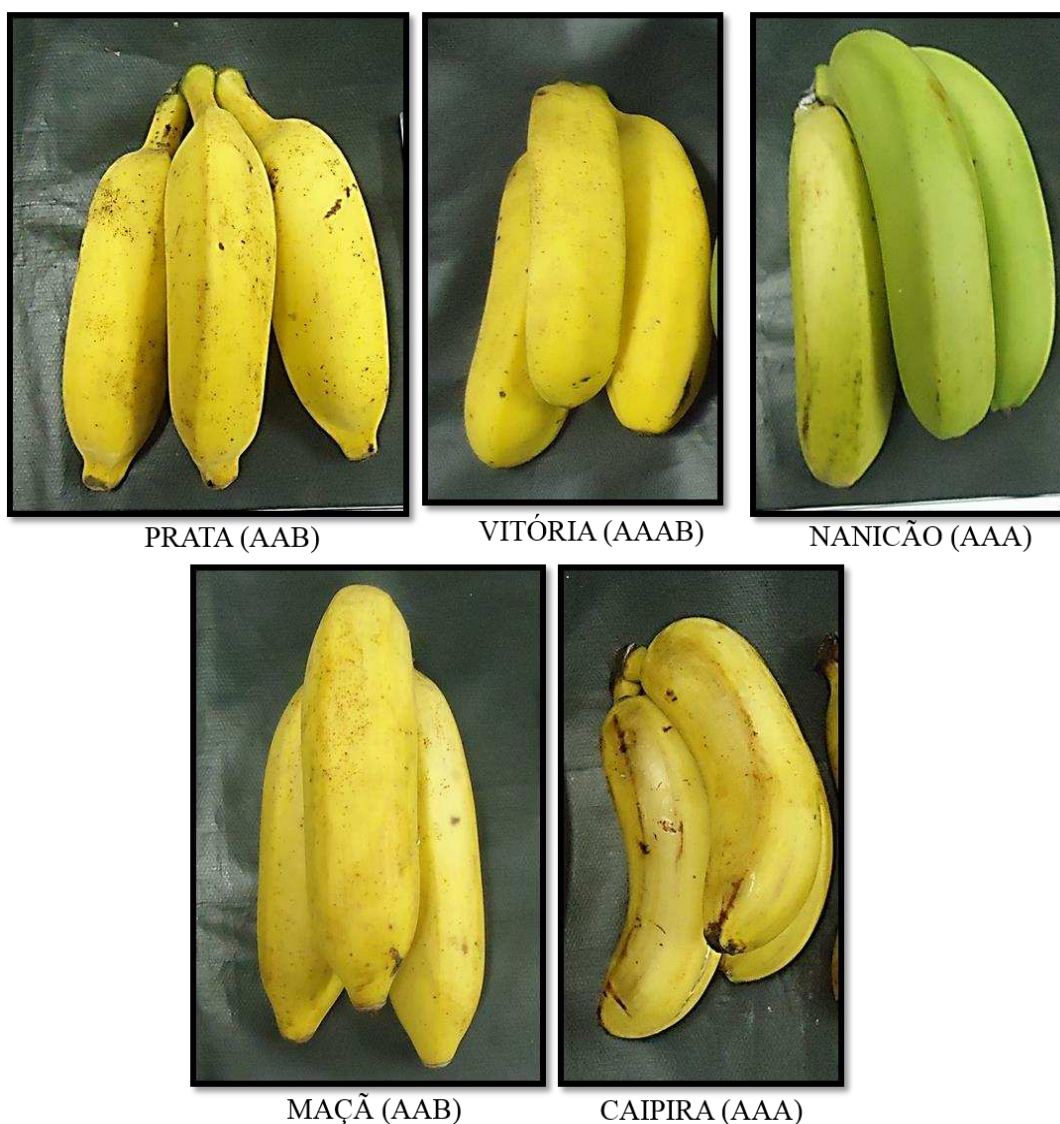


Figura 12. Exteriorização visual das injúrias por frio em diferentes cultivares de bananeira, armazenadas por 21 dias à 10 °C, no 6º dia, após a retirada dos buquês da câmara. Os sintomas são evidentes nos cultivares Nanicão, Maçã e Caipira.

outros sintomas secundários, como ausência de aroma característico, enrijecimento da polpa e amadurecimento anormal, também são evidenciados (NGUYEN et al., 2003; WANG et al., 2007; WANG et al., 2012), o que inviabiliza a comercialização por afetar não apenas a casca, mas o fruto por completo.

Em nível molecular, acredita-se que a alteração na conformação e estrutura dos lipídios que compõem as membranas biológicas, seja o evento inicial que desencadeia as injúrias de frio nos tecidos vegetais (LYONS, 1973; RAISON; ORR, 1990). Este evento foi denominado de Teoria de Transição de Fases, que se caracteriza pela mudança de estado dos lipídeos que compõem as membranas, os quais passam de “gel líquido cristalino” para “gel sólido”; isto ocorre em função de plantas sensíveis à injúria por frio

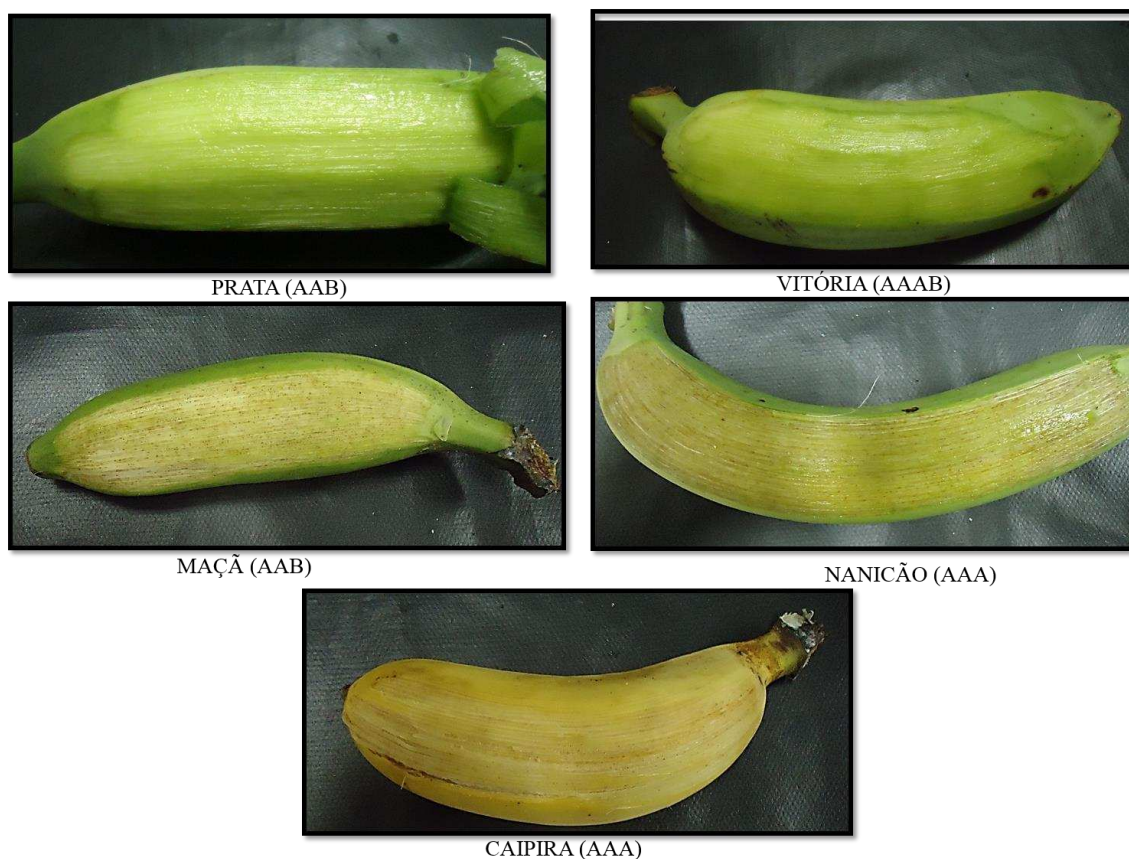


Figura 13. Detalhes das injúrias por frio na porção subepidérmica da casca de frutos de diferentes cultivares de bananeira, armazenadas por 21 dias à 10 °C.

apresentarem maior percentagem de ácidos graxos saturados em relação a plantas resistentes (ZHU et al., 2008) e os ácidos graxos desta natureza tendem a se solidificar em temperaturas relativamente altas (MARKHART, 1986). Esta resposta pode resultar em alterações do metabolismo, como extravasamento de íons, perda da atividade mitocondrial, alterações na produção de etileno, nos sistemas enzimáticos associados à membrana e acúmulo de metabólitos tóxicos, como etanol e acetaldeído (WILLS et al., 1998).

3.7 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais apresentaram diferença estatística entre os frutos da testemunha (dia do início do armazenamento) e após os três PA para os frutos da ‘Nanicão’ e ‘Prata’, e para os frutos da ‘Caipira’ a partir de 14 dias de armazenamento (Tabela 10). Em média, nestes cultivares, os valores dos compostos fenólicos reduziram 35,84% após o fim do armazenamento. Thé et al. (2001) encontraram teores de fenólicos

Tabela 10. Médias dos compostos fenólicos totais da casca de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Compostos fenólicos totais (mg de EAG ³)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	42,194	39,559	53,704	29,055	42,239
7 D	34,482*	36,913	37,094*	22,836	37,049
14 D	35,975*	37,671	41,628*	28,342	29,530*
21 D	31,452*	34,460	38,650*	28,218	19,421*
CV ² (%)	6,10	6,73	9,70	9,97	11,07

Médias seguidas de “*” diferiram estatisticamente da testemunha, pelo teste de Dunnett, a 5% de probabilidade. ¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento; ² Coeficiente de variação amostral; e ³ Valores expressos como Equivalentes de Ácido Gálico (EAG), em miligramas, por 100 g de matéria fresca. D = dias; e CV = coeficiente de variação.

totais estatisticamente superiores em frutos de abacaxi, logo após a colheita em relação aos armazenados sob refrigeração, o que também foi observado neste trabalho. No entanto, foi observado acúmulo de compostos fenólicos em cascas de bananas ‘Kluai Khai’ (AA) e ‘Kluai Hom Thong’ (AAA), armazenadas à 6 e 10 °C, por 15 dias (NGUYEN et al., 2003) e em batata-baroa, armazenadas por 28 dias, à 5 e 10 °C (MENOLLI et al., 2008), logo após o fim do armazenamento.

Após a transferência dos frutos para a temperatura de 22 °C, os compostos fenólicos totais aumentaram gradualmente em todos os cultivares (Figura 14). Frutos da ‘Caipira’, ‘Maçã’ e ‘Nanicão’ apresentaram os menores valores após a retirada dos buquês da câmara fria, com teores de 19,80, 27,39 e 31,98 mg de EAG 100 g⁻¹, respectivamente. Os maiores teores foram encontrados na casca de ‘Prata’, durante as avaliações, após os três PA, com valor máximo de 60,22, no 16º dia, após 21 dias de armazenamento. Nascimento Júnior et al. (2008) também observaram maiores valores de compostos fenólicos em bananas ‘Prata’ em relação ao cultivar Nanicão.

Os valores de compostos fenólicos totais obtidos neste trabalho variaram de 19,80 a 60,22 mg de EAG 100 g⁻¹. Sulaiman et al. (2011) avaliando a capacidade antioxidante de oito cultivares de banana na Malásia, observaram teor máximo de fenólicos totais de 76,37 mg de EAG 100 g⁻¹ na casca. De acordo com esses autores, os diferentes cultivares de banana, assim como os métodos de extração e análise, podem contribuir para a variação nos teores de compostos fenólicos.

Apesar dos compostos fenólicos serem considerados como um dos fatores causais de escurecimento em produtos hortícolas, eles apresentam também função de proteção contra Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), onde estão incluídos os ânions

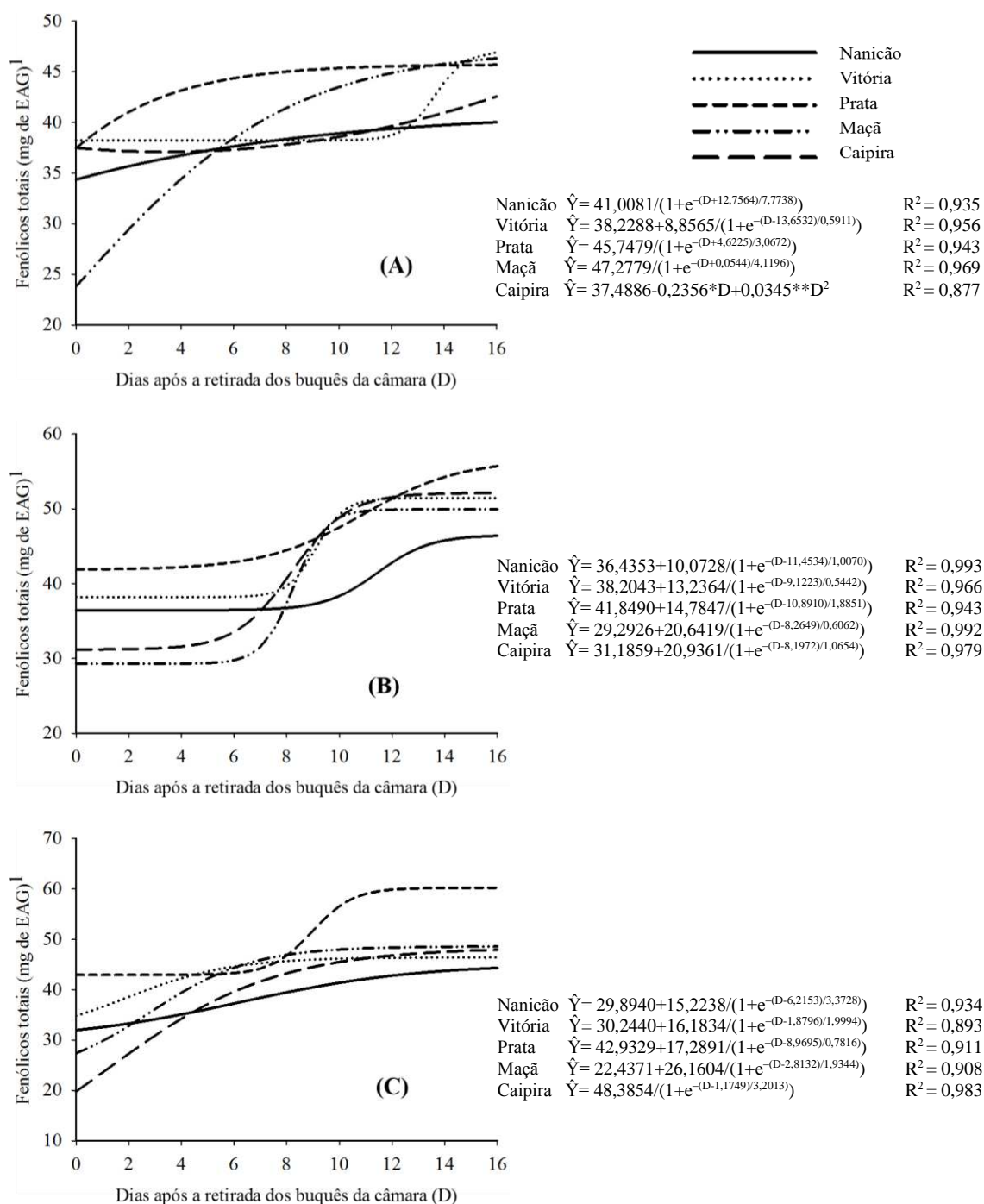


Figura 14. Estimativa dos compostos fenólicos totais da casca de diferentes cultivares de banana, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.¹ Valores expressos como Equivalentes de Ácido Gálico (EAG), em miligramas por 100 g de matéria fresca. * e ** Significativos, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste 't'.

superóxidos ($O^{\bullet-}$), os radicais hidroxilas (OH^{\bullet}) e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que causam peroxidação dos lipídeos, danificando as organelas (DE MARTINO et al., 2006). Em maçãs, Vieira et al. (2009) observaram que cultivares resistentes à sarna possuem

maior teor de compostos fenólicos totais na casca em comparação com cultivares suscetíveis. De forma semelhante, o cultivar ‘Prata’, que apresentou maior tolerância ao chilling, obteve os maiores valores de fenólicos totais, no presente trabalho.

3.8 Atividade da polifenoloxidase

A atividade da polifenoloxidase (PPO, catecol oxidase EC 1.14.18.1) da casca aumentou durante o período de armazenamento (Tabela 11) e ao longo das avaliações, após a retirada dos buquês da câmara, para a maioria dos cultivares (Figura 15). A enzima PPO é encontrada praticamente em todos os tecidos vegetais (CORRÊA et al., 2007), e sua atividade depende da espécie, das condições de cultivo e do estágio de maturação (MARTINS et al., 2004). Em maçãs, verificou-se aumento na atividade da enzima ao longo do amadurecimento (COSETENG; LEE, 1987), assim como observado no presente trabalho; enquanto para jabuticabas (VIEITES et al., 2011) e abacates (VIEITES et al., 2012) o comportamento foi contrário.

Tabela 11. Médias da atividade da polifenoloxidase da casca de cinco cultivares de banana, após diferentes períodos de armazenamento, à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C

Tratamentos	Atividade da polifenoloxidase da casca (Unidade de enzima g ⁻¹)				
	Nanicão	Vitória	Prata	Maçã	Caipira
Testemunha ¹	0	0	0	0	0
7 D	0	0	0	411,11	0
14 D	1.144,44	216,67	0	155,56	0
21 D	694,44	0	0	794,44	155,5

¹ Média apresentada pelos frutos no dia do armazenamento. D = dias.

Após 7 dias de armazenamento refrigerado, bananas ‘Maçã’ apresentaram os maiores valores de atividade da PPO, durante os 16 dias de avaliações, com pico de 6.106 UE g⁻¹. Frutos da ‘Prata’ apresentaram os menores valores de atividade da PPO, ao longo do amadurecimento, após 14 dias de armazenamento refrigerado, com média geral de 87,9 UE g⁻¹. Em bananas ‘Maçã’, o acréscimo na atividade da enzima polifenoloxidase foi de 41,2 vezes (Figura 15).

Após 21 dias de armazenamento, ‘Prata’ e ‘Vitória’ apresentaram os menores valores para essa variável, ao longo do amadurecimento, com picos de 283 e 609 UE g⁻¹, respectivamente, enquanto as maiores atividades de PPO foram observadas em frutos de

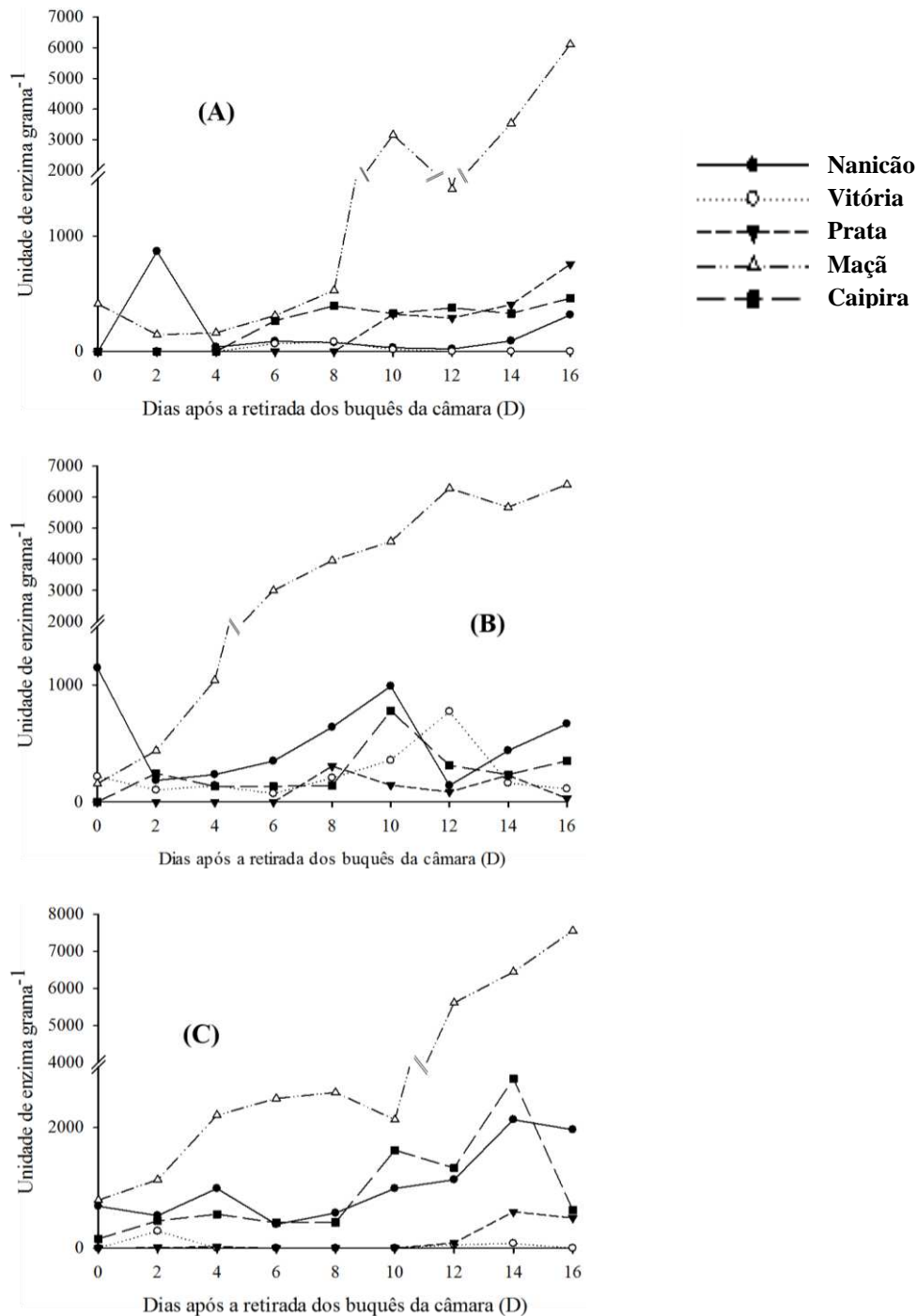


Figura 15. Atividade da polifenoloxidase da casca de diferentes cultivares de bananeira, em função do período de avaliação (D), após 7 (A), 14 (B) e 21 (C) dias de armazenamento, à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C.

‘Maçã’, ‘Caipira’ e ‘Nanicão’, com picos de 7.556, 2.806 e 2.128 UE g⁻¹, respectivamente (Figura 15C). Os valores superiores de PPO na casca estão condizentes com os sintomas de chilling mais evidentes nos frutos desses três cultivares (Figuras 11, 12 e 13).

A PPO é uma oxidase terminal de grande ocorrência em plantas, que cataliza a oxidação de compostos fenólicos, resultando no escurecimento de tecidos de produtos

hortícolas por meio da conversão de monofenóis a difenóis (atividade da monofenoloxidase) e oxidação desses últimos (atividade da difenoloxidase) (ZHANG; QUANTICK, 1997). Esta oxidação ocorre em consequência da desestruturação das membranas, após a exposição do tecido a baixas temperaturas, liberando compostos fenólicos que se encontravam armazenados nos vacúolos e que são depositados nas paredes celulares, entrando em contato com as enzimas oxidativas peroxidase e polifenoloxidase (NGUYEN et al., 2003).

Os resultados de aumento da atividade da polifenoloxidase confirmam o estresse sofrido pelos frutos submetidos à baixa temperatura de armazenamento. O escurecimento da casca em função da atividade das enzimas oxidativas, tem como consequência uma aparência desagradável para o consumidor, podendo haver alterações no sabor. Nos mercados mais exigentes, frutos com estes sintomas são rejeitados e muitas vezes descartados, contribuindo para o desperdício de alimento.

4. CONCLUSÕES

As bananas 'Prata' (AAB) e 'Vitória' (AAAB) mostraram-se mais tolerantes ao armazenamento refrigerado, na temperatura de 10 °C, por até 21 dias, exibindo amadurecimento normal após a transferência para a temperatura de 22 °C. Os cultivares Caipira (AAA), Nanicão (AAA) e Maçã (AAB) foram mais suscetíveis ao armazenamento a baixa temperatura.

Frutos da 'Nanicão' tiveram amadurecimento incompleto após 7 e 14 dias de armazenamento refrigerado, atingindo o ponto ideal de consumo somente após o período de armazenamento de 21 dias.

O aumento do tempo de armazenagem à 10 °C aumenta a intensidade dos danos causados aos frutos de 'Caipira', 'Maçã' e 'Nanicão'.

A injúria por frio, após o período de armazenamento de 7 dias, foi maior em frutos de 'Nanicão' e, em 'Caipira'; a injúria foi maior após os períodos de armazenamento de 14 e 21 dias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPIAN, R. G. D.; PERONI-OKITA, F. H. G.; SOARES, C. A.; MAINARDI, J. A.; NASCIMENTO, J. R. O.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M.; PURGATTO, E. Low temperature induced changes in activity and protein levels of the enzymes associated to conversion of starch to sucrose in banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, p. 133-140, 2011.

AMORIM, E. P.; VILARINHOS, A. D.; COHEN, K. O.; AMORIM, V. B. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; SILVA, S. O.; PESTANA, K. N. SANTOS, V. J.; PAES, N. S. MONTE, D. C.; REIS, R. V. Genetic diversity of carotenoid-rich bananas evaluated by Diversity Arrays Technology (DArT). **Genetics and Molecular Biology**, v. 32, n. 1, p. 96-103, 2009.

BLEINROTH, E. W. Matéria-prima. In: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (Ed.). **Banana: Matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1995. p. 133-196.

BLOOR, S. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in Enzymology**, v. 335, p. 3-14, 2001.

CANO, M. P.; ANCOS, B.; MATAALLANA, M. C.; CÁMARA, M.; REGLERO, G.; TABERA, J. Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. **Food Chemistry**, v. 59, p. 411-419, 1997.

CARVALHO, A. V.; SECCADIO, L. L.; MOURÃO JÚNIOR, M.; NASCIMENTO, W. M. O. Qualidade pós-colheita de cultivares de bananeira do grupo 'Maçã', na região de Belém, PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1095-1102, 2011.

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

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

COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

CORRÊA, M. O. G.; PINTO, D. D.; ONO, E. O. Análise da atividade respiratória em frutos de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 831-833, 2007.

COSETENG, M. Y.; LEE, C. Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. **Journal of Food Science**, New York, v. 52, n. 4, p. 985-989, 1987.

DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods.** Inibap Technical Guidelines 2. Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.

DE MARTINO, G.; VIZOVITIS, K.; BOTONDI, R.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, A. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 38-47, 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção da bananeira irrigada.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fonteshtml/Banana/BananeiraIrrigada/cultivares.htm>>. Acesso em: 9 ago. 2014.

FACUNDO, H. V. V.; GARRUTI, D. S.; DIAS, C. T. S.; CORDENUSI, B. R. C.; LAJOLO, F. M. Influence of different banana cultivars on volatile compounds during ripening in cold storage. **Food Research International**, v. 49, p. 626-633, 2012.

FACUNDO, H. V. V. **Armazenamento a baixas temperaturas de diferentes cultivares de bananas: efeito nos atributos de qualidade.** 2012. 180 f. Tese (Doutorado em Ciências dos alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FAO. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Faostat.** Disponível em: <<http://faostat3.fao.org>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

FERNANDES, E. G.; LEAL, P. A. M.; SANCHES, J. Climatização e armazenamento refrigerado na qualidade pós-colheita de bananas 'Nanicão'. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 735-743, 2010.

FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of Silver bananas. **Journal of Food Science**, v. 44, p. 1254-1255, 1979.

FIDLER, J. Long term storage of fruit. **Banano y otras Musaceas.** Aspectos Post-cosecha. Panamá, 1981. 273 p.

FINGER, F. L.; PUSCHMANN, R.; BARROS, R.S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 7, n. 1, p. 115-118, 1995.

FLURKEY, W. H.; JEN, J. J. Peroxidase e polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 6, p. 1826-1831, 1978.

HAILU, M.; WORKNEH, T. S.; BELEW, D. Review on postharvest technology of banana fruit. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 7, p. 635-647, 2013.

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

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal**. 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

IMSABAI, W.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Physiological and biochemical changes during banana ripening and finger drop. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 211-216, 2006.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Métodos físico-químicos para análise de alimentos, 4. ed., 1ª Ed. Digital, São Paulo: IAL, 2008, p. 83-160 e 739-758.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; JIANG, W.; LU, W. Effects of chilling temperatures on ethylene binding by banana fruit. **Plant Growth Regulation**, v. 43, p. 109-115, 2004.

LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p. E.029-036, 2011.

LICHTEMBERG, L. A.; MALBURG, J. L.; HINZ, R. H. Cold damage in bananas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 568-572, 2001.

LIMA, L. C.; CASTRO, M. V.; DIAS, M. S. C.; MARTINS, R.N.; SILVA, D. F. P.; COSTA, S. M.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BRESISNSKI, T. L. Conservação pós-colheita de banana Prata-anã produzida na região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 2001, Nova Porteirinha, MG. **Resumos...** Nova Porteirinha: Epamig-CTNM, 2001. p. 272-275.

LIMA, O. S.; SOUZA, E. G.; AMORIM, E. P.; PEREIRA, M. E. C. Ripening and shelf life of 'BRS Caipira' banana fruit stored under room temperature or refrigeration. **Ciência Rural**, v. 44, n. 4, p. 734-739, 2014.

LUKATKIN, A. S; BRAZAITYTE, A.; BOBINAS, C.; DUCHOVSKIS, P. Chilling injury in chilling-sensitive plants: a review. **Agriculture**, v. 99, n. 2. p. 111-124, 2012.

LYONS, J. M. Chilling injury in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 24, p. 445-466, 1973.

MAALEKUU, K.; ELKIND, Y.; LEIKIN-FRENKEL, A.; LURIE, S.; FALLIK, E. The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 42, p. 248-255, 2006.

MARANGONI, A. G.; SMITH, A. K.; YADA, R. Y.; STANLEY, D. W. Ultrastructural changes associated with chilling injury in mature-green tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, n. 6, p. 958-962, 1989.

MARKHART, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. **HortScience**, v. 21, n. 6, p. 1329-1333, 1986.

MARTINS, C. R.; CANTILLANO, R. F. F.; FARIAS, R. M.; ROMBALDI, C. V. Atividade polifenoloxidase em pós-colheita de pêssegos de pomares de produção integrada e convencional. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p.749-754, 2004.

MARTINS, R. N.; DIAS, M. S. C.; VILAS BOAS, E. V. B.; SANTOS, L. O. Armazenamento refrigerado de banana 'Prata-Anã' proveniente de cachos com 16, 18 e 20 semanas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1423-1429, 2007.

MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P.; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 48-52, 2004.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. 49 p.

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

MOREIRA, R. S. **Banana**: teoria e prática de cultivo. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1999. 657 p.

MORRELLI, K. I.; PIERCE, B. M. H.; KADER, A. A. Genotypic variation in chilling sensitivity of mature-green bananas and plantains. **Horttechnology**, v. 13, n. 2, p. 328-332, 2003.

NASCIMENTO JÚNIOR, B. B.; OZORIO, L. P.; REZENDE, C. M.; SOARES, A. G.; FONSECA, M. J. O. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 649-658, 2008.

NOLASCO, C. A.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; BRUCKNER, C. H.; ROCHA, A. Qualidade pós-colheita de banana 'Prata' tratada por hidrotermia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p 1575-1581, 2008.

NGUYEN, T. B.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 30, p. 187-193, 2003.

PALMER, J. K. The banana. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v. 2, p. 65-105.

PEREIRA, J. C.; GASPAROTTO, L.; PEREIRA, M. C. N. **BRS Vitória**: nova cultivar de bananeira do Subgrupo Prata para o agronegócio no estado do Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. (Comunicado Técnico, 34).

PFAFFENBACH, L. B.; CASTRO, J. V.; CARVALHO, C. L.; ROSSETO, C. J. Efeito da atmosfera modificada e da refrigeração na conservação pós-colheita de manga espada vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 410-413, 2003

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, A. P.; LA SELVA, M. Amadurecimento de bananas 'maçã' submetidas ao 1-meticiclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2007.

PONGPRASERT, N.; SEKOZAWA, Y.; SUGAYA, S.; GEMMA, H. A novel postharvest UV-C treatment to reduce chilling injury (membrane damage, browning and chlorophyll degradation) in banana peel. **Scientia Horticulturae**, v. 130, p. 73-77, 2011.

PROMYOU, S.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Hot water treatments delay cold-induced banana peel blackening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p. 132-138, 2008.

RAISON, J. K.; ORR, G. R. Proposals for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. In: WANG, C. Y. (Ed.). **Chilling injury of horticultural crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 145-164.

ROBINSON, J. C.; SAÚCO, V. G. **Bananas and plantains**. Reading, UK: CAB International, 2010. 311 p.

ROCHA, A.; SALOMÃO, L. C. C.; BRUCKNER, C. H.; CECON, P. R. Uso do permanganato de potássio em pós-colheita de banana 'Prata' armazenada sob refrigeração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 34, n. 1, p. 40-48, 2009.

RUI, H.; CAO, S.; SHANG, H.; JIN, P.; WANG, K.; ZHENG, Y. Effects of heat treatment on internal browning and membrane fatty acid in loquat fruit in response to chilling stress. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 1557-1561, 2010.

SAEG. SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS, versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, MG, 2007.

SALTVEIT, M. E.; MORRIS, L. L. Overview on chilling injury of horticultural crops. In: WANG, C.Y. (Ed.). **Chilling Injury of Horticultural Crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 3-15.

SALVADOR, A.; SANZ, T.; FISZMAN, S. M. Changes in colour and texture and their relationship with eating quality during storage of two different dessert bananas. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 319-325, 2007.

SCOTT, K.; GANDANEGARA, S. Effect of temperature on the storage life of banana held in polyethylene bags with ethylene absorbent. **Tropical Agriculture**, v. 51, n. 1, p. 23-26, 1974.

SEVILLANO, L.; SANCHEZ-BALLESTA, M. T.; ROMOJARO, F.; FLORES, F. B. Physiological hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, p. 555-573, 2009.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; ROCHA, A. Potassium permanganate effects in postharvest conservation of the papaya cultivar Sunrise Golden. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 669-675, 2009.

SILVA, E. A.; BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S. Avaliação de cultivares de bananeira (*Musa* sp) na região de Selvíria - MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 101-103, 2006.

SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças “in natura” e processadas**. 1981. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.

SILVA, E. O.; PUSCHMANN, R.; MOSQUIM, P. R.; SOARES, N. F. F.; SILVA, D. F. P.; RIBEIRO JUNIOR, J. I.; MENDONÇA, F. V. S.; SIMÕES, A. N. Utilização do 1-Metilciclopropeno (1-MCP) no amadurecimento controlado de banana 'Prata-Anã'. In: Celso Luiz Moretti. (Org.). **I Seminário Internacional de Pós-colheita e Processamento Mínimo**. 1 ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, v. 1, 2002.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A. CORDEIRO, Z. J. M. Variedades. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Ed.) **O cultivo da bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas, 2004. p. 45-55.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMAUOLA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SULAIMAN, S. F.; YUSOFF, N. A. M.; ELDEEN, I. M.; SEOW, E. M.; SAJAK, A. A. B.; OOI, K. L. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 1-10, 2011.

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

VIEIRA, F. G. K.; BORGES, G. S. C.; COPETTI, C.; AMBONI, R. D. M. C.; DENARDI, F.; FETT, R. Physico-chemical and antioxidant properties of six apple cultivars (*Malus domestica* Borkh). **Scientia Horticulturae**, v. 122, p. 421-425, 2009.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; MORAES, M. R.; LEANDRO, C. N.; CARVALHO, L. R. Caracterização físico-química, bioquímica e funcional da jabuticaba armazenada sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 362-375, 2011.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 336-348, 2012.

VILAS BOAS, B. M.; NUNES, E. E.; FIORINI, F. V. A.; LIMA, L. C. O.; VILAS BOAS, E. V. B.; COELHO, A. H. R. Avaliação da qualidade de mangas 'Tommy Atkins' minimamente processadas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 540-543, 2004.

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

WANG, H.; ZHANG, Z.; XU, L.; HUANG, X.; PANG, X. The effect of delay between heat treatment and cold storage on alleviation of chilling injury in banana fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 2624-2629, 2012.

WANG, Y.; CHEN, J. Y.; JIANG, Y. M.; LU, W. J. Cloning and expression analysis of phenylalanine ammonia-lyase in relation to chilling tolerance in harvested banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 34-41, 2007.

WANG, Y.; LUO, Z.; HUANG, X.; YANG, K.; GAO, S.; DU, R. Effect of exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) treatment on chilling injury and antioxidant capacity in banana peel. **Scientia Horticulturae**, v. 168, p. 132-137, 2014.

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

WARDLAW, C. W. **Banana diseases including plantains and abaca**. Longmans, London, 1961.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Wallingford: CAB International, 1998. 262 p.

WILLS, R. H. Post-harvest technology of banana and papaya in ASEAN: an overview. **ASEAN Food Journal**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 47-50, 1990.

WU, B.; GUO, Q.; LI, Q.; HÁ, Y.; LI, X.; CHEN, W. Impact of postharvest nitric oxide treatment on antioxidant enzymes and related genes in banana fruit in response to chilling tolerance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 92, p. 157-163, 2014.

XIAO, Y.; CHEN, J.; LU, W. Banana ethylene response factors are involved in fruit ripening through their interactions with ethylene biosynthesis genes. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 8, p. 2499-2510, 2013.

YORUK, R.; YORUK, S.; BALABAN, M.O.; MARSHALL, M. R. Machine vision analysis of antibrowning potency for oxalic acid: a comparative investigation on banana and apple. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 281-289, 2004.

ZHANG D.; QUANTICK, P. C. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, p. 195-202, 1997.

ZHANG, H.; YANG, S.; JOYCE, D.C.; JIANG, Y.; QU, H.; DUAN, X. Physiology and quality response of harvested banana fruit to cold shock. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, p. 154-159, 2010.

ZHU, S. Q.; ZHAO, H.; LIANG, J.S.; JI, B. H.; JIAO, D. M. Relationships between phosphatidylglycerol molecular species of thylakoid membrane lipids and sensitivities to chilling-induced photoinhibition in rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, n. 2, p. 194-202, 2008.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Tabela 1A. Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, em diferentes cultivares de banana, após 7 dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C e 16 dias à temperatura de $22 \pm 0,39$ °C

FV	GL	Quadrados Médios						
		HUE	Croma (C*)	COR	Chilling	Consistência	SS	PMF
Cultivar (C)	4	869,2554**	299,1131**	44,1102**	4,2787**	2659,232**	417,8251**	13,3089**
Resíduo (a)	15	87,4874	4,8638	1,6975	0,0595	40,9685	8,3050	1,1451
Dias (D)	8	2654,204**	200,0616**	64,4875**	1,2753**	1785,300**	357,1587**	45,4172**
C x D	32	111,3024*	31,5182**	4,9435**	0,3905**	145,0112**	28,0335**	0,6273**
Resíduo (b)	120	67,5757	5,7813	1,5295	0,0497	37,4401	9,6072	0,0903
CV ¹ (%)	-	9,03	7,39	44,93	18,89	29,07	17,83	35,2
CV ² (%)	-	7,93	8,05	42,65	17,28	27,79	19,18	9,88

* F significativo, a 5%; ** F não significativo, a 1%; CV¹ = coeficiente de variação da parcela; CV² = coeficiente de variação da subparcela; HUE = ângulo Hue; COR = índice de cor da casca; SS = teor de sólidos solúveis totais; e PMF = perda de matéria fresca.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, em diferentes cultivares de banana, após 14 dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C e 16 dias à temperatura de $22 \pm 0,39$ °C

FV	GL	Quadrados Médios						
		HUE	Croma (C*)	COR	Chilling	Consistência	SS	PMF
Cultivar (C)	4	2394,798**	354,5878**	77,9238**	14,2006**	3551,870**	437,1542**	14,2652**
Resíduo (a)	15	47,8543	3,6389	1,5419	0,1142	39,1264	5,8672	2,0876
Dias (D)	8	2788,135**	251,1910**	89,5613**	5,4292**	1556,786**	338,7575**	60,8472**
C x D	32	157,5905**	23,0531**	6,1133**	1,0499**	91,5977**	26,7213**	0,9482**
Resíduo (b)	120	59,7009	10,8550	1,4684	0,1202	49,5476	7,1394	0,0448
CV ¹ (%)		6,94	6,28	31,51	17,63	37,11	13,18	36,55
CV ² (%)		7,76	10,85	30,75	18,09	41,77	14,54	5,35

* F significativo, a 5%; ** F não significativo, a 1%; CV¹ = coeficiente de variação da parcela; CV² = coeficiente de variação da subparcela; HUE = ângulo Hue; COR = índice de cor da casca; SS = teor de sólidos solúveis totais; e PMF = perda de matéria fresca.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância das variáveis em estudo, em diferentes cultivares de banana, após 21 dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C e 16 dias à temperatura de $22 \pm 0,39$ °C

FV	GL	Quadrados Médios						
		HUE	Croma (C*)	COR	Chilling	Consistência	SS	PMF
Cultivar (C)	4	1451,871**	321,6228**	45,2691**	20,6512**	2623,108**	353,3062**	36,1827**
Resíduo (a)	15	43,6307	5,6743	1,2346	0,0724	36,7999	4,6055	5,5759
Dias (D)	8	3396,656**	103,6494**	108,9136**	5,8145**	1622,336**	281,6686**	80,2600**
C x D	32	169,7455**	30,7399**	6,2712**	0,5672**	154,1147**	28,7607**	0,5190**
Resíduo (b)	120	40,7287	9,3383	0,8707	0,1354	31,2465	5,3641	0,0681
CV ¹ (%)	-	7,04	7,92	23,96	11,44	46,11	10,79	44,41
CV ² (%)	-	6,80	10,16	20,12	15,65	42,48	11,64	4,91

* F significativo, a 5%; ** F não significativo, a 1%; CV¹ = coeficiente de variação da parcela; CV² = coeficiente de variação da subparcela; HUE = ângulo Hue; COR = índice de cor da casca; SS = teor de sólidos solúveis totais; e PMF = perda de matéria fresca.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância das variáveis acidez titulável da polpa e dos compostos fenólicos totais da casca, em diferentes cultivares de banana, após 7, 14 e 21 dias de armazenamento à temperatura de $10,53 \pm 0,37$ °C e 16 dias à temperatura de $22 \pm 0,39$ °C

FV	GL	Quadrados Médios					
		Acidez Titulável			Compostos fenólicos totais		
		7 dias	14 dias	21 dias	7 dias	14 dias	21 dias
Cultivar (C)	4	0,1225**	0,1513**	0,1074**	142,7059**	315,4411**	617,2723**
Resíduo (a)	10	0,0045	0,0066	0,0049	3,9388	6,5016	10,3409
Dias (D)	8	0,1804**	0,0781**	0,0407**	165,9017**	735,2405**	710,2578**
C x D	32	0,0219**	0,0208**	0,0142**	27,4800**	26,0483**	33,2767**
Resíduo (b)	80	0,0041	0,0069	0,0031	6,2406	8,3133	8,4936
CV ¹ (%)		15,54	18,78	17,13	4,99	6,06	7,49
CV ² (%)		14,95	19,21	13,47	6,28	6,85	6,78

** F significativo, a 1%; CV¹ = coeficiente de variação da parcela; e CV² = coeficiente de variação da subparcela.