

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CONSERVAÇÃO DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA  
(*Bactris gasipaes* Kunth) “IN NATURA” SOB  
REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA MODIFICADA**

**SÍLVIA REGINA DE TOLEDO VALENTINI**

**CAMPINAS  
FEVEREIRO DE 2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CONSERVAÇÃO DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA  
(*Bactris gasipaes* Kunth) “IN NATURA” SOB  
REFRIGERAÇÃO E ATMOSFERA MODIFICADA**

Tese de Doutorado submetida à banca examinadora para  
obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na  
área de concentração em Tecnologia Pós-Colheita.

**SÍLVIA REGINA DE TOLEDO VALENTINI**

**ORIENTADOR: PROF. DR. SYLVIO LUÍS HONÓRIO**

**CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO CARLOS DE OLIVEIRA FERRAZ**

**CAMPINAS  
FEVEREIRO DE 2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

V235c Valentini, Sílvia Regina de Toledo  
Conservação de toletes de palmito Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) "in natura" sob refrigeração e atmosfera modificada / Sílvia Regina de Toledo Valentini. --  
Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientadores: Sylvio Luís Honório, Antônio Carlos de Oliveira Ferraz.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Fisiologia pós-colheita. 2. Peroxidase. 3. Processamento mínimo. I. Honório, Sylvio Luís. II. Ferraz, Antônio Carlos de Oliveira. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Preservation of Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) hearts of palm "in natura" under refrigeration and modified atmosphere

Palavras-chave em Inglês: Postharvest physiology, Peroxidase, Minimal processing

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

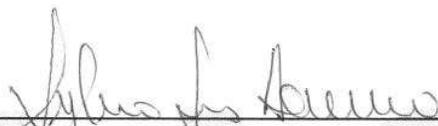
Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Angelo Pedro Jacomino, José Fernando Durigan, Benedito Carlos Benedetti, Paulo Ademar Martins Leal

Data da defesa: 22/02/2010

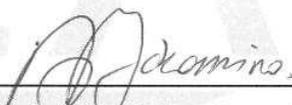
Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Silvia Regina de Toledo Valentini**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de fevereiro de 2010, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



---

**Prof. Dr. Sylvio Luís Honório – Presidente e Orientador  
Feagri/Unicamp**



---

**Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino - Membro Titular  
Esalq/USP**



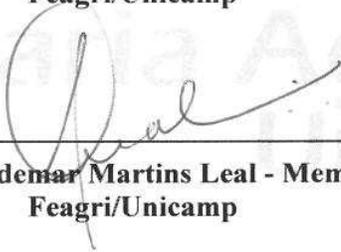
---

**Prof. Dr. José Fernando Durigan - Membro Titular  
FCAV/Unesp**



---

**Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti - Membro Titular  
Feagri/Unicamp**



---

**Prof. Dr. Paulo Ademar Martins Leal - Membro Titular  
Feagri/Unicamp**

**À minha filha, Júlia  
À minha irmã, Telma  
Ao meu marido, Afonso  
Dedico.**

**Às minhas sempre amigas Julieta, Valéria e Stela  
A elas ofereço esse trabalho.**

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP onde comecei a minha formação em pesquisa. Além do conhecimento transmitido pelos professores e por seus técnicos encontrei respeito profissional, integridade, apoio e amizade.

Ao Prof. Sylvio Luís Honório, por sua orientação questionadora e franca, por sua dedicação e amizade, confiança, respeito e parceria.

Ao Prof. Antônio Carlos de Oliveira Ferraz, por sua co-orientação também questionadora, pelos ensinamentos de Engenharia Agrícola que em muito contribuíram nesse trabalho, e por sua amizade.

Às técnicas e minhas amigas da FEAGRI, Rosa Helena e Rosália, sempre prontas a trabalhar, encontrar soluções para os problemas inesperados e transmitindo sempre amizade e confiança.

Ao pessoal da Pós-Graduação da FEAGRI, Marta, Aninha, Alexandre, Prof. Zigomar e Sidnei. A todos do Conselho Integrado de Tecnologia de Processos, e em especial aos Prof. Benedetti, Leal e Armando.

À FAPESP pelo apoio financeiro ao projeto, fundamental para sua realização.

À EMBRAPA, pela concessão de bolsa de pesquisa.

Ao ITAL, pela estrutura de trabalho e pelos amigos que lá encontrei.

Ao Sr. Ricardo Oliveira, do Sítio São Cassiano, que em 2004 adentrou em minha sala no ITAL perguntando sobre a conservação de palmito ‘Pupunha’ *in natura*. E a partir dessa pergunta teve início essa pesquisa e uma parceria gratificante.

À pesquisadora do Instituto Agrônômico, Dra. Marilene Leão Alves Bovi (*in memoriam*) que desde a primeira conversa que tivemos, me incentivou a fazer essa pesquisa. E respondendo à uma de minhas perguntas, disse: “Isso dá samba, e dos bons”. Espero não ter desafinado.

Agradeço especialmente às pesquisadoras do ITAL, Maria Fernanda M. de Castro, Claire Sarantópoulos, Valéria dos Anjos e Eliane Benato, às técnicas Suzana Lopes e Priscila Moreno, à Quitéria Oliveira, à Ana Carolina Rezende e à Michelle Gonçalves. Essas amigas trabalharam arduamente nessa pesquisa e seu trabalho foi muito além da parte técnica e profissional. Dedicção, amizade, disposição, interesse e alegria. Obrigada.

Ao pesquisador e amigo Alfredo Vitali (ITAL), por tudo o quanto ele nos ensina. Aos pesquisadores Ernesto Quast e Luciano Armiliato (ITAL).

Às amigas e também pesquisadoras, Ivânia Athié, Patrícia Cia e Rita Ormenese, pela amizade, incentivo e cooperação.

À Profa. Giuseppina Pace Pereira Lima da UNESP-Botucatu, pela espontânea amizade e ensinamentos sobre bioquímica em Pós-Colheita.

À pesquisadora Ilana Bron que pacientemente partilhou seus conhecimentos comigo.

Ao Renato Pereira e a todos os estagiários que incansavelmente limpavam, lavaram, cortaram centenas de hastes de palmito, ajudaram nas análises, e provaram palmito Pupunha.

E a todos que de alguma forma estiveram envolvidos nesse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
Características e pós-colheita do palmito Pupunha “in natura”.....	3
Respiração.....	4
Etileno.....	5
Temperatura.....	5
Atmosfera Modificada.....	6
Atividade Enzimática.....	6
Firmeza.....	7
Microbiologia.....	7
3. TAXA RESPIRATÓRIA E PRODUÇÃO DE ETILENO EM TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” SOB REFRIGERAÇÃO.....	9
Material e Métodos.....	9
Resultados e Discussão.....	12
Conclusões.....	18
4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” DO INVERNO E DO VERÃO ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO.....	19
Material e Métodos.....	19
Resultados e Discussão.....	20
Conclusões.....	24
5. CONSERVAÇÃO DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” EMBALADOS E ARMAZENADOS A 5,0°C.....	25
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	30

Conclusões.....	54
6. CONCLUSÕES GERAIS.....	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do processamento de toletes de palmito Pupunha.....	10
Figura 2. Produção de CO <sub>2</sub> , em mg.kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> , em toletes de palmito Pupunha armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	13
Figura 3. Produção de CO <sub>2</sub> e consumo de O <sub>2</sub> , em mg.kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> , e produção de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , em μmol.kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> , em toletes de palmito Pupunha armazenados a 25,0°C .....	14
Figura 4. Consumo de O <sub>2</sub> , em mg.kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> , em toletes de palmito Pupunha armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	15
Figura 5. Produção de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , em μL.kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> , em toletes de palmito Pupunha armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	16
Figura 6. Perda de massa, em porcentagem, em toletes de palmito Pupunha armazenados a 25,0°C, 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	17
Figura 7. Concentração de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> (% v/v) e de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ), no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com PVC e armazenadas a 5,0°C.....	32
Figura 8. Concentração de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> (% v/v) e de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ), no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com PELBD e armazenadas a 5,0°C .....	33
Figura 9. Concentração de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> (% v/v) e de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ), no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com CT-301 e armazenadas a 5,0°C. ....	34
Figura 10. Concentração de O <sub>2</sub> (% v/v) no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com PVC, PELBD e CT-301 e armazenadas a 5,0°C.....	36

Figura 11. Concentração de CO <sub>2</sub> (% v/v) no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com PVC, PELBD e CT-301 e armazenadas a 5,0°C.....	37
Figura 12. Concentração de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (mg. L <sup>-1</sup> ) no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha embaladas com PVC, PELBD e CT-301 e armazenadas a 5,0°C.....	38
Figura 13. Valores médios de contagem total de Bolores e Leveduras em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.....	39
Figura 14. Valores médios de contagem total de Aeróbios Mesófilos em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.....	40
Figura 15. Valores médios de contagem total de Aeróbios Psicrotróficos em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.....	41
Figura 16. Atividade de POD (absorbância. min <sup>-1</sup> .mL <sup>-1</sup> ) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	43
Figura 17. Valores médios de Firmeza, expressa em Energia (J), em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	45
Figura 18. Valores médios de Cor (*b) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	47
Figura 19. Valores médios de Perda de massa (%) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	49
Figura 20. Valores médios de Sólidos solúveis (°Brix) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	50
Figura 21. Valores médios de acidez (g ac.lático. g produto <sup>-1</sup> ) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	51
Figura 22. Valores médios de pH em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de Perda de massa (%) nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C .....	21
Tabela 2. Valores médios de Firmeza, expressos em Energia (J), nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	22
Tabela 3. Valores médios de Cor (*b) nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	22
Tabela 4. Valores médios de Sólidos solúveis (°Brix) nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	23
Tabela 5. Valores médios de pH nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	23
Tabela 6. Valores médios de acidez, em g ácido láctico.g <sup>-1</sup> , no toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C.....	24
Tabela 7. Propriedades de barreira dos filmes utilizados para a embalagem dos toletes de palmito Pupunha.....	30
Tabela 8. Razões entre as taxas de permeabilidade ao O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> dos filmes e das concentrações médias de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> medidas no interior das embalagens.....	31

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivos: quantificar a taxa respiratória, a produção de etileno e a atividade enzimática de toletes de palmito Pupunha; determinar a temperatura adequada para a conservação da qualidade e avaliar sistemas de embalagem com atmosfera modificada. O primeiro experimento teve por objetivo quantificar a taxa respiratória e a produção de etileno em toletes de palmito Pupunha armazenados nas temperaturas de  $1,5\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $10\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $85\pm 5\%$  de umidade relativa. As análises da concentração de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) foram feitas por cromatografia gasosa. Também foi determinada a perda de massa dos toletes armazenados nas quatro temperaturas. A atividade respiratória, a biossíntese de  $\text{C}_2\text{H}_4$  e a perda de massa de toletes de palmito Pupunha são influenciadas pelas temperaturas de armazenamento. No segundo experimento foi feita a caracterização físico-química de toletes de palmito Pupunha do verão e do inverno. Os toletes foram armazenados a  $10,0\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $5,0\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $1,5\pm 1^{\circ}\text{C}$  com umidade relativa de  $85\pm 5\%$ . O rendimento de toletes por haste cortada foi 30% menor no inverno e seus valores de firmeza foram maiores que os do verão. A perda de massa foi maior nos toletes colhidos no verão. A condição climática não exerceu efeito sobre o pH e acidez dos toletes. No terceiro experimento os toletes foram embalados em PELBD e PVC esticáveis e em filme poliolefínico (CT301) e armazenados a  $5^{\circ}\text{C}$ . Verificou-se que a menor concentração de  $\text{O}_2$  no interior das embalagens com PVC não reduziu a concentração de  $\text{C}_2\text{H}_4$  e também não afetou a atividade da peroxidase nos toletes de palmito Pupunha. A maior concentração de  $\text{CO}_2$  no interior das embalagens PVC não exerceu efeito inibidor sobre a ação do  $\text{C}_2\text{H}_4$  nos toletes. Os toletes de palmito Pupunha embalados em PVC e armazenados a  $5,0^{\circ}\text{C}$  apresentaram-se microbiologicamente seguros para o consumo até o 15º dia pós-colheita, enquanto os acondicionados em PELBD e CT301 até o 6º dia. A baixa concentração de  $\text{O}_2$  no interior das embalagens de PVC reduziu o crescimento de microrganismos deteriorantes.

**Palavras-chave:** pós-colheita, processamento mínimo, taxa respiratória, etileno, microbiologia, peroxidase.

## ABSTRACT

### POSTHARVEST OF PUPUNHA (*Bactris gasipaes* Kunth) HEARTS OF PALM “IN NATURA” UNDER REFRIGERATION AND MODIFIED ATMOSPHERES

This study aimed to quantify the respiratory rate, ethylene production and enzymatic activity of Pupunha hearts of palm and to determine the temperature for preserving the product, and to evaluate modified atmosphere packaging systems for product conservation. The first test aimed to quantify the respiratory rate and ethylene production of Pupunha hearts of palm stored at 25.0°C, 10.0°C, 5.0°C and 1.5°C and 85 ± 5% RH. The analysis of the concentration of oxygen (O<sub>2</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and ethylene (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) were made by gas chromatography. The weight loss was also determined. The storage temperatures effected the respiratory rate and C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> concentration of Pupunha hearts of palm. In the second experiment, Pupunha hearts of palm were harvested during the summer and winter. The hearts of palm were stored at 10.0 ± 1°C, 5.0 ± 1°C and 1.5 ± 1°C at relative humidity of 85 ± 5%. The yield of the stems cut in the winter was 30% lower and the hearts of palms were tougher. Weight loss was higher for hearts of palm harvested in the summer. Tritatable acidity and pH were not affected by the harvesting season. In the third assay, Pupunha hearts of palm were packed with stretchable PVC and LDPE films and with a polyolefinic film (CT301) and stored at 5°C. The low O<sub>2</sub> concentration in the PVC packagings did not affect C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> concentration and the peroxidase activity. Hearts of palm packed in PVC and stored at 5.0°C were microbiologically safe up to the 15<sup>th</sup> postharvest day, and those packed in LDPE and CT301 up to the 6<sup>th</sup> day. The low O<sub>2</sub> concentration in the PVC packaging reduced microbial deterioration.

**Keywords:** *Bactris gasipaes* Kunth., postharvest, fresh cut, respiratory rate, ethylene, microbiology, peroxidase.

## 1. INTRODUÇÃO

A pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) é uma palmeira nativa da América Latina, da família Arecaceae, e apresenta diversos usos com potencial econômico, segundo as características da região produtora e do mercado a que se destina: produção de palmito; produção de frutos para consumo humano direto, para processamento de farinha, ração animal e extração de óleo; além do aproveitamento da madeira (CLEMENT, s.d.).

A partir de 1980, a extração indiscriminada de palmeiras *Euterpe edulis* (palmito Juçara) resultou em escassez dessa matéria-prima tradicional para a indústria de palmito em conserva e despertou o interesse sobre o cultivo comercial da pupunheira sem espinhos, para a produção de palmito. Em 1988 teve início o plantio comercial da pupunheira, a partir de resultados de pesquisas feitas pelos Institutos Agrônomo e de Tecnologia de Alimentos da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (BOVI, 1997). Segundo Anefalos et al. (2007), os estados com maior área cultivada com pupunheira são Goiás e São Paulo e, em relação à quantidade produzida de palmito cultivado, os três maiores produtores são, em ordem decrescente, Goiás, Bahia e São Paulo. O cultivo da pupunheira está associado à diversificação agrícola, praticada principalmente por pequenos e médios produtores, como pelas características da espécie: precocidade – primeiro corte a partir do 24<sup>o</sup> mês de cultivo; perfilhamento, o que evita o plantio de novas áreas e possibilita a colheita de palmito a cada 10 meses a partir do primeiro corte; rusticidade e alta sobrevivência no campo. Tais características são vantajosas em relação às palmeiras *Euterpe* cujo primeiro corte é feito entre o 6<sup>o</sup> e 8<sup>o</sup> ano após o plantio, além de apresentar baixo (*E. oleraceae*) ou ausência (*E. edulis*) de perfilhamento (BOVI, 2004; ANEFALOS et al., 2007).

No Brasil, o agronegócio do palmito tem faturamento médio anual de cerca de US\$ 350 milhões, com geração de oito mil empregos diretos e de aproximadamente 25 mil indiretos (BOVI, 2004). Em 2005, as exportações brasileiras de palmito foram da ordem de US\$10,000,000.00 correspondendo a 3.000 toneladas/ano. Os principais países compradores são os Estados Unidos, França, Líbano, Uruguai, Japão e Argentina (ANEFALOS et al., 2007; INSTITUTO FNP, 2006).

Em geral, o palmito Pupunha apresenta qualidade semelhante às dos palmitos Juçara e Açaí. Comparativamente a essas espécies, o Pupunha é mais doce, tem coloração mais amarelada e boa aceitação pelos consumidores. Além disso, não apresenta escurecimento

enzimático após o corte, possibilitando sua comercialização “in natura”, alternativamente ao modo tradicional, processado em conserva de salmoura e ácido cítrico (FERREIRA, 1982; BOVI, 2004).

Deve-se notar que para o processamento em conserva, são utilizados toletes de palmito que atendam ao padrão comercial de envase, que gera cerca de 30% de descarte em cada estipe cortado (CALDERON-CASTRO e SANCHO-HERNANDEZ, 1993). A comercialização “in natura” possibilita maior aproveitamento de cada palmeira cortada para a extração de palmito, já que as partes descartadas – a parte basal ou palmito caulinar e as folhas tenras - têm potencial para consumo e comercialização, resultando em mais renda para o produtor. Além disso, o preço pago pelos toletes de palmito Pupunha “in natura”, sem casca, é maior que o obtido com a venda do palmito bruto para a indústria de conserva.

A comercialização dos toletes “in natura” é praticada por alguns produtores para o mercado institucional e varejo. Para o primeiro, as embalagens contêm cerca de 1kg de produto, enquanto as destinadas para o varejo contêm 500g. Entretanto, a tecnologia para a conservação de palmito Pupunha “in natura” é incipiente, resultando em perda de qualidade, vida-de-prateleira curta - limitada ao período máximo de cinco dias sob refrigeração - e risco de contaminação microbiológica. Por sua vez, a demanda por tecnologia de conservação do palmito Pupunha “in natura” é crescente e inúmeros produtores tem interesse em comercializar o produto nessa apresentação. Dessa forma, é necessária a aplicação de tecnologias pós-colheita para preservar a qualidade do produto, aumentar sua vida-de-prateleira e assegurar a inocuidade desse alimento.

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade de toletes de palmito Pupunha conservados sob refrigeração e atmosfera modificada. Para atingir esse objetivo e frente à escassez de informações sobre a fisiologia pós-colheita e características físico-químicas e bioquímicas do produto foram definidos os seguintes objetivos específicos: quantificar a taxa respiratória, a produção de etileno e a atividade enzimática dos toletes de palmito Pupunha; determinar a temperatura adequada para a conservação da qualidade dos toletes de palmito Pupunha; e avaliar os sistemas de embalagem com atmosfera modificada para preservar a qualidade do produto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Características e pós-colheita do palmito Pupunha “in natura”

Os toletes de palmito Pupunha são extraídos do ápice dos estipes das palmeiras e correspondem às folhas jovens em crescimento na planta. Os toletes representam cerca de 40% da porção comestível das hastes das palmeiras cortadas (ASUNCIÓN et al., 1995).

Segundo Ferreira et al. (1981/1982 a), o ácido láctico é predominante no palmito Pupunha. Em relação ao palmito Juçara, seu teor de glicosídeo cianogênico é quatro vezes maior e sua concentração de açúcares redutores e totais, responsável pelo sabor adocicado do produto, é o dobro da encontrada no Juçara. Por outro lado, o palmito Pupunha tem metade da concentração de tanino, composto fenólico responsável pela adstringência.

O produto tem cor creme ou amarelada, textura firme e apresenta sabor amargo residual após o processamento térmico. Diferentemente das espécies do gênero *Euterpe*, o palmito Pupunha não apresenta escurecimento após o corte, o que possibilita sua comercialização “in natura” (FERREIRA et al., 1981/1982 b; FERREIRA et al., 1993).

Jimenez (1992) aplicou diversas técnicas de conservação de alimentos com o objetivo de conservar toletes de palmito Pupunha por até um mês. Após a higienização dos toletes em diferentes concentrações de solução clorada, foi feito o recobrimento dos toletes com parafina e cera seguido de armazenamento a 5°C; tratamento com solução antioxidante, bactericida e fungicida à base de extrato de semente e polpa de toronja e armazenamento a 5°C; e congelamento a -20°C e -18°C. Nenhum dos tratamentos proporcionou a conservação do palmito fresco, que após o congelamento apresentou destruição da estrutura celular e nos demais tratamentos houve deterioração microbiana nos primeiros dias do armazenamento.

Toletes de palmito Pupunha higienizados com água clorada de 50 a 100 mg.L<sup>-1</sup> por 10 a 15 minutos e embalados em sacos de polietileno de alta densidade tiveram sua conservação limitada pelo período de 1 ou 2 dias (PINEDA CASTRO, 1999).

Romero (1999) avaliou o efeito de diversas soluções antioxidantes e conservantes e suas combinações sobre a conservação de palmito Pupunha “in natura”, embalado em polietileno de alta densidade e armazenado a 5°C. A imersão dos toletes em soluções de benzoato de sódio, kilol, kilol-cloreto de sódio proporcionaram a conservação do produto por 15 dias, porém houve comprometimento da qualidade sensorial e microbiológica da ordem de 30%. Em todos os tratamentos houve alteração na cor dos toletes.

Toletes de palmito Pupunha embalados em filme de polietileno, com e sem absorvedor de oxigênio e armazenados a 10°C apresentaram aumento de fibrosidade e modificação na cor, de creme para amarela. A redução do grau de doçura e o aumento do amargor e da adstringência foram acentuados nos toletes armazenados com o absorvedor de oxigênio, causando a rejeição do produto no 18º dia de armazenamento (CLEMENT et al., 1999).

### **Respiração**

A perecibilidade de frutas e hortaliças é diretamente proporcional à sua atividade respiratória e é variável entre as diferentes estruturas morfológicas e estádios de desenvolvimento. Talos em crescimento e tecidos florais apresentam maior taxa respiratória que frutos imaturos, frutos maduros, tubérculos, bulbos e raízes; em ordem decrescente. Partes das plantas com tecidos meristemáticos, como aspargos, brócolis, têm taxa respiratória mais elevada (KADER, 1987). A colheita representa um estresse ao produto pela interrupção do fornecimento de nutrientes pela planta, pelo dano aos tecidos provocado pelo corte ou abscisão e pela alteração nas trocas gasosas e na temperatura do produto, entre outros. Todas essas alterações afetam as vias primárias e secundárias do metabolismo vegetal. O consumo de carboidratos, proteínas e lipídeos pelo processo respiratório acelera a senescência dos tecidos, reduz o valor nutritivo, causa perdas de sabor e aroma e reduz a quantidade de matéria seca dos produtos vegetais. Por sua vez, a liberação de energia na forma de calor e a produção de etileno também têm influência sobre a conservação pós-colheita, sendo necessária a aplicação de refrigeração e ventilação para prolongar a vida útil do produto (KADER, 2002).

O conhecimento da taxa respiratória é fundamental tanto para a caracterização fisiológica de frutas e hortaliças, bem como para determinar as condições de armazenamento adequadas a cada produto, como a temperatura, tipo de embalagem e as concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> no interior da embalagem.

No levantamento bibliográfico realizado não foram encontradas informações sobre a taxa respiratória em espécies de palmito.

## **Etileno**

O etileno é um fitohormônio produzido por todas as partes das plantas superiores em taxas que variam de acordo com o órgão ou tecido e com o seu estágio de desenvolvimento. A taxa de produção de etileno é um indicador da maturidade fisiológica de frutos climatéricos, do nível de estresse ao qual os tecidos vegetais são submetidos e de sua senescência. O etileno regula diversos aspectos do crescimento, desenvolvimento e senescência dos vegetais e é fisiologicamente ativo em concentrações menores que  $0,1\text{mg.L}^{-1}$  (KADER, 2002).

A biossíntese do etileno em produtos hortícolas pode ser reduzida pelo armazenamento em baixas temperaturas e em ambientes com baixas concentrações de  $\text{O}_2$ , menores que 8%, e sua ação é reduzida em concentrações de  $\text{CO}_2$  maiores que 2%.

Dentre as inúmeras mudanças, desejáveis e indesejáveis, que ocorrem nas frutas e hortaliças durante seu desenvolvimento e amadurecimento, é interessante notar que o aspargo continua o seu crescimento mesmo após a colheita e que o etileno estimula a lignificação do xilema e das fibras resultando em aumento na fibrosidade e na perda da palatabilidade (SALTVEIT, 1999; KADER, 2002). Tal comportamento também é observado em palmitos, pois ambos os produtos são constituídos por tecido meristemático.

No levantamento bibliográfico realizado não foram encontradas informações sobre a taxa de produção de etileno em espécies de palmito.

## **Temperatura**

O metabolismo de frutas e hortaliças está diretamente relacionado com a temperatura à qual são expostos. No intervalo entre  $0^\circ$  e  $30^\circ$  C, a taxa respiratória de um produto pode duplicar e até quadruplicar a cada acréscimo de  $10^\circ$  C em sua temperatura ( $Q_{10}$ ) (KADER, 1987 e 2002). Dessa forma, o resfriamento de produtos hortícolas além de reduzir sua taxa de respiração, retarda os seus processos bioquímicos e o desenvolvimento microbológico responsável por sua deterioração.

A temperatura ideal para a conservação de frutas e hortaliças varia de acordo com as espécies, cultivares, tipos de estrutura morfológica, composição química, estágio de desenvolvimento e de maturação, determinando a tolerância do produto ou grupo de produtos ao frio. Em geral, produtos tropicais e subtropicais são suscetíveis à desordem ou dano por frio

quando expostos a temperaturas menores que 15°C e 5°C, respectivamente, mesmo acima dos seus pontos de congelamento (KADER, 2002).

### **Atmosfera Modificada**

A composição da atmosfera à qual as frutas e hortaliças estão expostas após a colheita podem afetar a taxa respiratória e seu metabolismo geral. Assim, a modificação das concentrações de oxigênio e gás carbônico no ambiente de armazenamento de frutas e hortaliças é utilizada para prolongar a conservação desses produtos. Para cada espécie existe uma concentração mínima de O<sub>2</sub> livre para evitar a transformação da respiração aeróbica em anaeróbica, denominado ponto de extinção.

Os sistemas de atmosfera modificada são dinâmicos por envolverem processos variáveis e simultâneos: a respiração das frutas e hortaliças, o calor produzido pela respiração, a transpiração do produto, a permeabilidade da embalagem aos gases e a umidade relativa do ambiente de armazenamento (KADER, 2002).

Clement et al. (1999) usaram absorvedor de O<sub>2</sub> e sacos de polietileno para o embalamento de toletes de palmito Pupunha armazenados a 10°C e obtiveram a conservação do produto por período inferior a 10 dias.

### **Atividade Enzimática**

As frutas e hortaliças são submetidas a uma série de estresses a partir da colheita e durante o manuseio pós-colheita em decorrência do corte, da supressão no suprimento de nutrientes, de alterações em sua temperatura, composição e trocas gasosas, que resultam na modificação do metabolismo dos produtos vegetais. Durante todo o desenvolvimento e na fase pós-colheita, as reações bioquímicas são responsáveis por modificações nos atributos sensoriais e nutricionais dos vegetais. Assim, a caracterização da atividade enzimática é um excelente indicador da qualidade global do produto e das alterações metabólicas após a colheita (CLEMENTE e PASTORE, 1998).

As peroxidases atuam na catálise de reações oxidativas, peroxidativas e de hidroxilação e oxidam diferentes doadores de hidrogênio, como os compostos fenólicos, aminas, leucobases, carotenóides, clorofila e ácido ascórbico. A ação das peroxidases está relacionada aos processos de desenvolvimento e senescência nos tecidos e tem inúmeras

funções fisiológicas, como a biossíntese de lignina. Sua atividade apresenta aumento significativo após a colheita, quando uma gama de compostos torna-se suscetível à sua ação e sua presença em níveis elevados está relacionada com a deterioração oxidativa de produtos hortícolas que se encontram em estágio avançado de amadurecimento ou senescência (CLEMENTE e PASTORE, 1998; BIRECKA et al., 1979).

As peroxidases alteram o valor nutritivo dos produtos e seus atributos sensoriais relativos ao escurecimento e coloração; ao aumento de fibrosidade e desenvolvimento de sabor estranho (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

### **Firmeza**

As propriedades mecânicas de frutas e hortaliças estão relacionadas à morfologia, tamanho, forma, orientação das células e dos espaços intercelulares que determinam a estrutura dos tecidos. Como a colheita constitui um estresse às frutas e hortaliças, as características desses produtos são modificadas a partir dessa fase, incluindo-se suas propriedades mecânicas, expressas como firmeza. Segundo as características de cada produto, tanto pode ocorrer uma redução ou aumento nos índices de firmeza, correspondendo ao amolecimento e fibrosidade, respectivamente (KHAN e VINCENT, 1993). Em palmitos, a presença de fibrosidade é uma característica indesejável. A atividade das peroxidases aumenta significativamente após a colheita e, uma das funções fisiológicas dessa enzima é a biossíntese de lignina (CHITARRA e CHITARRA, 2005; CLEMENTE e PASTORE, 1998; BIRECKA et al., 1979).

Por sua vez, o etileno também estimula a lignificação do xilema e das fibras resultando no aumento da fibrosidade e na perda da palatabilidade (KADER, 2002).

### **Microbiologia**

Para hortaliças frescas são obrigatórias as análises de *Salmonella* e de *E. coli.*, de acordo com a RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001). Além desses dois microrganismos patogênicos, o *Clostridium botulinum* apresenta risco em alimentos de baixa acidez. O *Clostridium botulinum* é um bacilo Gram positivo, que se desenvolve em meio com baixa concentração de oxigênio, produtor de esporos encontrados frequentemente no solo, na

superfície de frutas, hortaliças, fezes humanas e excrementos animais. Para desenvolverem a toxina botulínica necessitam de pH alcalino ou próximo do neutro. O crescimento de *C. botulinum* proteolíticos e a produção de toxina botulínica ocorrem em temperaturas superiores a 12°C, em pH maior que 4,6 e em produtos com atividade de água maior que 0,95. Por sua vez, *C. botulinum* não-proteolíticos crescem e produzem toxinas em temperaturas mais baixas (3°C), em pH acima de 5,0 e com atividade de água de 0,97. A concentração de O<sub>2</sub> segura para frutas e hortaliças sob atmosfera modificada está entre 1 e 5%; porém, na prática observam-se teores inferiores a 1% (ZAGORY, 2001). O palmito é um produto que tem todas as características propícias ao desenvolvimento do *C. botulinum*.

### **3. TAXA RESPIRATÓRIA E PRODUÇÃO DE ETILENO EM TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” SOB REFRIGERAÇÃO**

#### **Material e Métodos**

Devido à grande variabilidade genética da pupunheira, as hastes de palmito Pupunha usadas neste trabalho foram obtidas em uma única área de produção, no município de Itatiba - SP. Segundo a classificação climática de Koeppen a região apresenta classificação Cwa – clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (CEPAGRI, 2008).

O ponto de colheita adotado foi a altura dos estipes com 1,60m de altura, medidos entre a inserção da primeira folha no estipe e a folha-flecha (a folha mais nova e recém-brotada) da copa da palmeira. Imediatamente após a colheita, a matéria-prima foi transportada para a Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP – Campinas, SP, para o processamento, apresentado na Figura 1.

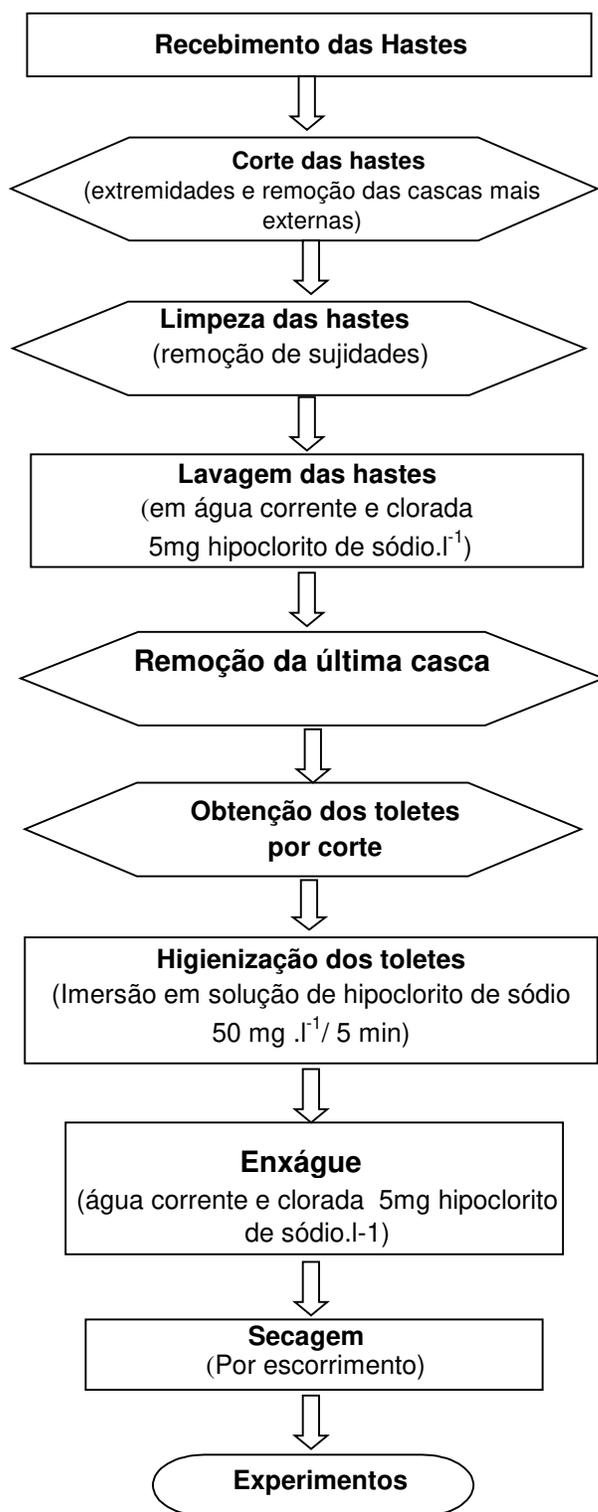


Figura 1. Etapas do processamento de toletes de palmito Pupunha

Para a determinação da taxa respiratória ( $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ ) e da biossíntese de  $\text{C}_2\text{H}_4$  foi usado o sistema estático (SALTVEIT, sem data). Os toletes de palmito Pupunha foram colocados em frascos de vidro herméticos com volume de 1700mL. Nas tampas dos frascos foram colocados septos para a retirada das amostras da composição gasosa. Em cada frasco foram colocados seis toletes com diâmetro e comprimento médios de 30mm e 100mm, respectivamente, perfazendo  $540 \pm 30\text{g}$  produto/frasco. Cada um desses toletes foi extraído de palmeiras distintas, com o objetivo de reduzir o efeito da variabilidade genética da pupunheira sobre os resultados. O experimento foi realizado em incubadoras a  $1,5 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ,  $5,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ ,  $10,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$  e  $25,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$  e  $85 \pm 5\%$  de umidade relativa, com três repetições por temperatura.

As análises da concentração de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$  foram feitas em cromatógrafo a gás marca Varian, modelo CG 3400, equipado com detector de condutividade térmica e coluna empacotada com Chromosorb 106 (60 – 80mesh, 1,8m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram respectivamente,  $40^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$  e  $150^\circ\text{C}$ . A corrente foi de 138mA, com atenuação de 8mA. O cromatógrafo dispunha de detector de ionização por chama e coluna empacotada com Molisieve 5A 45/60 (80 – 100mesh, 1,8m de comprimento e 3,2mm de diâmetro interno). As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram respectivamente,  $40^\circ\text{C}$ ,  $70^\circ\text{C}$  e  $150^\circ\text{C}$ . A pressão e o fluxo dos gases de arraste foram respectivamente: para o Hélio 460kPa e  $20 - 25 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  e para o Nitrogênio, 280kPa e  $20 - 25 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . As pressões e fluxos dos demais gases foram: ar sintético, 550kPa e  $300-350 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  e do hidrogênio 280kPa e  $37-39 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . No início de cada série de análises foram injetadas no cromatógrafo amostras padrão de calibração de  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{C}_2\text{H}_4$ .

Os frascos foram fechados a partir do momento em que os toletes atingiram a temperatura de armazenamento, determinada por termômetro de inserção. Depois de permanecerem fechados por 60 minutos foram retiradas amostras do interior dos frascos com seringa à prova de vazamento (“gas tight”) e injetadas no cromatógrafo. Após a retirada das amostras, os frascos eram abertos até a próxima determinação, em intervalos de 24 horas. A taxa respiratória e a produção de etileno foram calculadas pela diferença entre a concentração final, após 60 minutos, e a inicial, quando os frascos foram fechados. No cálculo da concentração dos gases foi considerada a perda de massa dos toletes ao longo do armazenamento e o correspondente aumento no volume livre dos frascos. Considerou-se

também a massa molar dos três gases nas quatro temperaturas e os resultados foram expressos em  $\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $\text{mg O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e  $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . A perda de massa pelos toletes armazenados foi determinada por meio da pesagem diária dos toletes e cálculo da diferença entre peso final e inicial, e os resultados expressos em porcentagem. Durante todo o período, as amostras foram observadas quanto aos sinais de deterioração, utilizados como indicadores para o encerramento das determinações e, os resultados obtidos nas datas anteriores verificados para eliminar quaisquer efeitos de fatores bióticos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey a nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ESTAT (UNESP, 1994).

### **Resultados e Discussão**

Os toletes armazenados a 25,0°C, 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C apresentaram sinais de deterioração por microrganismos após 36h, 84h, 180h e 252h de armazenamento, respectivamente. Ao crescimento de microrganismos correspondeu aumento significativo na taxa de produção de  $\text{CO}_2$ , e as análises foram encerradas para os toletes armazenados.

Os toletes de Pupunha apresentaram taxas respiratórias significativamente diferentes em função das temperaturas de armazenamento, confirmando-se que a temperatura de armazenamento é o fator determinante sobre a taxa respiratória de frutas e hortaliças (KADER, 1987). Observa-se nas Figuras 2 e 3 que a taxa de produção de  $\text{CO}_2$  foi decrescente em função das temperaturas: a maior produção ocorreu a 25,0°C – com valor médio de  $206 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  - e apresentou redução sucessivamente a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C. Os valores médios de produção de  $\text{CO}_2$  observados nessas três temperaturas foram  $35 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $24 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  e  $11 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . Kalil et al. (2007) também relataram esse efeito sobre a redução da taxa respiratória em toletes de Pupunha armazenados a 25,0°C, 15,0°C e 5,0°C sem, entretanto, apresentarem os respectivos valores numéricos.

Em aspargo, que também é um tecido meristemático tal como os toletes de Pupunha, Lipton (1990) observou que a taxa de produção de  $\text{CO}_2$  aumentou dez vezes entre 0°C e 30°C. De acordo com os resultados obtidos observou-se que a taxa de produção de  $\text{CO}_2$  nos toletes de palmito Pupunha aumentou cerca de 19 vezes no intervalo entre 1,5°C e 25,0°C.

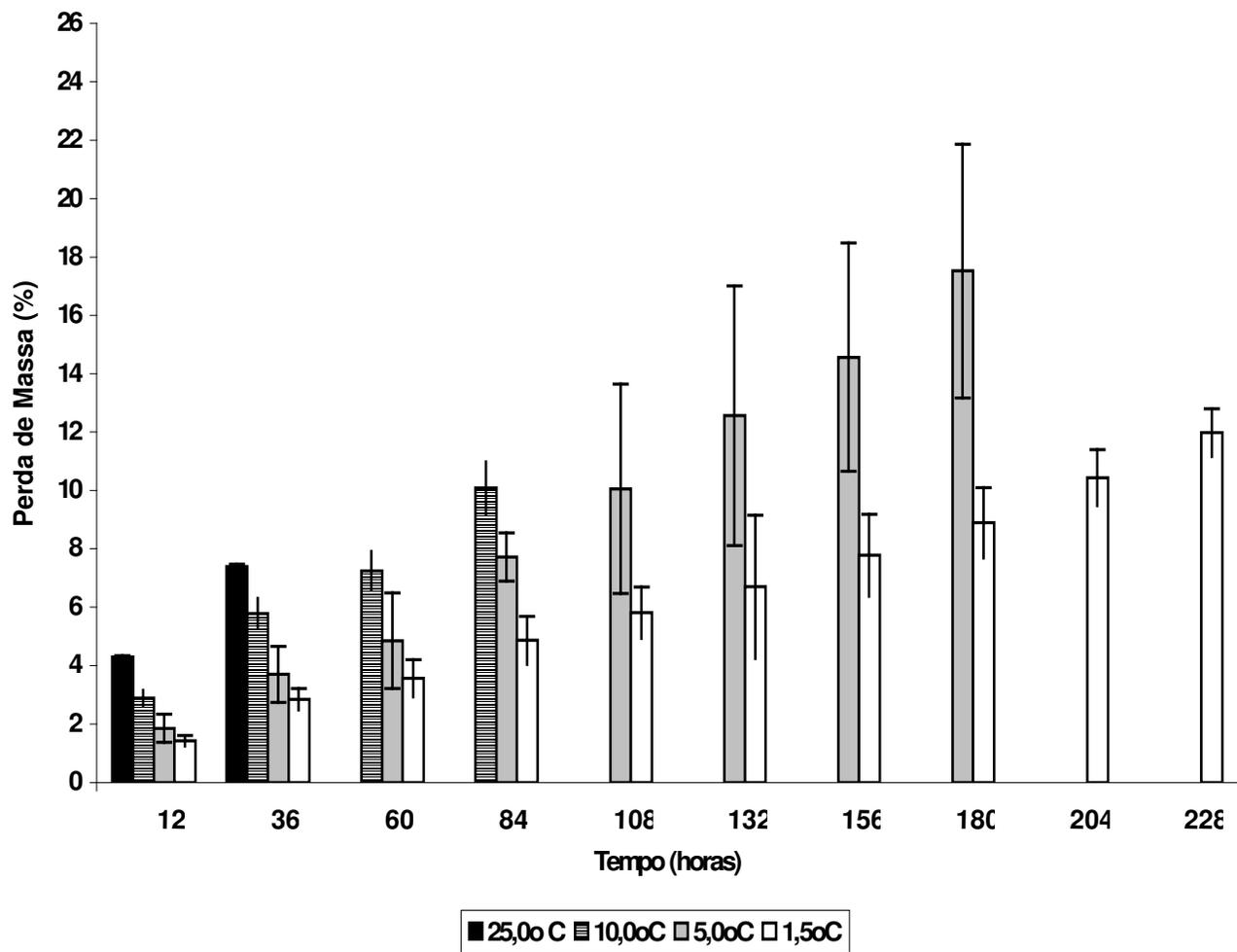


Figura 2. Produção de CO<sub>2</sub>, em mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, em toletes de palmito Pupunha armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C. As barras verticais representam o desvio-padrão da média

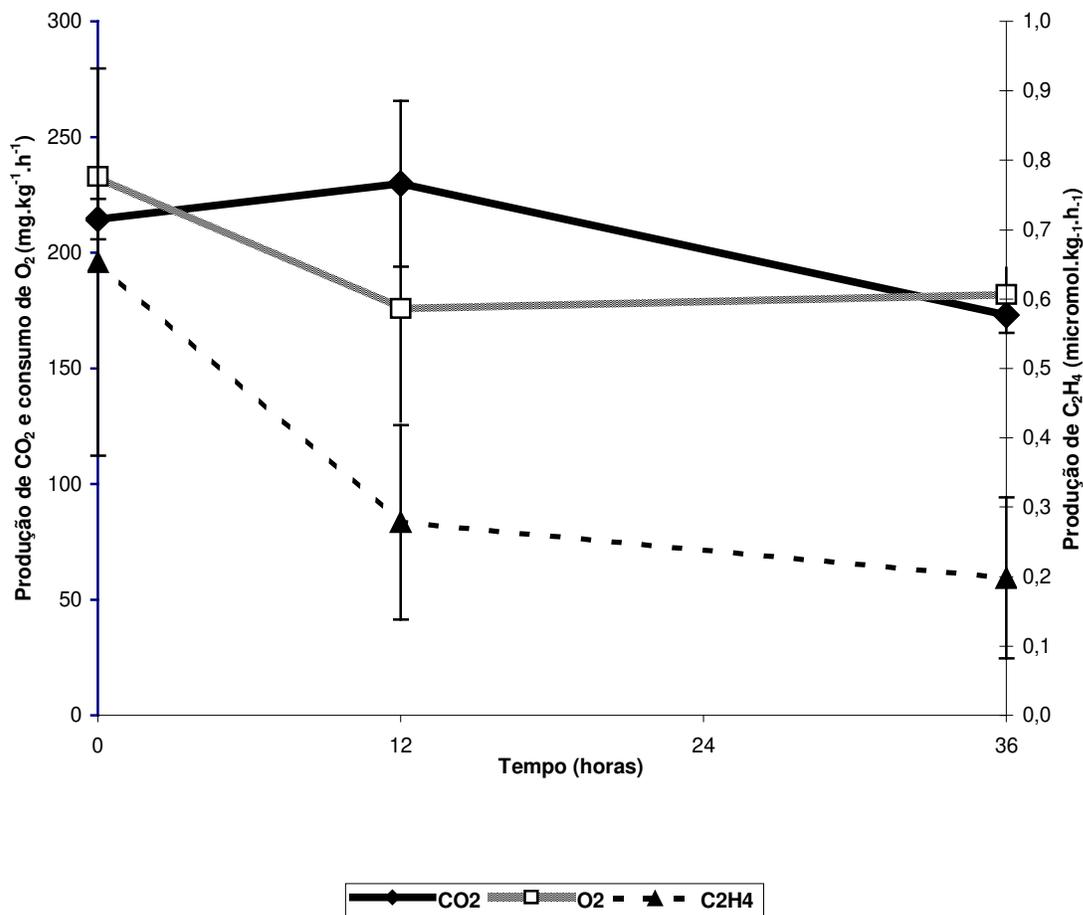


Figura 3. Produção de CO<sub>2</sub> e consumo de O<sub>2</sub>, em mg.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, e produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, em μmol.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, em toletes de palmito Pupunha armazenados a 25,0°C. As barras verticais representam o desvio-padrão da média

Analisando-se a Figura 4 verifica-se que também houve menor consumo de O<sub>2</sub> nas temperaturas mais baixas, e que a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C houve proporcionalidade entre a quantidade de CO<sub>2</sub> produzido e a de O<sub>2</sub> consumido ao longo do período. Entretanto, verificou-se que a partir de 12h até 48h de armazenamento ocorreu um aumento no consumo de O<sub>2</sub> sem que a esse correspondesse um aumento na produção de CO<sub>2</sub> nos toletes armazenados nas três temperaturas. Tal fato pode ser atribuído a processos fisiológicos relacionados à atividade enzimática que demandam oxigênio. Deve-se considerar que os toletes são tecidos meristemáticos que foram removidos do interior dos estipes das palmeiras, cortados e expostos ao ar ambiente e ao resfriamento. Esse estresse está relacionado ao aumento da atividade da peroxidase após a colheita, quando uma gama de compostos torna-se suscetível à sua ação.

Essa ação está relacionada aos processos de desenvolvimento dos tecidos bem como àqueles relacionados à deterioração oxidativa e senescência de produtos hortícolas em função de danos mecânicos, estresse por temperatura, radiação luminosa e outros tipos de radiação, senescência, infecções e aplicação de reguladores do crescimento e de pesticidas. (SIEGEL, 1993; BIRECKA et al., 1979). Ferreira et al. (1993) detectaram a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase em palmito Pupunha. Leme et al. (2007) verificaram aumento da atividade da polifenoloxidase em toletes minimamente processados a partir do segundo dia de armazenamento a 5,0°C. Há indicação de processos oxidativos, relativos a atividade enzimática, em toletes de palmito Pupunha.

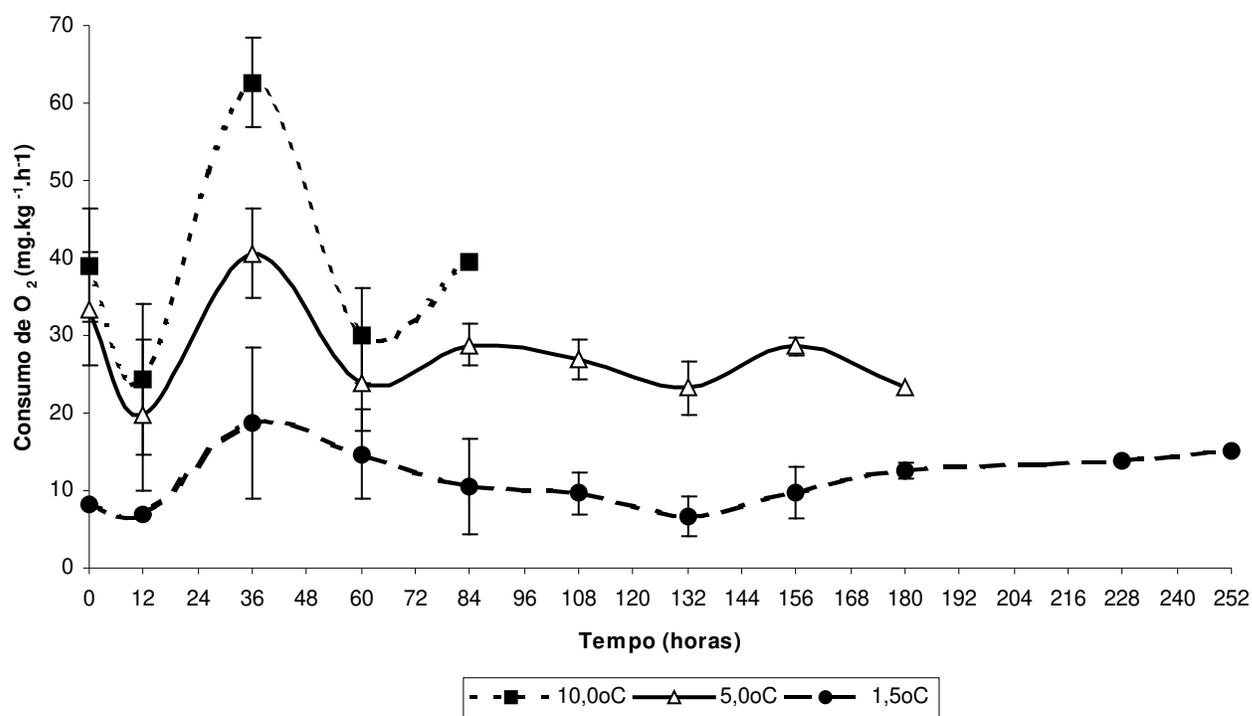


Figura 4. Consumo de  $O_2$ , em  $mg.kg^{-1}.h^{-1}$ , em toletes de palmito Pupunha armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C. As barras verticais representam o desvio-padrão da média.

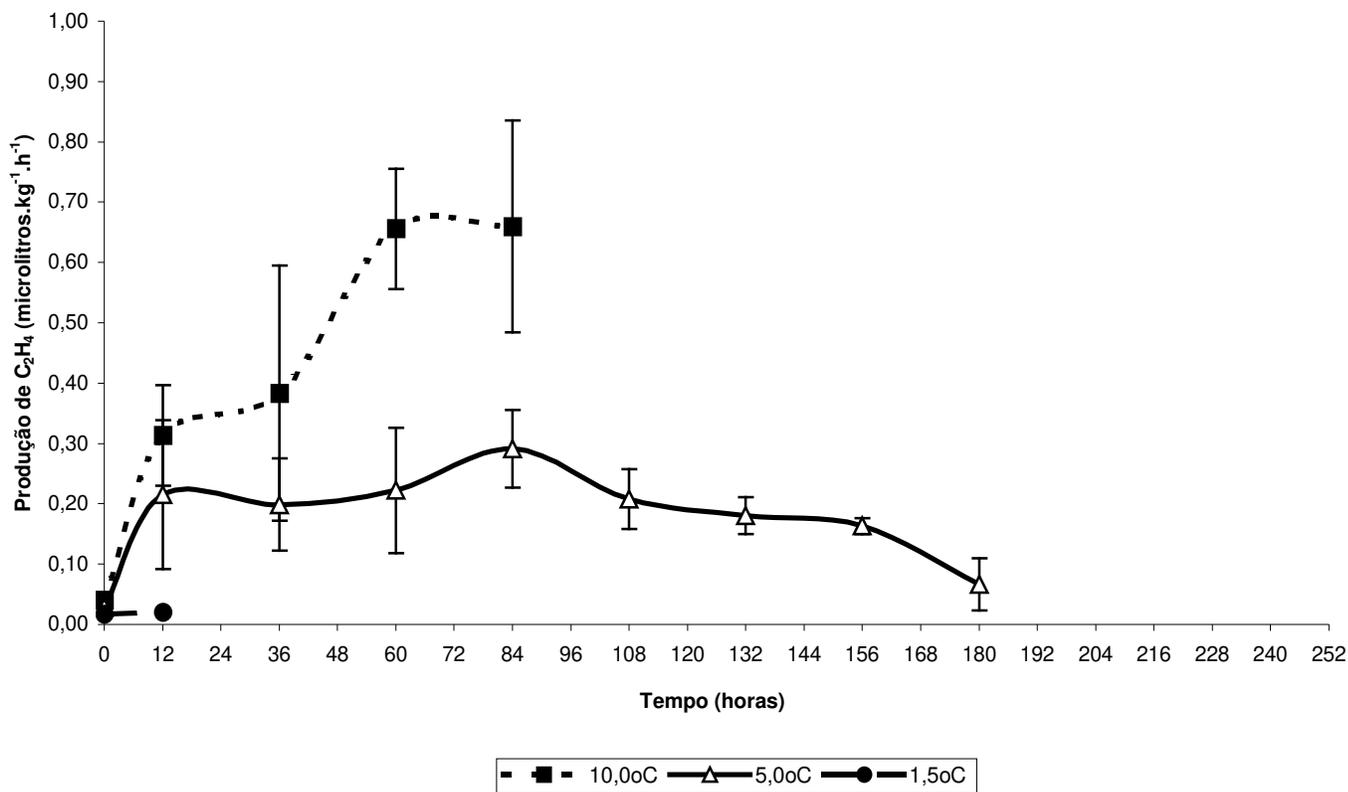


Figura 5. Produção de  $C_2H_4$ , em  $\mu L.kg^{-1}.h^{-1}$ , em toletes de palmito Pupunha armazenados a  $10,0^\circ C$ ,  $5,0^\circ C$  e  $1,5^\circ C$ . As barras verticais representam o desvio-padrão da média

A produção de  $C_2H_4$  também seguiu o padrão observado para a produção de  $CO_2$  e consumo de  $O_2$  em relação às temperaturas de armazenamento (Figuras 3 e 5). A  $5,0^\circ C$  e  $10,0^\circ C$  houve aumento na taxa de produção que atingiu o valor máximo após 84 e 72 horas, respectivamente. A partir de então, houve declínio até o final do período de armazenamento. A  $1,5^\circ C$ , a produção de  $C_2H_4$  foi detectada somente nas primeiras 12 horas e em níveis muito baixos, comparativamente às demais temperaturas. O  $C_2H_4$  é um indicador do nível de estresse a que os tecidos vegetais foram submetidos. Em tecidos submetidos a danos por frio e físicos, o  $C_2H_4$  intermedia as respostas de defesa na reparação dos mesmos, estimula a atividade de enzimas oxidativas e, conseqüentemente a senescência. Por mediar diversas reações metabólicas; os efeitos do  $C_2H_4$  podem ser reduzidos com o armazenamento de frutas e vegetais nas temperaturas mínimas recomendadas, assim como pela diminuição na concentração de  $O_2$  e aumento na concentração de  $CO_2$  do ambiente de armazenamento (SALTVEIT, 1999).

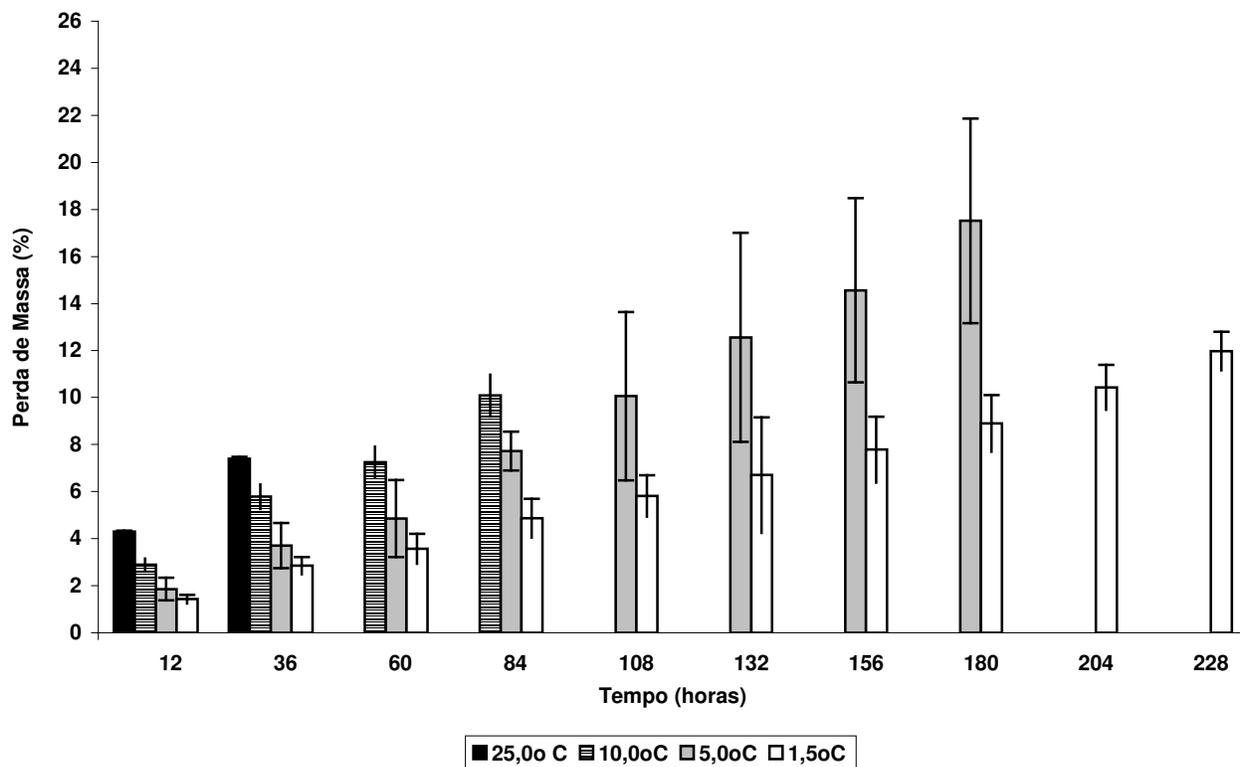


Figura 6. Perda de massa, em porcentagem, em toletes de palmito Pupunha armazenados a 25,0°C, 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C. As barras verticais representam o desvio-padrão da média.

De acordo com Kader (1987 e 2002) a perda de massa devido a estresses térmicos e hídricos pode estimular a taxa respiratória dos tecidos vegetais. Neste experimento ficou evidente o efeito das temperaturas sobre a perda de massa dos toletes de palmito. Houve diferença significativa entre os valores médios de perda de massa dos toletes armazenados a 25,0°C, 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C e, que quanto maiores foram esses valores, mais rápida foi a senescência dos toletes (Figura 6). Ao relacionarmos os resultados da produção de CO<sub>2</sub> (Figura 2) e da produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Figura 4) com os de perda de massa nas diferentes temperaturas pode-se observar que a 10,0°C os valores dessas três determinações foram crescentes durante o experimento. Já nos toletes armazenados a 5,0°C não verificou-se a mesma relação: o aumento da perda de massa foi contínuo porém, a produção de CO<sub>2</sub> foi praticamente constante ao longo do tempo. Por sua vez, a produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foi crescente até as 84 horas do ensaio, decrescendo a partir desse período. Quanto aos toletes de palmito

Pupunha a 1,5°C , também não houve aumento da produção de CO<sub>2</sub> correspondente à crescente perda de massa.

### **Conclusões**

A atividade respiratória, a produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e a perda de massa pelos toletes de palmito Pupunha são influenciadas pelas temperaturas de armazenamento. Quanto maiores as temperaturas, maiores foram as taxas de produção de CO<sub>2</sub>, de consumo de O<sub>2</sub>, a produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e a perda de massa dos toletes de palmito Pupunha. A atividade respiratória, expressa pela produção de CO<sub>2</sub>, aumentou cerca de 19 vezes no intervalo entre 1,5°C e 25°C.

A temperatura de armazenamento de 1,5°C exerceu efeito inibitório sobre a taxa de produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> nos toletes de palmito Pupunha.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” DO INVERNO E DO VERÃO ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO**

##### **Material e Métodos**

Para esse trabalho foram utilizadas hastes de palmito Pupunha provenientes de cultivo comercial no município de Itatiba – SP. Segundo a classificação climática de Koeppen a região apresenta classificação Cwa – clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (CEPAGRI, 2008).

Foram realizados dois experimentos para a caracterização física e química de toletes de palmito Pupunha: o primeiro no mês de agosto, correspondente ao período do inverno que se estende de maio a agosto, com precipitação média mensal de 32,8mm a 61,0mm e temperatura média mensal de 18,1°C a 16,6°C. O segundo foi conduzido em janeiro, correspondente ao período do verão, que compreende os meses de novembro a março, com temperaturas médias mais altas de 21,6°C a 23,2°C e maior precipitação média mensal de 139,3mm a 228,9mm. O ponto de colheita adotado foi a altura dos estipes, que foram colhidos com 1,60m de altura, medidos entre a inserção da primeira folha no estipe e a folha-flecha (a folha mais nova e recém-brotada) da copa da palmeira. Imediatamente após a colheita, a matéria-prima foi transportada para a Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP – Campinas, SP, para o processamento apresentado na Figura 1.

Os toletes foram armazenados a  $10,0\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ,  $5,0\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  e  $1,5\pm 1,0^{\circ}\text{C}$  com umidade relativa de  $85\pm 5\%$ , dispostos em bandejas de poliestireno sem recobrimento e sem que houvesse sobreposição de toletes em cada bandeja. Cada uma delas continha  $540\pm 30\text{g}$  de toletes de palmito, com diâmetros médios de 30mm e 100mm de comprimento obtidos de diferentes palmeiras. Essa quantidade foi estabelecida para obter-se três repetições para cada análise/temperatura/data de amostragem. Este experimento teve a duração de 15 dias com análises a cada três dias.

Foram realizadas as seguintes análises:

- pH determinado potenciométricamente usando-se pHmetro Micronal B 274, no centrifugado dos toletes (CARVALHO et al., 1990).

- Acidez titulável determinada nos centrifugados anteriormente preparados para a determinação de pH, por meio de titulação com NaOH (0,1M) até atingir pH 8,1 (CARVALHO et al., 1990).
- Sólidos solúveis do centrifugado dos toletes com leitura em refratômetro digital, marca Schmidt + Haensch, com escala de 0 a 32 °Brix (CARVALHO *et al.*, 1990).
- Cor, pelo sistema \* L, \* a, \* b por leitura direta em colorímetro Minolta, com 2 leituras em cada repetição.
- Perda de massa: por meio da pesagem diária dos toletes em balança semi-analítica Mettler Toledo-PB 3002, com cálculo da diferença entre o peso final e inicial, e os resultados expressos em porcentagem.
- Firmeza, com texturômetro TAXT-2i e célula de carga de 25kg. A metodologia utilizada foi estabelecida em ensaios preliminares: as determinações foram feitas com célula de corte em amostras de toletes com 30,0mm de altura e 30,0±2,0mm de diâmetro retiradas do terço médio da haste de palmito. Foram feitos testes uniaxiais perpendicularmente ao sentido das fibras, com velocidade de penetração 1,0mm.s<sup>-1</sup> e penetração de 40 mm. O índice de firmeza foi calculado e expresso em energia (J).

O delineamento experimental foi fatorial 2 (duas épocas de colheita: inverno e verão) x 3 (temperaturas de armazenamento 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C). Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ESTAT (UNESP, 1994).

Na Figura 1 são apresentadas as etapas do processamento dos toletes de palmito Pupunha adotadas nesse experimento.

## **Resultados e Discussão**

De acordo com os resultados obtidos nesse experimento, verificou-se o efeito da época de colheita sobre o rendimento de toletes por haste de palmito. O rendimento médio foi de 170g de toletes por haste colhida no verão enquanto que no inverno, foi de 120g de toletes por haste.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de perda de massa nas duas épocas e nas três temperaturas de armazenamento. Observou-se maior perda de massa nos toletes

colhidos no verão. Quanto as temperaturas, os toletes armazenados a 10,0°C apresentaram os maiores valores de perda de massa comparativamente aos armazenados a 5,0°C e 1,5°C. Houve interação significativa entre as temperaturas de armazenamento e as épocas de colheita, com maior perda de massa nos toletes colhidos no verão e armazenados a 10,0°C.

Tabela 1. Valores médios de Perda de massa (%) de toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	10,5 aA	9,5 aB	8,6 bA	7,7 bB	8,1 cA	7,6 cB	9,1
6	18,2 aA	15,0 aB	14,7 bA	11,7 bB	13,2 cA	12,1 cB	10,4
9	23,3 aA	20,0 aB	19,2 bA	14,8 bB	16,3 cA	15,6 cB	15,3
12	28,7 aA	27,4 aB	23,8 bA	19,7 bB	20,3 cA	19,4 cB	16,7
15	32,9 aA	31,3 aB	30,5 bA	22,1 bB	24,2 cA	21,9 cB	17,8

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

O valor médio de firmeza inicial dos toletes cortados no inverno foi 319 J e 229 J no verão (Tabela 2).

De acordo com os resultados, os toletes colhidos no inverno apresentaram valores médios de firmeza significativamente superiores aos dos toletes do verão. As exceções foram observadas nos toletes armazenados a 5,0°C no 6º e 15º dias pós-colheita, e a 1,5°C no 6º dia. Quanto às temperaturas, verificou-se que de modo geral, não houve diferenças significativas. Nas três temperaturas houve variações nos valores de firmeza e em diferentes dias, não correspondendo à interação entre a época de colheita e as temperaturas.

Os toletes colhidos no verão apresentaram maior perda de massa em relação aos do inverno. Entretanto, à essa maior perda de massa não correspondeu a um aumento da firmeza nos toletes do verão. Por sua vez, nos toletes colhidos no inverno, e que tiveram menor perda de massa, foram observados maiores valores de firmeza. Pode-se associar este aumento no índice de firmeza ao maior estresse térmico e hídrico do inverno, que normalmente aceleram o envelhecimento do tecido vegetal.

Tabela 2. Valores médios de firmeza, expressos em energia (J), nos toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	324 aB	538 aA	292 aB	494 aA	312 aB	550 aA	18,5
6	328 bB	588 aA	474 aA	405 bA	574 aA	467 abA	13,8
9	346 aB	644 aA	262 aB	379 bA	357 aB	476 bA	15,2
12	375 bB	541 bA	428 abB	632 abA	604 aB	615 aA	12,1
15	346 aB	418 bA	376 aA	372 bA	337 aB	499 aA	8,5

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

A avaliação da cor dos toletes de palmito Pupunha foi baseada no parâmetro \* b que corresponde ao amarelo no sistema Cielab (sistema \* L, \* a, \* b). O valor médio inicial (dia zero) de \* b nos toletes do inverno foi 22,47 e nos do verão, 20,41. Quanto mais alto o valor, mais amarelo é o produto. Os valores de \*b dos toletes colhidos no inverno foram superiores aos observados nos toletes do verão até o 12º dia pós-colheita. No 15º dia, não foram observadas diferenças significativas entre as duas épocas (Tabela 3). Quanto às temperaturas, foram verificados maiores valores de \*b nos toletes a 1,5°C no 6º dia. Nas demais datas de análise não foram observadas diferenças significativas entre as três temperaturas.

Tabela 3. Valores médios de cor (\*b) de toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	19,2 aB	24,1 aA	21,6 aB	24,1 aA	21,8 aB	24,5 aA	8,7
6	19,2 bB	27,8 aA	19,9 bB	27,3 aA	24,5 aA	25,1 aA	7,8
9	23,5 aB	25,2 aA	20,5 aB	29,2 aA	22,0 aB	24,1 aA	11,9
12	19,3 aB	24,8 aA	22,3 aB	23,5 aA	24,4 aB	27,7 aA	13,7
15	21,3 aA	24,4 aA	22,2 aA	23,8 aA	24,4 aA	27,3 aA	13,6

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

Os valores médios de sólidos solúveis de toletes de palmito Pupunha no dia zero foram de 8,3 °Brix no inverno, e 6,2 ° Brix no verão. (Tabela 4). No 3º dia pós-colheita não foram observadas diferenças significativas entre as duas épocas de colheita. No 6º, 12º e 15º dias pós-colheita os valores de sólidos solúveis dos toletes do inverno foram superiores aos do verão. No 3º, 6º e 15º dias pós-colheita não foram observadas diferenças significativas entre as

três temperaturas. No 9º dia, os toletes do inverno armazenados a 10,0°C apresentaram menores valores de sólidos solúveis em comparação aos demais. Os toletes do inverno e verão armazenados a 1,5° C também apresentaram menores valores no 12º dia pós-colheita.

Tabela 4. Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) de toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	7,2 aA	7,3 aA	6,2 aA	7,4 aA	6,2 aA	7,4 aA	14,2
6	7,2 aB	8,0 aA	7,3 aB	8,8 aA	5,5 aB	7,9 aA	13,1
9	8,6 aA	6,9 bB	7,8 aB	9,3 aA	8,1 aA	8,1 abA	8,2
12	6,4 abB	8,0 abA	7,2 aB	8,7 aA	6,1 bB	7,6 bA	8,3
15	5,4 aB	8,7 aA	5,5 aB	8,8 aA	6,2 aB	8,0 aA	12,4

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

Os valores médios de pH dos toletes de palmito Pupunha no dia zero foram 6,14 no inverno e 6,33 no verão. Não houve diferenças significativas entre os valores médios de pH nos toletes do verão e do inverno no 3º, 9º e 15º dias pós-colheita. (Tabela 5). Já no 6º dia, observaram-se maiores valores de pH nos toletes colhidos no verão; o inverso foi verificado no 12º dia quando os valores de pH dos toletes do verão foram inferiores aos do inverno.

Tabela 5. Valores médios de pH de toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	5,8 bA	5,7 bA	5,9 abA	5,9 abA	6,1 aA	6,1 aA	5,2
6	5,8 bA	5,6 bB	6,1 aA	5,7 aB	6,1 aA	6,0 aB	6,3
9	5,6 bA	5,5 bA	5,9 abA	5,6 abA	5,9 aA	6,0 aA	5,8
12	5,5 cB	5,9 cA	5,9 abB	5,9 bA	6,1 aB	6,4 aA	7,4
15	5,5 cA	5,7 cA	6,1 bA	5,9 bA	6,4 aA	6,3 aA	7,6

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

Os valores médios de acidez de toletes de palmito Pupunha no dia zero foi 0,17 no inverno e 0,15 no verão. No 3º, 6º, 12º e 15º dias pós-colheita os valores de acidez dos toletes colhidos no verão e no inverno não apresentaram diferenças significativas. (Tabela 6). Somente no 9º dia foram observadas diferenças, a acidez dos toletes do inverno foram

superiores aos do verão nas três temperaturas. De modo geral, os valores de acidez dos toletes armazenados a 10,0°C foram superiores ao dos armazenados a 5,0°C, que por sua vez, também foram superiores aos da temperatura 1,5°C.

Tabela 6. Valores médios de acidez, em g ácido láctico.g<sup>-1</sup> de palmito, de toletes de palmito Pupunha colhidos no verão e no inverno e armazenados a 10,0°C, 5,0°C e 1,5°C

Dias Pós-colheita	Temperaturas de Armazenamento						c.v. (%)
	10°C		5°C		1,5°C		
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	
3	0,21 aA	0,21 aA	0,15 abA	0,20 abA	0,14 bA	0,18 bA	18
6	0,24 aA	0,27 aA	0,19 bA	0,26 bA	0,14 cA	0,14 cA	8,4
9	0,25 aA	0,21 aB	0,23 aA	0,23 aB	0,19 bA	0,17bB	6,4
12	0,30 aA	0,29 aA	0,18 bA	0,22 bA	0,16 bA	0,14 bA	15,6
15	0,30 aA	0,30 aA	0,19 bA	0,25 bA	0,12 cA	0,13 cA	14,9

Letras minúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as temperaturas. Letras maiúsculas diferentes na horizontal indicam diferenças significativas entre as duas épocas. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha = 5\%$ .

## Conclusões

O rendimento de toletes, em gramas por haste cortada, sofreu efeito das diferentes condições climáticas. As hastes cortadas no período do inverno apresentaram rendimento de toletes 30% menor comparativamente às hastes cortadas no verão.

Os toletes de palmito Pupunha do inverno apresentaram maior firmeza, cor amarela mais acentuada e maior teor de sólidos solúveis.

Os toletes de palmito Pupunha do verão tiveram maior perda de massa e houve efeito das temperaturas de armazenamento.

O pH e acidez titulável dos toletes variaram em função das temperaturas de armazenamento.

## **5. CONSERVAÇÃO DE TOLETES DE PALMITO PUPUNHA “IN NATURA” EMBALADOS E ARMAZENADOS A 5,0°C**

### **Material e Métodos**

Foram utilizadas hastes de palmito Pupunha provenientes de cultivo comercial no município de Itatiba – SP. As hastes foram cortadas em Novembro até o início de Dezembro, com temperaturas médias mensais de 21,6°C a 22,3°C e precipitação média mensal de 139,9 mm a 205,9 mm, respectivamente. O ponto de colheita adotado foi o índice de altura dos estipes com 1,60m de altura, medidos entre a inserção da primeira folha no estipe e a folha-flecha (a folha mais nova e recém-brotada) da copa da palmeira. Imediatamente após a colheita, a matéria-prima foi transportada para o Instituto de Tecnologia de Alimentos – Campinas, SP, para o processamento apresentado na Figura 1.

Os toletes foram cortados com comprimento médio de 100,0 mm  $\pm$  7,2mm e diâmetro de 25,6mm $\pm$ 1,7mm.

Para cada ensaio de embalagem foram cortadas 120 hastes de palmeiras Pupunha para que obter-se e selecionar 10kg de toletes com padrão uniforme. O corte das palmeiras, a montagem de cada ensaio e as análises do dia zero, correspondentes aos toletes recém-cortados, foram feitos em um único dia. Devido à grande quantidade de matéria-prima e de atividades realizadas na montagem de cada ensaio, os mesmos foram feitos em semanas subsequentes. Ou seja, a cada semana foi montado um ensaio com uma embalagem diferente. Deve-se ressaltar que toda a matéria-prima foi proveniente da mesma área de produção e que, dentro dessa área foi delimitada uma parcela específica para o corte das palmeiras utilizadas nessa pesquisa.

#### **Filmes para a Embalagem**

Dois dos filmes usados para a embalagem dos toletes de palmito foram policloreto de vinila (PVC) e polietileno linear de baixa densidade (PELBD), ambos esticáveis e de grau alimentício. Os filmes de PVC e PELBD foram selecionados por serem os mais usados comercialmente para o embalamento de hortaliças minimamente processadas e por apresentarem características diferentes.

Além desses filmes, foi feita uma estimativa da taxa de permeabilidade a gases de uma embalagem para a conservação do palmito Pupunha durante o armazenamento refrigerado, cuja atmosfera interna evitasse anaerobiose – perigo de desenvolvimento

microbiológico com risco potencial de saúde pública e fermentação - que gerasse um teor de gás carbônico que reduzisse a taxa de crescimento de microrganismos deteriorantes.

O modelo utilizado baseia-se em um equilíbrio de transferência massa, igualando-se o consumo e a produção de gases da respiração ( $O_2$ ,  $CO_2$ ) pelo produto e a permeabilidade destes gases através da área da embalagem. Como dados de entrada foram consideradas a taxa respiratória e a massa do produto, a temperatura de estocagem, a área da embalagem e as concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$  desejadas na embalagem. Para fins de simplificação do modelamento considerou-se que: a taxa respiratória e a taxa de permeabilidade constantes, mesmo com a modificação dos gases no interior da embalagem; a relação taxa de permeabilidade ao  $CO_2$ /taxa de permeabilidade ao  $O_2$  ( $TPCO_2/ TPO_2$ ) constante para todos os polímeros avaliados pelo modelamento; e que o efeito da temperatura sobre a permeabilidade seria o mesmo para todos os filmes.

Os dados de entrada para o modelamento foram:

temperatura de estocagem:  $5^\circ C$

taxa respiratória ( $CO_2$ ):  $12,37 \text{ mL } CO_2.kg^{-1}.h^{-1}$

taxa respiratória ( $O_2$ ):  $19,38 \text{ mL } O_2.kg^{-1}.h^{-1}$

massa do produto: 500g

área da embalagem:  $0,11m^2$

concentrações desejadas na embalagem:  $O_2$ : 5 a 19% e  $CO_2$ : 3 a 10%

Aplicando-se o modelamento para estimativa de embalagem para os toletes de palmito Pupunha chegou-se a especificação de uma embalagem com as seguintes taxas de permeabilidade:  $TPO_2$ : 29.039 a 232.309  $\text{mL } O_2. m^{-2}.dia^{-1}$  e  $TPCO_2$ : 28.281 a 94.271  $\text{mL } CO_2.m^{-2}.dia^{-1}$ . Visto que filmes de altíssima permeabilidade não estão disponíveis no mercado brasileiro - filmes perfurados a laser e outras especialidades – foram escolhidas estruturas de mais alta permeabilidade possível no país. No caso, foi selecionado um filme poliolefínico multicamadas encolhível, denominado CT-301 e fabricado pela Cryovac. Planejava-se usar o filme CT-301 para gerar atmosfera passiva como para a injeção de mistura gasosa nas embalagens de Pupunha. Entretanto, em ensaios preliminares verificou-se que o CT-301 não era adequado para a injeção de misturas gasosas provavelmente devido a trocas gasosas com o ar através de microfuros e/ou microcanais na região de fechamento da embalagem.

Os filmes selecionados para a embalagem do palmito Pupunha foram caracterizados quanto à espessura e taxas de permeabilidade. As espessuras dos materiais foram determinadas por meio de micrômetro de ponta plana marca Starrett, modelo n°. 732, com resolução de 0,001mm. As TPO<sub>2</sub> foram determinadas por método coulométrico, segundo procedimento descrito na norma ASTM D 3985- 05 *Standard test method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor*, em equipamento OXTRAN, modelo 2/20, da MOCON, operando com oxigênio puro como gás permeante à temperatura de 23°C e a seco. O resultado obtido foi corrigido para 1atm de gradiente de pressão parcial de oxigênio. As TPCO<sub>2</sub> foram determinadas por método de aumento da concentração, segundo procedimento descrito em (SARANTÓPOULOS et al., 2002). Os ensaios foram conduzidos a 22°C e a seco. Os resultados obtidos foram corrigidos para 1atm de gradiente de pressão parcial de gás carbônico.

#### Acondicionamento

Porções de 461,40±9,39g de toletes de palmito Pupunha minimamente processado foram colocadas em bandejas de poliestireno expandido e envoltas pelos filmes, em ambiente a aproximadamente a 20°C. A área aproximada dos filmes por bandeja foi de 0,11m<sup>2</sup>.

Para cada um dos filmes utilizados foram feitas 20 bandejas, correspondendo a quatro bandejas/repetições para cada uma das cinco datas de análise.

As bandejas contendo os toletes de palmito e recobertas pelos filmes de PVC e PELBD esticável foram fechadas em seladora com chapa aquecida. Visto que o filme determinado pelo modelamento e usado para a embalagem dos toletes de Pupunha possuía características diversas dos demais, o fechamento das bandejas foi feito em seladora em L, marca Ipcal e o encolhimento foi feito com soprador térmico, marca Bosch.

Após essa etapa as bandejas foram armazenadas em câmara refrigerada a 5±0,5°C e 89±2% U.R., por 15 dias.

#### Avaliações

A cada três dias foram retiradas quatro bandejas de cada tratamento/filme. Os toletes de palmito Pupunha foram avaliados quanto a:

Composição da atmosfera do espaço-livre no interior da embalagem (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)

Foram coletadas alíquotas de 0,3mL de gás do espaço-livre, com seringa hermética, através de um septo colado na embalagem, e posterior identificação e quantificação dos gases em cromatógrafo a gás Agilent, modelo 7890, operando com detector de condutividade térmica a 150°C, colunas (Peneira Molecular 13X e Porapak N) a 50°C e injetor a 70°C, para O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e detector de ionização de chama a 250°C, coluna (Porapak N) a 50°C e injetor a 150°C para o C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Os resultados de cromatografia foram analisados pelo programa Chemstation/ Agilent, versão B 03.01, com base em curvas-padrão feitas com gases de calibração. Os resultados foram expressos em termos de concentração relativa de volume de gás (v/v) e em mg.L<sup>-1</sup>. As análises foram feitas no laboratório de Cromatografia do Centro de Tecnologia de Embalagens – CETEA/ITAL. As bandejas foram transportadas para esse laboratório em caixas de poliestireno e até o momento da análise, mantidas em câmara a 5°C. A determinação foi feita em ambiente a 22°C e 707 mmHg.

#### Características Físico-Químicas

- pH determinado potenciométricamente usando-se pHmetro Micronal B 274, no centrifugado dos toletes (CARVALHO et al., 1990).
- Acidez titulável determinada nos centrifugados anteriormente preparados para a determinação de pH, por meio de titulação com NaOH (0,1M) até atingir pH 8,1 (CARVALHO et al., 1990).
- Sólidos solúveis do centrifugado dos toletes com leitura em refratômetro digital, marca Schmidt + Haensch, com escala de 0 a 32 °Brix (CARVALHO et al., 1990).
- Cor, pelo sistema \* L, \* a, \* b por leitura direta em colorímetro Minolta, com 2 leituras em cada repetição.
- Perda de massa: por meio da pesagem diária dos toletes em balança semi-analítica Mettler Toledo-PB 3002, com cálculo da diferença entre o peso final e inicial, e os resultados expressos em porcentagem.
- Firmeza, com texturômetro TAXT-2i e célula de carga de 25kg. A metodologia utilizada foi estabelecida em ensaios preliminares: as determinações foram feitas com célula de corte em amostras de toletes com 30,0mm de altura e 30,0±2,0mm de diâmetro retiradas do terço médio da haste de palmito. Foram feitos testes uniaxiais

perpendicularmente ao sentido das fibras, com velocidade de penetração  $1,0\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  e penetração de 40mm. O índice de firmeza foi calculado e expresso em energia (J).

#### Análises Microbiológicas

Nas amostras do dia zero, correspondentes aos toletes recém-cortados e higienizados, foram feitas as análises de presença/ausência de *Salmonella* e de *E. coli*. No dia zero e nas demais épocas de amostragem os toletes de palmito Pupunha acondicionados nas diferentes embalagens foram analisados quanto a contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos totais, aeróbios psicrótróficos e de bolores e leveduras de acordo com a metodologia da American Public Health Association (APHA) (DOWNES e ITO, 2001).

Em cada data de análise foram retiradas, assepticamente, 25 g de amostra de cada embalagem no interior de câmara de fluxo laminar e então, transferidas para bolsa estéril. As amostras foram diluídas em proporção de 1:10 ( $10^{-1}$ ), adicionando-se 225 mL de água peptonada a 0,1% e homogeneizadas. A seguir, procedeu-se às diluições seriadas. Todos os microrganismos foram quantificados pelo método do plaqueamento em superfície. Para os aeróbios mesófilos totais as placas foram incubadas a  $35-37^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, para bolores e leveduras a  $25^{\circ}\text{C}$  por 5 dias e para psicrótróficos a  $7^{\circ}\text{C}$  durante 10 dias. Para todos estes microrganismos foram utilizadas diluições em duplicata. As contagens de coliformes totais e *E. coli* foram feitas utilizando-se placas Petrifilm, marca 3M.

#### Determinação da Atividade de Peroxidase

Em cada data de análise amostras dos toletes de palmito Pupunha foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a  $-26^{\circ}\text{C}$ . Para a determinação da atividade da peroxidase (POD) foi empregada a metodologia descrita por Galdino e Clemente (2008) para palmito Pupunha. Cerca de 5g de palmito foram macerados em nitrogênio líquido e homogeneizados com 25 mL de solução tampão fosfato de sódio 100mM gelada e com pH 5,5. Após a homogeneização, as amostras foram filtradas em tecido de algodão e os filtrados centrifugados a 13.000 G por 20 minutos a  $4^{\circ}\text{C}$ . Para a reação misturou-se 0,2mL do extrato enzimático com 2,7 mL de solução de água oxigenada 0,1% em tampão fosfato de sódio (100mM e pH 5,5), e finalmente adicionou-se 0,1mL de solução de o-dianisidina 1% em etanol. A leitura foi feita em espectrofotômetro a  $\lambda = 460\text{nm}$ . Uma unidade de POD foi definida como o aumento de uma unidade de absorbância por minuto. $\text{mL}^{-1}$  de amostra.

## Análise Estatística

O delineamento experimental foi Inteiramente Casualizado. À exceção das análises microbiológicas, os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ESTAT (UNESP, 1994).

## Resultados e Discussão

Concentração de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> no interior das embalagens com toletes de palmito Pupunha

Foram utilizados os filmes PVC, PELBD e CT301 para o acondicionamento dos toletes de palmito Pupunha em atmosfera modificada passiva. As características e propriedades de barreira são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Propriedades de barreira dos filmes utilizados para a embalagem dos toletes de palmito Pupunha

Filme	Espessura Nominal (µm)	Espessura Determinada (µm)	TPO <sub>2</sub> [mL.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> ]	TPCO <sub>2</sub> [mL.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> ]	TPVA [g de água. m <sup>-2</sup> . dia <sup>-1</sup> ]
PELBD esticável	25	30	9.300	36.548	19,2
PVC esticável	13	11	9.490	72.121	403,4
CT-301	11	-----	12.700	47.149	34,2

Na Tabela 8 são apresentadas as razões entre as taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> dos filmes empregados nesse ensaio e também as razões das concentrações médias dos dois gases medidas no interior das embalagens.

Tabela 8. Razões entre as taxas de permeabilidade ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> dos filmes e das concentrações médias de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> medidas no interior das embalagens.

Filmes	Razão entre as concentrações médias de O <sub>2</sub> e CO <sub>2</sub> no interior das embalagens durante período Pós-Colheita	Razão entre a taxas de permeabilidade dos filmes
	<b>CO<sub>2</sub></b>	
PVC/PELBD	1,41	1,97
PVC/CT301	1,83	1,53
PELBD/CT301	1,30	0,78
	<b>O<sub>2</sub></b>	
PVC/PELBD	0,03	1,02
PVC/CT301	0,03	0,75
PELBD/CT301	0,90	0,73

Entre todas as razões de taxa de permeabilidade dos filmes ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e das concentrações médias desses gases no interior das embalagens foram observadas diferenças. A maior diferença foi verificada em relação ao O<sub>2</sub> nas razões PVC/PELBD e PVC/CT301. Deve-se considerar que, por questões metodológicas, as taxas de permeabilidade a gases foram determinadas a 22°C e 23°C em ambiente desumidificado com sílica gel, ou seja, em condições diversas daquelas em que as bandejas com os toletes de palmito Pupunha foram armazenadas. Acrescente-se a isso, que a atmosfera gerada no interior das embalagens é resultante da interação de vários fatores, como o metabolismo dos toletes, os gases produzidos e consumidos e suas diferentes pressões parciais, o calor gerado pelo produto e a pressão de vapor d'água.

Em todos os tratamentos a embalagens utilizadas promoveram modificação passiva da atmosfera.

No terceiro dia pós-colheita ocorreu modificação da atmosfera no interior das embalagens com PVC (Figura 7). Houve redução abrupta da concentração de O<sub>2</sub>, de 21% para 0,63%, que foi mantida durante o período pós-colheita. A concentração de CO<sub>2</sub> também apresentou aumento significativo até o 12º dia, quando houve uma redução. A concentração de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foi crescente do 6º ao 12º dia pós-colheita com decréscimo a partir desse dia.

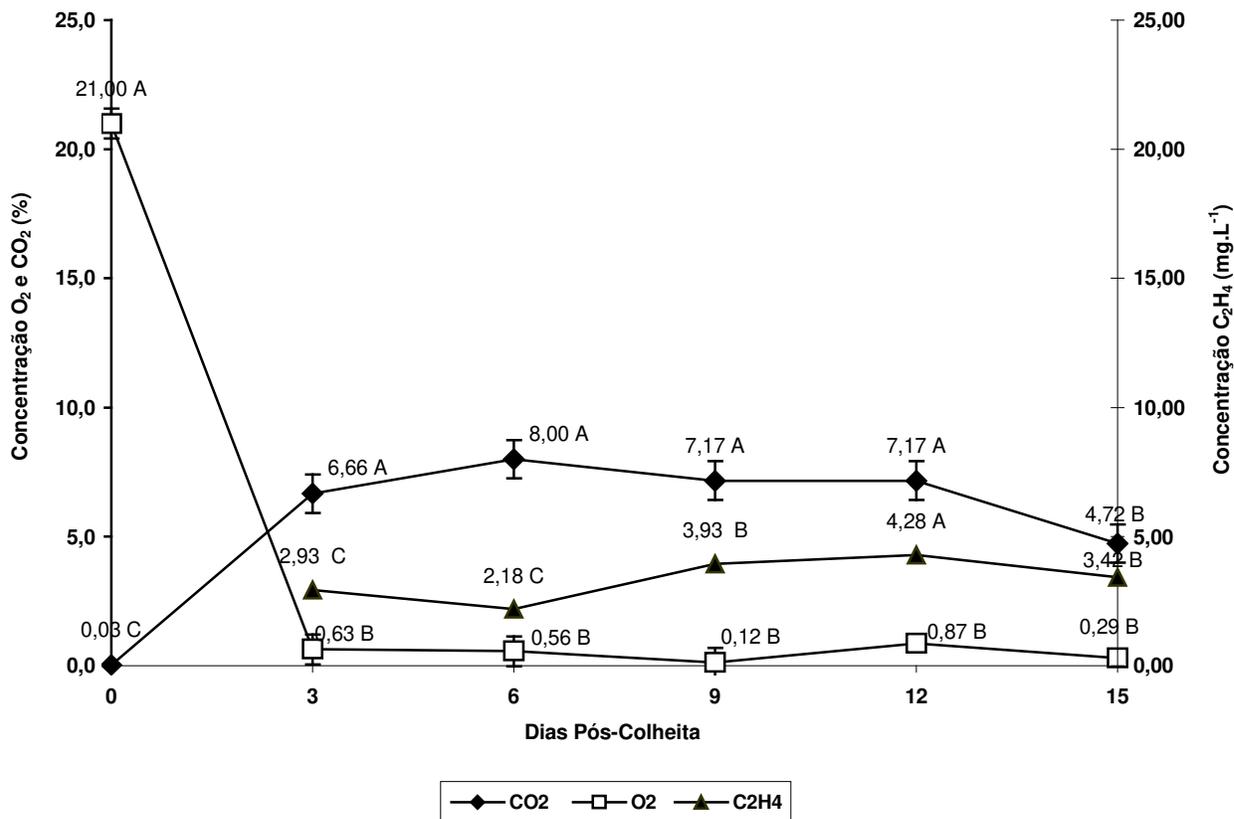


Figura 7. Concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (% v/v) e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (mg.L<sup>-1</sup>), no interior das embalagens PVC contendo de toletes de palmito Pupunha e armazenadas a 5°C. Comparação estatística da evolução de cada um dos gases ao longo do período pós-colheita: letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas ao longo do período pós-colheita. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

Os ensaios com os toletes de palmito Pupunha embalados nos filmes PELBD e CT-301 foram conduzidos até o 9º dia, conforme indicado pelos resultados das análises microbiológicas.

Houve redução da concentração de O<sub>2</sub> e aumento de CO<sub>2</sub> nas embalagens com PELBD e CT-301 a partir do 3º dia pós-colheita (Figuras 8 e 9). Nas bandejas embaladas com PELBD e CT-301 não foram observadas diferenças significativas na concentração de O<sub>2</sub> do 3º ao 9º dia. Quanto ao CO<sub>2</sub>, para o PELBD não houve diferenças significativas ao longo do período pós-colheita, enquanto que para o CT-301 observou-se aumento na concentração desse gás no 9º dia, comparativamente ao 3º e 6º dia.

Houve aumento significativo do  $C_2H_4$  a partir do 3º dia pós-colheita nas embalagens com PELBD, e para o CT-301 foi observado um decréscimo significativo na concentração desse gás a partir do 3º dia.

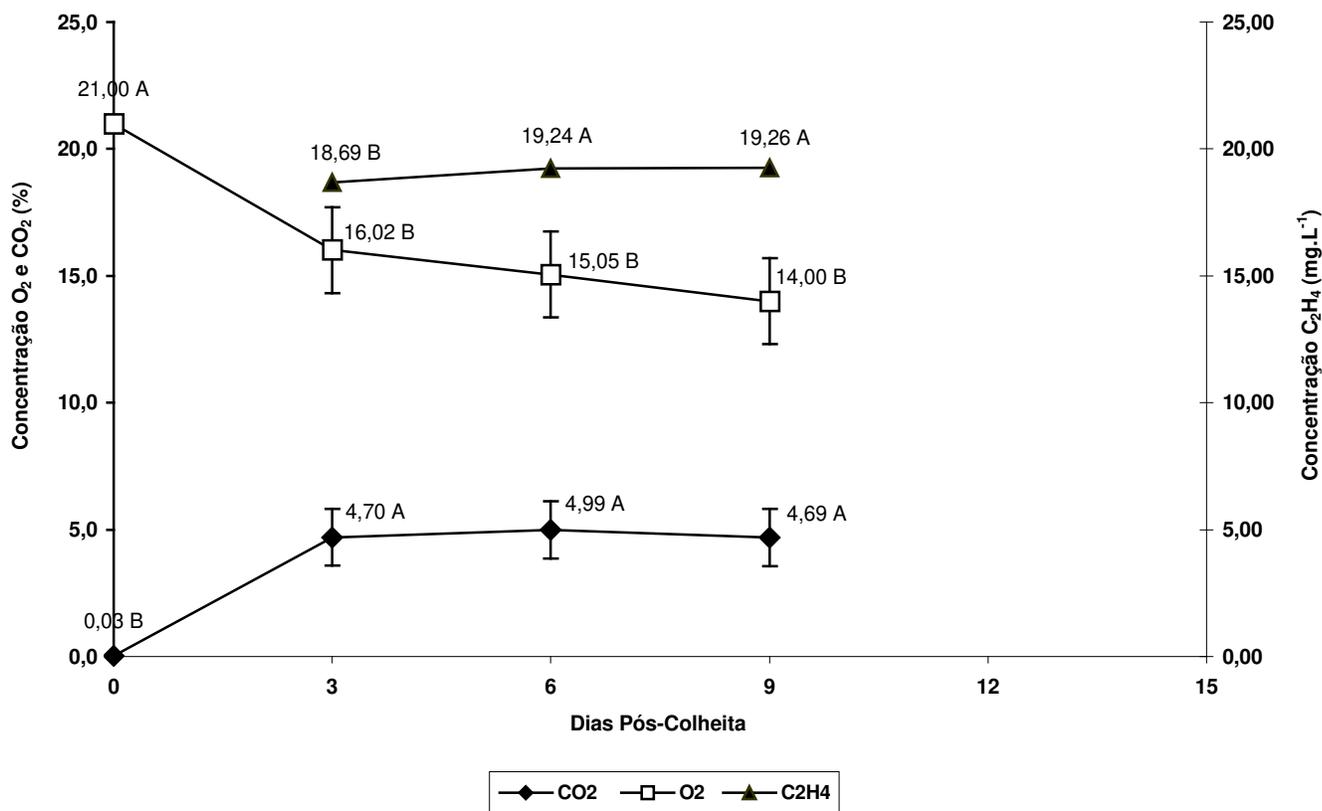


Figura 8. Concentração de  $O_2$  e  $CO_2$  (% v/v) e de  $C_2H_4$  ( $mg.L^{-1}$ ), no interior das embalagens de PELBD contendo toletes de palmito Pupunha e armazenadas a  $5^\circ C$ .

Comparação estatística da evolução de cada um dos gases ao longo do período pós-colheita: letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas ao longo do período pós-colheita. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha= 5\%$ .

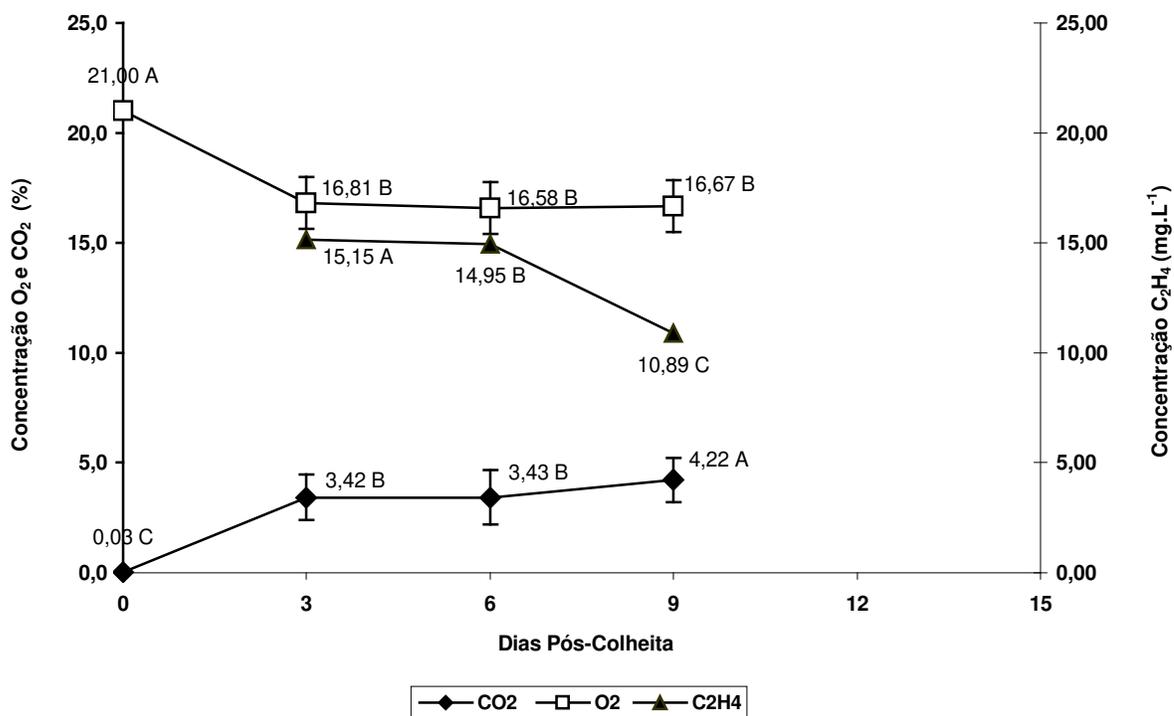


Figura 9. Concentração de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (% v/v) e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (mg.L<sup>-1</sup>), no interior das embalagens de CT-301 contendo toletes de palmito Pupunha e armazenadas a 5°C. Comparação estatística da evolução de cada um dos gases ao longo do período pós-colheita: letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferenças significativas ao longo do período pós-colheita. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

No interior das embalagens com PVC houve redução acentuada da concentração de O<sub>2</sub>, aumento na concentração de CO<sub>2</sub> e presença de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> em concentrações maiores que 2,18mg.L<sup>-1</sup> durante o período pós-colheita (Figura 7). Primeiramente, deve-se considerar que os resultados analisados referem-se à concentração de gases no interior da embalagem e não aquela no interior dos toletes de palmito Pupunha. Pode-se supor uma relação entre as duas concentrações, visto que existe a tendência de equilíbrio no “ambiente” da embalagem. Por outro lado, esse mesmo ambiente da embalagem é dinâmico devido às variações nas concentrações gasosas.

A biossíntese do C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> envolve processos metabólicos complexos que requerem O<sub>2</sub> e sua ação é restringida por altas concentrações de CO<sub>2</sub>. A biossíntese e ação do C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> variam durante os estádios de desenvolvimento das plantas e também em função de estresses bióticos e abióticos (SALTVEIT, 1999). O corte das palmeiras de Pupunha, a supressão dos nutrientes fornecidos pela planta, a exposição dos tecidos internos ao ar atmosférico e ao calor, a

extração dos toletes e seu manuseio, e o resfriamento são fatores de estresse que podem induzir a biossíntese de etileno.

Pelos resultados obtidos a concentração de  $O_2$  no interior da embalagem de PVC contendo toletes Pupunha não se alterou a partir do 3º dia após a colheita, enquanto a concentração de  $C_2H_4$  aumentou. A expectativa de redução da concentração de  $C_2H_4$  em função da redução da concentração de  $O_2$  no ambiente não se consumou. Do mesmo modo, esperava-se redução na concentração de  $CO_2$ , porém observou-se o equilíbrio das concentrações desses gases a partir do 3º dia até o 12º dia. Deve-se considerar para esta situação o efeito térmico, uma vez que os toletes se encontravam à temperatura de 5°C. Portanto, os processos físicos, químicos e bioquímicos tornam-se mais lentos. Some-se a isto o fato da ocorrência das avaliações realizarem-se em intervalos de tempo distantes, representando, portanto, uma tendência de comportamento.

Apesar de não ter sido feita a quantificação de etanol e acetaldeído no interior das embalagens, não foi observada a ocorrência de odores estranhos decorrentes da reduzida concentração do  $O_2$ . De modo geral, considera-se que frutas e hortaliças expostas a teores de  $O_2$  menores que 2% entram em anaerobiose. Entretanto, a concentração exata depende da espécie, da temperatura e do período de exposição (KADER et al., 1989). Esses autores também afirmam que frutas e vegetais minimamente processados têm menos barreiras à difusão de gases, e conseqüentemente toleram maiores concentrações de  $CO_2$  e menores de  $O_2$  comparativamente aos produtos inteiros.

Nas Figuras 10, 11 e 12 são apresentadas as comparações estatísticas entre as concentrações do  $CO_2$ ,  $O_2$  e  $C_2H_4$  no interior de cada uma das embalagens e em cada data de análise.

Verificou-se que não houve diferenças significativas entre as concentrações de O<sub>2</sub> no interior das embalagens PELBD e CT301 em todas as datas de análise. Por sua vez, as concentrações de O<sub>2</sub> encontradas nessas embalagens foram significativamente maiores em relação às observadas nas embalagens com PVC em todas as datas (Figura 10).

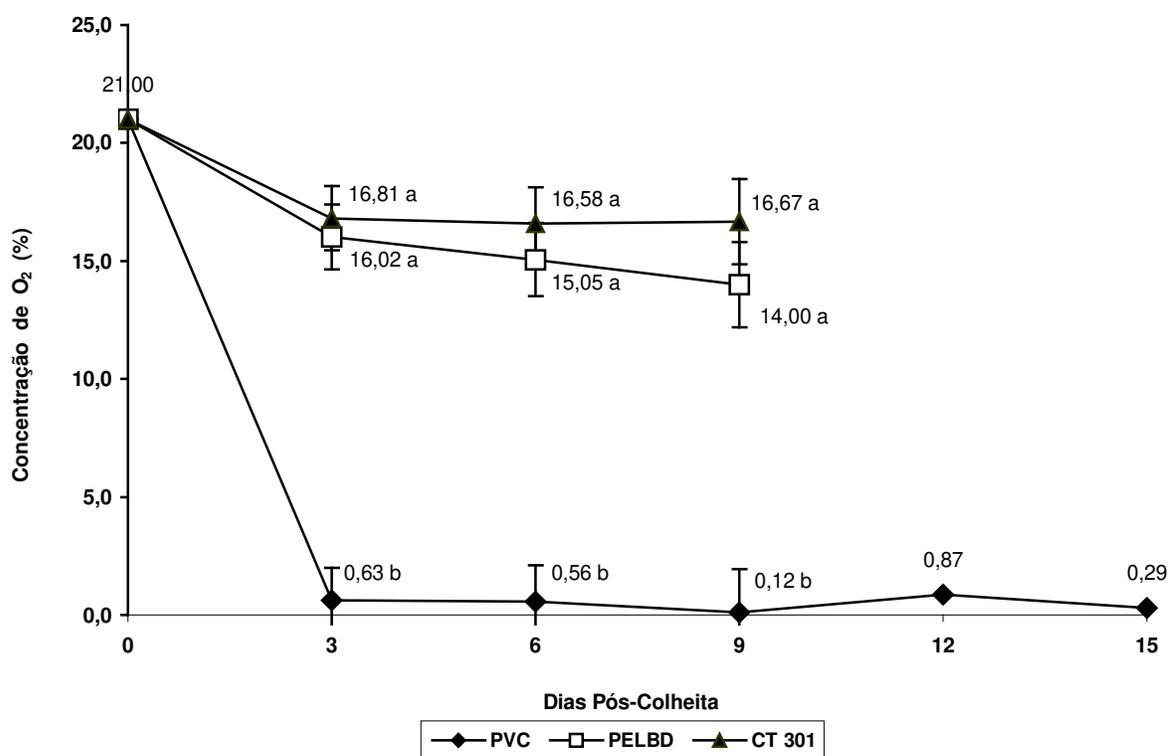


Figura 10. Concentração de O<sub>2</sub> (% v/v) no interior das embalagens de PVC, PELBD e CT-301 contendo toletes de palmito Pupunha e armazenadas a 5°C. Comparação estatística entre as concentrações de O<sub>2</sub> em cada uma das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

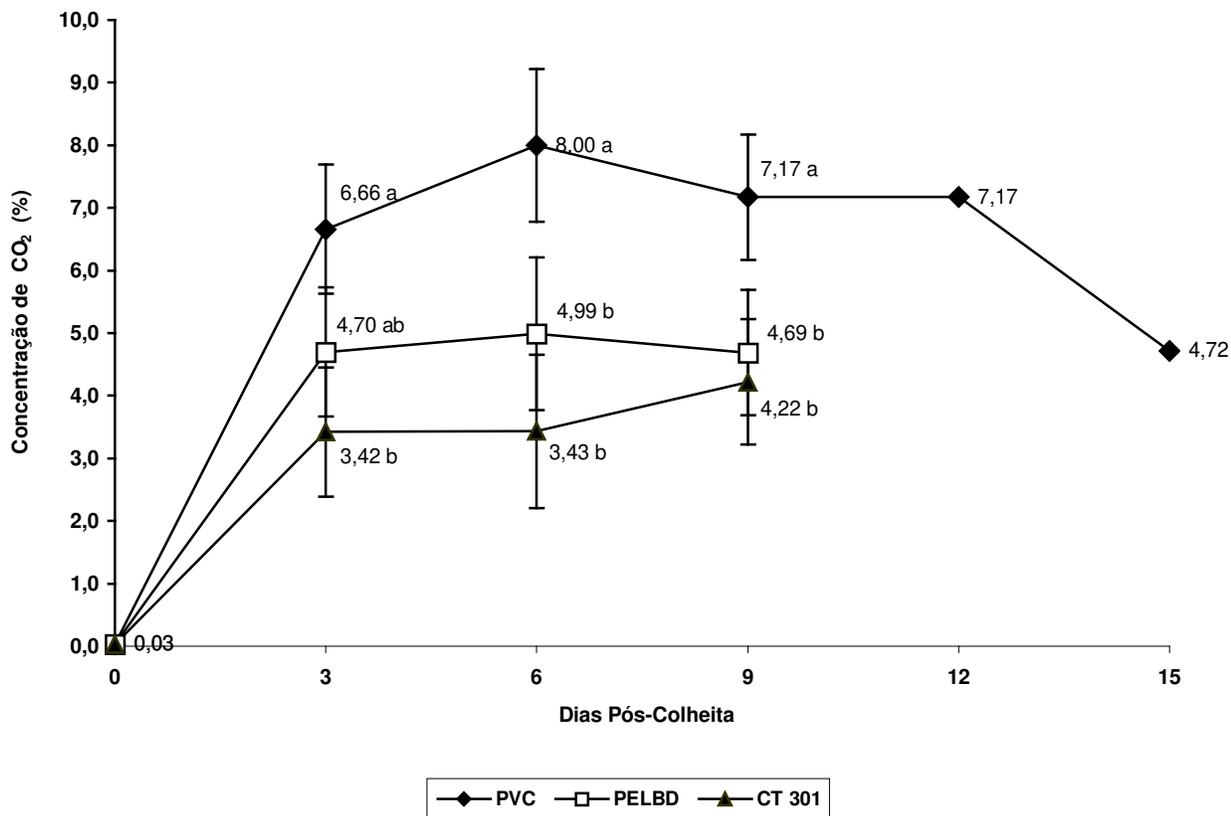


Figura 11. Concentração de CO<sub>2</sub> (% v/v) no interior das embalagens de PVC, PELBD e CT-301 contendo toletes de palmito Pupunha e armazenadas a 5°C. Comparação estatística entre as concentrações de CO<sub>2</sub> em cada uma das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

No terceiro dia pós-colheita houve diferença significativa entre a concentração média de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens de PVC e CT301; a concentração desse gás na embalagem PELBD apresentou valor intermediário. Do sexto dia em diante, os valores médios de CO<sub>2</sub> nas embalagens PVC foram significativamente mais altos do que nas demais (Figura 11).

Quanto ao C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, em todas as datas de análise ocorreram diferenças significativas entre as suas concentrações no interior das três embalagens. Os maiores valores médios de concentração de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foram observados nas embalagens de PELBD, com diminuição significativa dos valores nas embalagens de CT301 e PVC (Figura 12).

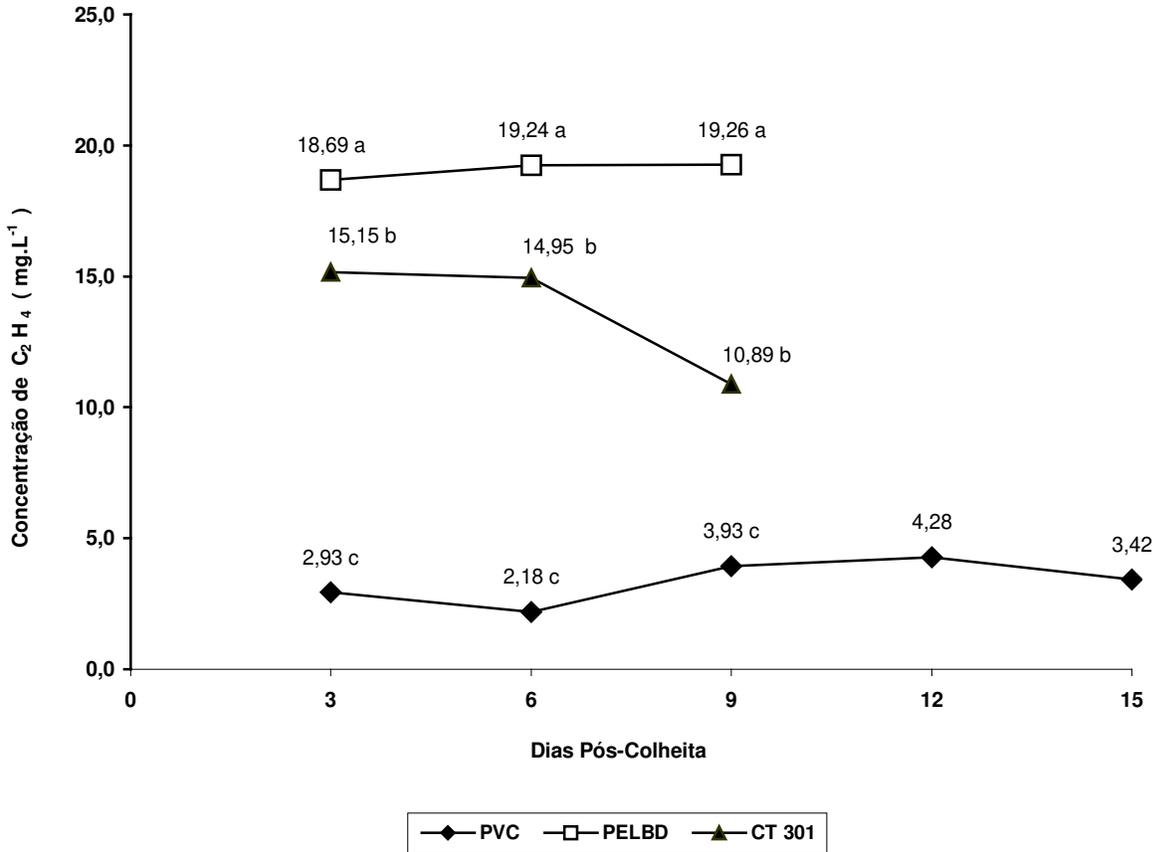


Figura 12. Concentração de  $C_2H_4$  ( $mg.L^{-1}$ ) no interior das embalagens de PVC, PELBD e CT-301 contendo toletes de palmito Pupunha e armazenadas a  $5^{\circ}C$ . Comparação estatística entre as concentrações de  $C_2H_4$  em cada uma das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

Moretti et al.(2006) avaliaram a concentração de  $O_2$  no interior de bandejas de poliestireno recobertas com PVC, PELBD e nylon multicamadas contendo 500g de toletes de palmito Pupunha armazenados a  $5\pm 1^{\circ}C$  e  $15\pm 1^{\circ}C$ . Ao final do período de armazenamento verificaram que a concentração de  $O_2$  foi 4,5 e 4,0 vezes maior nas embalagens de PVC em relação à de nylon multicamadas e de PELBD, respectivamente. Comparando os resultados para PVC e PELBD do referido trabalho com os resultados obtidos neste trabalho, observa-se comportamento totalmente diferente. Um dos aspectos a ser considerado é a qualidade do selamento das embalagens que, se mal realizada permite a entrada do ar nestas.

## Microbiologia de toletes de palmito Pupunha “in natura” embalados com PVC, PELBD e CT301

Em todas as amostras de toletes de palmito Pupunha analisadas no dia zero não foi detectada a presença de *Salmonella* e de *E. Coli*.

### Bolores e leveduras

A população de bolores e leveduras nos toletes de palmito Pupunha analisados durante o período pós-colheita, oscilou em apenas 0,5 ciclo log (de 1,2 a 1,7 log ufc.g<sup>-1</sup>) para a embalagem de PVC, para o PELBD a variação foi de 1 ciclo log (0,9 a 1,9) enquanto que nos toletes embalados em CT301 a variação foi de 2,2 ciclos log (0,7 a 2,9) (Figura 13). Portanto, os valores máximos de contagem de bolores e leveduras foram de 1,7, 1,9 e 2,8 log ufc.g<sup>-1</sup>, para os toletes embalados em PVC, PELBD e CT301, respectivamente. A partir do 9º dia observou-se a predominância de leveduras nos toletes de Pupunha embalados em PELBD e CT301. As amostras do 12º dia apresentavam sinais de deterioração e odor estranho. Os ensaios com esses dois filmes foram interrompidos nessa data.

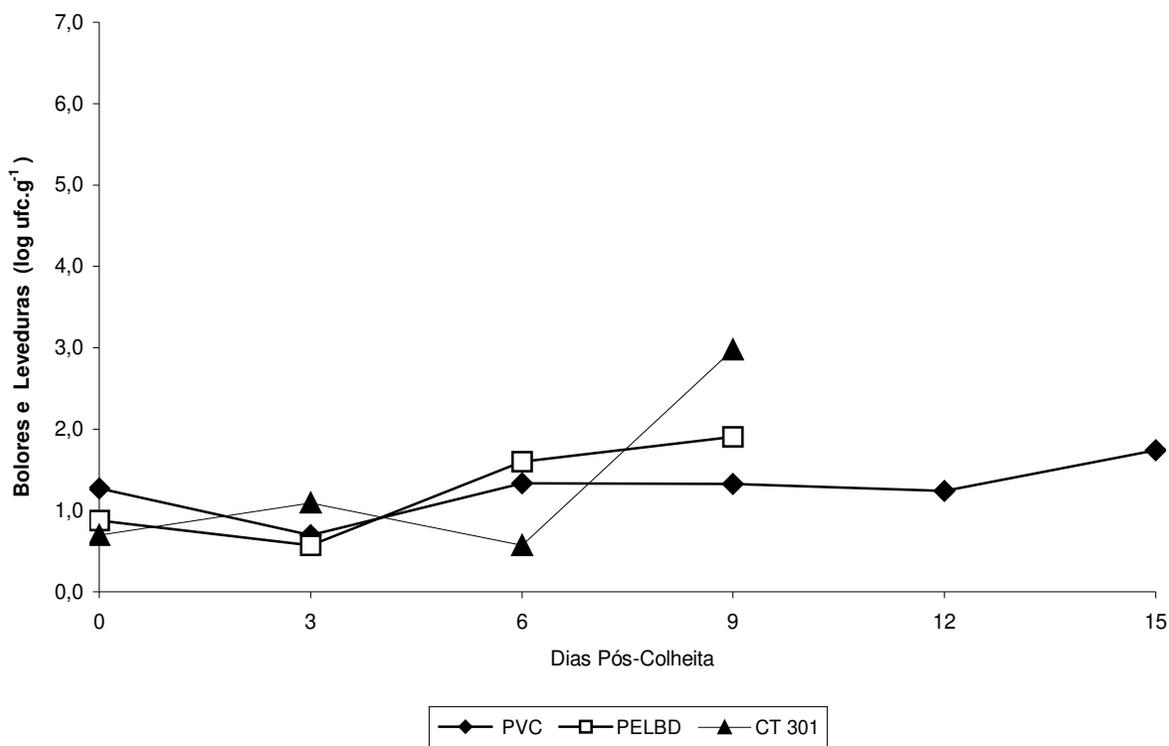


Figura 13. Valores médios de contagem total de bolores e leveduras em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.

A predominância de leveduras, que conduziu à deterioração dos toletes, está associada à condensação de vapor d'água que ocorreu nas bandejas recobertas com PELBD e CT301 que têm menores TPVAs comparativamente à do PVC, ou seja, 19,2; 34,2 e 403,4 g de água. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup>, respectivamente.

A população de aeróbios mesófilos nos toletes oscilou entre 2,0 e 3,8; 2,3 e 6,2; 2,3 e 5,8 log ufc.g<sup>-1</sup> para as embalagens de PVC, PELBD e CT301 durante o período pós-colheita. Para o PVC não foram observadas alterações até o 6º dia. No entanto, nesse mesmo período, observou-se um aumento de aproximadamente 3 e 2 ciclos log para o PELBD e CT301, respectivamente (Figura 14). Os toletes de Pupunha embalados nos três filmes apresentaram contagens de psicotróficos que oscilaram de maneira semelhante à contagem de aeróbios mesófilos totais (Figura 15).

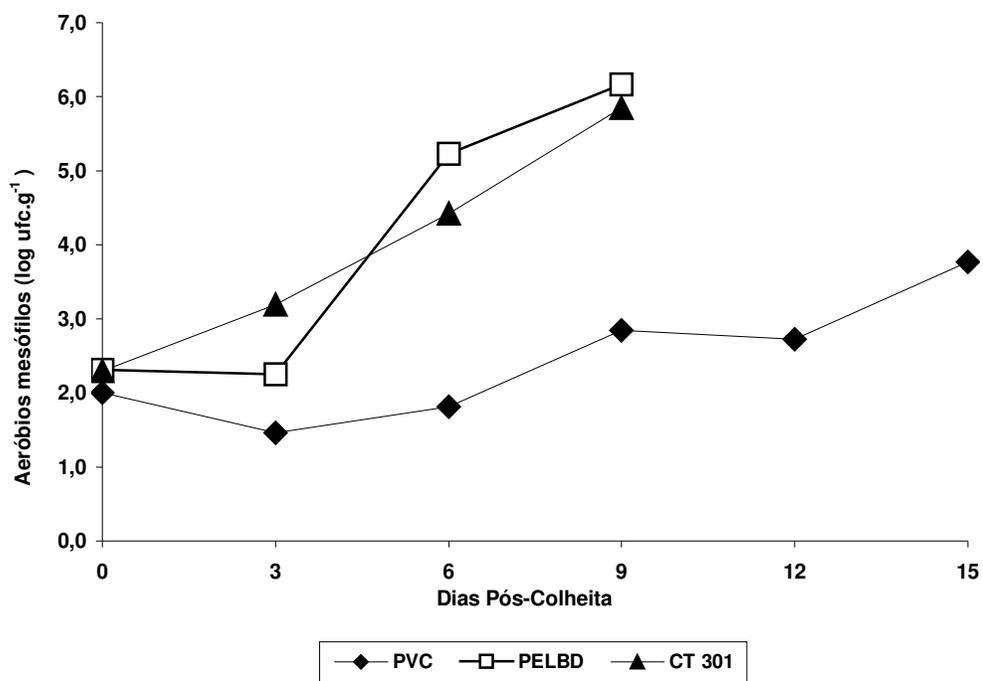


Figura 14. Valores médios de contagem total de aeróbios mesófilos em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.

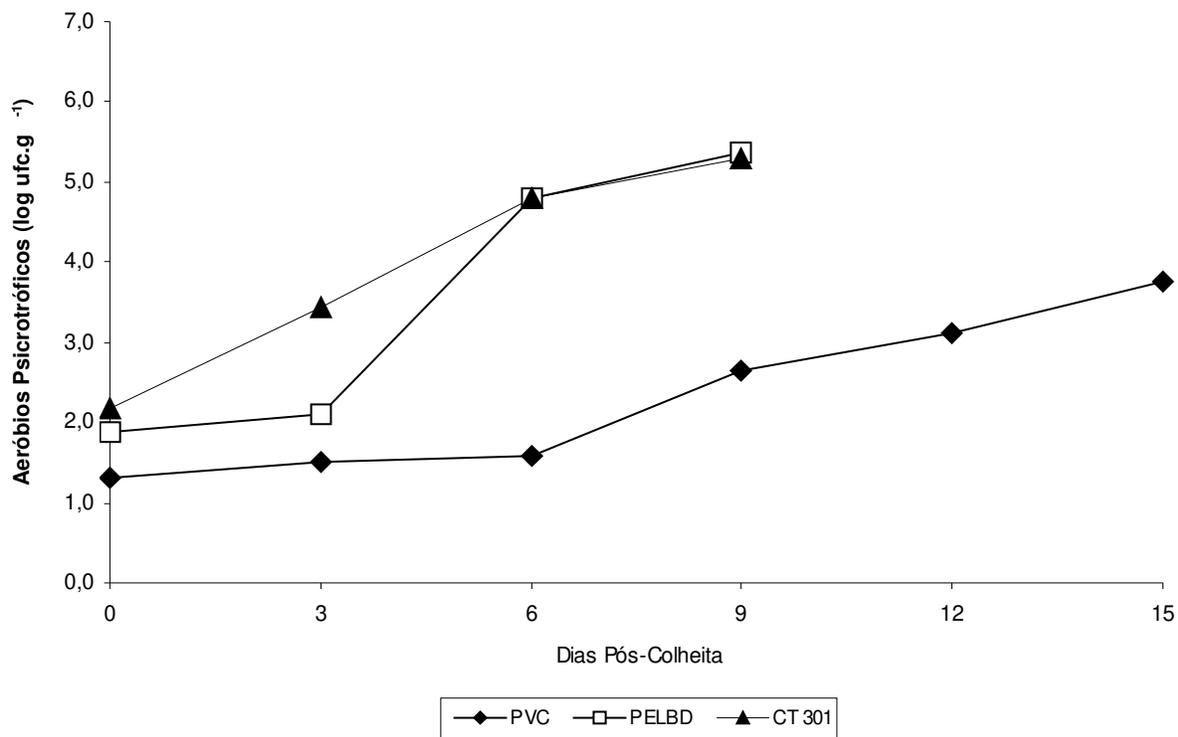


Figura 15. Valores médios de contagem total de aeróbios psicrotróficos em toletes de palmito Pupunha embalados em PVC, PELBD e CT301 e armazenados a 5,0°C.

O governo japonês estabeleceu que o consumo de vegetais frescos que apresentem contagem padrão de microrganismos inferiores a  $10^5$  ufc.g<sup>-1</sup> (5 log ufc.g<sup>-1</sup>) é seguro, apesar de também não existir, assim como no Brasil, uma legislação específica para vegetais minimamente processados prontos para o consumo no que diz respeito aos limites de microrganismos ( KANEKO,1999 apud MAISTRO, 2006).

Pelos resultados obtidos e adotando-se o limite acima, verifica-se que dentre os filmes testados, o PVC atendeu a esse critério. Os toletes de palmito Pupunha apresentaram contagens de microrganismos inferiores a 5 log UFC.g<sup>-1</sup> até o 15º dia. Essa menor taxa de crescimento de microrganismos pode ser atribuída à baixa concentração do O<sub>2</sub>, desfavorável ao crescimento de microrganismos aeróbios, e por não ter havido condensação de vapor d'água nas embalagens de PVC. A presença de água ou de fluidos celulares na superfície dos vegetais embalados e nos filmes de recobrimento têm efeito prejudicial sobre a conservação pós-colheita (ZAGORY, 1999). A água nas embalagens de PELBD e CT301 associada à maior disponibilidade de O<sub>2</sub> favoreceu o crescimento de microrganismos nos toletes de Pupunha.

No caso dos toletes embalados em PVC e armazenados a 5,0°C, o valor médio de O<sub>2</sub> durante o período pós-colheita foi de 0,49%, com registro de valor mínimo de 0,12%. Se por um lado, a baixa concentração de O<sub>2</sub> no interior das embalagens com PVC reduziu o crescimento de microrganismos deteriorantes, por outro, pode propiciar o desenvolvimento de *Clostridium botulinum*. Este microrganismo pode gerar a toxina botulínica.

### Atividade de Peroxidase

No dia zero não foram verificadas diferenças significativas quanto à atividade média da peroxidase (POD) entre os toletes, bem como no 6º e 9º dias pós-colheita já embalados com PVC, PELBD e CT301. No 3º dia, a atividade da POD nos toletes embalados com PVC foi superior à dos toletes embalados com CT301, e os valores do PELBD foram intermediários. Para os toletes embalados com PVC não houve diferenças significativas entre as atividades da POD do dia zero ao 15º dia. Nos toletes embalados com PELBD e CT301 a atividade da POD foi crescente a partir do dia zero até 6º dia e, a atividade da POD nesse último não diferiu significativamente do 9º dia (Figura 16).

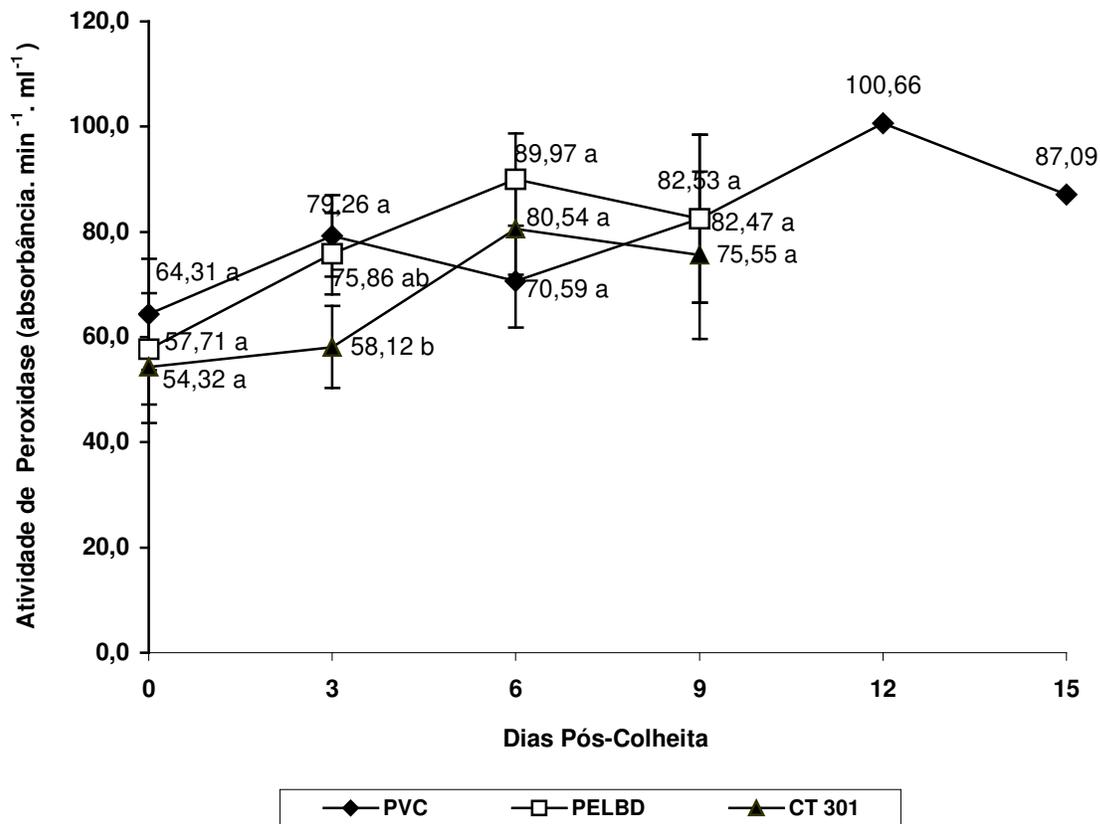


Figura 16. Atividade de POD (absorbância. min<sup>-1</sup>. mL<sup>-1</sup>) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenadas a 5,0°C.

Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas diferentes na vertical indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

A atividade da POD está relacionada, provavelmente, ao estresse oxidativo nos tecidos de frutas e hortaliças devido à colheita e aos danos físicos e que induz a formação de formas reativas de  $O_2$  como resultado da respiração. A produção de radicais livres - superóxidos e peróxidos de hidrogênio - durante a senescência também induz a peroxidação das membranas, afetando a integridade dos tecidos.

A POD atua como agente antioxidante no mecanismo de defesa celular contra os radicais livres ao catalisar a decomposição de peróxidos (BIRECKA et al., 1979). Saltveit (1999) relatou resultados de trabalhos sobre os efeitos do  $C_2H_4$  na conservação pós-colheita de alfaces, cenouras, aspargos e batata-doce nos quais verificou-se a relação positiva direta ou indireta do  $C_2H_4$  sobre a atividade de enzimas, o aumento de fenóis, a lignificação de tecidos e o escurecimento enzimático.

Aplicando-se a correlação de Pearson aos valores médios de concentração de  $C_2H_4$  e de atividade da POD durante o período pós-colheita foi verificada relação positiva entre os esses valores nas três embalagens, de 0,88 para o PVC, 0,92 para o PELBD e 0,57 para o CT301.

A concentração média de  $C_2H_4$  no interior das embalagens de toletes de palmito Pupunha com PVC diferiu significativamente das concentrações encontradas nas embalagens PELBD e CT301. A concentração de  $C_2H_4$  nas embalagens de PELBD e CT301 em relação à de PVC foi 6,3 e 4,5 vezes maior, respectivamente. Mesmo sendo muito menor que nas demais embalagens, a concentração de  $C_2H_4$  no interior das embalagens de PVC foi suficiente para mediar a atividade da POD.

A menor concentração de  $O_2$  no interior das embalagens com PVC não exerceu inibidor sobre a atividade da POD nos toletes de palmito Pupunha. Segundo Zagory e Kader (1988), a maioria de frutas e hortaliças são tolerantes a teores de 1 a 5% de  $O_2$  e de 5 a 10% de  $CO_2$ . A diferença entre a concentração externa desses gases e a quantidade disponível no interior das células é determinada pela resistência à difusão de gases oferecida pelo tipo de órgão vegetal – raiz, caule, folha ou fruto. As diferenças anatômicas podem ser mais determinantes sobre a difusão de gases e, conseqüentemente sobre a tolerância a baixas concentrações de  $O_2$  e/ou altas concentrações de  $CO_2$ , do que as diferenças bioquímicas entre frutas e hortaliças.

## Características Físico-Químicas

### Firmeza

No dia zero não foram verificadas diferenças significativas quanto à firmeza entre os toletes, bem como no 6<sup>o</sup> e 9<sup>o</sup> dias pós-colheita quando embalados com PVC, PELBD e CT301. No 3<sup>o</sup> dia, a firmeza dos toletes embalados com PVC foi superior à dos toletes embalados com PELBD, e os valores do CT301 foram intermediários. Para os toletes embalados com os três filmes não houve diferenças significativas entre os valores de firmeza do dia zero ao 15<sup>o</sup> dia (Figura 17).

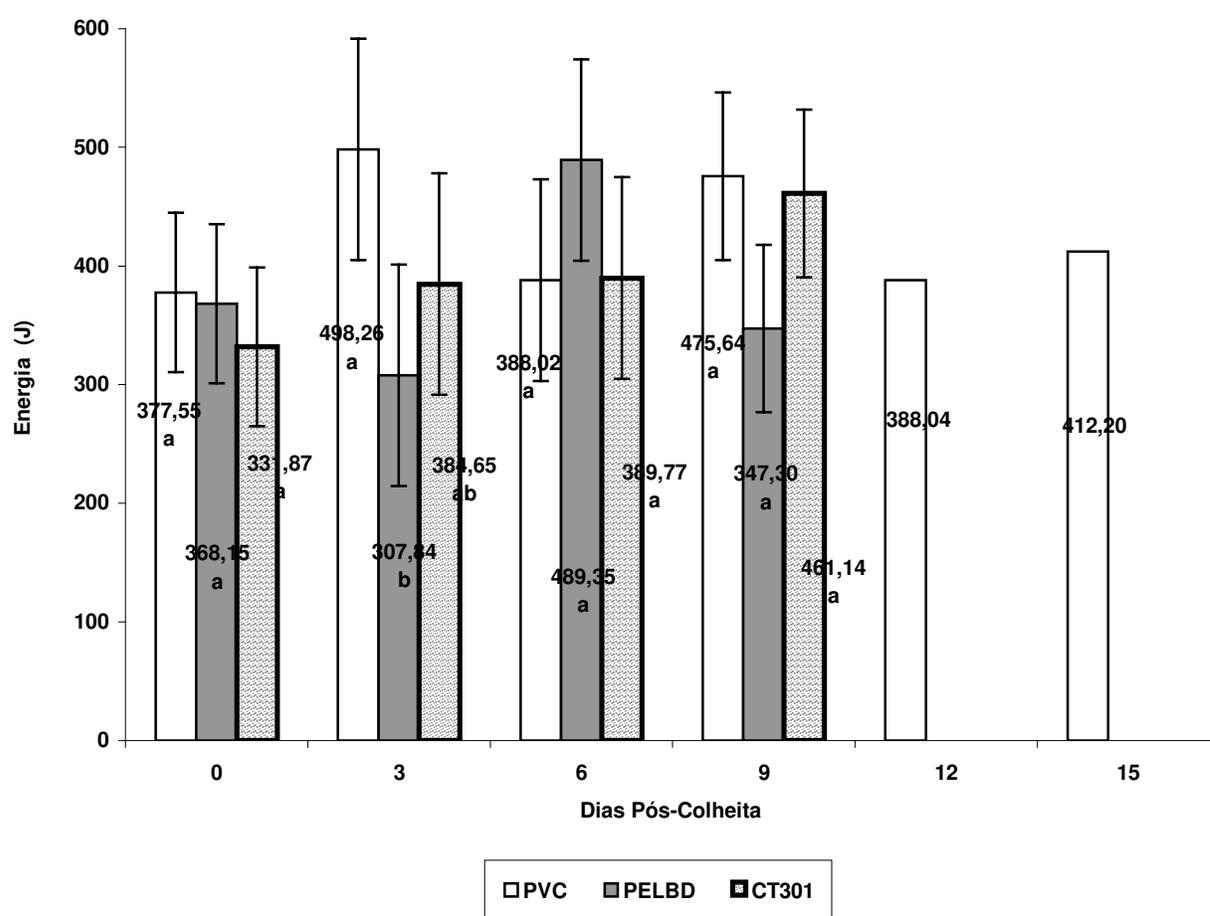


Figura 17. Valores médios de Firmeza, expressa em energia (J), em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0<sup>o</sup> C. Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

Os resultados de firmeza foram muito semelhantes aos de atividade da POD. No dia zero e no 6<sup>o</sup> e 9<sup>o</sup> dias pós-colheita os toletes de palmito Pupunha embalados nos três filmes não apresentaram diferenças significativas quanto à atividade média da peroxidase (POD) e quanto aos valores médios de firmeza. No 3<sup>o</sup> dia os toletes embalados com PVC tiveram maior atividade enzimática em relação àqueles embalados em CT301, e maior firmeza comparativamente aos do PELBD.

Tal como verificado para a atividade da POD, os toletes de Pupunha embalados em PVC e expostos a menores concentrações de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e de O<sub>2</sub> apresentaram valores de firmeza semelhantes aos observados nos toletes dos dois outros filmes.

## Cor

Os toletes de palmito Pupunha embalados nos três filmes não apresentaram diferenças significativas entre os valores médios de cor (\*b) no 3º e 9º dias pós-colheita. No dia zero os valores de \*b dos toletes que foram embalados em PVC foram estatisticamente superiores aos do PELBD e CT301. No 6º dia, os valores médios de cor dos toletes em PELBD foram superiores aos do PVC e os do CT 301 intermediários (Figura 18).

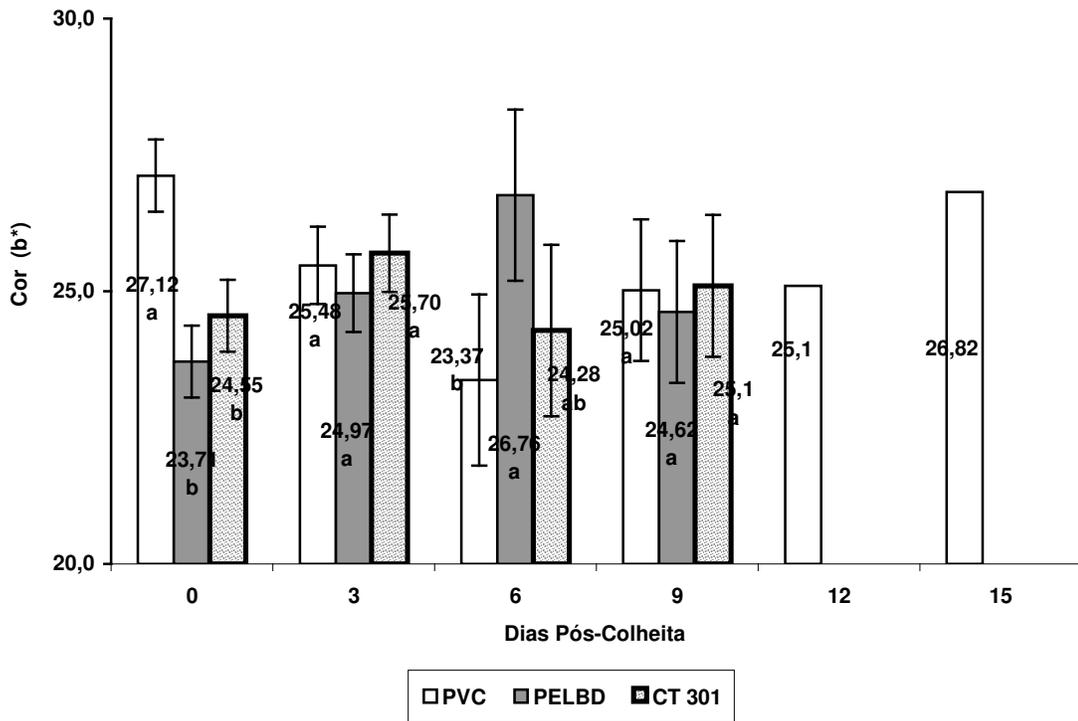


Figura 18. Valores médios de Cor (\*b) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.

Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

Ao longo do período pós-colheita não houve diferenças significativas nos valores médios de cor nos toletes embalados em CT301. Os toletes embalados em PVC e PELBD apresentaram resultados variáveis. Na embalagem PVC, observou-se uma redução significativa nos valores médios de cor no 6º dia comparativamente aos valores dos dias zero e

15°. Para os toletes embalados em PELBD, houve um aumento significativo no 6° dia em relação aos verificados nos dias zero e 9°. Botelho et al. (2007), verificaram aumento nos valores de \*b em toletes de Pupunha minimamente processado a partir do 10° dia de armazenamento a 5,0°C em embalagem PET.

#### Perda de Massa

Do 3° ao 6° dia pós-colheita os valores médios de perda de massa dos toletes embalados em PVC foram significativamente superiores aos dos demais filmes. No 9° dia não ocorreram diferenças entre os três tratamentos. Já entre os toletes embalados em PELBD e CT301, houve diferença significativa no 3° dia, com menores valores de perda de massa na embalagem CT301 em relação ao PELBD; no 6° dia os toletes dos dois filmes não apresentaram diferenças entre si. Houve aumento significativo da perda de massa ao longo do período pós-colheita nos toletes embalados em PVC, PELBD e CT301 (Figura 19). As diferenças quanto à perda de massa estão relacionadas às TPVAs dos filmes PELBD (19,2g de água. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup>), CT301 (34,2g de água. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup>) e PVC (403,4g de água. m<sup>-2</sup>. dia<sup>-1</sup>).

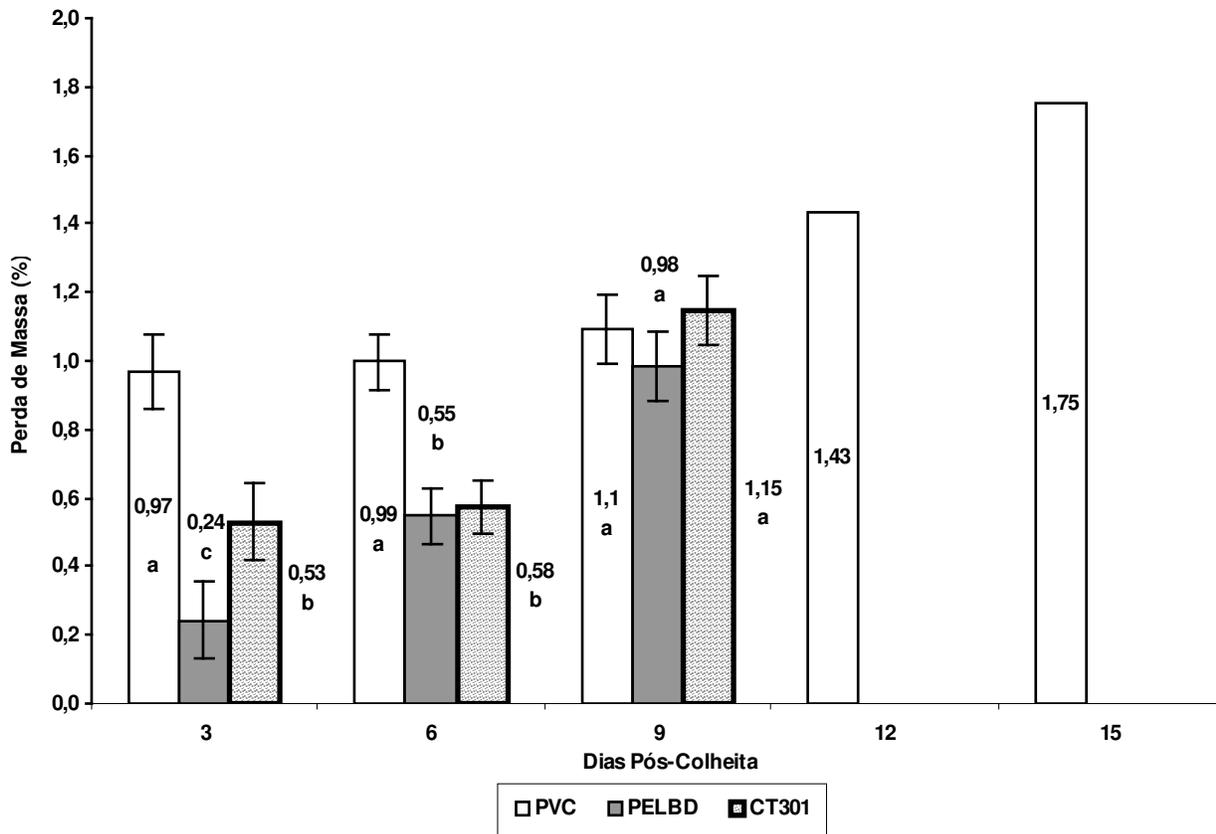


Figura 19. Valores médios de Perda de massa (%) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C.

Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

### Sólidos Solúveis

No dia zero ocorreram diferenças significativas entre os valores médios de sólidos solúveis dos toletes, assim como no 3º dia após o acondicionamento nos três filmes. No dia zero o valor de sólidos solúveis dos toletes que foram embalados em PVC foi significativamente superior ao dos toletes em PELBD e os embalados em CT301 foram intermediários. Já no 6º dia houve uma inversão, os valores de sólidos solúveis dos toletes de palmito em PELBD foram significativamente superiores aos dos PVC, e os do CT301 permaneceram sem diferir de ambos. No 6º e 9º dias os valores não diferiram entre si (Figura 20).

Os toletes embalados em PVC e em PELBD não apresentaram variação significativa nos valores médios de sólidos solúveis durante o período pós-colheita. Já naqueles

embalados em CT301 houve aumento significativo do teor de sólidos solúveis no 3º dia pós-colheita em relação aos valores dos dias zero e 6º dia.

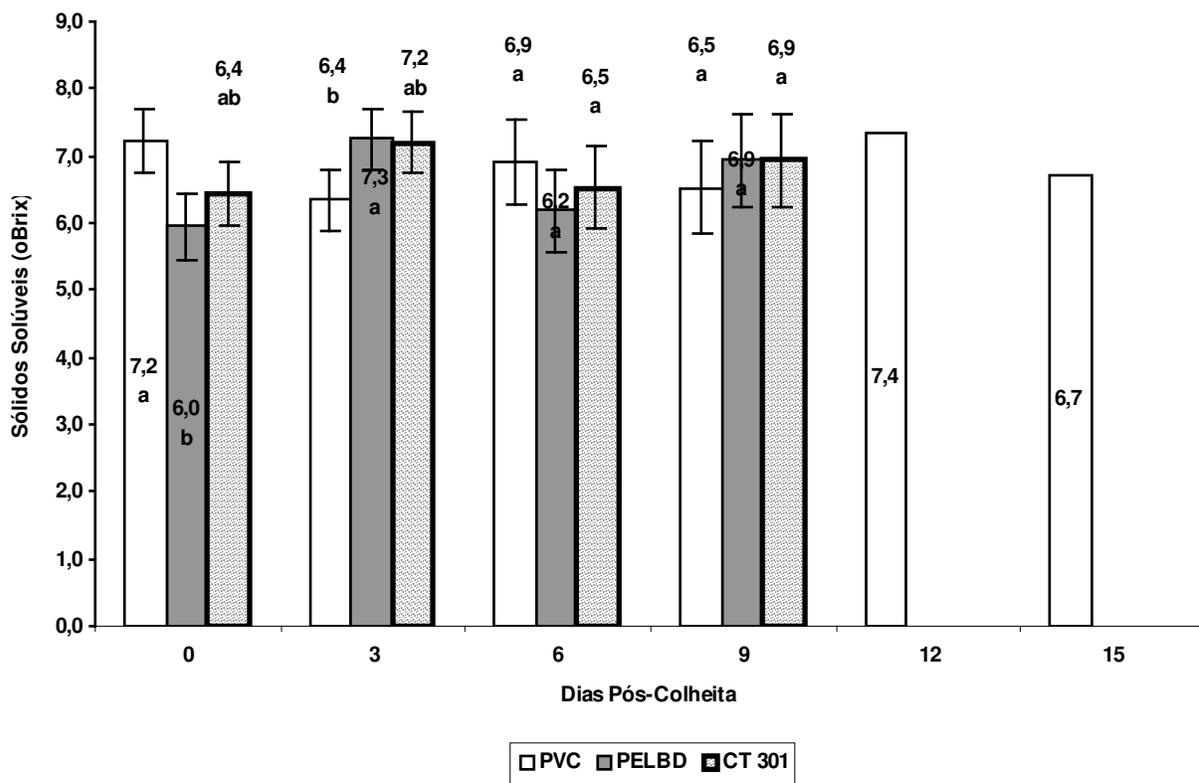


Figura 20. Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5,0°C. Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

## Acidez

Os valores médios de acidez em toletes de palmito Pupunha apresentaram muitas variações entre os tratamentos e ao longo do período pós-colheita. No dia zero, as amostras iniciais dos toletes a serem embalados em PVC apresentaram valores de acidez significativamente superiores em relação às amostras do CT301 e esse último, por sua vez, com valores maiores que os do PELBD. No 3º e 9º dias pós-colheita, já sob o efeito da modificação da atmosfera, os valores de acidez dos toletes em CT301 foram significativamente superiores aos encontrados nos filmes PVC e PELBD, que não diferiram entre si. No 6º dia, os valores de acidez dos toletes em CT301 permaneceram superiores aos dos demais filmes, que, por sua vez, diferiram entre si, com valores maiores nos toletes em PVC (Figura 21).

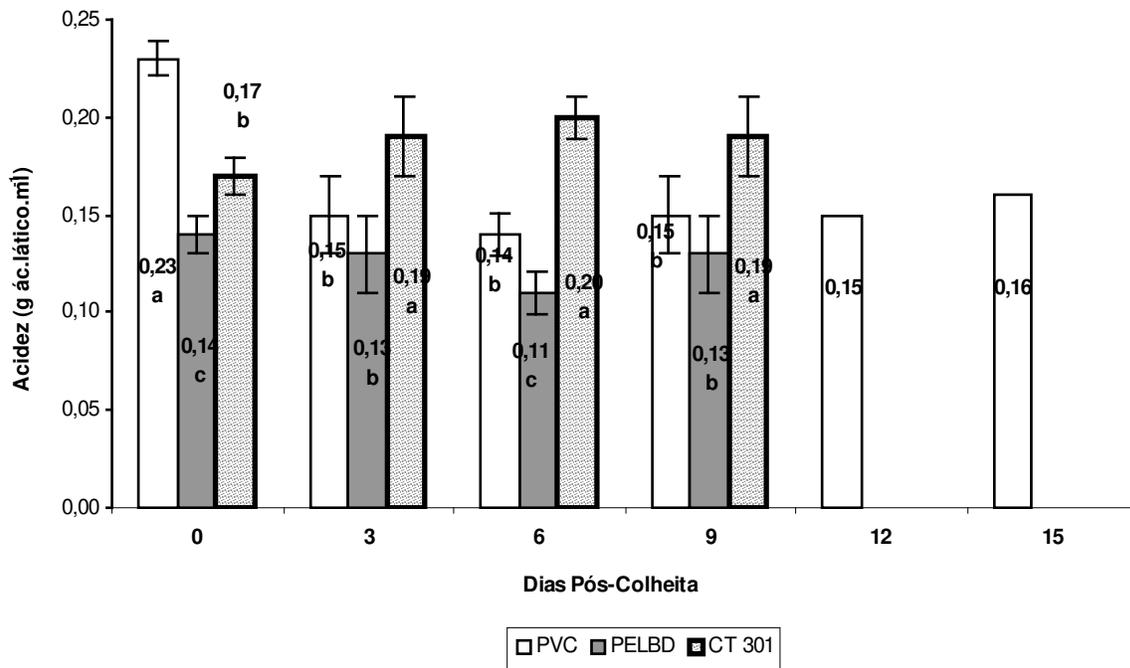


Figura 21. Valores médios de acidez titulável ( $\text{g ac.lático.ml}^{-1}$ ) em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a  $5,0^{\circ}\text{C}$ .

Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

Para os toletes embalados em PVC houve decréscimo estatisticamente significativo dos valores médios de acidez durante o período pós-colheita. Embora não significativo em todas as datas de análise, observou-se tendência de redução dos valores de acidez dos toletes embalados em PELBD. Já no filme CT301 ocorreu o inverso, com tendência de aumento da acidez titulável.

#### pH

Não houve diferenças significativas entre os valores médios de pH das amostras iniciais de palmito Pupunha. Tal resultado se repetiu no 9º dia entre os toletes embalados nos três filmes. No 3º dia o valor médio de pH dos toletes embalados em PELBD foi significativamente superior ao observado nos toletes em PVC, e os valores do CT301 não diferiram dos demais. No 6º dia os valores de pH dos toletes embalados em PVC e PELBD não diferiram significativamente e ambos foram superiores aos do CT301 (Figura 22).

Do dia zero ao final do período pós-colheita, não houve diferença significativa entre os valores médios de pH dos toletes embalados em PVC. Para os toletes embalados em PELBD, houve aumento dos valores de pH a partir do 3º dia comparativamente aos valores médios de pH das amostras iniciais. Nos toletes embalados em CT301 houve aumento dos valores de pH no 3º dia, seguido de decréscimo significativo até o 9º dia.

As modificações nos valores de pH em hortaliças sob atmosfera modificada não apresentam um padrão. Altas concentrações de CO<sub>2</sub> provocam o aumento do pH de beterrabas e de aspargos, sob teor de O<sub>2</sub> menor que 1% não foi verificada diminuição do pH de couve-flor (LOUGHEED, 1987).

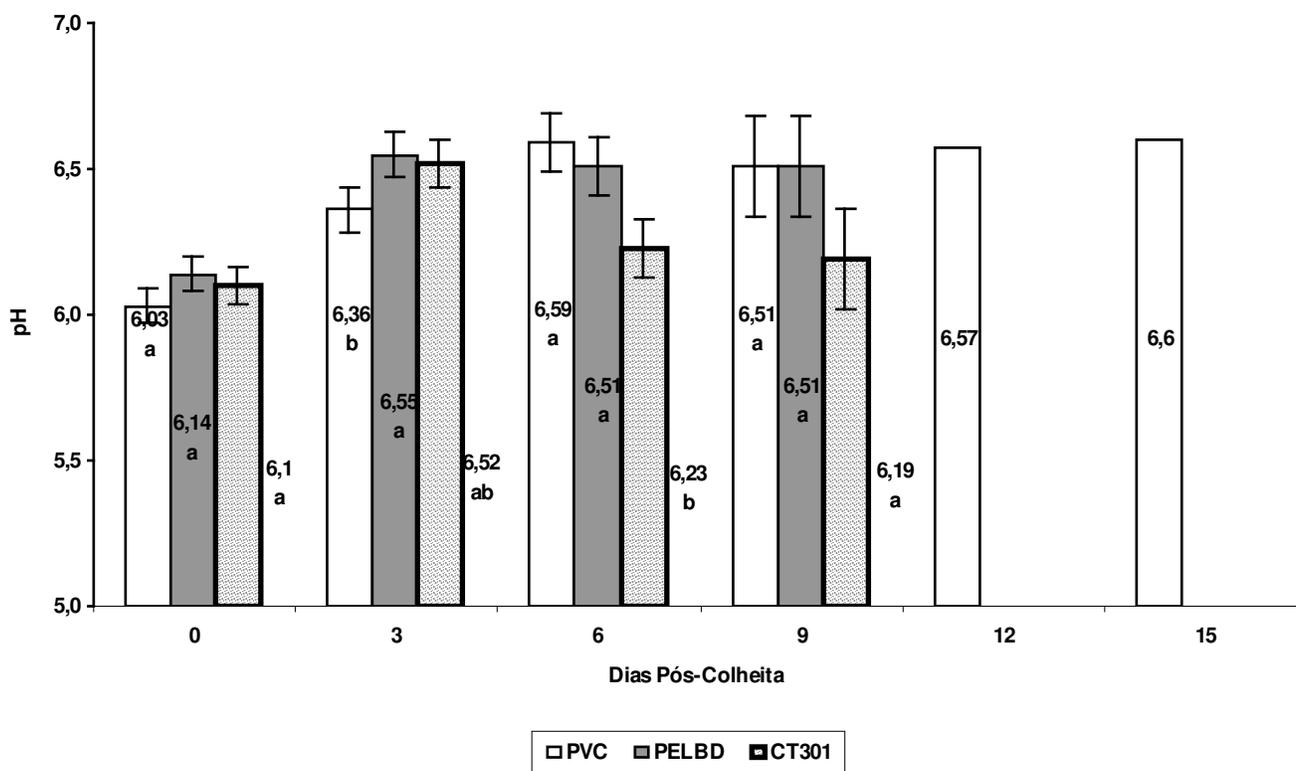


Figura 22. Valores médios de pH em toletes de palmito Pupunha embalados com PVC, PELBD e CT-301 e armazenados a 5°C.

Comparação estatística entre os valores médios das embalagens e em cada data de amostragem: letras minúsculas indicam diferenças significativas entre as embalagens. Barras de erros correspondem aos desvios-padrão. Comparação de médias pelo teste de Tukey,  $\alpha=5\%$ .

## **Conclusões**

Os filmes PVC, PELBD e CT301 promoveram uma modificação passiva da atmosfera nas embalagens de toletes de palmito Pupunha armazenados a 5,0°C.

A menor concentração de O<sub>2</sub> no interior das embalagens com PVC, comparativamente às embalagens PELBD e CT301, não reduziu a concentração de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e não afetou a atividade da peroxidase nos toletes de palmito Pupunha a 5,0°C.

A maior concentração de CO<sub>2</sub> no interior das embalagens PVC, comparativamente às embalagens PELBD e CT301, não exerceu efeito inibidor sobre a ação do C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> nos toletes de palmito Pupunha a 5°C.

Os toletes de palmito Pupunha embalados em PVC e armazenados a 5,0°C apresentaram-se microbiologicamente seguros para o consumo até o 15º dia pós-colheita, enquanto os acondicionados em PELBD e CT301 até o 6º dia.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

A atividade respiratória, a produção de  $C_2H_4$  e a perda de massa de toletes de palmito Pupunha são influenciadas pelas temperaturas de armazenamento.

O rendimento de toletes, em gramas por haste cortada, sofreu efeito das diferentes condições climáticas. As hastes cortadas no período do inverno apresentaram rendimento de toletes 30% menor comparativamente às hastes cortadas no verão.

Os toletes de palmito Pupunha do inverno apresentaram maior firmeza, cor amarela mais acentuada e maior teor de sólidos solúveis.

Os toletes de palmito Pupunha do verão tiveram maior perda de massa e houve efeito das temperaturas de armazenamento.

O pH e acidez titulável dos toletes variaram em função das temperaturas de armazenamento. São necessárias mais repetições desse ensaio para que possamos afirmar que esses resultados representem efetivamente o efeito do clima sobre as características físico-químicas dos toletes de palmito Pupunha.

Nas condições em que essa pesquisa foi realizada, obteve-se a conservação pós-colheita dos toletes de palmito Pupunha por quinze dias na embalagem PVC e por seis dias nas embalagens de PELBD esticável e de filme poliolefínico multicamadas CT301 – Cryovac e armazenados a  $5,0^{\circ}C$ . Nesses dois últimos, a principal restrição encontrada foi a condensação de vapor d'água no interior das embalagens. A água retida no interior das embalagens favoreceu o crescimento de microrganismos deteriorantes e, conseqüentemente reduziu o período de conservação dos toletes de palmito Pupunha.

Houve produção de etileno e atividade de peroxidase nos toletes de palmito Pupunha armazenados a  $5,0^{\circ}C$ .

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEFALOS, L.C.A., L.C.; TUCCI, M.L.S.; MODOLO, V.A. Uma visão sobre a pupunheira no contexto do mercado de palmito. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, v.2, n.7, 5 p. julho 2007. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso em: 09 de agosto 2007.
- ANVISA. **Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Resolução RDC nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Disponível em : <[http:// www.anvisa.gov.br/visalegis](http://www.anvisa.gov.br/visalegis)>. Acesso em 01 de junho de 2009.
- ASUNCIÓN, R. DE LA; BONILLA, A. R.; SANCHO, M.F. Chemical composition of the edible portion of two pejibaye palm (*Bactris gasipaes*) varieties. **Tropical Science**, v. 35, p. 365-370.1995.
- BIRECKA, H.; CHASKES, M.J.; GOLDSTEIN, J. Peroxidase and senescence. **Journal of Experimental Botany**, v. 30, n.116, p. 565 – 573. junho 1979.
- BOTELHO, M.C.; CHITARRA, S.L.; ALCANTARA, E.M.; LIMA, L.C.O., CHITARRA, A.B. Prolongamento da vida útil de palmito pupunha minimamente processado. In: **II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES**, 2007, Viçosa. *Palestras e Resumos*. Viçosa: UFV, 2007. p. 352.
- BOVI, M.L.A. Expansão do cultivo da pupunheira para palmito no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, suplemento, p. 183 – 185. 1997.
- BOVI, M.L.A. Palmeiras cultivadas para processamento de palmito. Características agronômicas e comerciais. Campinas, 6 p. 2004. Separata de: **Industrialização do Palmito Pupunha**. Campinas, ITAL. 2004.
- CALDERON-CASTRO, R.; SANCHO-HERNANDEZ, M.A. Rendimientos y coeficientes técnicos en las etapas de cosecha, postcosecha y procesamiento del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*). **Reviteca**, Costa Rica, v.2, n. 1-2, p. 42 – 47.1993.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.N.; MORAES, R.M. **Manual Técnico de Análise Química de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121 p.
- CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br>. Acesso em: 10 jun. 2008.
- CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CLEMENT, C.R.; SANTOS, L.A.; ANDRADE, J.S. Conservação de palmito Pupunha em atmosfera modificada. **Acta Amazônica**, v. 29, n.3, p. 437 – 445. 1999.

CLEMENT, C.R. Introdução à pupunha. **A Revista da Pupunha**, INPA, p. 1 –15, sem data. Disponível em: <http://www.inpa.gov.br/pupunha/revista/crc1.html>. Acesso em: 13 jan. 2006.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n.2, p.167-171. set/dez 1998.

DOWNES, F. P., K. ITO (ed.). **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**, 4<sup>th</sup> ed. Washington, D. C.: American Public Health Association, 2001.

FERREIRA, V.L.P. **Caracterização físico-química, bioquímica e organoléptica de palmito proveniente da palmeira *Guilielma gasipaes* Bailey (pupunha) em relação ao palmito da palmeira *Euterpe edulis* (juçara)**. 1982. 73 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ/USP, Piracicaba.

FERREIRA, V.L.P.; GRANER, M.; BOVI, M.L.A.; FIGUEIREDO, I.O.; ANGELUCCI, E.; YOKOMIZO, Y. Comparação entre os palmitos de *Guilielma gasipaes* Bailey (Pupunha) e *Euterpe edulis* Mart. (Juçara) II. Avaliações Físicas e Químicas. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.12, p. 255 – 272. 1981/1982 a.

FERREIRA, V.L.P.; GRANER, M.; BOVI, M.L.A.; DRAETTA, I.S.; PASCHOALINO, J.E.; SHIROSE, I. Comparação entre os palmitos de *Guilielma gasipaes* Bailey (Pupunha) e *Euterpe edulis* Mart. (Juçara) I. Avaliações Físicas, Organolépticas e Bioquímicas. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.12, p. 243 – 254. 1981/1982 b.

FERREIRA, V.L.P.; BOVI, M.L.A.; CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B. Composição química e curvas de titulação de acidez do palmito pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) de diversas localidades. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.1, p. 96 – 104. jan/jun. 1990.

FERREIRA, V.L.P; BOVI, M.L.A.; IADEROZA, M.; SHIROSE, I. Características de qualidade do palmito da palmeira *Bactris gasipaes* H.B.K. de diferentes regiões do Estado de São Paulo. In: **IV CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE BIOLOGIA, AGRONOMIA E INDUSTRIALIZAÇÃO DEL PIJUAYO**, 1993, San José, Costa Rica. *Resumos*. San José: Universidad de Costa Rica, 1993. p. 403-421.

GALDINO, N.O., CLEMENTE, E. Palmito de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) composição mineral e cinética de enzimas oxidativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 28(3): 540-544. jul-set. 2008.

INSTITUTO FNP. **Agrianual 2006**. São Paulo, p. 413 –414. 2006

JIMÉNEZ, E. Evaluación de alternativas tecnológicas para la conservación del palmito de pejibaye como producto fresco. **Corbana**, San José, v. 16, n. 38, p. 34 – 40. 1992.

KADER, A.A. **Respiration and gas exchange of vegetables**. In: WEICHMANN, J. (ed.) *Postharvest Physiology of Vegetables*, N.Y.: Marcel Dekker Inc., p.25 – 43.1987.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, n.1, p. 1-30.1989.

KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3<sup>rd</sup> ed. Oakland: ANRCS, 2002. 535 p.

KALIL, G.P.C; CUQUEL, F.L; SESTARI, I; JOMORI, M.L.L.; KLUGE, R.A.; LAVORANTI, O.J. 2007. Atividade respiratória de palmito de pupunha durante o armazenamento sob diversas temperaturas. In: **II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES**, 2007, Viçosa. *Palestras e Resumos*. Viçosa: UFV, 2007. p. 350.

LEME, S.C; BOTELHO, M.C.; ALCANTARA, E.M.; CARVALHO, G.M.; LIMA, L.C.O.; CHITARRA, A.B. 2007. Determinação de atividade enzimática em palmito pupunha (*Bactris*

*gasipaes* Kunth.) minimamente processado. In: **II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, FRUTAS, HORTALIÇAS E FLORES**, 2007, Viçosa. *Palestras e Resumos*. Viçosa: UFV, 2007. p. 351.

LIPTON, W.J. Postharvest biology of fresh asparagus. **Horticultural Review**, n.12, p. 69 – 155.1990.

LOUGHEED, E.C. Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene that may induce injuries in vegetables. **Hortscience**, v. 25, n. 5, p. 791 – 794. october 1987.

MAISTRO, L.C. **Avaliação microbiológica visando a utilização e comparação de métodos rápidos e convencionais em vegetais folhosos minimamente processados**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP. Campinas.

MORETTI, C.L. SANTOS, E.P.; SIQUEIRA, M.I.D.; BITTENCOURT, G. Dinâmica da evolução de dióxido de carbono e consumo de oxigênio em palmito pupunha minimamente processado e armazenado sob refrigeração e atmosfera modificada. In: **IV ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE RUTAS E HORTALIÇAS**, 04 a 07 de Abril de 2006, São Pedro, SP. *Resumos*. Piracicaba: ESALQ-USP, CYTED, 2006.

PINEDA CASTRO, M.L. Conservación de palmito fresco. **Boletín Informativo de Pejibaye**, San José, v. V, p.200 – 201. 1999.

ROMERO, R.A. Conservación de palmito fresco mediante el empleo de disoluciones preservantes. **Boletín Informativo de Pejibaye**, San José, v. V, p. 197 – 199. 1999.

SALTVEIT, M.E. Effect of ethylene on quality of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p. 279 – 292. 1999.

SALTVEIT, M.E. sem data. **Measuring Respiration**. University of California, Davis. Publication no. 95616. 5 p. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu>. Acessado em 15 de janeiro de 2007.

SARANTÓPOULOS, C. et. al. **Ensaio para Avaliação de Embalagens Plásticas Flexíveis**; Campinas:CETEA/ITAL. 207p. , 2002

SIEGEL, B.Z. Plant peroxidases – an organismic perspective. **Plant Growth Regulation**, v. 12, p. 303-312.1993.

UNESP. **ESTAT. Sistema para Análises Estatísticas**, Jaboticabal, FCAV -Departamento de Ciências Exatas v. 2.0. 1994.

ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam. vol. 15, p. 313-321.1999.

ZAGORY, D. **Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce**. U.S. Food and Drug Administration. Center for Food Safety and Applied Nutrition. 36 p. September 30, 2001. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-6.html>. Acesso em 17 de janeiro 2008.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, v. 42, n.9. p. 70 – 77. 1988.