

CLARICE APARECIDA MEGGUER

**FISIOLOGIA E PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE FRUTOS DE BUTIÁ [*Butia eriospatha*
(*Martius*) Beccari] .**

LAGES - SC

2006

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CURSO DE MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

CLARICE APARECIDA MEGGUER

**FISIOLOGIA E PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE FRUTOS DE BUTIÁ [*Butia eriospatha*
(*Martius*) Beccari].**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador:
Paulo Roberto Ernani, Ph.D.

Co-Orientador:
Cassandro V. T. do Amarante, Ph.D.

LAGES - SC

2006

CLARICE APARECIDA MEGGUER
(Engenheira Agrônoma – UDESC)

**FISIOLOGIA E PRESERVAÇÃO DA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE
FRUTOS DE BUTIÁ [*Butia eriospatha* (Martius) Beccari].**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Curso de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca Examinadora:

Paulo Roberto Ernani, Ph.D.
Orientador CAV – UDESC

Cassandro V. T. do Amarante, Ph.D.
Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Produção Vegetal

Cassandro V. T. do Amarante, Ph.D.
Co-Orientador CAV – UDESC

Dr. Jaime Antonio de Almeida
Coordenador do Programa de
Mestrado em Agronomia

Dr. Luiz Carlos Argenta
Membro EPAGRI – SC

Dr. Paulo Cesar Cassol
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – CAV/UDESC

Dra. Roseli L. da C. Bortoluzzi
Membro CAV – UDESC

Lages, 16 de fevereiro de 2006.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, paz, saúde e proteção.

Ao meu companheiro pelo amor, carinho, compreensão, dedicação e ensinamentos.

Aos meus pais pelo afeto e confiança.

Aos meus irmãos, pelo carinho.

A minha cunhada Luciane pelas palavras de apoio.

Aos meus amigos Mariza e Nestor por acreditarem no meu trabalho.

Aos verdadeiros amigos que nos momentos difíceis me fizeram crescer e mostraram o verdadeiro valor da vida.

Aos meus colegas de mestrado pela amizade conquistada.

Aos professores orientadores pela dedicação e ensinamento.

Ao CAV-UDESC, pela oportunidade de ampliar os meus conhecimentos.

A CAPES pela concessão da bolsa.

A Prefeitura Municipal de Barracão pelo apoio financeiro.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO GERAL	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 1: O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA, A TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E O TEMPO PARA O RESFRIAMENTO AFETAM A FISIOLOGIA E A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE BUTIÁ	16
Resumo	17
Abstract	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAL E MÉTODOS	21
Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos	21
Experimento 1: Estágio de maturação na colheita e temperatura de armazenamento dos frutos	21
Experimento 2: Temperatura e metabolismo pós-colheita dos frutos	23
Experimento 3: Tempo para o resfriamento e conservação pós-colheita dos frutos	24
ANALISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÕES	31
5. REFERÊNCIAS	32

CAPÍTULO 2: QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BUTIÁ ARMAZENADO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS E EM CONDIÇÕES DE ATMOSFERA MODIFICADA.....	40
Resumo	41
Abstract	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	46
Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos	46
Experimento 1: Temperatura e características visuais pós-colheita dos frutos	46
Experimento 2: Qualidade pós-colheita de frutos armazenados em filmes plásticos	47
Análise estatística dos dados	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4. CONCLUSÕES	53
5. REFERÊNCIAS.....	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Efeitos do tempo para o resfriamento (horas) após a colheita na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá. Avaliações realizadas aos 7, 14 e 21 dias de armazenamento refrigerado ($0^{\circ}\text{C}/90\pm5\%$ UR). Na colheita, os frutos apresentavam valores médios de: $L = 68,32$; $h^{\varrho} = 94,47$; firmeza = 1,67 kPa; SST ($^{\circ}\text{Brix}$) = 9,50; e ATT (% ácido cítrico) = 1,71%.....39

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1:

FIGURA 1 - Taxas respiratórias em frutos de butiá colhidos nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo, correspondentes a coloração verde da superfície da epiderme >75%, de 25-75% e <25%, respectivamente, e armazenados sob as temperaturas de 0 e 20°C. As barras verticais representam o erro padrão da média.....36

FIGURA 2 - Coloração da epiderme, firmeza de polpa e teores de SST e ATT em frutos de butiá colhidos nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo e armazenados sob as temperaturas de 0°C e 20°C, por um período de 25 e 10 dias, respectivamente. Diferenças mínimas significativas entre estádios de maturação estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).37

FIGURA 3 - Taxa respiratória em frutos de butiá colhidos no estádio de maturação verde-amarelo em função da temperatura de armazenamento. Determinações efetuadas 24 horas após a colheita.....38

CAPÍTULO 2:

FIGURA 1 - Avaliação visual de frutos desidratados, com escurecimento e podridões e de perdas totais em butiás colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo, e armazenados sob as temperaturas de 0, 5, 10, 20 e 30°C, por um período de até 31 dias. Diferenças mínimas significativas entre temperaturas, em cada data de avaliação, estão indicadas no interior da figura, e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).57

FIGURA 2 - Perda de massa fresca (%) em butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo, acondicionados ou não em filmes plásticos de PVC, PE+vácuo e PE, e armazenados a 0°C, por um período de até 21 dias. Médias seguidas pela mesma letra, em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo teste LSD

($P<0,05$). Barras verticais na parte superior das colunas indicam o erro padrão da média.....58

FIGURA 3 - Teores de SST e ATT, firmeza de polpa e percentagem de frutos desidratados em butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo, acondicionados ou não em filmes de PVC, PE+vácuo e PE, e armazenados a 0°C, por um período de até 21 dias. Diferenças mínimas significativas entre tratamentos, em cada data de avaliação, estão indicadas no interior da figura, e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).....59

RESUMO GERAL

O butiazeiro pertence à família Arecaceae (=Palmae), se caracteriza por apresentar frutos de tamanho reduzido, globosos, suculentos e epicarpo amarelado na maturidade. No entanto, pouco se conhece sobre as formas de utilização e conservação dos frutos de butiá para consumo *in natura*. O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do estádio de maturação, da temperatura de armazenamento, do tempo para o resfriamento e das condições de atmosfera modificada sobre a fisiologia e preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá. Os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (verde, verde-amarelo e amarelo) e armazenados a 0 e 20°C. Frutos armazenados a 0°C apresentaram melhor retenção de firmeza, de cor verde da epiderme, de acidez titulável total (ATT) e de sólidos solúveis totais (SST), em relação a frutos armazenados a 20°C. Os benefícios da refrigeração foram maiores para frutos colhidos em estádio verde, apesar da sua qualidade inferior, caracterizada pelos altos valores de ATT e baixos valores de SST em relação a frutos colhidos nos estádios verde-amarelo e amarelo. Durante todo o período de armazenamento não foi possível detectar etileno e observar a ocorrência de climatério respiratório. Não houve diferença significativa nas taxas respiratórias em pós-colheita entre os estádios de maturação dos frutos na colheita. Houve um aumento nas taxas respiratórias de 890 a 11.650 nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹, com o incremento da temperatura de 0 a 30°C, segundo um modelo sigmoidal, ou seja, um rápido incremento nas temperaturas entre 0 a 10°C, seguido de um aumento gradual tendendo a um equilíbrio na temperatura de 30°C. Houve efeito positivo da redução do tempo para refrigeração na preservação da firmeza, da cor verde da epiderme e da ATT, mas não dos teores de SST. Os resultados obtidos mostram que frutos de butiá apresentam alta perecibilidade, caracterizada pelas elevadas taxas respiratórias, sendo necessário o imediato resfriamento a 0°C, de frutos colhidos no estádio de maturação verde-amarelo, visando preservar a sua qualidade pós-colheita. Butiás colhidos nos estádios de maturação verde (> 75% de cor verde da epiderme) e verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme) foram armazenados a 0, 5, 10, 20 e 30°C e avaliados de maneira subjetiva quanto a incidência de podridões, escurecimento da epiderme, frutos desidratados e perdas totais durante o armazenamento. As maiores perdas ocorreram em frutos armazenados a 20 e 30°C, para os dois estádios de maturação, não sendo observadas diferenças significativas entre as temperaturas de 0, 5 e 10°C. Frutos colhidos no estádio de maturação verde apresentaram maior escurecimento e desidratação, porém menores níveis de podridões, em relação a frutos colhidos no estádio verde-amarelo, especialmente quando armazenados nas temperaturas de 20 e 30°C. Nas temperaturas de 0 a 10°C, os frutos permaneceram viáveis por até 31 dias, demonstrando a importância da refrigeração. Butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme) foram acondicionados em condições de atmosfera modificada, com embalagens de policloreto de vinila (PVC), de polietileno (PE) e de PE selado a vácuo (PE+vácuo), além do tratamento controle (sem embalagem), e armazenados a 0-2°C. A menor perda de massa fresca e a maior preservação da qualidade pós-colheita de butiá durante o armazenamento refrigerado foi observada com a utilização de PE, com ou sem vácuo, seguido do PVC. Os resultados obtidos demonstram a importância da colheita dos frutos no estádio de maturação verde-amarelo, e do seu

armazenamento refrigerado (a temperaturas próximas de 0°C), em condições de atmosfera modificada, através da utilização de filmes de PE, na preservação da qualidade pós-colheita de butiás.

Termos de indexação: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, fisiologia pós-colheita, respiração, Q_{10} , cadeia de frio, amadurecimento, conservação, filmes plásticos.

ABSTRACT

The jelly palm tree ("butiazeiro") belongs to the Arecaceae (=Palmae) family and produces fruits of small size, round shape, succulents and with yellow color at the maturity. However, the information about forms of fruit utilization and conservation for *in natura* consumption is scarce. This work was carried out to assess the effects of maturity stage at harvest, storage temperature, cooling delay, and modified atmosphere conditions on postharvest physiology and quality preservation of jelly palm fruits. The fruits were harvested at three maturity stages (green, yellow-green, and yellow) and stored at 0 and 20°C. Fruits stored at 0°C showed better retention of firmness, green color of the skin, total titratable acidity (TTA), and total soluble solids (TSS) than fruits stored at 20°C. Fruits harvested at the green maturity stage showed the best benefit from cold storage, despite of its poorest sensorial quality, characterized by the higher values of TTA and lower values of TSS than fruits harvested at yellow-green and yellow maturity stages. Along the entire storage period, the fruits did not produce detectable levels of ethylene and they did not exhibit a climacteric respiratory pattern. Fruits harvested at different maturity stages did not show significant difference in terms of respiration rates. The respiration rates increased from 890 to 11,650 nmol of CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ with the increase of temperature from 0 to 30°C. This respiratory increase followed a sigmoid model, with a rapid increase between 0 and 10°C, and a more modest increase towards the temperature of 30°C. There was a positive effect of immediate cooling after harvest on fruit retention of firmness, skin green color, and TTA, but not on TSS. The results showed that jelly palm fruits are highly perishable, characterized by very high respiration rates. Therefore, fruit should be harvested at the yellow-green maturity stage and then immediately stored at 0°C to preserve its postharvest quality. Jelly palm fruits were harvested at the green (> 75% of skin surface with green color) and yellow-green (with 25 to 75% of skin surface with green color) maturity stages and then stored at 0, 5, 10, 20, and 30°C. These fruits were subjectively assessed in terms of rot incidence, skin browning, shrinkage and total losses during the storage. The largest losses were recorded in fruits stored at 20 and 30°C, at both maturity stages. There was no significant difference in terms of fruit visual quality between the storage temperatures of 0, 5, and 10°C. Fruits harvested at the green maturity stage showed higher levels of skin browning and shrinkage, and lower levels rotting, than fruits harvested at the yellow-green maturity stage, specially when stored at 20 and 30°C. At the temperatures of 0 to 10°C, the fruits remained viable for consumption even at 31 days storage, showing the importance of fruit refrigeration. Jelly palm fruits harvested at the yellow-green maturity stage (with 25 to 75% of skin surface with green color) were packed under modified atmosphere condition with polyvinyl chloride (PVC), polyethylene (PE), and polyethylene sealed with vacuum (PE+vacuum), in addition to the control treatment (without film), and stored at 0-2°C. Fruits packed in PE (with or without vacuum) showed the smallest fresh mass loss and the best postharvest quality preservation during cold storage, followed by fruits packed in PVC. The results show that jelly palm fruits should be harvested at the yellow-green maturity stage, and then cold stored (at about 0°C), under modified atmosphere conditions, by using PE films, to achieve the best preservation its postharvest quality.

Index terms: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, postharvest physiology, respiration, Q_{10} , cool chain, ripening, preservation, plastic films.

INTRODUÇÃO GERAL

A inadequada utilização de técnicas agrícolas e a busca por maiores produtividades vêm provocando um desequilíbrio natural e, levando muitas espécies à extinção. Segundo a lista elaborada no ano de 2002, pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, cerca de 600 espécies encontram-se em vias de extinção, com destaque para *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, *B. capitata*, *B. yatay* e *Araucaria angustifolia* (Bert) O. Ktze. Portanto, o governo vem organizando programas que favoreçam a preservação das espécies nativas (Gluske, 2002) e estudando formas de aproveitamento dessas espécies como alternativas aos produtores rurais.

Butia eriospatha (Martius) Beccari, popularmente conhecida por butiá ou butiá-da-serra, é uma espécie nativa da América do Sul. No Brasil, ocorre de forma endêmica e naturalmente em áreas abertas e nas florestas com a Araucária do planalto sul dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Henderson et al., 1995), em regiões com altitudes de 800-900 metros. Essa espécie pertence à ordem Arecales (=Principes), família Arecaceae (=Palmae), gênero *Butia* (Reitz, 1974). Inserido neste mesmo gênero estão descritas mais sete espécies: *Butia archeri* (Glassman) Glassman, *B. capitata* (Martius) Beccari, *B. microspadix* Burret, *B. paraguayensis* (Barbosa Rodrigues) L.H. Bailey, *B. campicola*, *B. yatay* e *B. purpurascens* Glassman (Henderson et al., 1995).

Segundo Henderson et al. (1995) e Reitz (1974), *Butia eriospatha* caracteriza-se por apresentar um caule simples, ereto, com 3 a 6 metros de altura e diâmetro de aproximadamente 50 cm. O caule pode apresentar restos de pecíolos foliares, que com o passar dos anos caem tornando-o liso na parte inferior. As folhas são

pinadas, arqueadas, em forma de V e estão inseridas em um só plano ao longo da raque e apresentam espinhos nas margens. As inflorescências são ramificadas com até 125 ramos, com flores masculinas e femininas, sendo as flores femininas de maior tamanho. A espata que protege a inflorescência possui cor castanha-aveludada, o aspecto aveludado é resultado da presença de lanugem. Os frutos são globosos, suculentos, doce-acidulados, com 1,7 a 1,9 cm de diâmetro em média, e o epicarpo torna-se amarelado na maturidade. A coloração amarelo-alaranjada dos frutos torna-os um excelente atrativo para animais frugívoros.

O florescimento de *B. eriospatha*, normalmente ocorre nos meses de novembro e dezembro (Reitz, 1974). No entanto, em *B. capitata* (Martius) Beccari var. *odorata* (Palmae), a floração ocorre entre os meses de julho a fevereiro (Rosa, 2000). Durante o período de florescimento, a inflorescência pode ser visitada por diversos polinizadores, como moscas, besouros, vespas e abelhas domesticadas e nativas (Rosa et al., 1998). A variação na fase de floração promove uma diferença no período de maturação, que ocorre nos meses de janeiro a fevereiro e de novembro a maio, para *B. eriospatha* e *B. capitata* var. *odorata*, respectivamente (Reitz, 1974; Rosa et al., 1998).

Os frutos maduros podem ser consumidos *in natura* ou usados na elaboração de sucos, vinhos e licores (Henderson et. al. 1995). Da amêndoia pode-se fazer rapadura ou extrair óleo comestível (Todafruta, 2002). As folhas, por apresentarem boa durabilidade, podem ser usadas em construções rústicas e as fibras foliares na confecção de artesanatos, chapéus, cestos, cordas ou no enchimento de colchões e estofados (Todafruta, 2002).

O fruto de butiá-da-serra apresenta tamanho pequeno (com diâmetro médio de 1,7 a 1,9 cm), sendo enquadrado como pequeno fruto. O termo 'pequenos frutos'

(ou ‘small fruits’) é usado em referência às culturas de morango, amora-preta, framboesa, mirtilo, entre outras, pelo pequeno tamanho dos frutos, pela alta exigência em mão-de-obra e pelo alto retorno econômico em pequenas áreas (Facchinello, 1994), mostrando-se uma ótima alternativa para agricultores familiares.

REFERÊNCIAS

- FACCHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; SANTOS, A.M. dos. Amoreira-preta, framboesa e mirtilo: pequenos frutos para o sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. v.3, p.989-990.
- GLUSKE, C. Espécies da flora ameaçada de extinção no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: **SEMA**, 2002. Disponível em: <<http://www.agirazul.com.br/Espécies/flora.htm>>. Acesso em: 21 de jul. 2004.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the americas**. New Jersey: Princeton university press, 1995. 351 p.
- REITZ, R. **Palmeiras**. In: Flora Ilustrada Catarinense: Herbário “Barbosa Rodrigues”. Itajaí, SC, 1974. 189 p.
- ROSA, L. **Ecologia da polinização de *Butia capitata* (Martius) Beccari var. *odorata* (Palmae), no sul do Brasil**. Florianópolis, SC. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 101p.
- ROSA, L.; CASTELLANI, T.T.; REIS, A. Biologia reprodutiva de *Butia capitata* (Martius) Beccari var. *odorata* (Palmae) na restinga do município de Laguna, SC. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p.281-287, 1998.
- TODAFRUTA. **Coleção de frutas nativas**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP. Jaboticabal-SP. Publicado em 24 jul. 2002. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteúdo.asp?conteudo=268>. Acesso em: 21 de jul. 2004.

**CAPÍTULO 1: O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA, A
TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E O TEMPO PARA O
RESFRIAMENTO AFETAM A FISIOLOGIA E A QUALIDADE PÓS-
COLHEITA DE FRUTOS DE BUTIÁ**

O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO NA COLHEITA, A TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO E O TEMPO PARA O RESFRIAMENTO AFETAM A FISIOLOGIA E A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE BUTIÁ

Resumo - Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do estádio de maturação, da temperatura de armazenamento e do tempo para o resfriamento na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá. Os frutos foram colhidos em três estádios de maturação (verde, verde-amarelo e amarelo) e armazenados a 0 e 20°C. Frutos armazenados a 0°C apresentaram melhor retenção de firmeza, de cor verde da epiderme, de acidez titulável total (ATT) e de sólidos solúveis totais (SST), em relação a frutos armazenados a 20°C. Os benefícios da refrigeração foram maiores para frutos colhidos em estádio verde, apesar da sua qualidade inferior, caracterizada pelos altos valores de ATT e baixos valores de SST em relação a frutos colhidos nos estádios verde-amarelo e amarelo. Durante todo o período de armazenamento não foi possível detectar etileno e observar a ocorrência de climatério respiratório. Não houve diferença significativa nas taxas respiratórias pós-colheita entre os estádios de maturação dos frutos na colheita. Houve um aumento nas taxas respiratórias de 890 a 11.650 nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹, com o incremento da temperatura de 0 a 30°C, segundo um modelo sigmoidal, ou seja, um rápido incremento nas temperaturas entre 0 a 10°C, seguido de um aumento gradual tendendo a um equilíbrio na temperatura de 30°C. Houve efeito positivo da redução do tempo para refrigeração na preservação da firmeza, da cor verde da epiderme e da ATT, mas não dos teores de SST. Os resultados obtidos mostram que frutos de butiá apresentam alta perecibilidade, caracterizada pelas elevadas taxas respiratórias, sendo necessário o imediato resfriamento a 0°C, de frutos colhidos no

estádio de maturação verde-amarelo, visando preservar a sua qualidade pós-colheita.

Termos de indexação: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, fisiologia pós-colheita, respiração, Q_{10} , cadeia de frio, amadurecimento, conservação.

FRUIT MATURITY STAGE AT HARVEST, STORAGE TEMPERATURE, AND COOLING DELAY AFFECT THE POSTHARVEST QUALITY OF JELLY PALM

FRUITS

Abstract – This work was carried out to assess the effects of maturity stage at harvest, storage temperature, and cooling delay on postharvest quality preservation of jelly palm fruits. The fruits were harvested at three maturity stages (green, yellow-green, and yellow) and stored at 0 and 20°C. Fruits stored at 0°C showed better retention of firmness, green color of the skin, total titratable acidity (TTA), and total soluble solids (TSS) than fruits stored at 20°C. Fruits harvested at the green maturity stage showed the best benefit from cold storage, despite of its poorest sensorial quality, characterized by the higher values of TTA and lower values of TSS than fruits harvested at yellow-green and yellow maturity stages. Along the entire storage period, the fruits did not produce detectable levels of ethylene and they did not exhibit a climacteric respiratory pattern. Fruits harvested at different maturity stages did not show significant difference in terms of respiration rates. The respiration rates increased from 890 to 11,650 nmol of $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ with the increase of temperature from 0 to 30°C. This respiratory increase followed a sigmoid model, with a rapid increase between 0 and 10°C, and a more modest increase towards the temperature

of 30°C. There was a positive effect of immediate cooling after harvest on fruit retention of firmness, skin green color, and TTA, but not on TSS. The results showed that jelly palm fruits are highly perishable, characterized by very high respiration rates. Therefore, fruit should be harvested at the yellow-green maturity stage and then immediately stored at 0°C to preserve its postharvest quality.

Index terms: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, postharvest physiology, respiration, Q_{10} , cool chain, ripening, preservation.

1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Arecaceae (=Palmae), *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, popularmente conhecida por butiá ou butiá-da-serra é uma espécie nativa da América do Sul (Henderson et al., 1995). No Brasil, o butiá ocorre de forma endêmica e natural em áreas abertas e nas florestas com a araucária do planalto sul dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Henderson et al., 1995), em regiões com altitudes de 800-900 metros (Mattos, 1977).

Os frutos de butiá são globosos, suculentos, doce-acidulados, com diâmetro médio de 1,7 a 1,9 cm, e o epicarpo torna-se amarelado na maturidade (Henderson et al., 1995; Reitz, 1974). Os frutos, quando maduros, podem ser consumidos *in natura* ou usados na elaboração de sucos, vinhos e licores (Mattos, 1977; Henderson et al., 1995). Da amêndoia pode-se fazer rapadura ou extrair óleo comestível. As folhas, por apresentarem boa durabilidade, podem ser usadas em construções rústicas, e as fibras foliares na confecção de artesanatos, chapéus, cestos, cordas ou no enchimento de colchões e estofados (Todafruta, 2002), mostrando-se uma ótima alternativa para agricultores familiares.

Os frutos de butiá têm pequena importância no setor frutícola, resultado da desinformação da população sobre as potencialidades de exploração comercial desta espécie. O consumo dos frutos de butiá se restringe basicamente a agricultores familiares e animais frugívoros, que são atraídos pelo aroma e coloração da epiderme (Gluske, 2002). No entanto, as características nutracêuticas da maioria das espécies nativas e dos pequenos frutos têm despertado a atenção da pesquisa e da população em geral que buscam uma vida mais saudável.

Estudos realizados com morango, amora-preta e mirtilo demonstram que o consumo *in natura* dos pequenos frutos é limitado, devido principalmente à baixa conservação pós-colheita, resultado das elevadas taxas respiratórias e de perdas de água (Antunes, 2003). Segundo Wills et al. (1998), as taxas respiratórias e de evolução de etileno, associadas ao estádio de maturação, a fisiologia e a temperatura de armazenamento são um excelente indicativo do potencial de armazenamento dos frutos.

Frutos colhidos imaturos são mais suscetíveis a danos mecânicos provocados por fricção, desordens fisiológicas e perda de água, podendo não desenvolver adequadamente os atributos de aroma, sabor e coloração na epiderme, comprometendo a qualidade pós-colheita (Kader, 1992; Watkins et al., 1993). Já os frutos colhidos em estádio de maturação avançada apresentam processo acelerado de amadurecimento, resultando numa menor conservação pós-colheita (Wills et al., 1998).

A determinação do estádio de maturação ideal na colheita depende diretamente da característica fisiológica de cada produto. Frutos denominados climatéricos continuam os processos de amadurecimento após a colheita, e apresentam produção de etileno e climatério respiratório. ????Frutos não-

climatéricos, depois de colhidos, amadurecem apenas em resposta ao etileno exógeno, e não apresentam aumento na respiração e produção de etileno durante o processo de amadurecimento (Saltveit, 2004; Taiz & Zeiger, 2003; Wills et al., 1998).

A redução do tempo para o resfriamento e da temperatura de armazenamento, associados ao estádio menos avançado de maturação na colheita, promovem um efeito positivo na preservação da qualidade pós-colheita dos frutos. Frutos resfriados imediatamente após a colheita apresentam redução no metabolismo celular, principalmente de respiração e produção de etileno (Chitarra & Chitarra, 2005).

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos do estádio de maturação, da temperatura de armazenamento e do tempo para o resfriamento na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos

Frutos de *Butia eriospatha* (Martius) Beccari foram colhidos no município de Barracão - RS, nos meses de fevereiro e março de 2005, acondicionados em caixas térmicas e imediatamente transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages-SC, onde foram conduzidos os diferentes experimentos.

Experimento 1: estádio de maturação na colheita e temperatura de armazenamento dos frutos

Os frutos de butiá colhidos na mesma data ou, no dia 24 de fevereiro de 2005, nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo, com coloração verde da superfície da epiderme >75%, de 25-75% e <25%, respectivamente. Frutos

livres de doenças e danos mecânicos foram acondicionados em embalagens plásticas e armazenados em câmaras BOD nas temperaturas de 0°C e 20°C, com uma umidade relativa de 90±5%.

As taxas respiratórias e de evolução de etileno foram quantificadas periodicamente em frutos acondicionados em embalagens com volume de 1.100 mL (contendo ~ 15 frutos, com peso médio de 10±g por fruto), por um período de até 25 dias, com um cromatógrafo a gás Varian® (modelo CG 3800), equipado com um metanador, detector de ionização de chama e coluna Porapak N (80 a 100 mesh). As temperaturas do forno, do detector, do metanador e do injetor foram de 45, 120, 300 e 110°C, respectivamente. Os fluxos de N₂, H₂ e ar utilizados foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. As determinações das taxas respiratórias e de produção de etileno foram efetuadas em amostras retiradas das embalagens no momento do fechamento da embalagem e após 30 e 120 minutos para o CO₂ e etileno, respectivamente.

Para as avaliações de maturação, os frutos foram acondicionados em embalagens contendo ~10 frutos, com peso médio de 10g por fruto. Os atributos de amadurecimento foram avaliados aos 0, 3, 6, 10, 15, 20 e 25 dias em frutos armazenados na temperatura de 0°C, e aos 0, 3, 6 e 10 dias em frutos armazenados a 20°C. Os frutos foram avaliados quanto aos teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável total (ATT), cor da epiderme e firmeza de polpa.

Em amostras compostas de suco extraídas dos frutos, em cada repetição, foram feitas determinações de teores de SST (°Brix), quantificado com o uso de refratômetro manual (Atago, Japão), e de acidez (% de ácido cítrico), através de titulometria de neutralização com NaOH (0,1 N), até pH 8,2.

A cor da epiderme foi quantificada pela utilização do colorímetro Minolta CR 400, através da determinação dos valores de 'lightness' (L) e ângulo 'hue' (h°).

A determinação da firmeza de polpa foi realizada pelo método de aplanação, descrito por Calbo & Nery (1995). Neste método, foi utilizado um peso capaz de gerar 0,6kgf (ou 5,886 N), colocado sobre o fruto a ser avaliado, causando uma elipse de deformação. A área da elipse aplanada (A; m^2) foi calculada através da fórmula:

$$A = 0,784 \cdot d_1 \cdot d_2$$

onde:

d_1 = diâmetro maior (m);

d_2 = diâmetro menor (m).

Para cálculo da firmeza de polpa (Pa) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Fz = P/A$$

onde:

P = peso (N).

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, segundo um fatorial 3 x 2 (três estádios de maturação e duas temperaturas de armazenamento), com quatro repetições, cada repetição correspondendo a uma embalagem de frutos.

Experimento 2: temperatura e metabolismo pós-colheita dos frutos

Visando caracterizar os efeitos da temperatura de armazenamento sobre a respiração e evolução de etileno, os frutos colhidos no estádio de maturação verde-amarelo (entre 25-75% da superfície com cor verde) foram acondicionados em

embalagens com volume de 1.100 mL, contendo cerca de 15 frutos, com peso médio de 10g por fruto, e armazenados em câmaras BOD, nas temperaturas de 0, 5, 10, 20 e 30°C.

Foram feitas avaliações das taxas respiratórias e de evolução de etileno 24 horas após estabilização nas diferentes temperaturas, segundo metodologia descrita no Experimento 1.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com cinco temperaturas de armazenamento e quatro repetições, cada repetição correspondendo a uma embalagem de frutos.

Experimento 3: tempo para o resfriamento e conservação pós-colheita dos frutos

Visando avaliar os efeitos do tempo entre colheita e o armazenamento refrigerado sobre a preservação da qualidade pós-colheita de butiá, os frutos foram colhidos em estádio de maturação verde-amarelo (entre 25-75% da superfície com cor verde), selecionados e acondicionados em embalagens plásticas, com cerca de 10 frutos, com peso médio de 10g por fruto. Estes frutos foram armazenados em câmara BOD, na temperatura de 0°C, com umidade relativa de 90±5%. A refrigeração foi efetuada 0, 4, 8, 16 e 24 horas após a colheita e os frutos avaliados quanto ao amadurecimento na colheita e após 7, 14 e 21 dias de armazenamento.

Os atributos de maturação avaliados foram cor da epiderme, firmeza de polpa, SST e ATT, segundo metodologia descrita no Experimento 1.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, segundo um fatorial 5 x 4 (cinco tempos para o resfriamento e quatro períodos de armazenamento), com quatro repetições, cada repetição correspondendo a uma embalagem plástica de frutos.

Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram analisados estatisticamente usando o programa SAS (SAS Institute, 1990). As médias de tratamentos foram comparadas pelo teste de LSD ($P<0,05$). No experimento 3, o efeito quantitativo do tempo de resfriamento na preservação da qualidade, nos diferentes períodos de armazenamento dos frutos, foi avaliado através de contrastes ortogonais polinomiais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa nas taxas respiratórias entre os estádios de maturação dos frutos na colheita (Figura 1). No entanto, houve efeito substancial da temperatura sobre as taxas respiratórias de frutos de butiá (Figura 1). No início do armazenamento, as taxas respiratórias foram de 1.845 e 11.410 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$, nas temperaturas de 0 e 20°C, respectivamente (Figura 1). Houve um decréscimo gradual das taxas respiratórias ao longo do armazenamento, em ambas as temperaturas.

Considerando a temperatura de armazenamento de 0°C, o butiá apresenta taxa respiratória ligeiramente superior à da laranja (1.500 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Ritenour, 2004) e inferior à da amora-preta (5.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Perkins-Veazie, 2004a) e do morango (3.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Mitcham, 2004). Na temperatura de 20°C, o butiá apresenta taxa respiratória superior à da tâmara (1.400 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Yahia, 2004), do limão (6.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Gross & Smilanick, 2004), da laranja (8.500 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Ritenour, 2004) e do abacaxi (10.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Paull & Chen, 2004), e inferior à da amora-preta (28.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Perkins-Veazie, 2004a) e do morango (28.000 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Mitcham, 2004). Portanto, apesar de apresentar taxas

respiratórias bastante elevadas em relação a diversos frutos, as suas taxas são menores do que aquelas reportadas para outras espécies de pequenos frutos, como é o caso da amora-preta e do morango.

Durante todo o período de armazenamento não foi possível detectar etileno e observar a ocorrência de climatério respiratório (Figura 1), demonstrando um comportamento não-climatérico. Segundo Taiz & Zeiger (2003), frutos não climatéricos apresentam elevadas taxas respiratórias na fase inicial de desenvolvimento, as quais decrescem à medida que ocorre o amadurecimento, e não exibem climatério respiratório e de evolução de etileno.

Frutos colhidos nos diferentes estádios de maturação e armazenados a 0°C, apresentaram pequena queda na percentagem de superfície da epiderme com cor verde durante o período de armazenamento (Figura 2). Em frutos mantidos sob temperatura de 20°C, houve uma queda acentuada na percentagem de cor verde da epiderme, sendo que, a partir do 6º dia de armazenamento, não havia diferença entre estádios de maturação (Figura 2).

No momento da colheita, frutos colhidos nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo apresentavam valores de h^o da epiderme de 101º, 100-93º e 85º, respectivamente (Figura 2). O h^o representa a variação na coloração de verde ($h^o = 180^o$) a amarela ($h^o = 90^o$). Portanto, altos valores de h^o indicam frutos com epiderme de cor verde intensa e em estádio de maturação menos avançado. Os valores de h^o reduzem com o amadurecimento dos frutos (Mattiuz & Durigan, 2001). A redução dos valores de h^o foi mais acentuada para os frutos armazenados sob a temperatura de 20°C, sendo que, a partir do 6º dia de armazenamento, não foram mais observadas diferenças significativas entre estádios de maturação, com valores próximos a 80º (Figura 2). Na temperatura de 0°C a redução dos valores de h^o foi

mais gradual, sendo que frutos colhidos no estádio verde, mesmo após 25 dias de armazenamento, apresentavam valores $\sim 93^\circ$ (Figura 2).

A mudança na coloração da epiderme deve-se a degradação de clorofitas, as quais apresentam menor estabilidade quando comparadas aos carotenóides, e, portanto, são mais facilmente degradadas, resultando na transição da cor da epiderme dos frutos de verde para amarela (Taiz & Zeiger, 2003).

Frutos colhidos em estádio de maturação verde e armazenados a 0°C apresentaram maior retenção de firmeza de polpa durante todo o período de avaliação (Figura 2). Frutos mantidos sob temperatura de 20°C tiveram uma redução mais acentuada na firmeza de polpa, em comparação aos frutos armazenados a 0°C (Figura 2). A redução da firmeza de polpa de frutos de butiá colhidos em estádio de maturação verde e armazenados a 0°C foi gradativa, variando de aproximadamente 2,3 kPa, na colheita, para 0,8 kPa aos 25 dias de armazenamento (Figura 2). Frutos deste estádio de maturação, mantidos a 20°C , apresentavam firmeza de polpa de 0,8 kPa no 3º dia de armazenamento (Figura 2).

As mudanças na firmeza de polpa envolvem características físico-químicas, sendo afetada pelos constituintes químicos e celulares, conteúdo de água ou turgor e composição da parede celular (Sams, 1999). Neste trabalho, o método de avaliação de firmeza utilizado, desenvolvido por Calbo & Nery (1995), permite a quantificação de reduções nas propriedades de firmeza dos frutos, como resultado da maturação, bem como da perda de turgor celular.

O avanço no estádio de maturação de frutos na colheita resultou em ligeira redução nos teores de ATT e aumento nos valores de SST (Figura 2), indicando um aumento potencial na qualidade sensorial.

O armazenamento na temperatura de 0°C promoveu melhor retenção de ATT e SST em relação à temperatura de 20°C (Figura 2). Para os valores de ATT, independente do estádio de maturação, na temperatura de 0°C houve redução de ~30% aos 25 dias de armazenamento, enquanto na temperatura de 20°C a redução foi de ~50% aos 6 dias de armazenamento (Figura 2). Os valores de SST apresentaram pequeno incremento em frutos armazenados a 0°C (Figura 2), possivelmente como resultado da desidratação, e sofreram redução em frutos armazenados a 20°C (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos em carambolas 'Golden Star' mantidas sob refrigeração, que apresentaram redução nos teores de ATT e aumento progressivo nos teores de SST (Neves et al., 2004).

As avaliações dos efeitos da temperatura sob o metabolismo pós-colheita de frutos de butiá colhidos em estádio de maturação verde-amarelo, demonstraram um aumento na taxa respiratória de 890 a 11.650 nmol de $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$, com o incremento da temperatura de 0 a 30°C (Figura 3). Foi observado um comportamento sigmoidal para as taxas respiratórias, ou seja, um rápido incremento nas temperaturas entre 0 a 10°C, seguido de um aumento gradual, tendendo a um equilíbrio na temperatura de 30°C (Figura 3). Segundo Taiz & Zeiger (2003), a elevação da temperatura para valores próximos a 30°C aumenta a demanda respiratória por O_2 e promove uma redução na solubilidade do O_2 no meio aquoso celular. O aumento na demanda por O_2 não é acompanhado em mesma proporção pelo aumento na sua velocidade de difusão, com o incremento na temperatura, dificultando a sua utilização pela oxidase terminal da cadeia de transporte de elétrons da membrana interna da mitocôndria. Isto pode ocasionar a estabilização no aumento das taxas respiratórias em temperaturas próximas de 30°C, como observado na Figura 3.

Segundo Wills et al. (1998), o aumento na temperatura promove um aumento exponencial na respiração, comprovado pelo cálculo do Q_{10} (quociente de temperatura). Normalmente as taxas respiratórias aumentam 2 a 3 vezes para cada aumento de 10°C na temperatura. Quando a temperatura variou de 0 para 10°C, as taxas respiratórias dos frutos de butiá quadruplicaram, com valores de $Q_{10} = 4,3$ (Figura 3). Para esta faixa de temperatura, o valor de Q_{10} de frutos de butiá foram superiores àqueles reportados para goiabas ($Q_{10}=3,0$; Bron et al., 2005), aspargo ($Q_{10}=3,8$; Luo et al., 2004) e mirtilo ($Q_{10}=3,5$; Perkins-Veazie, 2004b), e similares àqueles reportados para uva de mesa ($Q_{10}=4,0$; Crisosto & Smilanick, 2004), abacaxi ($Q_{10}=4,0$; Paull & Chen, 2004) e morango ($Q_{10}=4,2$; Mitcham, 2004). Os valores de Q_{10} obtidos em frutos de butiá quando a temperatura variou de 10 para 20°C ($Q_{10} = 2,5$) foram similares aos observados em frutos de mirtilo ($Q_{10}=2,48$; Perkins-Veazie, 2004b) e ligeiramente superiores àqueles observados em frutos de morango ($Q_{10}=2,0$; Mitcham, 2004) e amora-preta ($Q_{10}=1,9$; Perkins-Veazie, 2004a). Já quando a temperatura variou de 20 para 30°C, frutos de butiá apresentaram valor de $Q_{10}=1,2$.

Os resultados obtidos demonstram que frutos de butiá apresentam elevado valor de Q_{10} , e, portanto, necessitam de imediata refrigeração após a colheita visando preservar a sua qualidade pós-colheita. A perecibilidade de um produto é diretamente proporcional aos valores de Q_{10} . Frutos com alta a média perecibilidade, armazenados sob temperatura de 0°C, apresentam um incremento de aproximadamente 7,7 vezes no período de armazenamento, comparativamente a temperatura de 20-25°C (Kader et al., 1992).

A relação entre a temperatura de armazenamento e as taxas respiratórias são fatores determinantes da vida pós-colheita de frutos e hortaliças (Wills et al., 1998),

pois estes fatores atuam diretamente sobre os processos metabólicos relacionados aos atributos de qualidade, como a firmeza de polpa, teores de açúcares e acidez, entre outros (Saltveit, 2004). Normalmente, o período de armazenamento é inversamente proporcional às taxas respiratórias dos frutos (Wills et al., 1998). Isto pode ser comprovado através dos dados apresentados nas Figuras 1 e 2, onde frutos de butiá mantidos a 20°C apresentaram as maiores taxas respiratórias e permaneceram viáveis para o consumo até o 3º dia, enquanto frutos armazenados a 0°C apresentaram as menores taxas respiratórias e permaneceram viáveis para o consumo até o 25º dia.

Frutos de butiá colhidos em estádio de maturação verde-amarelo e imediatamente refrigerados após a colheita apresentaram maior retenção na coloração da epiderme, firmeza de polpa e acidez titulável (Tabela 1). Os frutos refrigerados 24 horas após a colheita apresentaram as maiores perdas da qualidade pós-colheita (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos com morango, quando o retardo de 6 horas no resfriamento após a colheita ocasionou uma redução substancial nos teores de ácido ascórbico, sólidos solúveis totais, firmeza e acidez titulável, após uma semana de armazenamento refrigerado, mais um dia sob temperatura de 20°C (Nunes et al., 1995). Em bananas refrigeradas (14°C) 12 e 24 horas após a colheita, a preservação da qualidade pós-colheita foi de até 35 e 25 dias, respectivamente (Madrid, 1998).

A redução nos valores de L e h^o da cor da epiderme foi diretamente proporcional ao incremento no tempo para o resfriamento, com efeitos lineares para L ($P<0,001$) e h^o ($P<0,01$), em todos os períodos de armazenamento (Tabela 1). Resultados semelhantes foram obtidos em brócoli pelo imediato resfriamento (7,5°C), o qual promoveu um retardo de aproximadamente 12 dias no surgimento

dos primeiros sinais de amarelecimento, enquanto que brócolis refrigerados 24 horas após a colheita estes sinais eram visíveis aos 6 dias (Cantwell, 2001). Brócolis armazenados a 0°C apresentaram início de amarelecimento aos 35 dias após a colheita, enquanto aqueles armazenados a 20°C os primeiros sinais de amarelecimento foram observados a aproximadamente 5 dias após a colheita (Cantwell, 2001).

Frutos imediatamente refrigerados após a colheita apresentaram maior retenção de firmeza de polpa, especialmente aos 7 e 14 dias de armazenamento, com efeitos lineares ($P < 0,001$) (Tabela 1). A maior firmeza de polpa reflete claramente o retardo na maturação dos frutos. Os valores de ATT mantiveram-se mais elevados para os frutos de butiá resfriados imediatamente após a colheita, durante todo o período de armazenamento (Tabela 1). A preservação da acidez, bem como dos teores de sólidos solúveis totais, é importante para conferir melhor sabor aos frutos. Todavia, os teores de sólidos solúveis totais não foram afetados pelo manejo da temperatura (Tabela 1).

4. CONCLUSÕES

1. Frutos de butiá apresentaram comportamento não-climatérico de respiração e não foi possível detectar a produção de etileno durante a pós-colheita;
2. Os elevados valores de Q_{10} para a respiração (de 4,3 entre 0 e 10°C, de 2,5 entre 10 e 20°C e de 1,23 entre 20 e 30°C);
3. Frutos colhidos em estádio de maturação verde-amarelo e imediatamente armazenados a 0°C apresentam melhor conservação da qualidade pós-

colheita, caracterizada pela maior retenção de cor verde da epiderme, firmeza de polpa, SST e ATT.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Prefeitura Municipal de Barracão, RS, pelo apoio financeiro a este projeto, bem como a EMATER do município de Barracão, pelo apoio técnico durante a execução do projeto.

5. REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; DE SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.
- BRON, I.B.; RIBEIRO, R.V.; CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J. Temperature-related changes in respiration and Q_{10} coefficient of guava. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 458-463, 2005.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 14-18, 1995.
- CANTWELL, M. Impact of delays to cool on shelf life of broccoli. **Perishables handling quarterly**, California: Davis, n. 106, p. 17-18, 2001.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- CRISOSTO, C.H.; SMILANICK, J.L. **Grape (table)**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

GLUSKE, C. **Espécies da flora ameaçada de extinção no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: SEMA, 2002. Disponível em: <<http://www.agirazul.com.br/Espécies/flora.htm>>. Acesso em: 21 de jul. 2004.

GROSS, K.C.; SMILANICK, J.L. **Lemon.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the americas.** New Jersey: Princeton university press, 1995. 351 p.

KADER, A.A. **Postharvest biology and technology: an overview.** In: Kader, A.A. (ed.), Postharvest technology of horticultural crops. 2nd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, p. 15-20, 1992.

LUO, Y.; SUSLOW, T.; CANTWELL, M. **Asparagus.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

MADRID, M. Cooling delays and their impact on green life of bananas. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 464, p. 513-513, 1998.

MATTIUZ, E.J.; DURIGAN, J.F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares Paluma e Pedro Sato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 277-281, 2001.

MATTOS, J.R. Palmeiras do Rio Grande do Sul. **Roessleria**, Porto Alegre, v.1, n.1, p. 5-94, 1977.

MITCHAM, E.J. **Strawberry.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

NEVES, L.C.; BENDER, R.J.; ROMBALDI, C.V.; VIEITES, R.L. Qualidade de carambolas azedas cv. 'Golden Star' tratadas com CaCl_2 por imersão e

armazenadas sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 32-35, 2004.

NUNES, M.C.N.; BRECHT, J.K.; MORAIS, A.M.M.B.; SARGENT, S.A. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 1/2, p. 17-28, 1995.

PAULL, R.E.; CHEN, C.C. **Pineapple**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

PERKINS-VEAZIE, P. **Blackberry**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004a. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005a.

PERKINS-VEAZIE, P. **Blueberry**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004b. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005b.

REITZ, R. **Palmeiras**. In: Flora Ilustrada Catarinense: Herbário “Barbosa Rodrigues”. Itajaí, SC, 1974. 189 p.

RITERNOUR, M.A. **Orange**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

SALTVEIT, M. **Respiratory metabolism**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22/09/2005.

SAMS, C.E. Preharvest factors affecting postharvest texture. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.3, p. 249-254, 1999.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **Doing more with SAS/ASSIST software:** version 6. Cary, 1990. 789 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2003, 720 p.

TODAFRUTA. **Coleção de Frutas Nativas**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP. Jaboticabal-SP. Publicado em 24 jul. 2002. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=268>. Acesso em: 21 de jul. 2004.

WATKINS, C.; HARKER, R.; BROOKFIELD, P.; TUSTIN, S. Maturity of Royal Gala, Breaburn and Fuji – The New Zealand Experience. In: **Annual Washington Tree Fruit Postharvest Conference**, 9, Wenatchee (USA), p. 16-19, 1993.

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

YAHIA, E.M. **Date**. In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

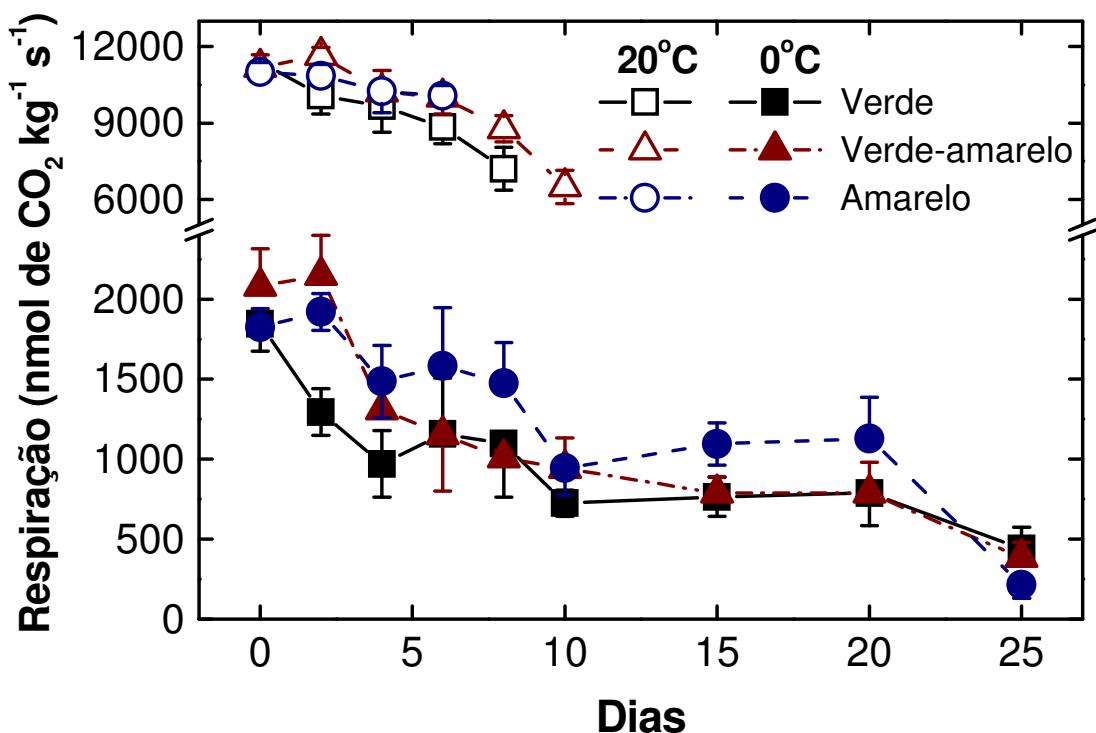


FIGURA 1 - Taxas respiratórias em frutos de butiá colhidos nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo, correspondentes a coloração verde da superfície da epiderme >75%, de 25-75% e <25%, respectivamente, e armazenados sob as temperaturas de 0 e 20°C. As barras verticais representam o erro padrão da média.

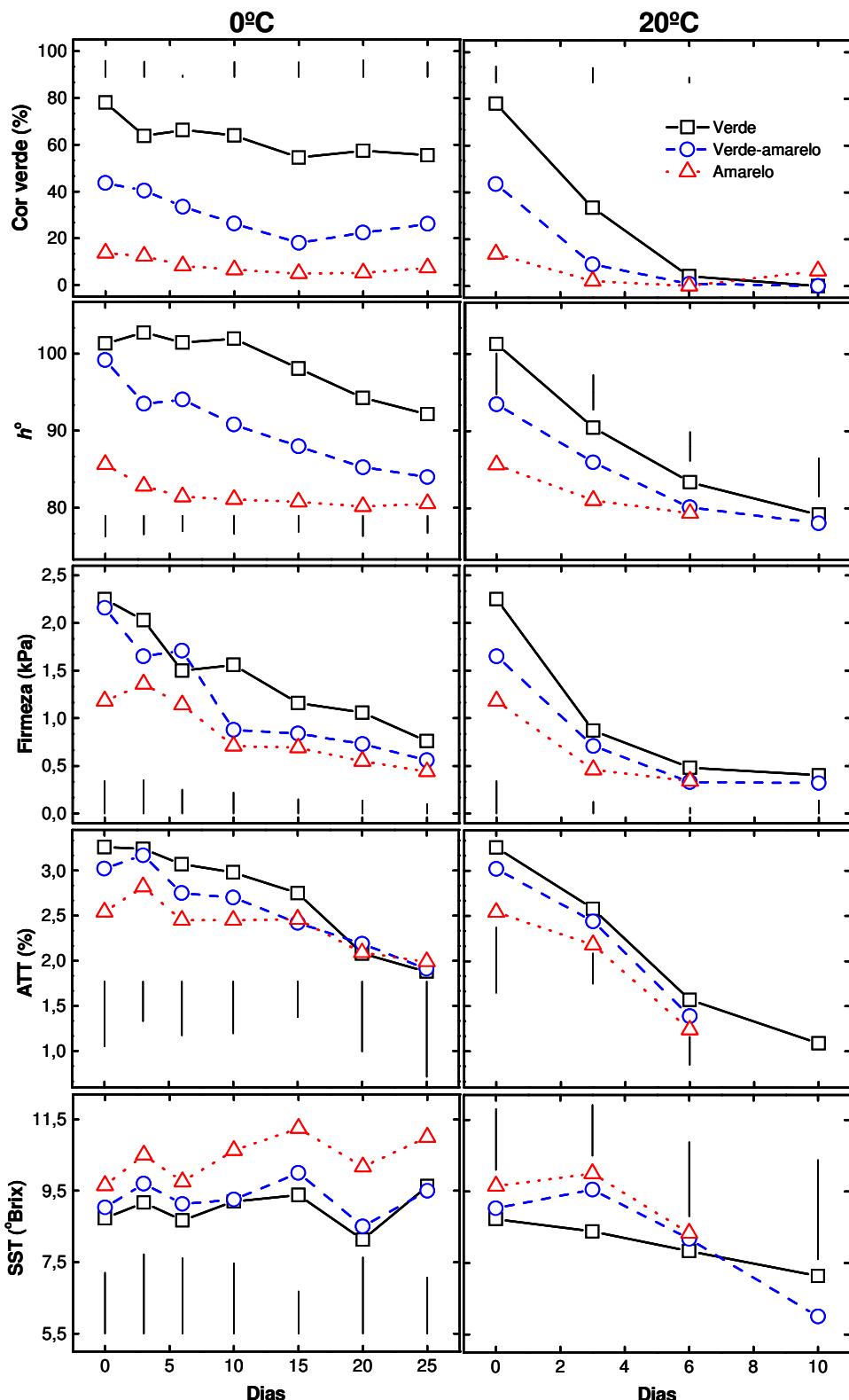


FIGURA 2 - Coloração da epiderme, firmeza de polpa e teores de SST e ATT em frutos de butiá colhidos nos estádios de maturação verde, verde-amarelo e amarelo e armazenados sob as temperaturas de 0°C e 20°C, por um período de 25 e 10 dias, respectivamente. Diferenças mínimas significativas entre estádios de maturação estão indicadas no interior da figura e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).

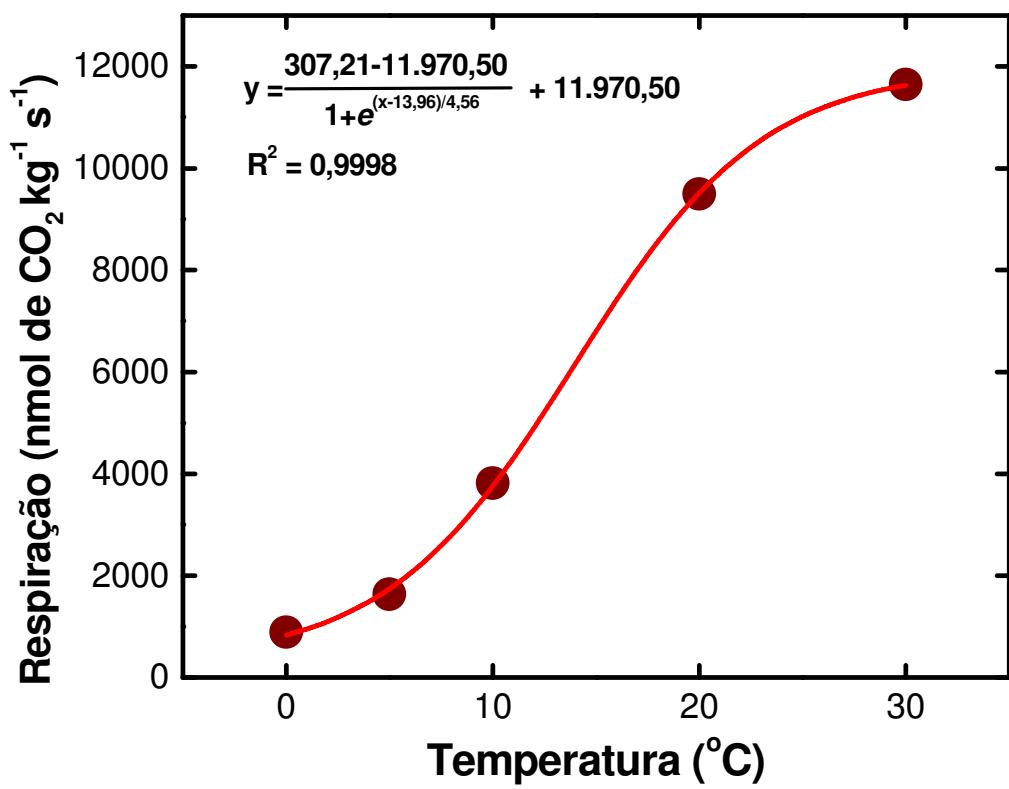


FIGURA 3 - Taxa respiratória em frutos de butiá colhidos no estádio de maturação verde-amarelo em função da temperatura de armazenamento. Determinações efetuadas 24 horas após a colheita.

TABELA 1. Efeitos do tempo para o resfriamento (horas) após a colheita na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá. Avaliações realizadas aos 7, 14 e 21 dias de armazenamento refrigerado ($0^{\circ}\text{C}/90\pm5\%$ UR). Na colheita, os frutos apresentavam valores médios de: $L = 68,32$; $h^o = 94,47$; firmeza = 1,67 kPa; SST ($^{\circ}\text{Brix}$) = 9,50; e ATT (% ácido cítrico) = 1,71%.

Tempo para resfriamento (horas)	Cor		Firmeza (kPa)	SST ($^{\circ}\text{Brix}$)	ATT (% ácido cítrico)
	L	h^o			
7 dias					
0	72,48	91,87	1,27	8,63	1,06
4	71,53	91,44	0,97	8,00	0,96
8	71,38	90,18	1,01	7,88	0,82
16	71,55	89,95	0,78	7,88	0,81
24	67,42	89,26	0,64	7,63	0,72
Linear	***	**	***	ns	***
Quadrático	ns	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	5,73	3,18	42,91	8,84	15,39
14 dias					
0	71,57	90,17	1,07	9,25	0,71
4	71,31	89,58	0,85	9,00	0,68
8	68,69	87,94	0,54	9,00	0,64
16	67,05	88,32	0,65	8,50	0,62
24	65,17	86,81	0,44	9,33	0,56
Linear	***	**	***	ns	*
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7,19	3,91	48,80	11,71	13,01
21 dias					
0	70,10	89,64	0,77	8,25	0,60
4	72,33	90,08	0,91	7,50	0,66
8	67,61	89,16	0,56	8,13	0,57
16	64,95	87,61	0,50	8,25	0,46
24	66,13	86,15	0,63	7,75	0,46
Linear	***	**	*	ns	***
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7,54	4,31	35,71	10,06	16,80

Dados analisados através de contrastes ortogonais polinomiais (ns = não significativo; * = significativo $P<0,05$; ** = significativo $P<0,01$; *** = significativo $P<0,001$).

**CAPÍTULO 2: QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BUTIÁ
ARMAZENADO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS E EM
CONDIÇÕES DE ATMOSFERA MODIFICADA**

QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BUTIÁ ARMAZENADO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS E EM CONDIÇÕES DE ATMOSFERA MODIFICADA

Resumo – O presente trabalho objetivou avaliar os efeitos das diferentes temperaturas de armazenamento e condições de atmosfera modificada sobre a qualidade pós-colheita de frutos de butiá. Butiás colhidos nos estádios de maturação verde (> 75% de cor verde da epiderme) e verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme) foram armazenados a 0, 5, 10, 20 e 30°C e avaliados de maneira subjetiva quanto à incidência de podridões, escurecimento da epiderme, frutos desidratados e perdas totais durante o armazenamento. As maiores perdas ocorreram em frutos armazenados a 20 e 30°C, para os dois estádios de maturação, não sendo observadas diferenças significativas entre as temperaturas de 0, 5 e 10°C. Frutos colhidos no estádio de maturação verde apresentaram maior escurecimento e desidratação, porém menores níveis de podridões, em relação a frutos colhidos no estádio verde-amarelo, especialmente quando armazenados nas temperaturas de 20 e 30°C. Nas temperaturas de 0 a 10°C, os frutos permaneceram viáveis por até 31 dias, demonstrando a importância da refrigeração. Butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme) foram acondicionados em condições de atmosfera modificada, com embalagens de policloreto de vinila (PVC), de polietileno (PE) e de PE selado a vácuo (PE+vácuo), além do tratamento controle (sem embalagem), e armazenados a 0-2°C. A menor perda de massa fresca e a maior preservação da qualidade pós-colheita de butiá durante o armazenamento refrigerado foi observada com a utilização de PE, com ou sem vácuo, seguido do PVC. Os resultados obtidos demonstram a importância da colheita dos frutos no estádio de maturação verde-amarelo, e do seu armazenamento refrigerado (a temperaturas próximas de 0°C), em condições de

atmosfera modificada, através da utilização de filmes de PE, na preservação da qualidade pós-colheita de butiás.

Termos de indexação: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, fruto, fisiologia pós-colheita, respiração, amadurecimento, conservação, filmes plásticos.

POSTHARVEST QUALITY OF JELLY PALM FRUITS STORED AT DIFFERENT TEMPERATURES AND UNDER MODIFIED ATMOSPHERE CONDITIONS

Abstract – The present work was carried out to study the effects of different temperatures and modified atmosphere conditions on postharvest quality of jelly palm fruits. Jelly palm fruits were harvested at the green (> 75% of skin surface with green color) and yellow-green (with 25 to 75% of skin surface with green color) maturity stages and then stored at 0, 5, 10, 20, and 30°C. These fruits were subjectively assessed in terms of rot incidence, skin browning, shrinkage and total losses during the storage. The largest losses were recorded in fruits stored at 20 and 30°C, at both maturity stages. There was no significant difference in terms of fruit visual quality between the storage temperatures of 0, 5, and 10°C. Fruits harvested at the green maturity stage showed higher levels of skin browning and shrinkage, and lower levels rotting, than fruits harvested at the yellow-green maturity stage, specially when stored at 20 and 30°C. At the temperatures of 0 to 10°C, the fruits remained viable for consumption even at 31 days storage, showing the importance of fruit refrigeration. Jelly palm fruits harvested at the yellow-green maturity stage (with 25 to 75% of skin surface with green color) were packed under modified atmosphere condition with polyvinyl chloride (PVC), polyethylene (PE), and polyethylene sealed with vacuum (PE+vacuum), in addition to the control treatment (without film), and stored at 0-2°C.

Fruits packed in PE (with or without vacuum) showed the smallest fresh mass loss and the best postharvest quality preservation during cold storage, followed by fruits packed in PVC. The results show that jelly palm fruits should be harvested at the yellow-green maturity stage, and then cold stored (at about 0°C), under modified atmosphere conditions, by using PE films, to achieve the best preservation its postharvest quality.

Index terms: *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, fruit, postharvest physiology, respiration, ripening, preservation, plastic films.

1. INTRODUÇÃO

Butia eriospatha (Martius) Beccari, popularmente conhecido por butiá ou butiá-da-serra, é uma espécie nativa da América do Sul e pertence à família Arecaceae (=Palmae) (Henderson et al., 1995). No Brasil, o butiá ocorre no planalto sul dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em regiões com altitudes de 800-900 metros (Mattos, 1977; Henderson et al., 1995).

O butiazeiro na fase adulta pode atingir até 6 metros de altura e caracteriza-se por apresentar folhas pinadas de coloração verde azulada, o que o torna uma ótima alternativa como planta ornamental. Os frutos de butiá são globosos, suculentos, levemente adocicados, com 1,7 a 1,9 cm de diâmetro em média, e o epicarpo torna-se amarelado na maturidade (Henderson et al., 1995). Os frutos maduros apresentam aroma muito agradável, podendo ser consumidos *in natura* ou usados na elaboração de sucos, vinhos e licores (Henderson et al., 1995). Da amêndoia pode-se fazer rapadura ou extrair óleo comestível (Todafruta, 2002).

A comercialização de frutas e hortaliças *in natura* muitas vezes é restrita devido à baixa conservação, principalmente para aqueles frutos que apresentam

elevadas taxas respiratórias e de produção de etileno (Kader, 1992a; Wills et al., 1998). No entanto, a adoção de técnicas de preservação da qualidade pós-colheita, como o armazenamento refrigerado, associado ao emprego de atmosfera controlada (AC) ou modificada (AM), torna-se importante para retardar os processos fisiológicos que promovem a senescência dos frutos (Carvalho, 1994). A atmosfera modificada, pelo uso de filmes plásticos ou ceras, atua basicamente na redução da atividade respiratória, porque reduz os níveis de O₂ e aumenta os níveis de CO₂, promovendo uma redução no metabolismo vegetal (Chitarra & Chitarra, 2005). A redução na atividade respiratória retarda as perdas de aroma, cor, textura e outros atributos envolvidos na maturação dos frutos (Filgueiras, 1996).

O armazenamento refrigerado reduz os processos fisiológicos relacionados à maturação. Todavia, se a temperatura de armazenamento não for adequada para a espécie, pode ocorrer à injúria por frio. Frutos de origem tropical ou subtropical são sensíveis a baixas temperaturas (<10-15°C), e mesmo algumas espécies de frutos de clima temperado podem desenvolver injúria por frio a temperaturas <5°C (Wang, 2004). Frutos com injúria pelo frio apresentam alterações nas propriedades de permeabilidade seletiva do sistema de membranas celulares, induzindo lesões na superfície, descoloração interna, encharcamento do tecido e amadurecimento desuniforme (Wills et al., 1998). Normalmente, estes sintomas ficam mais visíveis quando os frutos são armazenados por longos períodos e após a sua remoção para a temperatura ambiente (Wang, 2004).

A atmosfera modificada pode ser do tipo passiva ou ativa. Na atmosfera passiva a alteração na concentração dos gases ocorre a partir do selamento da embalagem, pelo consumo de O₂ e produção de CO₂ pela respiração do fruto (Kader, 1992b). Na atmosfera ativa é efetuada a injeção de concentrações

conhecidas de gases no interior da embalagem (Azeredo et al., 2000), constituindo-se em um sistema eficiente de retardo nas alterações físico-químicas em pós-colheita. Normalmente, a mistura gasosa é constituída de níveis de O₂ menores e CO₂ maiores do que aqueles presentes no ar (Luengo & Lana, 1997).

A modificação da atmosfera externa de frutas e hortaliças pelo uso de filmes plásticos pode ser conseguida pelo policloreto de vinila (PVC), polietileno e polipropileno, associados ou não ao sistema a vácuo. Para cada espécie de fruta e hortaliça é extremamente importante a determinação da permeabilidade do filme plástico (Mir & Beaudry, 2004). A concentração de O₂ e CO₂ no interior da embalagem depende, além da permeabilidade do filme plástico (Kader, 1992b; Wills et al., 1998), também da taxa respiratória do produto, da temperatura de armazenamento, da relação entre a massa e a área superficial da barreira e da umidade relativa (Girardi & Rombaldi, 2003).

A permeabilidade ao CO₂ deve ser 2 a 8 vezes maior do que a do O₂, pois se os níveis de CO₂ excederem ao tolerável (2-5%) os frutos podem desenvolver injúria por CO₂ (Mir & Beaudry, 2004), enquanto níveis de O₂ abaixo do recomendado (1-3%) podem induzir a respiração anaeróbica e impedir o desenvolvimento de aroma (Song et al., 2002).

O uso de embalagens plásticas também é importante na proteção dos frutos contra ferimentos e danos mecânicos provocados pela manipulação inadequada durante os processos envolvidos na pós-colheita, além de atuar como barreira física na redução das perdas de água (Mitchell, 1992). A formação de um gradiente de pressão de vapor de água entre o produto e o ambiente favorece a perda de água durante o armazenamento, justificando a manutenção de uma alta umidade relativa durante as etapas de transporte e comercialização dos produtos hortícolas (Mitchell,

1992). As embalagens com baixa permeabilidade à água apresentam condensação no seu interior, o que favorece o desenvolvimento de microrganismos fitopatogênicos (Kader et al., 1986; Saltveit, 2004). A condensação ocorre quando a embalagem é transferida de condições refrigeradas para temperatura ambiente (Mir & Beaudry, 2004). No entanto, se a embalagem permitir a rápida troca de umidade com o ambiente externo pode ocorrer a desidratação do fruto (Song et al., 2002).

Este trabalho objetivou avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento e da atmosfera modificada na preservação da qualidade pós-colheita de frutos de butiá.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local de coleta dos frutos e de execução dos experimentos

Frutos de *Butia eriospatha* (Martius) Beccari, foram colhidos no município de Barracão - RS, nos meses de janeiro e fevereiro de 2005, acondicionados em caixas térmicas e imediatamente transportados para o Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita do Centro de Ciências Agroveterinárias, em Lages-SC, onde foram conduzidos os diferentes experimentos.

Experimento 1: Temperatura e características visuais pós-colheita dos frutos

Os frutos de butiá foram colhidos, no dia 27 de janeiro de 2005, no estádio de maturação verde (> 75% de cor verde da epiderme) e verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme), selecionados quanto à ausência de danos mecânicos e ataque de patógenos, e acondicionados em embalagens plásticas, constituídas por cerca de 10 frutos, com peso médio de 10g por fruto. Os frutos foram armazenados nas temperaturas de 0, 5, 10, 20 e 30°C, e avaliados quanto a qualidade da colheita

até 31 dias. Os frutos foram avaliados de maneira subjetiva quanto à incidência de podridões, escurecimento da epiderme, desidratação e perdas totais.

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, segundo um fatorial 2 x 5 (dois estádios de maturação e cinco temperaturas de armazenamento), com quatro repetições, cada repetição constituída de uma embalagem plástica.

Experimento 2: Qualidade pós-colheita de frutos armazenados em filmes plásticos

Frutos de butiá foram colhidos no estádio de maturação verde-amarelo (com 25 a 75% de cor verde da epiderme), selecionados quanto à ausência de danos mecânicos e ataque de patógenos, acondicionados em bandejas (contendo cerca de 10 frutos, com peso médio de 10g por fruto), sob condições de atmosfera modificada, com o emprego de embalagens de policloreto de vinila (PVC), de polietileno (PE) e de PE selado a vácuo (PE+vácuo), além do tratamento controle (sem embalagem), e armazenados em câmara BOD na temperatura de 0-2ºC, com uma umidade relativa de 90±5%.

As avaliações de amadurecimento foram realizadas aos 0, 7, 14 e 21 dias, através da quantificação do teor de sólidos solúveis totais (SST), da acidez titulável total (ATT), da cor da epiderme e da firmeza de polpa.

Em amostras compostas de suco extraídas dos frutos em cada repetição foram feitas determinações do teor de SST (ºBrix), quantificado com o uso de refratômetro manual (Atago, Japão), e de acidez (% de ácido cítrico), através de titulometria de neutralização com NaOH (0,1 N), até atingir pH 8,2.

A cor da epiderme foi quantificada pela utilização do colorímetro Minolta CR 400, através da determinação dos valores de 'lightness' (L) e ângulo 'hue' (hº).

A determinação da firmeza de polpa foi realizada pelo método de aplanação, descrito por Calbo & Nery (1995). Neste método, foi utilizado um peso capaz de gerar 0,6kgf (ou 5,886 N), colocado sobre o fruto a ser avaliado, causando uma elipse de deformação. A área da elipse aplanada (A; m²) foi calculada através da fórmula:

$$A = 0,784 * d_1 * d_2$$

onde:

d_1 = diâmetro maior (m);

d_2 = diâmetro menor (m).

Para cálculo da firmeza de polpa (Fz; Pa) utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Fz = P/A$$

onde:

P = peso (N).

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tipos de filmes plásticos e quatro repetições, cada repetição correspondendo a uma embalagem plástica.

Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram analisados estatisticamente usando o programa SAS (SAS Institute, 1999). As médias de tratamentos, nas diferentes datas de avaliação, foram comparadas pelo teste de LSD ($P<0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frutos armazenados em diferentes temperaturas e avaliados quanto aos atributos visuais apresentaram as maiores perdas pós-colheita quando armazenados sob as temperaturas de 20 e 30°C (Figura 1). Não foram observadas diferenças significativas entre as temperaturas de 0, 5 e 10°C para todos os atributos avaliados (Figura 1).

Frutos de butiá colhidos em estádio de maturação verde e armazenados por um período de até quatro dias a 20°C, apresentaram 72% de perda por escurecimento da epiderme, e de 31% aos 12 dias de armazenamento para frutos acondicionados a 30°C (Figura 1). Em frutos colhidos em estádio de maturação verde-amarelo e acondicionados sob 20°C as perdas por escurecimento atingiram 56% aos quatro dias de armazenamento, enquanto frutos armazenados a 30°C apresentaram 23% de perdas por escurecimento da epiderme aos 14 dias de armazenamento (Figura 1).

O escurecimento da epiderme é resultado da oxidação de compostos fenólicos e da ação da enzima polifenol oxidase (PFO). A PFO na presença do O₂, promove a oxidação de difenóis em quinonas. As quinonas são moléculas muito instáveis e rapidamente reagem com os aminoácidos ou proteínas formando os pigmentos escuros na epiderme ou polpa do fruto (Garcia-Carmona et al., 1998). Normalmente, frutos em estádio de maturação menos avançado apresentam maior quantidade de compostos fenólicos (Wills et al., 1998). Isto pode explicar a maior percentagem de escurecimento da epiderme em frutos em estádio de maturação verde (Figura 1).

Frutos colhidos no estádio verde e acondicionados a 30°C apresentaram 31% de frutos desidratados aos 12 dias de armazenamento (Figura 1), enquanto aqueles

colhidos em estádio verde-amarelo, e armazenados sob a mesma temperatura, tiveram 20% de frutos desidratados após 14 dias de armazenamento (Figura 1).

A maior ou menor perda de água pela superfície do fruto é característica intrínseca de cada espécie, associada a fatores do ambiente. Frutos em estádio de maturação adequada desenvolvem uma cerosidade natural sobre a epiderme o que pode reduzir as perdas de água para o ambiente (Wills et al., 1998). O aumento da umidade relativa do ar no ambiente de armazenamento é uma alternativa importante na redução da perda de água dos produtos frescos, pois diminui o défice de pressão de vapor d'água (DPV) entre o fruto e o ar (Paull et al., 1999).

Butiás colhidos nos estádios verde e verde-amarelo e acondicionados a 30°C apresentaram mumificação, devido à desidratação excessiva, a partir do 6º dia de armazenamento (dados não apresentados). A alta temperatura favorece a atividade metabólica e a perda excessiva de água, especialmente em pequenos frutos, devido a elevada área superficial específica. No entanto, como água não pode ser reposta nas células epidérmicas na mesma velocidade em que é perdida pela transpiração, ocorre a desidratação excessiva da epiderme, e, como consequência, tem-se a mumificação do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005).

As perdas por podridões em frutos colhidos em estádio de maturação verde e acondicionados sob a temperatura de 20°C foi de 28% após quatro dias de armazenamento (Figura 1), enquanto em frutos armazenados a 30°C, estas perdas atingiram 38% aos 12 dias de armazenamento (Figura 1). Em frutos no estádio verde-amarelo, armazenados a 20°C, as perdas por podridões atingiram 44% aos quatro dias (Figura 1), enquanto a 30°C, as perdas por podridões foram de 58% aos 14 dias de armazenamento (Figura 1). Nas temperaturas de 0, 5 e 10°C, as perdas por podridões foram próximas a 0%, sendo ligeiramente superiores em frutos

colhidos no estádio verde-amarelo e armazenados a 10°C (até 6% de perdas) (Figura 1).

Estes valores demonstram a importância do imediato armazenamento refrigerado na preservação da qualidade pós-colheita dos frutos. As podridões pós-colheita de frutos são favorecidas pelo elevado teor de umidade no interior das câmaras de armazenamento, pois umidades relativas 95-100% e temperaturas entre 20 a 30°C são condições ideais para a germinação de esporos dos microrganismos fitopatogênicos (Zambolin et al., 1997). Frutos em estádio de maturação avançada apresentam menor integridade na parede celular e tornam-se mais suscetível a ferimentos e ao ataque de fungos (Kader, 1986).

As perdas totais de frutos colhidos em estádio de maturação verde e verde-amarelo atingiram 100% apenas para aqueles frutos acondicionados sob as temperaturas de 20 e 30°C (Figura 1). Frutos colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo permaneceram viáveis por um período de até 12 e 14 dias, respectivamente, quando armazenados a 30°C (Figura 1). Frutos armazenados a 20°C, independente do estádio de maturação, permaneceram viáveis por até quatro dias (Figura 1). Os frutos de butiá não desenvolveram injúria por frio (dados não apresentados) durante todo o período de armazenamento e apresentaram melhor qualidade quando armazenados sob temperaturas próximas a 0°C.

Em relação às embalagens plásticas, a menor perda de massa fresca foi observada com a utilização de PE, com ou sem vácuo, seguido do PVC, nas três épocas de remoção dos frutos do armazenamento refrigerado (Figura 2). O tratamento controle apresentou os maiores valores de perda de massa fresca durante todo o período de armazenamento, com valores variando de 5 a 17%, em relação às embalagens de PE, cujos valores variaram de aproximadamente 0,2 a

0,85% (Figura 2). Estes dados confirmam resultados observados em morango e amora-preta, demonstrando a eficiência de embalagens plásticas como barreira à perda de água de produtos armazenados (Calegaro et al., 2002; Antunes et al., 2003). A perda de massa observada em frutos de butiá pode ser resultado da relação entre área superficial e o volume do fruto, da transpiração provocada pelo DPV entre o fruto e o ar do ambiente e dos processos metabólicos envolvidos na respiração (Wills et al., 1998). O filme de PVC apresenta maior permeabilidade à água em relação ao PE, não se constituindo, portanto, uma barreira muito eficiente à perda de água (Chitarra & Chitarra, 2005).

Frutos acondicionados em embalagens de PVC, PE e PE+vácuo apresentaram menores valores de SST e de ATT, menor desidratação visível e maior firmeza em relação ao tratamento controle (Figura 3). Os menores valores de SST e ATT nos frutos embalados em relação aos frutos não embalados (controle) pode ser o resultado da menor perda de água. No tratamento controle, a excessiva desidratação pode ter ocasionado uma maior concentração a nível celular de sólidos solúveis totais e ácidos orgânicos em relação a frutos embalados em PE e PVC. Isto pode ser comprovado pelos valores de perda de massa fresca (Figura 2) e de frutos com desidratação visível (Figura 3), que foram substancialmente maiores no tratamento controle. Os atributos de cor da epiderme, podridões e senescência dos frutos não foram afetados pelos tratamentos avaliados (dados não apresentados).

A firmeza dos frutos foi superior em todos os tratamentos com embalagem (Figura 3). Esta maior firmeza em frutos embalados, comparativamente ao tratamento controle, pode ser o resultado do retardamento na maturação dos frutos, ocasionado pela modificação na atmosfera interna da embalagem (redução nos níveis de O₂ e aumento nos níveis de CO₂), bem como pela redução na desidratação

dos frutos. O método de avaliação de firmeza utilizado neste trabalho, desenvolvido por Calbo & Nery (1995), permite a quantificação de reduções nas propriedades de firmeza dos frutos, como resultado da maturação, bem como do turgor celular, ocasionados pela desidratação.

4. CONCLUSÕES

1. Frutos de butiá, independente do estádio de maturação, apresentam melhor qualidade pós-colheita quando armazenados sob refrigeração, principalmente em temperaturas próximas a 0°C, já que não desenvolvem injúria por frio;
2. As embalagens de PE, com ou sem vácuo, seguida do PVC permitem uma maior preservação da qualidade pós-colheita de butiá durante o armazenamento refrigerado, através da redução na perda de água e preservação do turgor e firmeza dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Prefeitura Municipal de Barracão, RS, pelo apoio financeiro a este projeto, bem como a EMATER do município de Barracão, pelo apoio técnico durante a execução do projeto.

5. REFERÊNCIAS

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; DE SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.

AZEREDO, H.M.C. de; FARIA, J.A.F.; AZEREDO, A.M.C. de. Embalagens ativas para alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 20, n. 3, p.337-341, 2000.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 14-18, 1995.

CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.

CARVALHO, V.D. de. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, 1994.

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

FILGUEIRAS, H.A.C.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Armazenamento de ameixas sob refrigeração e atmosfera modificada – 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 18, n. 1, p. 129-135, 1996.

GIRARDI, C.L.; ROMBALDI, C.V. Manejo pós-colheita de pêssegos. In: **Sistema de produção de pêssego de mesa na região da serra gaúcha**. Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves-RS. Publicado em janeiro de 2003. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fontesHTML/pessegodemesaregiaoerragaucha/index.html>>. Acesso em 31 de out. 2005.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the americas**. New Jersey: Princeton university press, 1995. 351 p.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Tecnology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.

KADER, A.A. **Postharvest biology and technology: an overview**. In: Kader, A.A. (ed.), Postharvest technology of horticultural crops. 2nd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, p. 15-20, 1992a.

KADER, A.A. **Modified atmosphere during transport and storage.** In: Kader, A.A. (ed.), Postharvest technology of horticultural crops. 2nd ed. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, p. 85-92, 1992b.

LUENGO, R.F.A.; LANA, M.M. Processamento mínimo de hortaliças. **Comunicado técnico da Embrapa Hortaliças**, Brasília, outubro, 1997. 4 p.

MATTOS, J.R. Palmeiras do Rio Grande do Sul. **Roessleria**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 5-94, 1977.

MIR, N.; BEAUDRY, R.M. **Modified atmosphere packaging.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

PAULL, R.E.; GROSS, K.; QIU, Y. Changes in papaya cell walls during fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, n. 1, p. 79-89, 1999.

SALTVEIT, M. **Respiratory metabolism.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22/09/2005.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **Doing more with SAS/ASSIST software:** version 6. Cary, 1990. 789 p.

SONG, Y.; VORSA, N.; YAM, K.L. Modeling respiration– transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry. **Jounal of Food Engineering**, Davis, v. 53, n. 2, p. 103-109, 2002.

WANG, C.Y. **Chilling and freezing injury.** In: GROSS, K.C.; WANG, C.Y.; SALTVEIT, M. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Draft revised. USDA, ARS. Agricultural Handbook Number 66, 2004. Disponível em: <www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Acesso em: 22 set 2005.

TODAFRUTA. **Coleção de Frutas Nativas.** Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP. Jaboticabal-SP. Publicado em 24 jul. 2002. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=268>. Acesso em: 21 de jul. 2004.

WILLS, R. H.; MCGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.** 4th Edition. CAB International, New York, USA, 1998. 262 p.

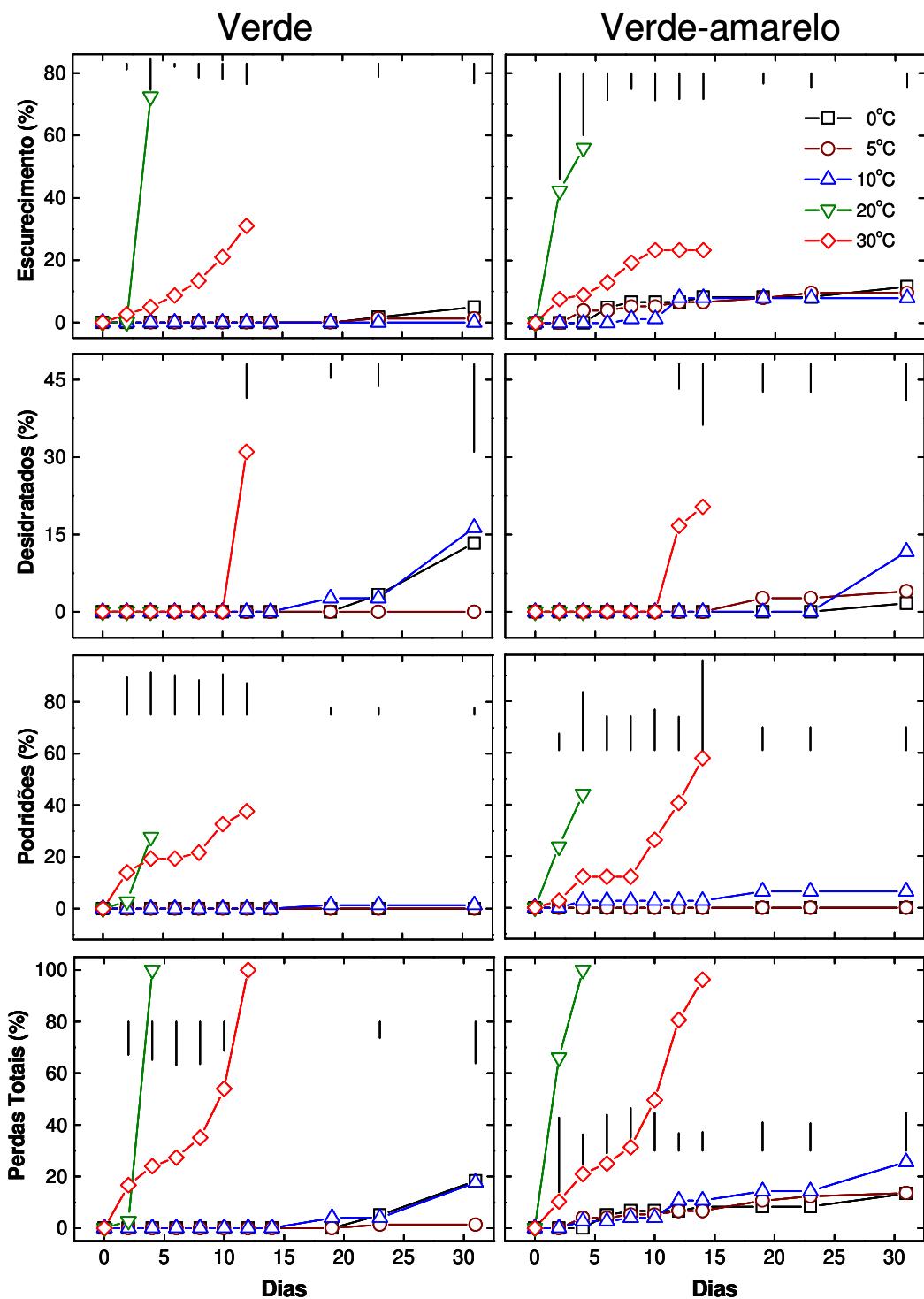


FIGURA 1 - Avaliação visual de frutos desidratados, com escurecimento e podridões e de perdas totais em butiás colhidos nos estádios de maturação verde e verde-amarelo, e armazenados sob as temperaturas de 0, 5, 10, 20 e 30°C, por um período de até 31 dias. Diferenças mínimas significativas entre temperaturas, em cada data de avaliação, estão indicadas no interior da figura, e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).

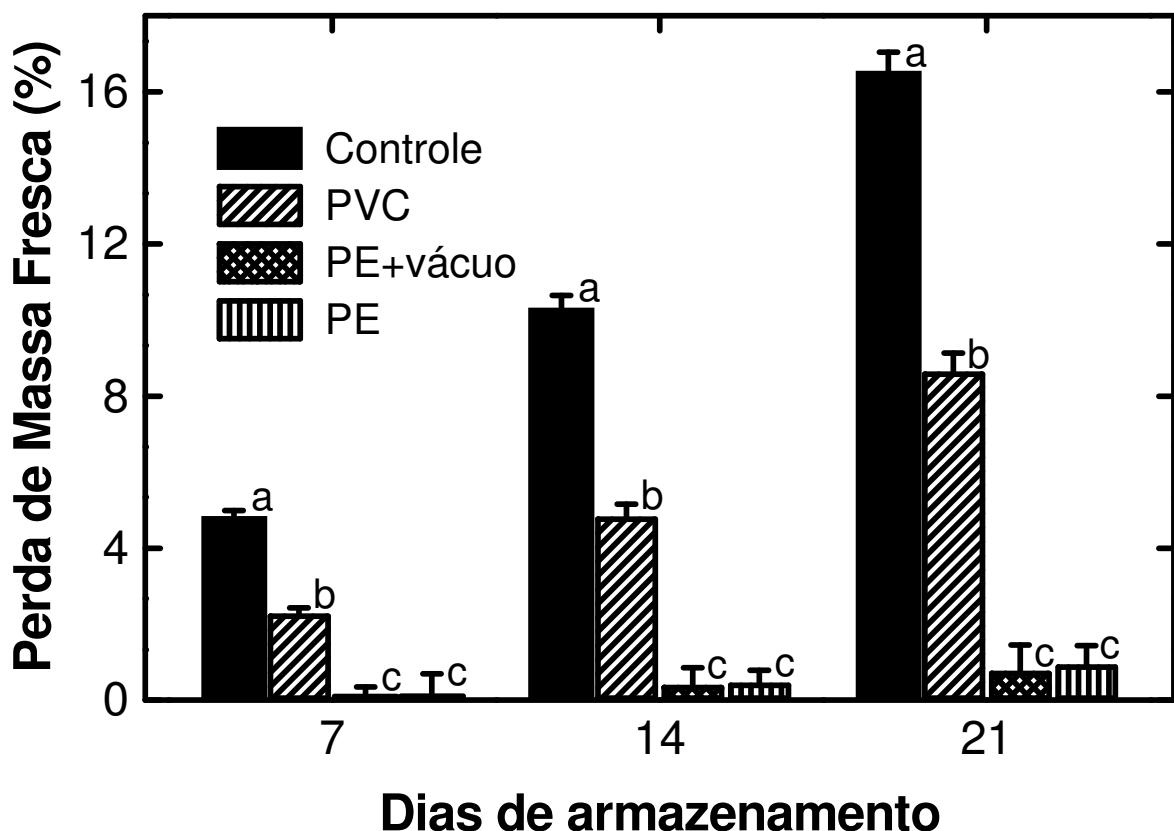


FIGURA 2 - Perda de massa fresca (%) em butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo, acondicionados ou não em filmes plásticos de PVC, PE+vácuo e PE, e armazenados a 0°C, por um período de até 21 dias. Médias seguidas pela mesma letra, em cada período de armazenamento, não diferem entre si pelo teste LSD ($P<0,05$). Barras verticais na parte superior das colunas indicam o erro padrão da média.

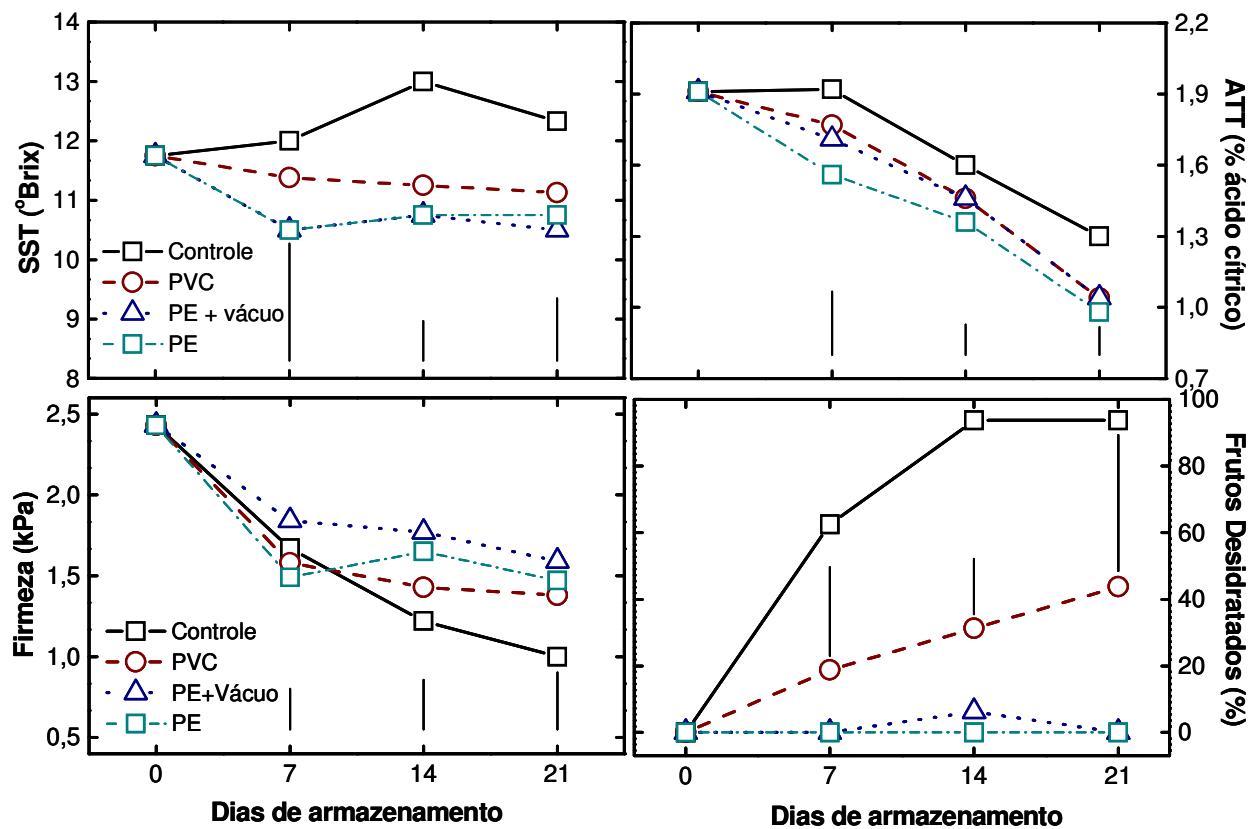


FIGURA 3 - Teores de SST e ATT, firmeza de polpa e percentagem de frutos desidratados em butiás colhidos no estádio de maturação verde-amarelo, acondicionados ou não em filmes de PVC, PE+vacuo e PE, e armazenados a 0°C, por um período de até 21 dias. Diferenças mínimas significativas entre tratamentos, em cada data de avaliação, estão indicadas no interior da figura, e foram calculadas pelo teste LSD ($P<0,05$).