

SILVANDA DE MELO SILVA


CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO LIMÃO 'TAHITI'
(**Citrus latifolia** TANAKA): USO DE CHOQUE FRIO, ATMOS-
FERA MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO - APLICAÇÃO DE
MODELAGEM MATEMÁTICA


Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura
de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-
Graduação em Ciências dos Alimentos para obtenção do
grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS
1993

CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO LIMÃO 'TAHITI'
(*Citrus latifolia* TANAKA): USO DE CHOQUE FRIO, ATMOSFERA
MODIFICADA E REFRIGERAÇÃO - APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA

APROVADA: 26 de novembro de 1992


Prof.ª Maria Isabel F. Chitarra
Orientadora


Prof. Prabir Kumar Chandra
Co-orientador


Prof. Maurício de Souza

"Meu entendimento é o único tesouro que possuo, o maior de todos. Embora infinitamente pequeno e frágil quando comparado com os poderes das trevas, é ainda uma luz, minha única luz."

Carl G. Jung

A DEUS,

aos meus pais

José Jorge (*in memoriam*)

e

Eliza,

aos meus irmãos

e ao Djail,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Profª Drª Maria Isabel Fernandes Chitarra, pelo precioso apoio, orientação e amizade, e ao Prof. Dr. Admilson Bosco Chitarra, pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Prabir Kumar Chandra, pela co-orientação, amizade e ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Maurício de Souza, do Departamento de Agricultura/ESAL, pelas oportunas sugestões.

Ao Prof. Dr. Agostinho Roberto de Abreu, do Departamento de Ciências Exatas/ESAL, pela orientação nas análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Mário Sobral de Abreu, do Departamento de Fitossanidade/ESAL, pela identificação dos fungos.

Ao Prof. Arsênio Gomes de Moraes, do Departamento de Engenharia Química/UFPE, pelo constante apoio e estímulo.

Ao Prof. Dr. José Cal Vidal, pelo ingresso no Curso de Mestrado.

Em especial, ao acadêmico de Agronomia Jorge Eduardo da Silva Santos e ao pós-graduando Eduardo Valério B. Vilas Boas, pela importante colaboração na realização deste trabalho.

Aos grandes amigos, Márcia Gouveia Vilela, Maria do Carmo Pereira e José Romilson Paes Miranda, por estarem sempre presentes.

vi

Aos amigos Elizabete Garcia de Andrade, Marcelo Murad Magalhães, Maria da Paz dos Santos, Míriam Cristina Costa, Rosemary Gualberto Pereira e Sueli Veloso Silva, pela estimulante convivência e amizade.

Ao casal amigo Sandro e Tânia Holanda, pela amizade e inestimável apoio.

Aos amigos da Oficina de Oração, pela energia transmitida, especialmente à Ana Maria Pinto.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, particularmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de realizar o curso.

A Pesquisadora Dr^a Vânia Déa de Carvalho, da EPAMIG, pelas facilidades concedidas na realização das análises.

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESAL, pela ajuda na obtenção da bibliografia.

A CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores, colegas e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos e a todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Geral	3
1.1.2. Específicos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Características Gerais do Fruto	5
2.2. Modificações Durante a Maturação	6
2.2.1. Composição Química	7
2.2.1.1. Ácidos Orgânicos	7
2.2.1.2. Sólidos Solúveis Totais (SST) e Relação SST/ATT	8
2.2.1.3. Açúcares	9
2.2.1.4. Pigmentos	10
2.2.1.5. Vitamina C Total	11

2.2.2. Podridão Estilar	12
2.3. Modificações no Armazenamento e Conservação	13
2.3.1. Temperatura	13
2.3.2. Umidade Relativa (UR)	15
2.3.3. Atmosferas Controlada e Modificada	16
2.3.4. Tratamento de Choque Frio	18
2.4. Atributos de Qualidade	20
2.5. Ataque Fúngico	21
2.6. Modelagem Matemática	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. Procedência e Colheita dos Frutos.....	24
3.2. Tratamentos Pós-Colheita e Instalação do Experimento..	25
3.2.1. Tratamento de Choque Frio (C.C.) e Controle (S.C.).....	26
3.2.2. Embalagens e Armazenamento dos Frutos.....	26
3.2.3. Delineamento Experimental.....	28
3.3. Avaliações.....	28
3.3.1. Determinações Físicas.....	29
3.3.2. Determinações Físico-Químicas e Químicas.....	30
3.3.3. Determinações Subjetivas.....	33
3.3.4. Análise Estatística.....	36
3.3.5. Desenvolvimento de Modelagem Matemática.....	37
3.3.5.1. Determinações da Vitamina C Total	40
3.3.5.2. Características do Filme Flexível	40

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1. Caracterização dos Frutos	41
4.2. Características Físicas, Físico-Químicas e Químicas ..	44
4.2.1. Perda de Peso	44
4.2.2. Acidez Total Titulável (ATT) e pH	48
4.2.3. Sólidos Solúveis Totais (STT) e Relação SST/ATT	55
4.2.4. Açúcares Solúveis Totais (AST)	61
4.2.5. Vitamina C Total	65
4.2.6. Clorofila e Carotenóides Totais	68
4.2.7. Avaliação Subjetiva de Cor	74
4.2.8. Avaliação Subjetiva da Aparência em Ambiente Refrigerado	77
4.2.9. Avaliação Subjetiva da Aparência à Temperatura Ambiente	81
4.2.10. Ataque Fúngico	83
4.2.11. Modelagem Matemática.....	85
5. CONCLUSÕES	90
6. RESUMO	92
7. SUMMARY	94
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
APÊNDICE.....	113

LISTA DE QUADROS

Quadro

Página

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | Tratamentos utilizados para avaliar o período de conservação do limão 'Tahiti' submetido a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), sob diferentes condições de temperatura e UR..... | 27 |
|---|--|----|

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Características Físicas, Físico-Químicas e Químicas de limões 'Tahiti' no estágio de maturidade fisiológica, 24 horas pós-colheita.....	43
2 Valores médios das variáveis Perda de Peso, Acidez Total Titulável (ATT) e pH de limões 'Tahiti' armazenados sob refrigeração por 12 semanas.....	45
3 Valores médios de pH de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$	54

4	Valores médios das variáveis Sólidos Solúveis Totais (SST), Relação SST/ATT, Açúcares Solúveis Totais (AST) de limões 'Tahiti' armazenados sob refrigeração por 12 semanas.....	56
5	Valores médios de Sólidos Solúveis Totais (SST) em limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) em duas condições de temperatura e UR.....	57
6	Valores médios de Açúcares Solúveis Totais (AST) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$	65
7	Valores médios das variáveis Vitamina C Total, Clorofila e Carotenóides Totais de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$, por 12 semanas.....	69
8	Valores médios de Clorofila Total de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$	71

- 9 Valores médios das Avaliações Subjetivas de Cor e de Aparência de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$, por 12 semanas..... 76
- 10 Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0 - 6 Graus) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$ 80
- 11 Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0 - 6 Graus) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (ambiente) e UR de $85 \pm 5\%$, por 6 semanas.. 82
- 12 Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0 - 6 Graus) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$ 82

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Perda de Peso durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	47
2	Acidez Total Titulável (ATT) durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	51
3	Valores de pH durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	53
4	Sólidos Solúveis Totais (SST) durante o armazenamento sob refrigeração a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos	58

5	Sólidos Solúveis Totais (SST) durante o armazenamento sob refrigeração a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$ de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	59
6	Valores da Relação SST/ATT durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	62
7	Açúcares Solúveis Totais (AST) durante o armazenamento sob refrigeração a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos	64
8	Vitamina C Total durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	66
9	Clorofila Total durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	70
10	Carotenóides Totais durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.....	73
11	Valores da Aparência Subjetiva durante o armazenamento de limões 'Tahiti' em dois tipos de atmosferas	79

- 12 Comparação entre os resultados experimentais ($x, \square, *$) e estimados por modelo matemático ($\dots, ---, ____$) do conteúdo de Vitamina C Total de limões 'Tahiti' armazenados, respectivamente, a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$ e a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$; embalados em filme de PVC de 12 micra de espessura com área de superfície de 289 cm^2 , sem (A) e com (B) choque frio..... 87
- 13 Programa em FORTRAN para calcular o teor de Vitamina C Total durante o armazenamento sob atmosfera modificada de limões 'Tahiti' sem e com choque frio 88

1. INTRODUÇÃO

O limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka), é originário da Índia, sendo o nome 'Tahiti' adotado pelo fato dessa lima ácida ter sido introduzida na Califórnia, através do Taiti, aproximadamente no período entre 1850 e 1880. Também é designada como "Persian lime", possivelmente pelo fato de ter vindo da Pérsia através do Mediterrâneo. É de origem híbrida, onde um dos progenitores é certamente uma lima ácida comum e o outro, um limão verdadeiro ou uma cidra (GOMES, 1983).

Os limoeiros 'Tahiti' são árvores de alta produtividade, alcançando normalmente cerca de 200 kg de fruto/planta. A produção aumenta de ano para ano, visto tratar-se de uma cultivar que satisfaz plenamente as exigências do mercado consumidor quanto à qualidade do suco e ao sabor (PENTEADO, 1986)

O Brasil é o primeiro produtor mundial de frutas cítricas e o maior exportador de suco concentrado (CONJUNTURA ECONÔMICA, 1991). Contudo, apesar das condições privilegiadas para a

expansão da cultura, o país ainda defronta-se com algumas limitações relacionadas com a comercialização, causadas sobretudo pela elevada perecibilidade do produto (EMBRAPA, 1989).

A colheita do limão 'Tahiti' atinge o seu ponto máximo nos meses de abril e maio no Sudeste do Brasil (PENTEADO, 1986), havendo menor oferta do produto no mercado em outras épocas. Assim, torna-se importante o desenvolvimento de métodos viáveis, simples e eficientes para o seu armazenamento que possibilitem a manutenção da qualidade dos frutos, de modo a suprir o mercado consumidor em períodos de baixa produção, como os meses de agosto, setembro e outubro.

O sucesso do armazenamento de produtos perecíveis tais como o limão 'Tahiti', é baseado na redução de suas taxas de respiração e na inibição do seu amadurecimento, prevenindo o amarelecimento, a podridão estilar, desordens fisiológicas e a deterioração fúngica. Dessa forma, mantém-se um alto nível de aceitabilidade pelos consumidores, amplia-se o período de comercialização e, conseqüentemente, produz-se maior estabilidade de preço no mercado, visando, inclusive, a exportação desses produtos.

A aplicação de modelagem matemática para previsão das transformações fisiológicas dos produtos durante o armazenamento ainda é pouco estudada (ANDRICH et alii, 1991), embora seja um método viável de descrevê-las. Através da elaboração de um modelo matemático, é possível interrelacionar essas transformações com a

qualidade do produto de modo prático e rápido, facilitando prever sua condição em qualquer fase do armazenamento.

1.1. Objetivos

Com base no exposto, o presente trabalho se propõe a:

1.1.1. Geral

Avaliar a eficiência do tratamento de choque a frio e armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada pelo uso de filme de PVC, no prolongamento da vida pós-colheita do limão 'Tahiti'.

1.1.2. Específicos

Observar as transformações ocorridas nesses frutos, através de análises físicas, químicas, físico-químicas e subjetivas, a intervalos regulares durante o armazenamento.

Desenvolver um modelo matemático que permita estimar as alterações de qualidade ocorridas no fruto, como resposta às condições experimentais e tempo de armazenamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente, atenção vem sendo dispensada à conservação pós-colheita de frutos e hortaliças, por representar uma importante contribuição no aumento da disponibilidade mundial de alimentos nutritivos. Vários trabalhos têm evidenciado números relativos às perdas dos produtos pós-colheita (EMBRAPA, 1989; COHEN et alii, 1990 e CHITARRA & CHITARRA, 1990). Esses autores estimam que nos países em desenvolvimento, onde são empregadas técnicas inadequadas de colheita, processamento e manuseio, esses números chegam a atingir índices de 25 a 60%.

Para apresentar melhor qualidade, a colheita do limão 'Tahiti' deve ser conduzida de forma a evitar injúrias ou estresse físico nos frutos, que induziriam a posteriores deteriorações não só devido a causas fisiológicas, como também fitopatológicas. Essa deve ser realizada nos períodos mais frios do dia, devendo os frutos ser removidos do campo e resfriados rapidamente para manter a qualidade (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Dessa forma, ocorre remoção rápida do calor do campo, obtendo-se o máximo efeito em qualquer tratamento pós-colheita empregado (SCOTT, 1984).

2.1. Características Gerais do Fruto

O limão 'Tahiti' assemelha-se ao limão da Califórnia em estrutura e composição embora, usualmente, seja de tamanho menor (SWISHER & SWISHER, 1971). Os frutos apresentam forma ovalada, são de constituição genética triplóide, normalmente partenocárpico (sem sementes). Possui pouca cutícula natural, numerosas glândulas de óleo e endocarpo (polpa) de cor esverdeada (SWISHER & SWISHER, 1971 e PENTEADO, 1986).

Nos frutos cítricos, no flavedo (camada mais externa do epicarpo), encontram-se os plastídeos e numerosas vesículas, preenchidas com óleo essencial aromático. Os plastídeos contêm clorofila nos frutos verdes e xantofilas naqueles em amadurecimento, as quais encontram-se esterificadas com ácidos graxos (SAENZ, 1987 e CASAS & MALLENT, 1988).

Abaixo do flavedo encontra-se o albedo, camada intermediária, de aspecto esponjoso e cor esbranquiçada. Possui em sua composição açúcares, celulose, substâncias pécticas e vitamina C, sendo também rico em limonina, princípio amargo de alguns frutos cítricos, que afeta de forma desfavorável o sabor do suco de certas cultivares.

Abaixo do albedo encontra-se o endocarpo (polpa), constituído de segmentos divididos por compartimentos que contêm vesículas de suco, formando uma massa compacta. Essas vesículas são protegidas pela parede epidérmica (mesocarpo), facilmente rompível para liberação do suco. No limão 'Tahiti', a polpa corresponde a 40-50%, sendo a principal parte comestível do fruto. O suco contém ácidos, pectinas solúveis, minerais (principalmente potássio), proteínas e óleos (TING & ATTAWAY, 1970; SWISHER & SWISHER 1971; COOK, 1983 e SAENZ, 1987).

2.2. Modificações Durante a Maturação

O limão 'Tahiti' é um fruto não climatérico, cuja taxa de respiração é muito baixa e declina continuamente, dependendo principalmente da temperatura de armazenamento (BIALE, 1960).

A atividade metabólica dos frutos geralmente é medida pela sua taxa de respiração que, após a colheita, torna-se um indicador dos níveis de perdas dos substratos respiráveis estocados (KADER, 1986). Essas perdas ocorrem gradualmente em limões armazenados, por possuírem atividade fisiológica muito baixa e, conseqüentemente, vida de armazenamento relativamente longa (SCHIFFMAN-NADEL, 1977; SALUNKHE & DESAI, 1984 e CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A composição química dos frutos é determinada, além das características varietais, pelo porta-enxerto e pelos tratos

culturais, que podem ter efeito significativo sobre o comportamento fisiológico de frutos pós-colheita (ULRICH, 1958). O potássio é o nutriente que exerce maior efeito na qualidade do suco. Um alto suprimento de potássio pode resultar em aumento do tamanho do fruto, baixo teor de sólidos solúveis totais (TING & ATTAWAY, 1970) e teores mais altos de vitamina C (PENTEADO, 1986), quando comparado com o suco de frutos obtidos de plantas submetidas a baixa fertilização desse nutriente.

2.2.1. Composição Química

2.2.1.1. Ácidos Orgânicos

Os principais substratos na respiração são os açúcares e os ácidos orgânicos (ULRICH, 1958). Os ácidos orgânicos são produtos intermediários nos processos metabólicos e estão diretamente envolvidos no crescimento, maturação, amadurecimento e senescência dos frutos (CLEMENTS, 1964). Em limões 'Tahiti', o ácido cítrico é o ácido predominante com teor superior a 60%, seguido do ácido málico com cerca de 3,0% e em menores proporções os ácidos oxálico, succínico e L-quínico. A acidez total titulável (ATT), situa-se entre 4,94 e 7,66% (KEFFORD, 1959 e SWISHER & SWISHER, 1971). Também são encontradas quantidades consideráveis de cátions, principalmente potássio, cálcio e magnésio, que formam, junto com os ácidos livres, um efetivo

sistema tampão (TING & ATTAWAY, 1970). Devido a capacidade tamponante, grandes variações na acidez titulável podem causar apenas pequena variação no pH (KEFFORD, 1959).

Os limões, durante a maturação, acumulam ácidos orgânicos, principalmente cítrico e málico (BOGIN & WALAGE, 1966). Também durante a maturação e amadurecimento de limas ácidas, a concentração dos ácidos aumenta grandemente, podendo esse comportamento continuar por algum tempo durante o armazenamento (KEFFORD, 1966).

2.2.1.2. Sólidos Solúveis Totais (SST) e Relação SST/ATT

Os frutos cítricos maduros, armazenam açúcares, ácidos orgânicos, vitamina C, aminoácidos e íons inorgânicos, constituintes desses que compõem a maior parte do teor de SST (COOK, 1983), sendo considerados parâmetros principais na qualidade dos frutos. Contudo, em frutos cítricos predominantemente ácidos como o limão 'Tahiti' e outras limas ácidas, o teor de SST é constituído em sua maior parte de ácidos orgânicos (KEFFORD, 1966). Nesses frutos, o conteúdo de SST no suco permanece praticamente constante do primeiro estágio do desenvolvimento até a maturidade, devido ocorrer um concomitante aumento da acidez e redução do conteúdo dos açúcares (KEFFORD, 1959).

Geralmente a relação SST/ATT reflete as características de

sabor dos frutos cítricos, sendo usada como um índice de maturidade para prevenir a baixa qualidade de frutos no mercado (TING & ATTAWAY, 1970). Em limões 'Tahiti', cujo teor de ácidos é o fator mais importante na sua comercialização (BIALE, 1960), esse índice é de pouca importância durante o amadurecimento e na colheita dos frutos.

2.2.1.3. Açúcares

Os açúcares são componentes bioquímicos indicadores de qualidade dos frutos (MORIGUCHI et alii, 1992), que estão continuamente sendo transformados. São os substratos mais importantes do metabolismo energético das plantas (HANSEN & WEICHMANN, 1987), sendo a glicólise a sua mais expressiva via de degradação (TURNER & TURNER, 1975).

O conteúdo de açúcares das limas ácidas tende a diminuir durante o amadurecimento com o concomitante aumento do teor de ATT (KEFFORD, 1959), como resultado do metabolismo desses frutos. O conteúdo de açúcares totais do limão 'Tahiti' é muito baixo, estando situado entre zero e 1,74% (SWISHER & SWISHER, 1971).

Em geral, frutos provenientes de regiões ensolaradas e de temperatura média elevada apresentam maior acúmulo de carboidratos solúveis (KEFFORD, 1959).

2.2.1.4. Pigmentos

O desenvolvimento da coloração natural dos frutos cítricos ocorre em duas fases: a degradação das clorofilas (pigmentos verdes armazenados nos cloroplastos) e a biossíntese de carotenóides. A degradação da clorofila total (a e b) é o fenômeno mais marcante que ocorre durante o amadurecimento desses frutos (YAMAUCHI & WATADA, 1991). Nessa fase, ocorre uma modificação drástica da cor do flavedo de verde para amarelo, devido a conversão gradual dos cloroplastos contendo carotenóides e clorofilas, em cromoplastos contendo só carotenóides (ELAIH & SHAH, 1971).

Os carotenóides são pigmentos solúveis em gordura e solventes orgânicos que ocorrem nos cromoplastos das células do flavedo numa mistura complexa (CASAS & MALLENT, 1988). A estrutura básica dos carotenóides possui um sistema cromóforo, com duplas ligações conjugadas e anéis iononas extremamente sensíveis a alterações oxidativas, devido ao alto grau de insaturação (RAMAKRISHNAN & FRANCIS, 1980). Os pigmentos carotenóides podem já estar presentes no fruto verde tornando-se visíveis com a desintegração das clorofilas ou podem ser sintetizados, simultaneamente com a degradação destas (CASAS & MALLENT, 1988).

Em limões, a cor amarela se deve a baixa concentração de carotenóides totais que diminuem com o amadurecimento devido a

formação dos carotenóides incolores fitoeno e fitoflueno (YOKOYAMA & VANDERCOOK, 1967). Em limões 'Tahiti' e limas ácidas 'Mexicanas', também foi observado que o teor de carotenóides coloridos diminuiu com o desaparecimento da clorofila (TING & ATTAWAY, 1970).

2.2.1.5. Vitamina C Total

Os frutos cítricos são importantes fontes de vitamina C ou ácido ascórbico, o qual encontra-se presente nas plantas em três formas: ácido ascórbico reduzido, ácido monohidroascórbico (MHA - intermediário instável), e ácido dihidroascórbico (DHA). Esse último pode ser perdido através da conversão irreversível a ácido 2,3-dicetogulônico, que não possui propriedades vitamínicas (anti-escorbuto) (KEFFORD, 1966).

A casca de limão é especialmente mais rica em ácido ascórbico que o suco (TING & ATTAWAY, 1970) e o flavedo possui concentração superior ao albedo. No suco do limão, o teor de ácido ascórbico/100 g do peso do fruto apresenta um aumento brusco para um máximo, no início do desenvolvimento, com uma subsequente redução com o aumento do peso do fruto e com a maturidade (EAKS, 1964). O conteúdo de ácido ascórbico nos frutos durante o desenvolvimento e maturação é influenciado pela temperatura, pelos nutrientes e pela luz recebida tanto pelos frutos quanto pelas folhas. A exclusão da luz das proximidades

das folhas e frutos provoca uma sensível redução do teor de ácido ascórbico dos frutos (KEFFORD, 1959). Os frutos produzidos em regiões com temperaturas médias mais baixas apresentam baixos níveis de vitamina C (EAKS, 1964).

2.2.2. Podridão Estilar

A podridão estilar é uma desordem fisiológica causadora de perdas significativas em limões 'Tahiti', sendo originada principalmente pelo manuseio inadequado (HARDENBURG et alii, 1986). Os sintomas surgem como uma área úmida em torno do estilo, que é frequentemente seguida pela invasão de microrganismos patógenos. A formação dessa área injuriada é acompanhada pela destruição da clorofila em cerca de um terço à metade da superfície do fruto (DAVENPORT & CAMPBELL, 1977a). Entretanto, modificações na parte interna do fruto podem ser observadas, antes que os sintomas externos apareçam, quando tomada uma seção longitudinal do fruto ao longo do eixo central e na área em torno do estilo. Alguma desorganização nas vesículas de suco no endocarpo também pode ser observada, na parte do fruto correspondente à área lesada (CASTRO-LÓPEZ, 1981). Os sintomas geralmente surgem alguns dias pós-colheita, podendo aparecer com menor frequência, com o fruto ainda na árvore (CASTRO-LÓPEZ, 1981), sendo observado que a suscetibilidade para essa injúria coincide com o avanço da maturidade do fruto (DAVENPORT &

CAMPBELL, 1977b), baseada no diâmetro ou volume do fruto (CUNHA et alii, 1980). Essa desordem pode ser prevenida evitando-se o amassamento do fruto durante a colheita, procedendo-se a remoção do calor do campo (CUNHA et alii, 1980) seguido de sua refrigeração a aproximadamente 10°C (HARDENBURG et alii, 1986).

2.3. Modificações no Armazenamento e Conservação

O processo de amadurecimento de frutos pode ser inibido mediante o emprego de condições ambientais adequadas, obtidas através do controle da temperatura, da umidade relativa (BERG & LENTZ, 1979 e SCOTT, 1984), da composição de gases da atmosfera, que pode ser controlada ou modificada (KADER, 1986; COHEN et alii, 1990 e CHITARRA & CHITARRA, 1990), e por tratamento de choque frio (INABA & CRANDALL, 1986 e BARRET-REINA, 1990).

2.3.1. Temperatura

O meio mais comum e geralmente o mais efetivo em retardar o amadurecimento, é a redução da temperatura do fruto durante o armazenamento. Para tal, a principal técnica usada é a refrigeração (SMITH et alii, 1987). Todavia, em alguns casos, apenas o abaixamento da temperatura é insuficiente para inibir o amadurecimento, evitando mudanças indesejáveis de qualidade. A

temperatura dos frutos deve ser ajustada acima do seu ponto de congelamento (SCOTT, 1984) e varia com a espécie, com a cultivar e com o grau de maturação (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A temperatura ótima de armazenamento do limão 'Tahiti' é 13°C, podendo ser considerada adequada na faixa de 10°C a 15°C (KADER, 1986). Limões da cultivar 'Eureka' armazenados a 24°C e a 13°C, apresentaram, respectivamente, aumentos brusco e moderado do conteúdo de ácidos durante 12 semanas de armazenamento, embora nenhuma mudança tenha sido observada a 4°C no mesmo período (EAKS, 1961 e SCHIFFMANN-NADEL, 1977).

Nos frutos cítricos maduros, apesar de sua baixa atividade respiratória, a extensão do armazenamento pós-colheita resulta em transformações internas do conteúdo de açúcares (ECHEVERRIA & ISMAIL, 1987).

O armazenamento de limões 'Tahiti' à temperaturas inferiores a 7,5°C, provoca desordens fisiológicas, referidas como injúrias pelo frio ("chilling injury"), incluindo membranosas internas, depressões ("pittings") na casca e mudanças na composição do suco. Esses sintomas aparecem logo que o fruto é removido para condições ambiente, limitando drasticamente a comercialização. A extensão da injúria pode ser reduzida por elevação da umidade relativa próxima de 100% (HARDENBURG et alii, 1986) e por atmosfera modificada (COHEN et alii, 1990).

A perda da vitamina C durante o armazenamento é um indicativo de deterioração e senescência dos frutos. Seu conteúdo

durante o armazenamento diminui mais rapidamente à temperaturas elevadas. Contudo, também ocorre redução nos teores à baixas temperaturas devido a injúrias pelo frio ("chilling injury"). O murchamento dos tecidos, em decorrência da transpiração, também exerce efeito positivo na perda dessa vitamina, bem como dos carotenóides (FENNEMA, 1977).

2.3.2. Umidade Relativa (UR)

Todos os tipos de frutos e hortaliças continuam a perder vapor d'água depois de colhidos. Se essa perda de água ou transpiração não for reduzida, o produto poderá tornar-se rapidamente murcho, endurecido ou enrugado e, conseqüentemente, não comestível (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Alta umidade relativa no ambiente de armazenamento (acima de 95%) é essencial para evitar enrugamento, perda de peso e subsequente perda dos componentes voláteis. Entretanto, em alta umidade relativa pode ocorrer desenvolvimento microbiano (BERG & LENTZ, 1978).

A umidade do ambiente exerce um efeito direto na manutenção da qualidade dos produtos nele armazenados (HARDENBURG et alii, 1986). Limões australianos armazenados sob umidade relativa entre 80-90%, apresentaram redução do apodrecimento causado pela condensação da umidade sobre os frutos (SHARKEY et alii, 1985). COHEN et alii (1990) constataram que limões 'Eureka' submetidos à umidade relativa em torno de 90% apresentaram um aumento no seu

potencial de armazenamento.

Limas ácidas armazenadas à temperaturas elevadas, em atmosfera ambiente, podem perder peso numa taxa diária de 1 a 2%. Em níveis de até 12-14% de perda de peso, os frutos não apresentaram sinais de enrugamento, porém além desse limite, a desidratação ocasionou a depreciação da aparência do fruto, reduzindo seu valor comercial (PASSAM & BLUNDEN, 1982).

2.3.3. Atmosferas Controlada e Modificada

O principal benefício da atmosfera controlada (AC) é a prevenção do amadurecimento (KADER, 1986). Quando esse método é combinado com a refrigeração, retarda marcadamente a atividade respiratória e pode inibir o amolecimento dos tecidos, o amarelecimento, mudanças de qualidade e outros processos de colapso, por manter uma atmosfera composta com maior concentração de CO₂ e menor O₂ que o ar normal BERG & LENTZ (1978). Tanto a atmosfera controlada (AC) como a modificada (AM) proporcionam baixos níveis de O₂/altos de CO₂, resultando numa composição atmosférica diferente da do ar (BEAUDRY et alii, 1992). A diferença entre AC e AM consiste apenas no grau de controle da concentração de gases, mais exato na AC (KADER, 1986). Ambas podem ser consideradas como um complemento para a refrigeração e umidade relativa adequadas. Entretanto, segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), a adoção da AC no armazenamento, como opção para

prolongar a vida pós-colheita de frutos e hortaliças, deve ser bem analisada, não só econômica, mas também tecnicamente, já que os frutos cítricos não respondem favoravelmente ao armazenamento nesse tipo de atmosfera. Sua respiração torna-se anaeróbica quando os níveis de O_2 declinam, o que contribui para o surgimento de odor desagradável (KE et alii, 1991). Referindo-se ao alto custo da refrigeração e da suscetibilidade de limões ao "chilling" à baixas temperaturas, PASSAN & BLUNDEN (1982), mostraram que o armazenamento desses frutos em AM, sob temperatura ambiente, também reduz a perda de peso e o desverdecimento.

Devido a diminuição da atividade respiratória, a AM retarda o amaciamento do fruto, reduz a transpiração e a perda de sólidos solúveis totais durante o armazenamento (KADER, 1986), sendo uma técnica de fácil emprego e baixo custo.

Para obtenção de AM são utilizados vários tipos de filmes flexíveis. O filme ideal deve proporcionar uma concentração de O_2 suficientemente baixa para retardar a respiração, porém, mais alta que a concentração crítica para o início da anaerobiose, impedindo o acúmulo de CO_2 em níveis que provoquem distúrbios fisiológicos (BEAUDRY et alii, 1992). Os filmes mais empregados são os de polietileno de baixa densidade, com diferentes espessuras, bem como os de policloreto de vinila (PVC), que são mais delgados e cerca de duas vezes mais permeáveis aos gases que os de polietileno (KADER, 1987 e CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Com a utilização de filme de polietileno de alta densidade, SHARKEY et alii (1985) observaram, em limões armazenados a 10°C e UR de 80-90%, que a perda da firmeza e da coloração foi retardada por 8 meses. Resultados semelhantes foram obtidos por COHEN et alii (1990) que, selando limões individualmente em filme com essas características e armazenando-os a 13°C, constataram que após 6 meses, a qualidade desses frutos foi superior a do controle.

A baixa concentração de O₂ produzida pela AM, exerce um ligeiro efeito inibidor na perda do ácido ascórbico, provavelmente, devido à redução da atividade metabólica (WATADA, 1987).

O principal efeito conferido pela embalagem de frutos com filme polimérico é a alta umidade relativa mantida dentro da embalagem, já que o estresse de água inicia as alterações metabólicas em frutos cítricos (BEN-YEHOSHUA et alii, 1981). Portanto, o fato dos filmes de PVC possibilitarem a manutenção da umidade relativa interna bastante elevada (acima de 95%), reduzindo a transpiração do fruto, é um dos fatores mais importantes no uso desse tipo de filme (BEN-YEHOSHUA, 1987).

2.3.4. Tratamento de Choque Frio

Nos países em desenvolvimento a aplicação de algumas das técnicas anteriormente mencionadas é impraticável, já que requer

altos investimentos. Dentre estas, pode-se citar a refrigeração e a atmosfera controlada, onde grandes capitais são necessários para sua instalação e manutenção, além de requererem grandes quantidades de energia. Devido a este fato, tratamentos pós-colheita simples e de baixo custo devem ser estabelecidos nestes países, como meios alternativos.

O rápido resfriamento de vegetais causa contrações nas membranas celulares e mudanças nos seus conteúdos WANG (1982), o que pode induzir uma inibição metabólica ou injúrias devido ao frio (INABA & CRANDALL, 1986) bem como pode ser empregado no controle pós-colheita da podridão estilar (CUNHA et alii, 1980).

Um rápido resfriamento com água gelada reprimiu o amadurecimento de damascos japoneses armazenados posteriormente a 20°C, aumentando sua vida de prateleira sem causar danos pelo frio (Iwata e Ogata & Sakamoto, citados por INABA & CRANDALL, 1986). Os autores designaram a técnica de efeito do choque frio.

Estudando o efeito de quatro tratamentos de choque frio em tomates verde-maturos, INABA & CRANDALL (1986) observaram que o tratamento a -2°C por 2 horas foi o mais efetivo, já que a posterior vida de prateleira dos frutos armazenados a 20°C foi aumentada em duas a três semanas, com retardamento do desenvolvimento da cor dos frutos.

Não existem informações disponíveis sobre o efeito de choque frio sobre a conservação pós-colheita do limão 'Tahiti'. No entanto, a associação do choque a -2°C, com embalagem de PVC e

armazenamento sob temperatura ambiente foi estudada em tomates no estágio verde-maturo por BARRET-REINA (1990). Esse procedimento retardou o desenvolvimento da cor, promoveu uma melhor conservação da textura, manutenção dos teores de ácidos e açúcares e também promoveu um aumento em 10 dias na conservação dos frutos em relação ao controle.

2.4. Atributos de Qualidade

A cor da exoderme (flavedo) do limão 'Tahiti' constitui atributo de grande importância, sendo fator decisivo na aquisição de produto pelos consumidores. As modificações da aparência, bem como as dos fatores intrínsecos que ocorrem durante o armazenamento, têm sido empregadas como indicadores de sua qualidade (SPALDING & REEDER, 1974; CASTRO, 1989; COHEN et alii, 1990 e MORIGUCHI et alii, 1992). A cor verde nos limões 'Tahiti' é a mais apreciada no comércio 'in natura' (CARDINALI & SEILER, 1958 e CASAS & MALLENT, 1988), sendo essa cor independente do grau de maturação do endocarpo. Para comercialização, esse fruto deve apresentar casca lisa e brilhante, espessura fina, de cor verde, forte e homogênea, e textura firme (HARDENBURG et alii, 1986 e PENTEADO, 1986), aparência túrgida isenta de murchamento, enrugamento, injúrias e ou ataque fúngico (COHEN et alii, 1990). O limão 'Tahiti' deve ser colhido na maturidade fisiológica, quando sua composição plena for atingida. Esse fruto é colhido

quando atinge seu conteúdo máximo de acidez cítrica. O tamanho é o critério usado para a colheita, e a cor da casca, para o armazenamento (BIALE, 1960).

2.5. Ataque Fúngico

Os frutos cítricos podem sofrer ataque por vários tipos de fungos patógenos, causadores de deterioração fúngica pós-colheita. Normalmente esses se originam de infecções tardias que ocorrem no campo, desenvolvendo-se posteriormente no armazenamento ou através de infecções pós-colheita que ocorrem devido a injúrias ocasionadas pelo manuseio inadequado (TUSET et alii, 1981) e também como causa secundária da podridão estilar (CASTRO-LÓPEZ, 1981). Os principais fungos causadores de deterioração fúngica em diferentes cultivares de citrus são *Diplodia natalensis*, *Alternaria citri*, *Phomopsis citri*, *Colletotrichum glaeosporioides* (SCHIFFMANN-NADEL, 1977), *Botrytis cinera*, *Cladosporium herbarum*, *Rhizopus stolonifer* (HARVEY, 1978 e SALUNKHE & DESAI, 1984) e *Penicillium* sp. (TUSET et alii, 1981). Esses microrganismos são responsáveis por altos índices de perda pós-colheita fazendo-se necessário a prevenção ou redução da sua proliferação durante o armazenamento dos frutos.

Em geral, baixas temperaturas de armazenamento reduzem a atividade desses microrganismos, contudo, apenas esse fator não é

suficiente para o seu controle. Umidades relativas muito altas no armazenamento favorecem o crescimento de microrganismos responsáveis pela deterioração fúngica, entretanto, não resultam necessariamente em um aumento das perdas pós-colheita (HARVEY, 1978). O uso de A.M. não tem ocasionado aumento da deterioração fúngica em frutos cítricos, quando esses são submetidos a manuseio apropriado (MILLER & RISSE, 1988).

Em pesquisa realizada com tomates por BARRET-REINA (1990), a associação de choque frio com A.M. reduziu as perdas por ataque fúngico.

Para prevenção ou redução da deterioração fúngica pós-colheita, fungicidas tais como o hipoclorito de sódio, têm sido regularmente usados isoladamente ou associados com os fatores acima mencionados.

2.6. Modelagem Matemática

Através da aplicação de um modelo geral, WADE & GRAHAM (1987) mostraram como a atmosfera varia no interior de uma embalagem em filme polimérico selado, contendo um fruto respirando, em resposta às suas variáveis críticas. Dessa forma, foi possível descrever rapidamente a composição dos gases da atmosfera no interior da embalagem, sem a necessidade do emprego de técnicas ou equipamentos sofisticados. Da mesma forma, YANG & CHINNAN (1988) desenvolveram um modelo integrado para prever a

composição de gases e o desenvolvimento de cor em tomates embalados em filmes poliméricos. ANDRICH et alii (1991), correlacionaram o armazenamento refrigerado sob AC com as principais transformações de qualidade de frutos com o tempo e suas condições de armazenamento, possibilitando a avaliação da vida pós-colheita desses frutos.

As transformações físicas dos frutos podem ser associadas aos efeitos químicos da maturação e condições de armazenamento, tais como alterações no seu conteúdo de vitamina C total, as características do filme da embalagem e da temperatura de armazenamento, de modo a desenvolver equações que possibilitem a predição da qualidade durante o armazenamento de frutos cítricos.

Na elaboração de um modelo matemático envolvendo as transformações do conteúdo de vitamina C total, devem ser considerados aspectos envolvendo o metabolismo desse constituinte, tais como: a redução do teor da vitamina ocorre a taxas maiores, com a elevação da temperatura de armazenamento (WATADA, 1987); o teor de vitamina C declina com o tempo independentemente da temperatura de armazenamento (TING & ATTAWAY, 1970); e a espessura do filme flexível utilizado para envolvimento do fruto está inversamente relacionada com a redução do teor de vitamina C durante o armazenamento (PURVIS, 1983b), como também, presumivelmente, é diretamente proporcional a área de envolvimento dos frutos pelo filme.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Procedência e Colheita dos Frutos

No Município de Itumirim - MG, situado aproximadamente a 816 metros de altitude, 21°18' de latitude sul e 44°52' longitude WGr. (IBGE, 1990) e clima tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, foram colhidos manualmente em março de 1992 cerca de 1200 limões da cultivar Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka), enxertado sobre limoeiro-cravo, no grau de maturidade fisiológica ou seja, com casca totalmente verde, porém, no estágio de completo desenvolvimento. Os frutos foram colhidos em toda extensão da copa em árvores com aproximadamente 6 anos de idade submetidas aos tratos culturais usuais (capina e adubação com NPK) e cultivadas em solo com textura areno-argilosa.

3.2. Tratamentos Pós-Colheita e Instalação do Experimento

Os limões colhidos foram, ainda no campo, submetidos a pré-resfriamento, por imersão em água à temperatura em torno de 15°C por 20 minutos. Após esse procedimento, foram acondicionados em monoblocos plásticos contendo cerca de 10 kg de frutos cada e transportados para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras. Os frutos, após seleção pelo tamanho, grau de maturação e ausência de injúrias, foram lavados em água corrente e submetidos a tratamento antifúngico por imersão durante 10 minutos em solução de hipoclorito de sódio comercial a 1% e secos ao ar com auxílio de ventilador, conforme BARRET-REINA (1990).

Após secagem, grupos de 18 frutos foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade previamente tratados com solução de hipoclorito de sódio a 1%. Estes foram hermeticamente lacrados em máquina de selagem à quente para evitar o contato com a água quando submetidos ao tratamento de choque frio e controle (BARRET-REINA, 1990), e separados em dois sub-grupos para aplicação dos tratamentos.

3.2.1. Tratamentos de Choque Frio (C.C.) e Controle (S.C.)

O tratamento de choque frio consistiu na imersão por 2 horas de metade dos sacos de polietileno em recipiente termicamente isolado, com dimensões 60 x 140 x 70 cm, mantido a 2°C pela adição de 36 kg de gelo triturado, 2,515 kg de NaCl, 45 litros de água a 2°C e 1% de solução de hipoclorito de sódio comercial.

O tratamento controle foi realizado de modo semelhante, pela imersão da outra metade dos sacos em água a 22°C, utilizando-se caixas de isopor com dimensões internas de 40 x 66 x 44 cm, contendo água de torneira à temperatura de 22°C (ambiente).

3.2.2. Embalagens e Armazenamento dos Frutos

Os frutos submetidos a ambos os tratamentos foram retirados dos sacos de polietileno e separados em unidades experimentais com quatro frutos cada, acondicionadas em bandejas de isopor com dimensões de 130 x 130 x 20 mm. As bandejas contendo as unidades experimentais de cada tratamento foram então subdivididas em dois grupos, um dos quais envolvido em filme flexível e auto aderente de PVC, normalmente utilizado em supermercados com embalagens de hortifrutícolas. O filme foi colocado sobre as bandejas em monocamada, sobrepondo-o na parte inferior da mesma para obter-se um ambiente selado, gerador de atmosfera modificada (A.M.). O

outro grupo (não embalado em PVC) foi utilizado como controle (A.A.).

As unidades experimentais de cada tratamento e seus controles foram então armazenadas, ao acaso, sob refrigeração em diferentes condições:

- a) Câmara fria a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $95 \pm 2\%$ de UR.
- b) Estufa B.O.D. a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ de UR.

Paralelamente, foi instalado um experimento semelhante, utilizando-se condições ambientais $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR.

No Quadro 1 encontra-se o esquema dos tratamentos utilizados para a realização do trabalho experimental.

QUADRO 1. Tratamentos utilizados para avaliar o período de conservação do limão 'Tahiti' submetido a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), sob diferentes condições de temperatura e UR

Armazenamento	C.C.		S.C.	
	Embalagem			
	Com PVC (A.M.)	Sem PVC (A.A.)	Com PVC (A.M.)	Sem PVC (A.A.)
$8 \pm 1^\circ\text{C}$ e $95 \pm 2\%$ de UR	X	X	X	X
$13 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ de UR	X	X	X	X
Ambiente= $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de UR	X	X	X	X

3.2.3. Delineamento Experimental

Para cada temperatura de armazenamento utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 6 com duas repetições. Os fatores avaliados foram choque frio, atmosferas e intervalos de análises durante o armazenamento.

Foram utilizados 576 frutos nos tratamentos, mais 48 frutos para a caracterização inicial e mais 96 frutos para avaliação de perda de peso, observação de ataque fúngico e coloração de casca durante o armazenamento, perfazendo um total de 720 frutos.

3.3. Avaliações

Todas as análises foram realizadas utilizando-se técnicas testadas ou adaptadas e padronizadas nas condições laboratoriais existentes. Para a caracterização do grau inicial de maturação dos frutos, foram realizadas análises 24 horas após a colheita. As características avaliadas foram aquelas capazes de sofrer alterações durante o armazenamento. As determinações foram realizadas em 2 repetições das unidades experimentais de cada tratamento. Nos frutos armazenados sob refrigeração, as avaliações ocorreram em seis intervalos de tempo durante 12 semanas. Foram realizadas determinações físicas nos frutos

íntegros e determinações químicas e físico-químicas no flavedo e no suco, logo após sua extração.

Os frutos armazenados sob condições ambientais foram avaliados semanalmente em 6 intervalos de tempo apenas quanto ao grau de aparência e teor de vitamina C total. Os valores de vitamina C total nessas condições experimentais ($22 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$), foram considerados apenas na elaboração do modelo matemático.

3.3.1. Determinações Físicas

Perda de Peso (g)

Medida em percentagem, em relação ao peso inicial de cada unidade experimental. As pesagens foram realizadas com auxílio de balança semi-analítica METTLER modelo PC 2000.

Diâmetros Longitudinal e Transversal (cm)

Foram determinados através de medições diretas com auxílio de paquímetro, colocando-o em posição perpendicular e paralela ao eixo do fruto, respectivamente.

Espessura de Casca (mm)

Foi realizada através de medida direta com auxílio de paquímetro em quatro pontos equidistantes no fruto, cortado transversalmente, computando-se posteriormente o valor médio.

Rendimento em Suco (ml de suco/100g de fruto).

Determinado após extração mecânica de 12 frutos, cortados transversalmente, medindo-se o volume do suco obtido e dividindo-se o mesmo pelo peso dos frutos, segundo BLEINROTH et alii (1976).

3.3.2. Determinações Físico-Químicas e Químicas

Sólidos Solúveis Totais (STT)

Foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro tipo ABBE, segundo técnica da AOAC (1970), expressando-se os resultados em %.

Acidez Total Titulável (ATT)

Foi determinada segundo técnica recomendada pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), expressando-se os resultados em g de ácido cítrico por 100 ml de suco.

pH

Medido em potenciômetro MICRONAL, com eletrodo de membrana de vidro, conforme técnica da AOAC (1970).

Vitamina C Total

Foi determinada por método colorimétrico, após condensação

com 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo BRUNE et alii (1966), e expressa em mg por 100 ml de suco.

Clorofila Total

Para sua determinação, o flavedo foi removido de todos os frutos componentes da unidade experimental, com auxílio de lâmina e homogeneizado em multiprocessador. Aproximadamente 2,0 g desse material foram triturados em almofariz com areia lavada, acetona a 80% e aproximadamente 10 mg de CaCO₃, sendo o extrato cetônico filtrado em lã de vidro. O volume do extrato cetônico era completado para 25 ml conforme adaptação proposta por MAGALHÃES (1991). A leitura da absorbância foi efetuada a 652 nm. Os níveis de clorofila total foram determinados em mg de clorofila total por 100 g de flavedo, segundo a equação adotada por ENGEL & POGGIANI (1991):

$$\text{Clorofila total} = \frac{A_{652} \times 1000 \times V/1000W}{34,5} \times 100$$

Onde: V = volume final do extrato clorofila-acetona
W = peso utilizado do flavedo, em gramas

Carotenóides Totais

Foram determinados em cerca de 2,0 g de flavedo do fruto, sendo a remoção realizada de forma semelhante àquela para

determinação da Clorofila Total. Em testes preliminares foi observado que a presença das clorofilas interferiam na quantificação dos carotenóides do flavedo de frutos verdes, sendo então removidas previamente, por maceração leve da amostra com acetona a 50%, até completa remoção da cor verde. Após esse procedimento os carotenóides foram extraídos da amostra através de maceração com areia lavada e pequenas porções da mistura de álcool isopropílico e hexano, na proporção 75:25(V/V), que eram transferidas para funil de separação ambar, operação repetida por, no mínimo, quatro vezes até completa remoção dos pigmentos. O método prosseguiu de acordo com HIGBY (1962). O teor de carotenóides totais foi determinado espectrofotometricamente, na absorbância de 450 nm e expresso em mg por 100 g de flavedo, pela equação que segue:

$$\text{Carotenóides Totais} = \frac{A_{450} \times 100}{250 \times L \times W}$$

Onde:

L = comprimento da célula (cm)

W = peso da amostra do flavedo (g), no volume final da diluição

Açúcares Solúveis Totais

Amostras de 20 ml de suco foram tomadas e os açúcares extraídos com 30 ml de etanol a 80% à quente e centrifugação a

2000 x g durante 12 minutos. A operação de extração foi repetida no precipitado por três vezes, sendo os sobrenadantes combinados e reduzidos à fração aquosa em banho-maria, ajustando-se a temperatura a 50°C. Os açúcares solúveis totais foram determinados espectrofotometricamente após reação com antrona pelo método de YEMM & WILLIS (1954), adaptado por HODGE & HODFREITER (1962), e os resultados expressos em g de glicose por 100 ml de suco.

Ataque Fúngico

Os fungos que infectaram as amostras durante o experimento foram isolados por método convencional e identificados por microscopia no Departamento de Fitossanidade da ESAL.

3.3.3. Determinações Subjetivas

a) Escala Subjetiva da Cor da Casca

A percepção da cor, sendo um fenômeno sensorial, deve ser avaliada através de metodologia que detecte as transformações que ocorrem durante o armazenamento de frutos e hortaliças (GNANASEKHARAN et alii, 1992).

Foi criada uma escala subjetiva de cor, variando de zero a 6 graus, relacionando-se as faixas de coloração do MUNSELL BOOK OF COLOR (1976) com o grau de maturação do fruto em cada tempo de avaliação. Isso ocorreu devido as escalas disponíveis não apresentarem uma idéia clara das transformações de cor

relacionadas com o grau de maturação e/ou amadurecimento e senescência do limão 'Tahiti' (PASSAM & BLUNDEN, 1982 e CASTRO, 1989). A escala foi construída como segue:

GRAU	Características
0	- verde forte, característico do fruto fisiologicamente desenvolvido, próprio para consumo.
1	- verde médio homogêneo.
2	- verde claro com percepção das primeiras nuances amarelas ("break").
3 (Limite)	- verde amarelado (predominância do verde).
4	- amarelo esverdeado (predominância do amarelo).
5	- amarelo vívido.
6	- amarelo-amarronzado (oxidação de pigmentos, típico de senescência).

A análise foi realizada em cada fruto da unidade experimental determinando-se, posteriormente, o valor médio em cada tempo de avaliação. As características descritas no grau 3

dessa escala correspondem ao limite de aceitação do limão 'Tahiti' pelo consumidor que é correspondente ao grau 2 (frutos saudáveis) da escala proposta por CASTRO-LÓPEZ (1981).

b) Escala Subjetiva de Aparência

Foi elaborada uma escala subjetiva de aparência com graus variando de zero a 6. A análise foi realizada em cada fruto da unidade experimental por três observadores, conforme a escala:

GRAU	Características
0	- Fruto fresco, túrgido, superfície verde forte, lisa e brilhante.
1	- Fruto fresco, túrgido, superfície verde médio homogêneo, lisa e brilhante.
2	- Fruto fresco, túrgido, superfície verde-claro, lisa, brilho aparente.
3 (Limite)	- Redução do frescor e da turgidez, superfície verde-amarelado, lisa, brilho reduzido, isento de podridão estilar.
4	- Pouco frescor, pouca turgidez, com início de ressecamento, superfície amarelo esverdeado, sem brilho aparente, com sintomas de podridão estilar.

- 5 - Perda do frescor, com início de ressecamento, enrugamento, superfície amarelo vívido opaco, desenvolvimento de pequenas manchas escuras ou depressões ("pittings") indicativos do início de senescência, presença evidente de podridão estilar.
- 6 - Enrugamento generalizado, superfície ressecada, amarelo vívido ou amarelo-amarronzado, presença de depressões ("pittings"), desenvolvimento de fungos, imprestável para consumo.

onde, as características descritas no grau 3 dessa escala correspondem ao limite de aceitação do limão 'Tahiti' pelo consumidor, em extensão da escala proposta por CASTRO-LÓPEZ (1981), no seu grau 2.

3.3.4. Análise Estatística

Para estudar os efeitos dos fatores e suas interações, a análise estatística em cada época de avaliação foi conduzida pelos seguintes esquemas:

- A variável perda de peso foi analisada em esquema estatístico de parcela subdividida no tempo em fatorial (2 x 2 x 6), para cada temperatura de armazenamento, sendo obtidos 2 coeficientes

de variação (CV%), um para a parcela e outro para a subparcela.

As demais variáveis foram conduzidas em esquema fatorial (2 x 2 x 6) para cada temperatura de armazenamento. No experimento a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, apenas a variável Avaliação Subjetiva de Aparência foi submetida à análise estatística.

3.3.5. Desenvolvimento de Modelagem Matemática

Do ponto de vista cinético, na variação transitória do teor de vitamina C total no limão 'Tahiti' armazenado sob atmosfera modificada (A.M.), foram considerados alguns conceitos. Sua variação com o tempo (t) é proporcional à temperatura de armazenamento (T), ao teor de vitamina C (V) e à área da superfície do filme (A); e inversamente proporcional à espessura do filme (X). Matematicamente podem ser expressos por:

$$\frac{dV}{dt} \propto \frac{T.V.A.}{X}$$

ou

$$\frac{dV}{dt} = \frac{K.T.V.A.}{X} \quad (1)$$

onde K é o coeficiente de proporcionalidade, $\left(\frac{\text{mg}}{\text{semana.cm}^2.\text{°C}}\right)$

De (1),

$$\frac{dV}{V} = \frac{K.T.A.}{X} dt$$

Integrando a expressão, em seus limites, tem-se

$$\int_{V_0}^{V_t} \frac{dV}{V} = \frac{K.T.A.}{X} \int_0^t dt \quad (2)$$

$$\ln V \frac{V_t}{V_0} = \frac{K.T.A.}{X} . t$$

$$\ln V \frac{V_t}{V_0} = \frac{K.T.A.}{X} . t \quad (3)$$

Como $V_0 > V_t$, a fração $\ln\left(\frac{V_t}{V_0}\right)$ é negativa.

Portanto, para que o equilíbrio da expressão seja mantido, o coeficiente de proporcionalidade K, na equação (3), deve ser negativo já que T, A, X e t são variáveis positivas

$$\ln \frac{V_t}{V_0} = \frac{K.T.A.}{X} . t \quad (4)$$

ou

$$\frac{V_t}{V_0} = \exp\left(\frac{K.T.A.t}{X}\right)$$

ou

$$V_t = V_o \cdot \exp \left(-\frac{K.T.A.t.}{X} \right) \quad (5)$$

A equação (5) é a expressão geral para estimar o teor de vitamina C total em qualquer tempo de armazenamento.

De (4), foi obtida a seguinte expressão para o coeficiente K

$$K = X \ln \left(\frac{V_t}{V_o} \right) / (T.A.t.) \quad (6)$$

O coeficiente de proporcionalidade foi calculado pela equação (6); utilizando-se os dados experimentais obtidos em cada tempo de avaliação, para cada condição de armazenamento (A.M.-, C.C. e A.M.-S.C.); a 22°C, 13°C e 8°C, sendo obtidos seis diferentes valores médios de K, três A.M.-C.C. e três A.M.-S.C.. Esses coeficientes foram correlacionados, de acordo com a condição de armazenamento, com as umidades relativas (variáveis não consideradas na expressão geral) empregadas no experimento, 85%, 90% e 95%, respectivas às temperaturas, através de regressões linear, exponencial, quadrática e cúbica. A regressão quadrática apresentou melhor correlação entre K e UR, sendo os dados ajustados por:

$$K = 4.38835 \times 10^{-3} - 9.63980 \times 10^{-3} UR + 5.18370 \times 10^{-7} UR^2, (7)$$

com $R = 0,9968$ para os frutos C.C.; e

$$K = -1.25263 \times 10^{-2} + 2.7883 \times 10^{-4} UR - 1.56593 \times 10^{-6} UR^2, (8)$$

com $R = 0,9977$ para os frutos S.C..

As expressões (7) e (8) foram substituídas na equação (5), e as equações finais A.M.-C.C. e outra A.M.-S.C. tornaram-se função da umidade relativa do ambiente de armazenamento.

3.3.5.1. Determinação da Vitamina C Total

Os valores estimativos da Vitamina C Total foram obtidos, para as duas condições A.M.-C.C. e A.M.-S.C., através de programa computacional desenvolvido em linguagem FORTRAN, empregando-se as equações finais.

3.3.5.2. Características do Filme Flexível

Os frutos foram selados numa área de superfície total de 17 x 17 cm (289 cm²), em filme de PVC Good Year, com espessura de 12 micras, conforme descrito no item 3.2.2..

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização dos Frutos

A caracterização inicial dos frutos, 24 horas pós-colheita, demonstrou que os mesmos apresentavam aparência túrgida, casca brilhante, lisa, de cor verde, homogênea e forte, e textura firme, isenção de injúrias, conforme o nível zero da escala de pontos apresentada na avaliação subjetiva da aparência no item 3.3.3.b.

Os valores médios relatados por outros autores para os parâmetros físicos do limão 'Tahiti' foram 111 g para o peso; 6,2 cm para o diâmetro longitudinal (CARDINALI & SEILER, 1958); entre 4,45 cm e 6,35 cm para o diâmetro transversal (SWISHER & SWISHER, 1971); 2,8 mm para a espessura da casca (SPALDING & REEDER, 1974); 87,5% de umidade (KEFFORD, 1959) e entre 44% e 48% de rendimento em suco, em relação ao peso do fruto inteiro (SPALDING & REEDER, 1974). Os resultados obtidos para essas

variáveis, no presente trabalho, estão em concordância com esses autores conforme apresentado na Tabela 1.

Os valores obtidos nesse experimento para o teor de SST ($7,0 \pm 0,18\%$) são inferiores aos obtidos por SPALDING & REEDER (1974) e por BLEINROTH et alii (1976), embora estejam próximos do valor médio de 7,8%, referido por SLUTZKY et alii (1981). Os valores de ATT estão de acordo com os números de SWISHER & SWISHER (1971), que obtiveram resultados entre 4,94% e 8,32%.

Os níveis de pH ($2,22 \pm 0,02$) obtidos, estão consistentes com a faixa entre 1,73 e 3,2 apresentada por SWISHER & SWISHER (1971). Da mesma forma, os valores obtidos para AST, também estão de acordo com os resultados relativos a açúcares totais obtidos por esses autores (entre zero e 1,74%).

Os níveis de vitamina C total, obtidos no presente trabalho, mantiveram-se próximos ao teor médio de 47 mg de ácido ascórbico/100 ml de suco (Tabela 1), sendo esses números inferiores aos apresentados por SWISHER & SWISHER (1971) e BLEINROTH et alii (1976), que encontraram teores entre 29 e 36 mg/100 g. Épocas, condições climáticas e tratamentos culturais diferentes podem ter provocado as diferenças nas variáveis discordantes desses autores.

O conteúdo de clorofila total, obtido nos frutos 24 horas pós-colheita, foi de $15,21 \pm 1,93$ mg/100 g, não sendo encontrado na literatura nenhum resultado deste parâmetro para limão 'Tahiti' que pudesse ser comparado ao valor obtido no presente

TABELA 1. Características Físicas, Físico-Químicas e Químicas de limões 'Tahiti' no estágio de maturidade fisiológica, 24 horas após colheita. ESAL/DCA, Lavras-MG, 03/1992.

Características	(*) Valores Médios \pm DP
Peso (g)	104,23 \pm 6,78
Diâmetro Longitudinal (cm)	6,45 \pm 0,36
Diâmetro Transversal (cm)	5,56 \pm 0,25
Espessura da Casca (mm)	3,40 \pm 0,40
Rendimento em Suco (ml/100 g)	43,30 \pm 2,40
Umidade (Base úmida) (g/100 g)	88,00 \pm 0,20
Cor (5GY 5/8 - MUNSELL BOOK OF COLOR)	Verde forte
Sólidos Solúveis Totais (SST) (%)	7,0 \pm 0,18
Acidez Total Titulável (ATT) (g ácido cítrico/100 g suco)	5,21 \pm 0,07
Relação SST/ATT	1,36 \pm 0,02
pH	2,22 \pm 0,02
Açúcares Solúveis Totais (AST) (g glicose/100 ml suco)	1,55 \pm 0,17
Vitamina C Total (mg/100 ml suco)	46,47 \pm 0,90
Clorofila Total (mg/100 g flavêdo)	15,21 \pm 1,93
Carotenóides Totais (mg/100 g flavêdo)	2,33 \pm 0,19

* Valores médios obtidos na avaliação de 12 unidades experimentais e o desvio padrão (DP).

experimento. Entretanto, em laranjas 'Hamlin' (frutos que apresentam intensidade da cor verde da casca significativamente inferior a do limão 'Tahiti'), colhidas na maturidade, foram obtidos valores de 8,0 mg/100 g de clorofila total por JAHN & YOUNG (1976).

Muller & Winston, citados por TING & ATTAWAY (1970), avaliando os conteúdos de carotenóides em limões 'Tahiti', encontraram teores médios de 0,18 mg de caroteno e 1,85 mg de xantofilas por 100 g de flavelo do fruto. Resultados compatíveis ao somatório desses valores foram obtidos nesse experimento, como observado na Tabela 1.

4.2. Características Físicas, Físico-Químicas e Químicas

Os valores e significância do Teste F para a análise de variância das avaliações físicas, físico-químicas e químicas realizadas nos experimentos encontram-se nos Quadros 1A a 23A do Apêndice.

4.2.1. Perda de Peso

Em frutos armazenados a 8°C, o tratamento C.C. quando comparado ao S.C., proporcionou menor perda de peso, como demonstrado na Tabela 2 e Figura 1A. Essa resposta foi provavelmente devido a redução da atividade metabólica dos frutos (INABA & CRANDALL, 1986) e, possivelmente, pelo tratamento

TABELA 2. Valores médios das variáveis Perda de Peso, Acidez Total Titulável (ATT) e pH de limões 'Tahiti' armazenados sob refrigeração por 12 semanas.

Temp.(°C) /UR (%)	Tempo (Semanas)	Trat.	Perda de Peso (%)		ATT (g ác.cít./100 ml)		pH	
			C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.
8 ± 1°C	2	A.M.	0.310	0.410	5.22 Ab	5.34 Aa	2.22 Aa	2.21 Ba
	4		0.700	0.950	5.33 Aa	5.41 Aa	2.22 Aa	2.21 Ba
	6		1.300	1.620	5.38 Ab	5.46 Aa	2.21 Aa	2.21 Aa
	8		1.630	2.660	5.35 Bb	5.51 Aa	2.21 Aa	2.20 Bb
	10		1.950	3.040	5.08 Bb	5.40 Aa	2.20 Ab	2.20 Aa
	12		2.570	3.670	5.00 Bb	5.21 Ab	2.19 Bb	2.21 Aa
UR = 95±2%	2	A.A.	3.47	3.98	5.57 Aa	5.04 Bb	2.21 Ab	2.21 Aa
	4		6.89	7.45	5.45 Aa	5.46 Ba	2.21 Ab	2.21 Aa
	6		10.78	11.46	5.57 Aa	5.52 Aa	2.21 Aa	2.21 Aa
	8		12.54	13.51	5.62 Aa	5.58 Aa	2.21 Aa	2.21 Aa
	10		14.07	15.19	5.67 Aa	5.41 Ba	2.21 Aa	2.20 Ba
	12		16.09	17.87	5.79 Aa	5.68 Aa	2.22 Aa	2.19 Bb
CV(%)			(A)10.33	(B)2.52	1.167		0.227	
DMS (Tukey 5%)			N.S.		0.13		0.01	
13 ± 1°C	2	A.M.	1.29	2.33	5.35	5.41	2.21	2.20
	4		2.69	3.08	5.76	5.90	2.21	2.19
	6		4.46	4.68	5.66	6.04	2.22	2.19
	8		6.45	6.95	5.80	6.06	2.20	2.18
	10		6.70	7.57	5.61	5.31	2.21	2.20
	12		7.91	9.08	5.09	5.21	2.21	2.21
UR = 90±2%	2	A.A.	9.90	10.27	5.40	5.44	2.20	2.20
	4		15.51	18.77	5.65	5.87	2.20	2.19
	6		21.39	24.73	5.68	6.15	2.21	2.18
	8		25.51	28.66	5.89	6.12	2.20	2.16
	10		28.32	31.24	5.89	5.82	2.20	2.17
	12		31.02	33.84	5.77	5.80	2.22	2.18
CV(%)			(A) 9.92	(B)4.53	2.106		2.106	

C.C. = Com choque frio (-2°C/2h);

S.C. = Sem choque frio (22°C/2h);

A.M. = Atmosfera modificada por filme de PVC;

A.A. = Atmosfera do ambiente refrigerado;

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical são estatisticamente iguais, para cada época de avaliação.

ter causado uma contração das membranas celulares (WANG, 1982), minimizando o índice de perda de água nos limões.

No presente trabalho, a A.M. foi o fator que exerceu maior efeito na redução de perda de peso, cujo valor máximo foi inferior a 3% no experimento conduzido a 8°C e inferior a 8% a 13°C, em 12 semanas de armazenamento (Tabela 2). A alta UR (95 ± 2%) da câmara fria a 8°C, possivelmente auxiliou na obtenção desse índice. Nos frutos mantidos sob A.A., essas perdas atingiram níveis próximos a 18%, a 8°C, e 34% a 13°C, no mesmo período. A elevada perda de peso dos frutos armazenados sob A.A. foi decorrente do déficit de pressão de vapor entre o fruto e o ambiente, uma vez que a UR do interior do fruto é de pelo menos 99%, enquanto que no ambiente de armazenamento essa estava entre 90-95%. Dessa forma, a tendência do fruto em atingir a UR de frutos a 8°C e 13°C. No armazenamento a 8°C os limões sob A.M. retiveram aproximadamente 6 vezes mais peso que aqueles sob A.A., enquanto que a 13°C esse índice foi inferior a 4 vezes (Figura 1, B e C). Verificou-se também que durante 12 semanas de armazenamento, os frutos mantidos a 8°C sob A.M., retiveram 2,72 vezes mais umidade quando comparados aos frutos a 13°C, também sob A.M. (Figura 1, B e C). Esse comportamento era esperado já que a redução da temperatura, associada à A.M., que mantém a UR elevada no interior da embalagem (BEN-YEHOSHUA et alii, 1981), reduz a respiração e a transpiração dos frutos (HARDENBURG et alii, 1986), sendo esse efeito atribuído ao filme que atuou como

PERDA DE PESO (%)

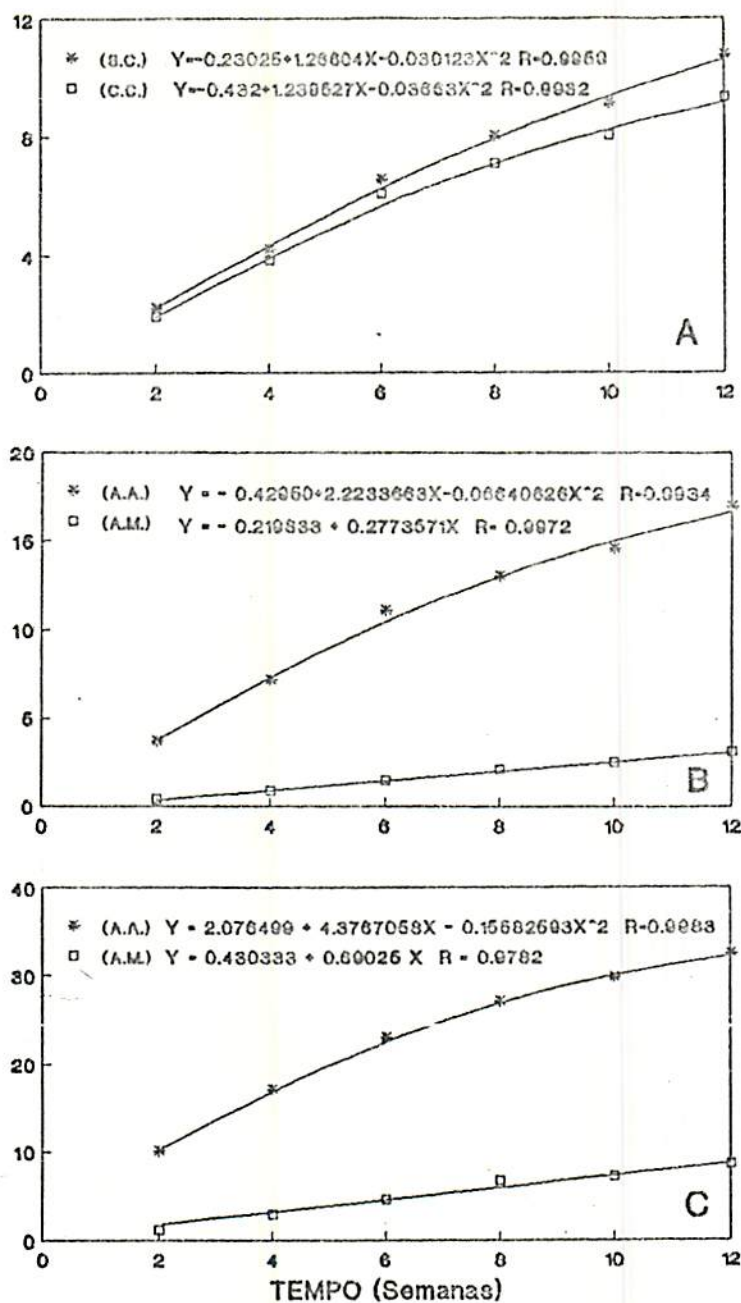


FIGURA 1. Perda de Peso durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.

B = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; em atmosferas ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

C = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; em A.A. e A.M..

uma barreira entre o fruto e o meio ambiente, reduzindo o déficit da pressão de vapor e, conseqüentemente, o estresse hídrico (KADER, 1986 e ZONG, 1989). Constata-se também, pela observação da Figura 1 (A, B e C), que os índices de perda de peso, aumentaram progressivamente em cada época de avaliação, para as duas temperaturas. Resultados semelhantes foram observados em frutos embalados em filme de polietileno com limões 'Tahiti' armazenados a 5, 10 e 15°C por BLEINROTH et alii (1987), com limas ácidas 'West Indian' armazenadas a temperatura ambiente por PASSAN & BLUNDEN (1982) e com limões 'Eureka', armazenados a 13°C (COHEN et alii, 1990). O filme de polietileno, usado por esses autores, é mais efetivo em reduzir a perda de peso que o filme de PVC (KAWADA & ALBRIGO, 1979), devido a sua menor permeabilidade.

4.2.2. Acidez Total Titulável (ATT) e pH

A ATT dos frutos durante o armazenamento, de maneira geral, apresentou um aumento seguindo-se a uma redução nos frutos armazenados tanto a 8°C como a 13°C. O aumento na concentração de ácidos foi menor nos frutos armazenados a 8°C que a 13°C, sobretudo naqueles sob A.M.. Ao contrário do que ocorre na maioria dos frutos, normalmente há um aumento de acidez durante o armazenamento de limas ácidas 'Chistm' (EAKS & MASIAS, 1965), de limões 'Tahiti' (BLEINROTH et alii, 1976), bem como de limões 'Eureka' (COHEN et alii, 1990). Esse comportamento pode ser

resultante do aumento da maturidade, como também pode estar relacionado com o efeito da concentração proporcionado pela perda de água, principalmente nos frutos armazenados em A.A..

Ácidos orgânicos são compostos intermediários sintetizados durante o processo respiratório, sendo sugerido como outra fonte de energia nos frutos cítricos pós-colheita, ao lado dos açúcares (PURVIS, 1983b). Com a evolução da concentração de CO₂ e redução de O₂ no armazenamento em A.M., os sistemas enzimáticos de degradação da glicose podem ser afetados, provocando alteração no ciclo de Krebs. Dessa forma, devido a redução na respiração e possível aumento de fixação do CO₂, parece ter ocorrido uma redução da atividade da enzima succínico desidrogenase (SALUNKHE & WU, 1974), com conseqüente aumento do teor do ácido succínico e, provavelmente, inibição da oxidação de citrato, α-cetoglutarato e piruvato (KADER, 1986). Portanto, a acumulação de ácidos orgânicos nos frutos armazenados sob A.M., certamente ocorreu devido à elevada produção, a partir do piruvato, de citromalato que inibe a aconitase (BOGIN & WALLACE, 1966), justificando o aumento da ATT. Por outro lado, o aumento da concentração de CO₂ durante o armazenamento prolongado de frutos cítricos, pode ocasionar respiração anaeróbica resultando em acúmulo de acetaldeído e etanol (DAVIS et alii, 1973), através da descarboxilação do ácido pirúvico, precursor do ciclo de Krebs. Isso pode resultar em odores estranhos e colapso dos tecidos (KADER, 1986). Além disso, baixas temperaturas reduzem a atividade

enzimática de modo que o metabolismo da glicose pode ser sensivelmente reduzido (KADER, 1987).

O declínio da concentração dos ácidos, após algumas semanas de armazenamento, pode estar associado à sua utilização como substrato para produção de energia na respiração, na translocação para a casca dos frutos (BEN-YEHOSHUA et alii, 1981); contudo, os ácidos podem servir como suporte para a via gliconeogênica, como também, ao menos em parte, podem ser usados na fermentação alcoólica (ECHEVERRIA & VALICH, 1988).

Nos frutos armazenados a 8°C, submetidos ao tratamento C.C., observou-se ATT inferior àqueles S.C. (Tabela 2), embora os valores fossem estatisticamente iguais. Entretanto, constatou-se interação desse fator vs. tipos de atmosfera vs. tempo de armazenamento, como apresentado na Figura 2A. A concentração de ácidos nos frutos C.C. foi inferior no armazenamento sob A.M. (Tabela 2 e Figura 2A). A associação desses fatores a 8°C provavelmente ocasionou uma redução da atividade metabólica dos frutos, minimizando as variações nos seus teores de acidez.

Observa-se na Tabela 2 e Figura 2 (B e C) a variação do conteúdo de acidez durante o armazenamento dos frutos a 13°C, com relação ao emprego de choque frio e tipos de atmosfera, respectivamente. Os frutos C.C. apresentaram teores de ATT significativamente inferiores a partir da 4ª até a 8ª semana de armazenamento, quando comparados aos do S.C..

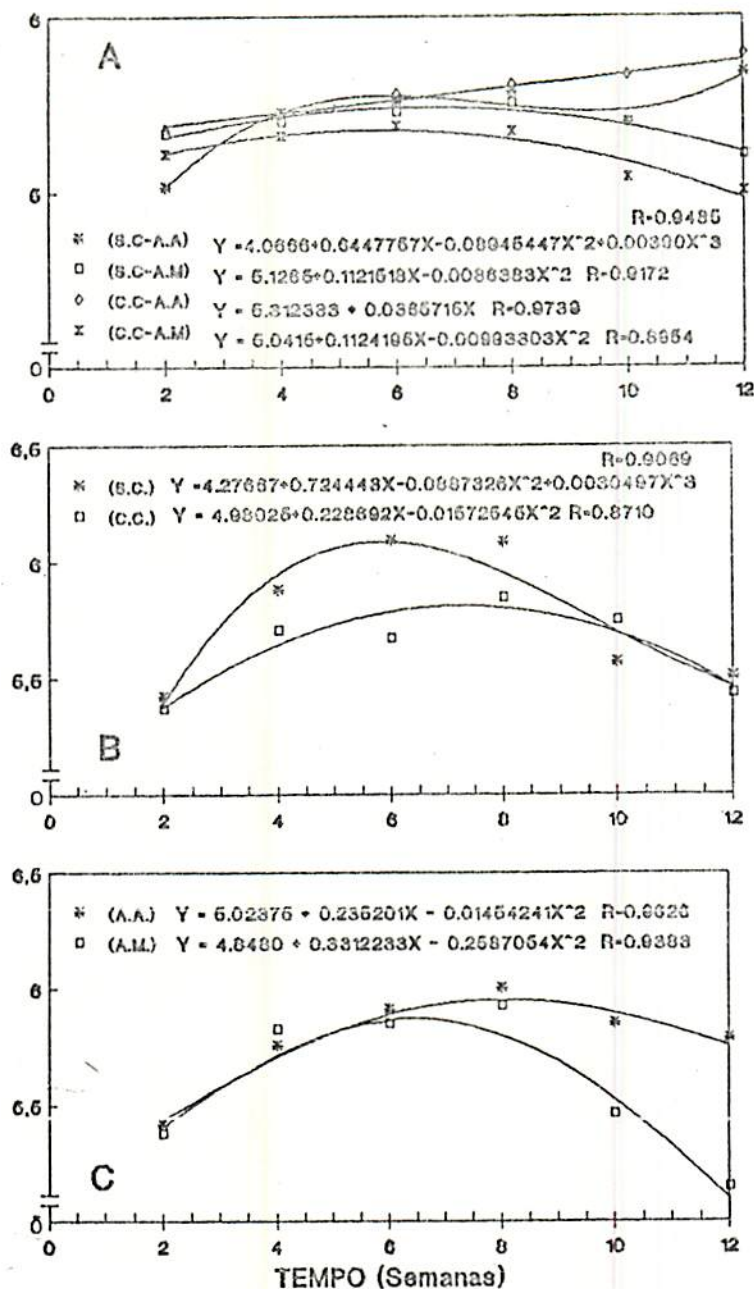


FIGURA 2. Acidez Total Titulável durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = 8 ± 1°C e UR de 95 ± 2%; sem choque frio, em atmosfera ambiente (S.C.-A.A.); sem choque frio, em atmosfera modificada (S.C.-A.M.); com choque frio, em atmosfera ambiente (C.C.-A.A.); com choque frio, em atmosfera modificada (C.C.-A.M.).
 B = 13 ± 1°C e UR de 90 ± 2%; sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.
 C = 13 ± 1°C e 90 ± 2% UR; em atmosfera ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

O conteúdo de ácidos dos frutos armazenados sob A.M. foi mais baixo que sob A.A., durante o armazenamento a 13°C, sendo esses valores diferentes a partir de 10 semanas de armazenamento. Com o prolongado armazenamento sob elevada concentração de CO₂, ocorreu a inibição da glicólise, como também reduziu-se a formação de citrato/isocitrato e α -cetoglutarato, resultando na redução da AIT (KADER, 1986). Comportamento similar foi observado por COHEN et alii (1990) em limões armazenados em condições semelhantes.

Considerando-se o valor inicial do pH (Tabela 1), verificou-se apenas uma pequena variação desse parâmetro nos experimentos conduzidos a 8°C (2,22-2,19) e a 13°C (2,22-2,16). Os menores valores foram observados nos frutos armazenados sob A.A. e S.C., comportamento compatível com o maior valor de acidez atingido pelos frutos desse tratamento.

Nos frutos armazenados a 8°C foi verificado a interação choque frio vs. tipos de atmosfera vs. tempo de armazenamento (Figura 3A) constatando-se significância na análise de regressão apenas nas condições C.C.-A.M. e S.C.-A.A..

A 13°C, verificou-se que os valores obtidos para os frutos C.C. foram diferentes daqueles obtidos nos frutos S.C., independente da atmosfera de armazenamento. A Figura 3 (B e C) descreve o efeito da interação dos fatores choque frio vs. tempo de armazenamento e tipo de atmosfera vs. tempo de armazenamento, no pH de frutos armazenados a 13°C. No entanto, embora se tenha

P H

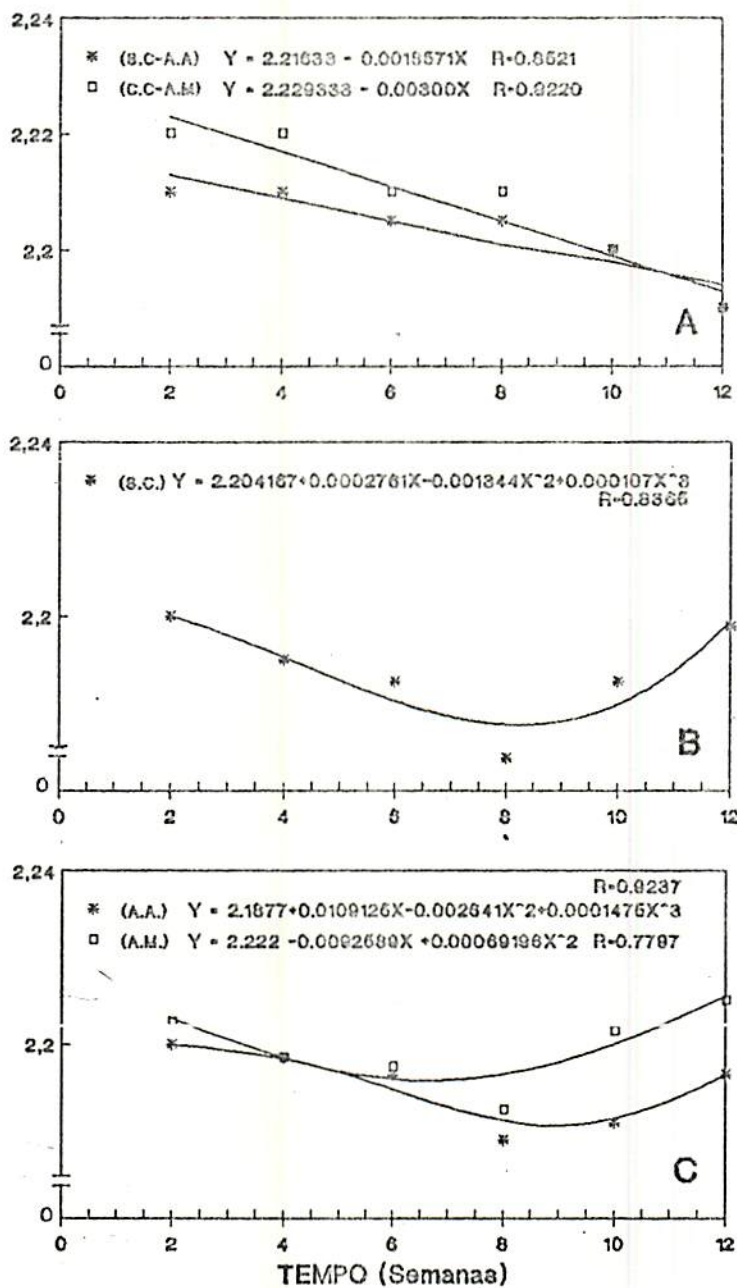


FIGURA 3. Valores de pH durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; sem choque frio, em atmosfera ambiente (S.C.-A.A.); com choque frio, em atmosfera modificada (C.C.-A.M.).

B = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; sem choque frio (S.C.).

C = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; em atmosfera ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

TABELA 3. Valores médios de pH de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Tratamentos	C.C.	S.C.
A.M.	2.20 Aa	2.19 Ba
A.A.	2.20 Aa	2.18 Bb

DMS (Tukey 5%) = 0.005

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.

observado diferenças estatísticas nos valores de pH nos experimentos conduzidos a 8°C e 13°C , a estreita faixa de variação desse parâmetro no decorrer do armazenamento (2,16 - 2,22), é de pouca importância fisiológica no metabolismo dos frutos.

O suco dos frutos cítricos consiste numa solução tampão, contendo ácidos fracos e sais de ácidos fracos, cujos sais de citrato têm importante papel na determinação do pH do suco por reprimirem a ionização do ácido cítrico (KILBURN, 1959). Ácidos fracos associados com seus sais de potássio constituem um sistema tampão, que consiste num importante fator regulador da célula, particularmente em relação às enzimas (ULRICH, 1970). Este fato pode explicar a pequena variação dos valores de pH dos frutos no presente trabalho, em contraste com as consideráveis variações de ATT durante o armazenamento.

4.2.3. Sólidos Solúveis Totais (SST) e Relação SST/ATT

Os frutos C.C. e sob A.M. foram os que apresentaram menores variações dos teores de SST, notadamente quando armazenados a 8°C (Tabela 4), nos demais tratamentos ocorreu um aumento de 1 a 1,5% nos valores, sendo o maior aumento observado nos frutos S.C. e armazenados a 13°C sob A.A., como era de se esperar.

Na Tabela 5 constata-se que, a 8°C, o teor de SST nos frutos apenas sob A.M. foi inferior no tratamento C.C.. Quanto aos tipos de atmosfera, a A.M. proporcionou conteúdo de SST superiores aos dos frutos sob A.A..

A Figura 4 (A e B) representa o comportamento do teor de SST dos frutos armazenados a 8°C, onde verifica-se que o conteúdo de SST foi inferior nos frutos C.C., com relação aos S.C. no decorrer do armazenamento. Nos frutos armazenados sob A.M., os valores de SST foram estatisticamente inferiores (com exceção da 4ª semana), demonstrando a ação do filme, gerador de A.M., na manutenção da qualidade. Também observa-se na Figura 4 (A e B) que ocorreu um acúmulo de SST, embora em menor proporção quando comparado ao armazenamento a 13°C, certamente em decorrência do metabolismo dos ácidos, como descrito no item 4.2.2..

No armazenamento a 13°C, no tratamento C.C. (Tabela 5) observou-se que teores de SST foram inferiores nos frutos sob A.M. e que esses foram superiores nos frutos armazenados S.C., sobretudo naqueles sob A.A.. Isso demonstra que, a 13°C, a A.M.

TABELA 4. Valores médios das variáveis Sólidos Solúveis Totais (SST), Relação SST/ATT, Açúcares Solúveis Totais (AST) de limões 'Tahiti' armazenados sob refrigeração por 12 semanas.

Temp. (°C)/ UR(%)	Tempo (Semana) Trat.	SST (%)		SST/ATT		AST (g glic./100ml)		
		C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	
8 ± 1°C	2	6.90	7.05	1.49	1.54	1.32 Aa	1.32 Ab	
	4	7.00	7.20	1.56	1.57	1.32 Aa	1.34 Aa	
	6	A.M.	7.09	6.95	1.57	1.53	1.30 Aa	1.27 Aa
	8		6.85	7.20	1.52	1.67	1.28 Aa	1.31 Aa
	10		7.05	7.20	1.57	1.58	1.39 Aa	1.34 Bb
	12		6.90	7.10	1.50	1.56	1.38 Aa	1.37 Aa
UR=95 ± 2%	2		7.10	7.15	1.56	1.59	1.33 Ba	1.42 Aa
	4		7.15	7.20	1.58	1.60	1.32 Aa	1.32 Aa
	6	A.A.	7.20	7.10	1.64	1.56	1.29 Aa	1.29 Aa
	8		7.25	7.40	1.59	1.65	1.29 Ba	1.33 Aa
	10		7.40	7.50	1.72	1.76	1.31 Bb	1.39 Aa
	12		7.50	7.45	1.74	1.70	1.31 Ab	1.31 Ab
CV(%)		1.067				1.153		
DMS (Tukey 5%)		N.S.				0.009		
13 ± 1°C	2		7.00	6.90	1.52	1.58	1.31	1.28
	4		7.10	7.20	1.56	1.59	1.24	1.23
	6	A.M.	7.40	7.40	1.63	1.63	1.31	1.23
	8		7.40	7.45	1.64	1.64	1.28	1.23
	10		7.15	7.00	1.60	1.50	1.28	1.32
	12		7.30	7.55	1.66	1.66	1.44	1.45
UR=90 ± 2%	2		7.05	7.15	1.59	1.59	1.31	1.31
	4		7.20	7.30	1.62	1.68	1.28	1.25
	6	A.A.	7.45	7.45	1.64	1.75	1.32	1.22
	8		7.60	8.00	1.65	1.82	1.29	1.31
	10		7.55	7.60	1.59	1.60	1.28	1.31
	12		8.00	8.30	1.72	1.88	1.39	1.44
CV(%)		1.033		1.033		2.480		

C.C. = Com choque frio (-2°C/2h);

S.C. = Sem choque frio (22°C/2h);

A.M. = Atmosfera modificada por filme de PVC;

A.A. = Atmosfera do ambiente refrigerado.

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúscula na vertical são estatisticamente iguais, para cada época de avaliação.

TABELA 5. Valores médios de Sólidos Solúveis Totais (SST) em limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), em duas condições de temperatura e UR.

Tratamentos	C.C.	S.C.
----- 8 ± 1°C - UR = 95 ± 5% -----		
A.M.	6.95 Bb	7.12 Ab
A.A.	7.27 Aa	7.30 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.061		
----- 13 ± 1°C - UR = 90 ± 5% -----		
A.M.	7.23 Ab	7.25 Ab
A.A.	7.48 Ba	7.63 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.058		

Valores médios seguidos de mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.		

exercer efeito significativo na manutenção do teor de SST e também que o tratamento C.C., associado à A.M., foi efetivo na redução da atividade metabólica nessa temperatura de armazenamento, sugerindo que esse efeito se pronuncia sob temperaturas mais elevadas.

A Figura 5 (A e B) apresenta a variação do teor de SST a 13°C, verificando-se que ocorreu um acúmulo desse constituinte no tempo, embora o teor de SST nos frutos C.C. tenha apresentado variação inferior aos frutos S.C. (Figura 5A). Nos frutos armazenados sob A.M. esses teores foram mais baixos, em relação aos sob A.A. (Figura 5B).

Diversas variedades de frutos cítricos continuam a acumular

SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (%)

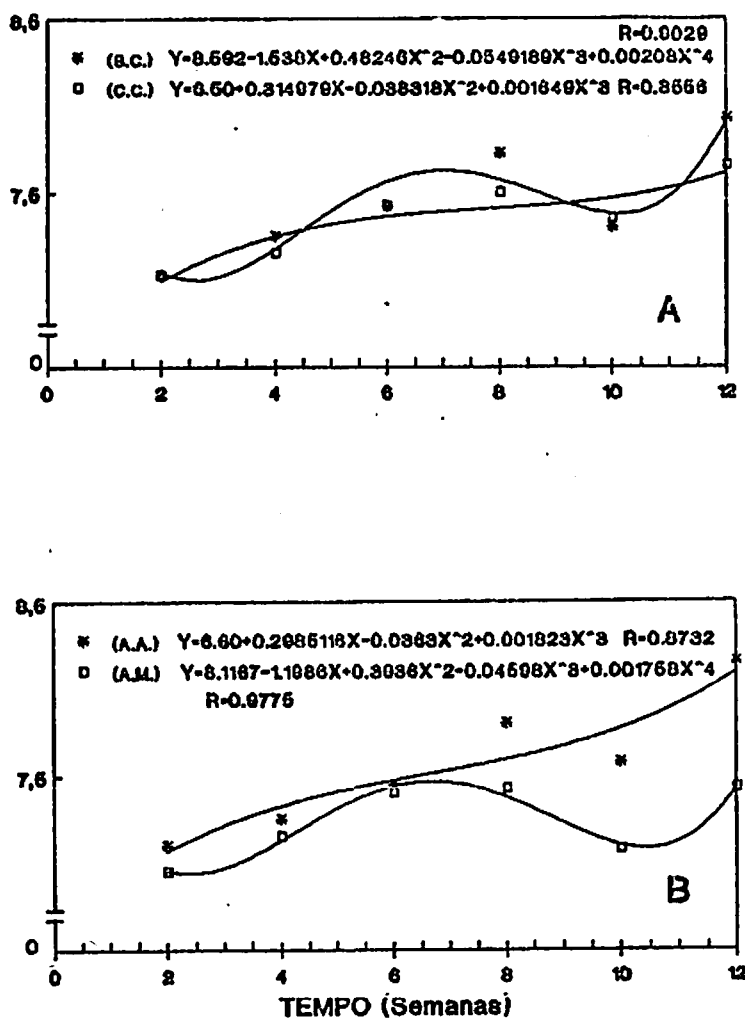


FIGURA 4. Sólidos Solúveis Totais (SST) durante o armazenamento sob refrigeração a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$, de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = Sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.

B = Em atmosfera ambiente (A.A.) e modificada (A.M.)

SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (%)

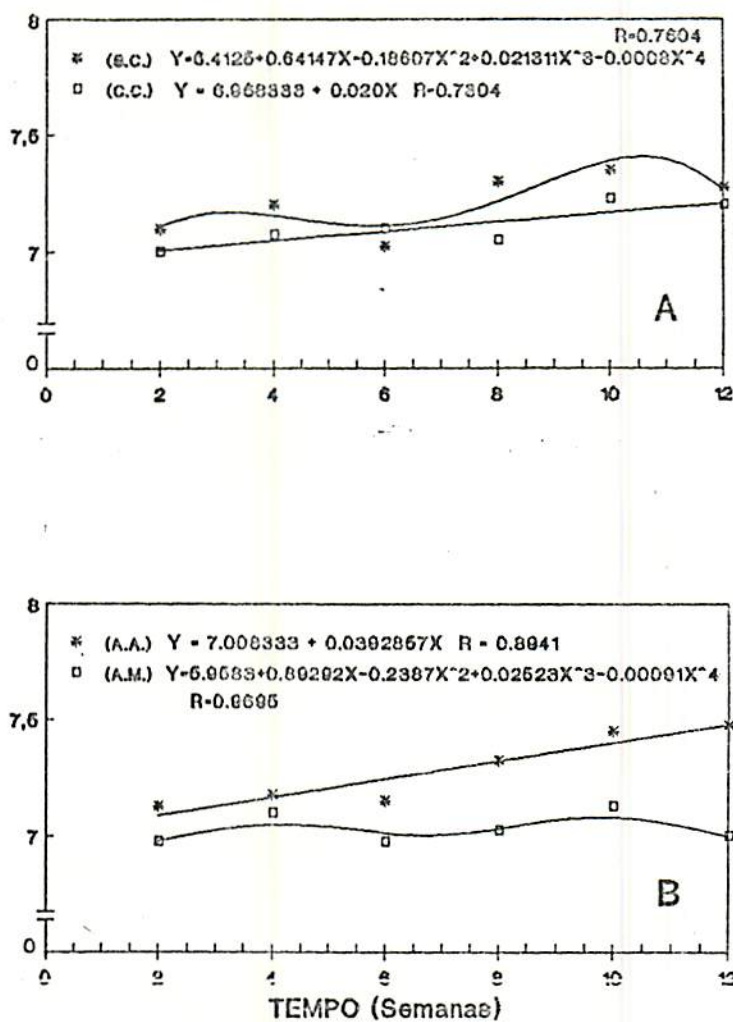


FIGURA 5. Valores de Sólidos Solúveis Totais durante o armazenamento sob refrigeração a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$ de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.
 A = Sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.
 B = Em atmosfera ambiente (A.A) e modificada (A.M.).

sólidos solúveis durante o armazenamento (EAKS, 1961, PURVIS, 1983b; ECHEVERRIA & ISMAIL, 1987). Em laranjas 'Hamlin', por exemplo, o aumento nos SST é acompanhado de um concomitante declínio no conteúdo de ácidos (ECHEVERRIA & ISMAIL, 1987). A conversão de ácidos orgânicos para açúcares é possível através da via glicolítica, durante as primeiras semanas pós-colheita (ECHEVERRIA & VALICH, 1989), quando em seguida passam a dominar as enzimas do catabolismo dos açúcares (ECHEVERRIA et alii, 1988). A maturação e senescência dos frutos envolve uma série de eventos que incluem transformações na permeabilidade da membrana, composição dos carboidratos e estrutura da parede celular (BRANDY, 1987). A hidrólise da parede celular é um fenômeno inerente que ocorre durante a maturação e amadurecimento dos frutos. Nos frutos cítricos, a degradação da hemicelulose e das pectinas da parede celular das vesículas de suco liberam componentes solúveis que poderiam exercer efeito direto no teor de sólidos solúveis. Em limões, foi demonstrado a atividade da enzima poligalacturonase (RIOV, 1975), podendo, portanto, a degradação da parede celular ter sido um dos fatores responsáveis pelo aumento do teor de SST durante o armazenamento prolongado de limões 'Tahiti'. Isso possivelmente ocorreu nos frutos armazenados a 13°C, sob A.A., e no tratamento S.C.. Nessas condições, o efeito da concentração, proporcionado pela perda de água dos frutos, certamente também contribuiu para o aumento do teor de SST.

A relação SST/ATT não é usualmente utilizada para avaliar o grau de maturação de limões 'Tahiti', embora quando avaliada durante o armazenamento, auxilia na compreensão do processo metabólico dos frutos. O aumento da relação SST/ATT pode ocorrer baseado na aceleração do processo metabólico natural, ou pelo aumento do metabolismo anaeróbico (BRUEMMER et alii, 1977).

A 8°C, observa-se a interação choque frio vs. tipos de atmosfera vs. tempo de armazenamento (Figura 6A), onde verifica-se um declínio seguido por um aumento da relação SST/ATT, sendo os maiores valores obtidos no final do armazenamento nos frutos mantidos sob A.M. e C.C., em decorrência dos seus menores teores de acidez. No armazenamento a 13°C (Figura 6B), ocorreu a interação choque frio vs. tempo de armazenamento, onde os frutos C.C. apresentaram menores valores de relação SST/ATT, comparados aos frutos S.C., no final do armazenamento. Esse comportamento reflete a atividade metabólica reduzida dos frutos submetidos a choque frio e armazenados a 13°C.

4.2.4. Açúcares Solúveis Totais (AST)

Os valores de AST durante o armazenamento apresentaram pouca variação em todos os tratamentos testados (Tabela 4). No entanto, verificou-se a tendência de um pequeno aumento nos teores, notadamente nos frutos sob A.A., o que pode estar relacionado com a maior perda d'água sofrida por esses frutos. O comportamento

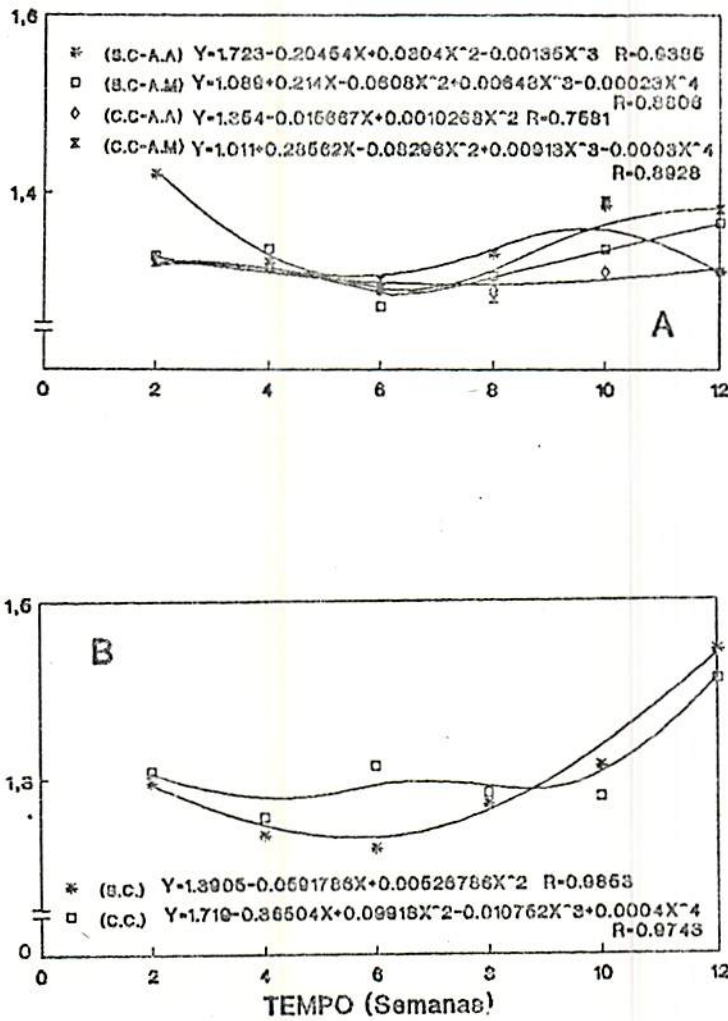


FIGURA 6. Valores da relação SST/ATT durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = 8 ± 1°C e UR de 95 ± 2%; sem choque frio, em atmosfera ambiente (S.C.-A.A.); sem choque frio, em atmosfera modificada (S.C.-A.M.); com choque frio, em atmosfera ambiente (C.C.-A.A.); com choque frio, em atmosfera modificada (C.C.-A.M.).

B = 13 ± 1°C e UR de 90 ± 2%; sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.

dos AST foi semelhante ao dos SST (Tabela 2), devendo-se salientar que, em limões, os açúcares corresponderam a apenas 20-25% dos SST dos frutos enquanto que a acidez correspondeu a 70-80%.

Avaliando-se isoladamente o efeito do choque frio, observou-se não haver diferença entre o teor de AST nos frutos C.C. e S.C., a 8°C. No entanto, isso ocorreu a 13°C ($P < 0,01$). Tal fato pode sugerir que o tratamento C.C. foi efetivo na redução do metabolismo apenas em armazenamento com temperatura mais elevada, como verificou-se a 13°C (Tabela 4) e também como já foi observado no teor de SST, nessa temperatura.

O comportamento dos AST a 8°C é apresentado na Figura 7(A e B), onde os frutos C.C. (Figura 7A), apresentaram níveis inferiores de AST quando comparados aos S.C., provavelmente devido a redução das taxas metabólicas ao longo do tempo. O efeito da A.M. nos frutos armazenados a 8°C, resultou numa menor variação do teor AST (Figura 7B), podendo-se observar menores teores desses constituintes em relação aos frutos sob A.A..

No armazenamento a 13°C (Tabela 6), foram observados níveis de AST significativamente inferiores ($P < 0,01$) nos frutos sob A.A., quando tratados C.C.. Constatou-se também que os frutos S.C., armazenados sob A.M., apresentaram resultados inferiores ($P < 0,01$) comparativamente aos sob A.A.. Esse comportamento sugere o efeito da concentração elevada de CO₂ e

A S T (g glicose / 100g)

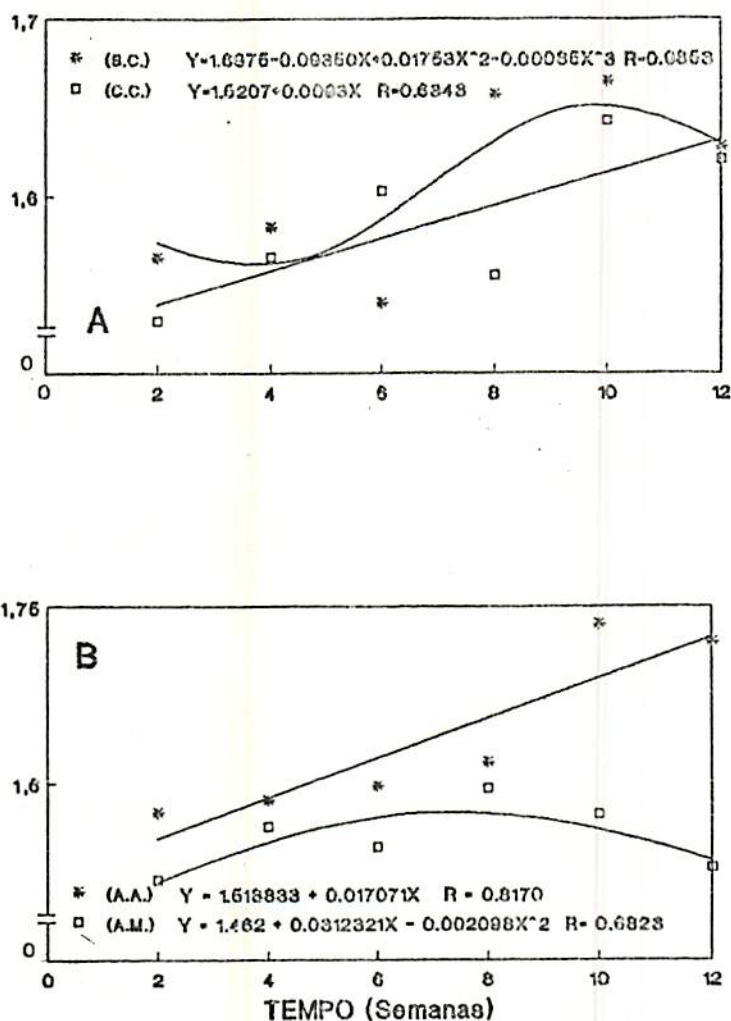


FIGURA 7. Açúcares Solúveis Totais durante o armazenamento sob refrigeração a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$, de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = Sem (S.C.) e com (C.C) choque frio.

B = Em atmosferas ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

baixa de O₂ como um fator que possivelmente altera a glicólise (KADER, 1986) e que é decisivo na redução da atividade de enzimas da via glicolítica (KERBEL et alii, 1990), reduzindo/modificando o metabolismo dos açúcares (HANSEN & WEICHMAN, 1987), durante o armazenamento de frutos S.C..

TABELA 6. Valores médios de Açúcares Solúveis Totais (AST) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a 13±1°C e UR de 90 ± 2%.

Tratamentos	AST (g glicose/100 ml)	
	C.C.	S.C.
A.M.	1.599 Aa	1.602 Ab
A.A.	1.636 Ba	1.7183Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.042

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.

4.2.5. Vitamina C Total

O tratamento C.C. propiciou um aumento na retenção de vitamina C durante o armazenamento a 8°C (Figura 8A). Esse comportamento pode ter sido ocasionado pela provável redução da taxa metabólica dos frutos C.C.. Por outro lado, o limão 'Tahiti' é susceptível a injúria pelo frio quando armazenado à temperaturas inferiores a 7,5°C (desordem fisiológica), que acelera a degradação da vitamina C durante o armazenamento

VITAMINA C TOTAL (mg / 100ml)

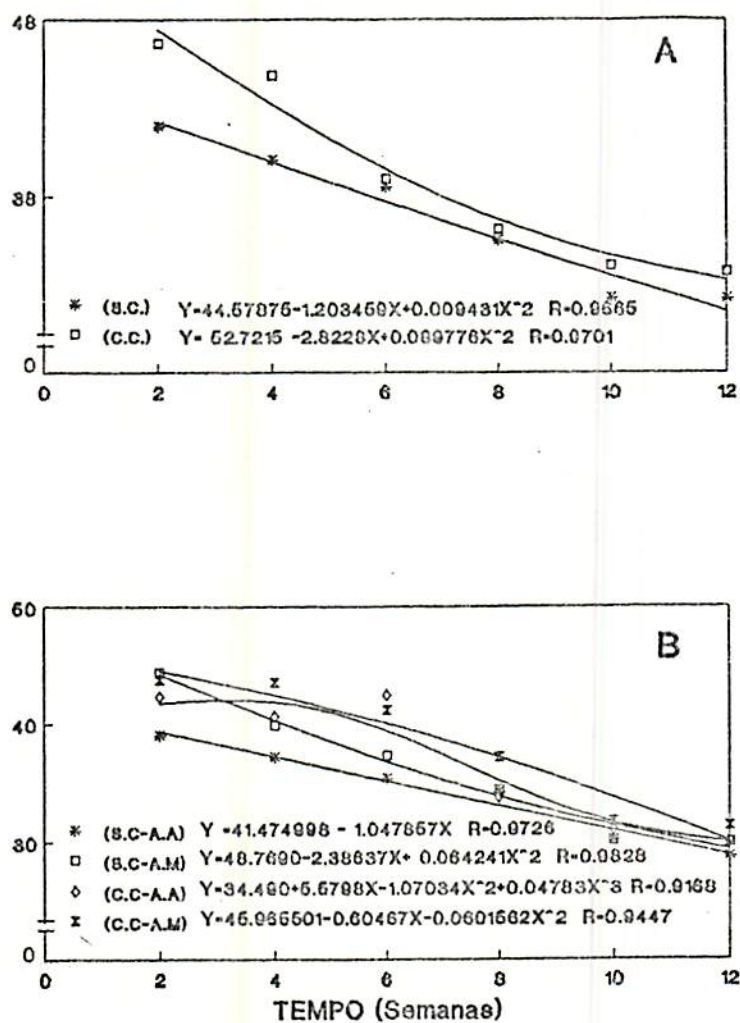


FIGURA 8. Vitamina C Total durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.

B = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; sem choque frio, em atmosfera ambiente (S.C.-A.A.); sem choque frio, em atmosfera modificada (S.C.-A.M.); com choque frio, em atmosfera ambiente (C.C.-A.A.); com choque frio, em atmosfera modificada (C.C.-A.M.).

(WATADA, 1987). Assim, 8°C consistiria numa temperatura crítica para o armazenamento desse fruto. A resposta favorável a essa temperatura parece estar relacionada ao efeito do tratamento C.C. atuando no bloqueio dessa desordem fisiológica.

A Figura 8B, apresenta a variação de teor de vitamina C total de frutos armazenados a 13°C, observando-se que os frutos C.C. e armazenados sob A.M., retiveram significativamente mais vitamina C quando comparados aos frutos armazenados S.C. e sob A.M.. A redução da atividade metabólica através do tratamento C.C. (INABA & CRANDALL, 1986), certamente reduziu a perda de vitamina C. Possivelmente, o aumento da concentração de CO₂ e a redução de O₂, proporcionados pela A.M., também resultou em melhor retenção do ácido ascórbico durante o armazenamento (KE et alii, 1991). Esse efeito provavelmente ocorre devido a reduzida pressão parcial de oxigênio que inibe a atuação dos sistemas enzimáticos de oxidação (VINES & OBERBACHER, 1962).

A retenção de vitamina C foi maior a 8°C que a 13°C (Tabela 7). Esses resultados também sugerem o efeito da alta UR (95%) de armazenamento a 8°C (95 ± 2%) que é efetiva na retenção da vitamina C (FENNEMA, 1977). Por outro lado, a permeabilidade do filme aos gases se eleva com o aumento da temperatura (BEAUDRY et alii, 1992), portanto, haveria menor concentração de O₂ no interior da embalagem sob armazenamento a 8°C que a 13°C, proporcionando menor perda do constituinte a 8°C. Além disso, as temperaturas mais elevadas, ocasionam redução da quantidade de

vitamina C nos frutos, devido a sua alta sensibilidade a oxidação enzimática (VINES & OBERBACHER, 1962), como ocorreu a 13°C (Tabela 7).

4.2.6. Clorofila e Carotenóides Totais

Quando avaliado isoladamente, o fator choque frio não proporcionou efeito na retenção de clorofila nos frutos armazenados a 8°C. No entanto, isso foi observado a 13°C, reafirmando a efetividade do tratamento C.C. nessa temperatura. A 8°C o efeito da manutenção da cor verde foi conferido pelo fator atmosfera, sendo esse efeito refletido também na interação choque frio vs. tempo de armazenamento (Figura 9A). A retenção da clorofila foi maior a 8°C que a 13°C. Além disso, no armazenamento a 8°C, ao contrário do que foi observado a 13°C, o conteúdo de clorofila foi maior nos frutos armazenados a A.M.. Isso demonstra os efeitos do armazenamento a baixas temperaturas (KATO & SHIMIZU, 1985), bem como da elevada concentração de CO₂ e baixa de O₂ (ZONG, 1989) na redução da perda da clorofila.

Os frutos armazenados a 13°C, no tratamento C.C., apresentaram, de forma geral, maiores índices de clorofila ($P < 0.01$) quando comparados ao S.C.. Resultados semelhantes foram observados em tomates por INABA & CRANDALL (1986) e BARRET-REINA (1990), que relacionaram o efeito da retenção da cor verde à inibição do metabolismo induzida pelo tratamento C.C..

TABELA 7. Valores médios das variáveis Vitamina C Total, Clorofila e Carotenóides Totais de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$, por 12 semanas.

Temp. ($^\circ\text{C}$)	Tempo Trat.	Vit. C Total (mg/100 ml)		Clorofila Total (mg/100 g flavedo)		Carotenóides Totais (mg/100 g flavedo)		
		C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.	
$8 \pm 1^\circ\text{C}$	2	47.11	43.00	13.50	12.83	2.73 Aa	2.23 Bb	
	4	45.90	40.83	14.31	16.88	2.59 Aa	2.30 Ba	
	6	A.M.	39.91	39.13	17.16	14.97	2.37 Aa	1.79 Ba
	8		36.89	36.20	19.00	15.91	1.87 Aa	1.79 Aa
	10		34.73	32.42	7.48	9.97	2.01 Aa	1.42 Ba
	12		34.14	32.66	8.89	7.76	1.90 Aa	1.40 Ba
UR=95 \pm 2%	2	46.11	40.81	15.14	13.55	2.22 Bb	2.42 Aa	
	4	44.15	39.25	15.26	17.74	2.23 Ab	2.32 Aa	
	6	A.A.	37.93	38.13	12.89	11.96	1.69 Bb	1.91 Aa
	8		35.34	34.82	11.45	13.19	1.91 Aa	1.74 Aa
	10		33.33	32.06	5.70	7.15	1.96 Aa	1.53 Ba
	12		31.97	31.37	5.08	3.84	1.87 Aa	1.18 Bb
CV(%)		2.023		13.473		4.741		
DMS (Tukey 5%)		NS		NS		0.192		
$13 \pm 1^\circ\text{C}$	2	43.70 Aa	44.31 Aa	13.12	12.51	2.31 Aa	2.39 Aa	
	4	43.49 Aa	39.80 Ba	16.19	11.20	2.03 Bb	2.20 Aa	
	6	A.M.	41.15 Aa	37,26 Ba	13.26	4.02	1.83 Ab	1.67 Bb
	8		37.15 Aa	34.44 Ba	7.64	0.0	1.34 Ab	1.34 Ab
	10		31.74 Aa	30.06 Aa	3.54	0.0	1.75 Aa	1.42 Bb
	12		31.29 Aa	29.90 Aa	0.17	0.0	1.41 Aa	1.47 Aa
UR=90 \pm 2%	2	42.31 Aa	39.00 Bb	12.84	16.22	2.14 Ab	2.23 Aa	
	4	40.68 Ab	37.20 Bb	12.19	12.52	2.72 Aa	2.33 Bb	
	6	A.A.	42.39 Aa	35.43 Ba	10.69	11.02	2.24 Aa	2.00 Ba
	8		33.81 Ab	34.25 Aa	6.11	6.00	1.68 Ba	2.05 Aa
	10		31.03 Aa	30.22 Aa	1.04	3.51	1.16 Bb	1.66 Aa
	12		30.12 Aa	28.75 Aa	0.0	2.76	1.30 Ab	1.23 Ab
CV(%)		2.888		15.290		7.411		
DMS (Tukey 5%)		0.623		N.S.		0.297		

C.C. = Com choque frio ($-2^\circ\text{C}/2\text{h}$);

S.C. = Sem choque frio ($22^\circ\text{C}/2\text{h}$);

A.M. = Atmosfera modificada por filme de PVC;

A.A. = Atmosfera do ambiente refrigerado.

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical são estatisticamente iguais, para cada época de avaliação.

CLOROFILA TOTAL (mg/100g)

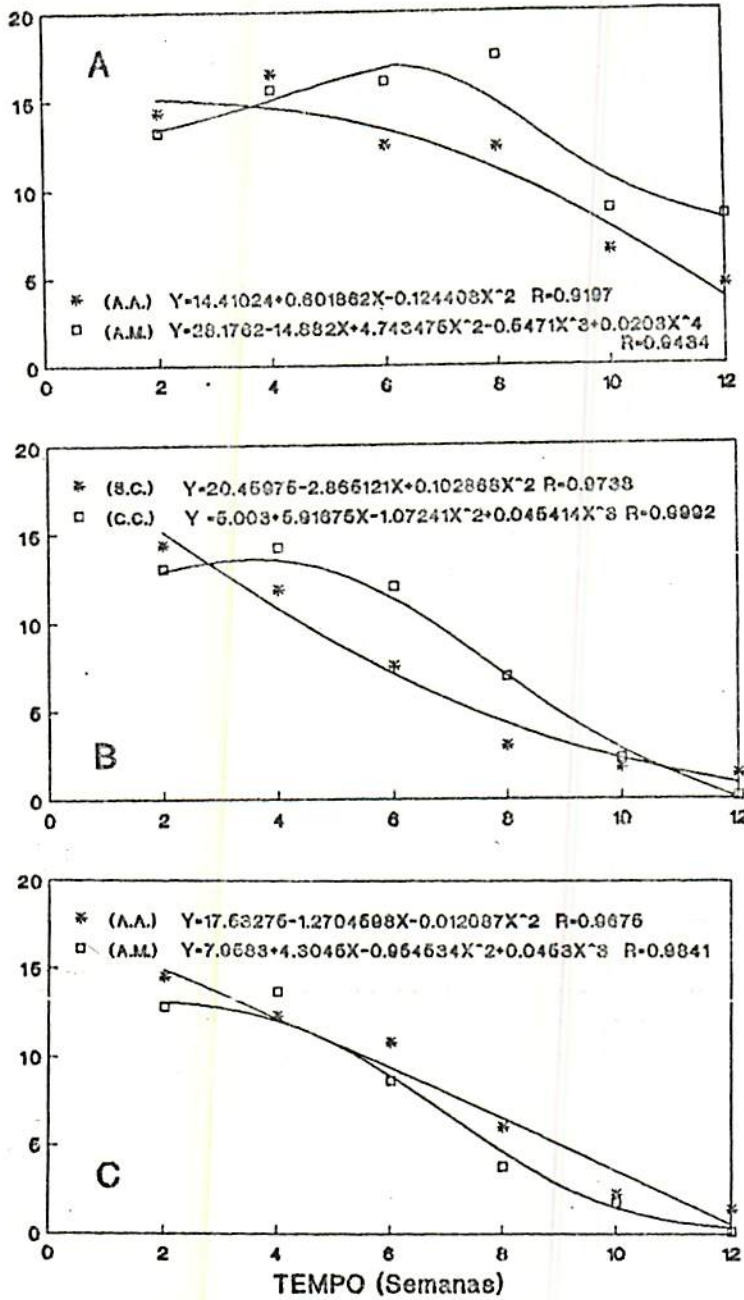


FIGURA 9. Clorofila Total durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; sem (S.C.) e com (C.C.) choque frio.

B = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; S.C. e C.C..

C = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; em atmosferas ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

No armazenamento a 13°C, constata-se na Tabela 8 que os frutos C.C. sob A.M. retiveram mais clorofila. No entanto, nos frutos S.C., ao contrário, o maior teor de clorofila foi obtido sob A.A., sendo essa resposta contraditória.

Tabela 8. Valores médios de Clorofila Total de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Tratamentos	Clorofila Total (mg/100 g flaveço)	
	C.C.	S.C.
A.M.	8.99 Aa	4.62 Bb
A.A.	7.14 Bb	8.67 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0,9479

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.

Além da perda da clorofila como consequência da podridão estilar, três possíveis vias de degradação enzimática para o desaparecimento da clorofila têm sido propostas. A primeira, pela ação da clorofilase que hidrolisa a clorofila em clorofilídeos e fitol (PURVIS & BALMORE, 1981); a segunda é através da lipoxigenase que produz radicais de ácidos graxos livres, que reagem com clorofila (SACHER, 1973) e carotenóides (CHICHESTER & MCFEETERS, 1970) oxidando-os; e a terceira é a peroxidase, enzima predominante nos tecidos vegetais, que promove a perda da clorofila (KATO & SHIMIZU, 1985) e também dos carotenóides (CHICHESTER & MCFEETERS, 1970), na presença de H_2O_2

e certos fenólicos. No entanto, os clorofilídeos absorvem no mesmo espectro de absorção das clorofilas, podendo conduzir a resultados questionáveis já que os métodos usuais não diferenciam esses dois compostos (PHAN, 1987). Por outro lado, os carotenóides também são extremamente sensíveis às alterações oxidativas. O comportamento contraditório dos frutos armazenados a 13°C sob A.A., como descrito acima, deve estar relacionado com a oxidação de clorofila e carotenóides nessa temperatura, ou possivelmente em decorrência da podridão estilar.

A Figura 9 (B e C), respectivamente, apresenta a interação choque frio vs. tempo de armazenamento e tipos de atmosfera vs. tempo de armazenamento, a 13°C. Nessa temperatura, o conteúdo de clorofila total dos frutos C.C. foi superior aos S.C. Os frutos armazenados sob A.A., independente da aplicação de choque frio, apresentaram maiores valores de clorofila durante o armazenamento. No entanto, nesses números, certamente estão reunidos os produtos de oxidação das clorofilas e dos carotenóides.

O teor de carotenóides totais em frutos armazenados a 8°C e a 13°C (Tabela 7 e Figura 10A) tendeu a diminuir durante o tempo de armazenamento, como demonstrado por Muller & Winston, citados por TING & ATTAWAY (1970). Esse fato parece ter ocorrido devido ao aumento do nível de carotenóides incolores com o avanço da maturação.

Verifica-se que a 8°C (Figura 10B), os níveis de carotenóides totais, nos frutos C.C., foram maiores ($P < 0.01$) quando comparados aos frutos S.C., ao contrário do que ocorreu a

CAROTENÓIDES TOTAIS (mg/100g)

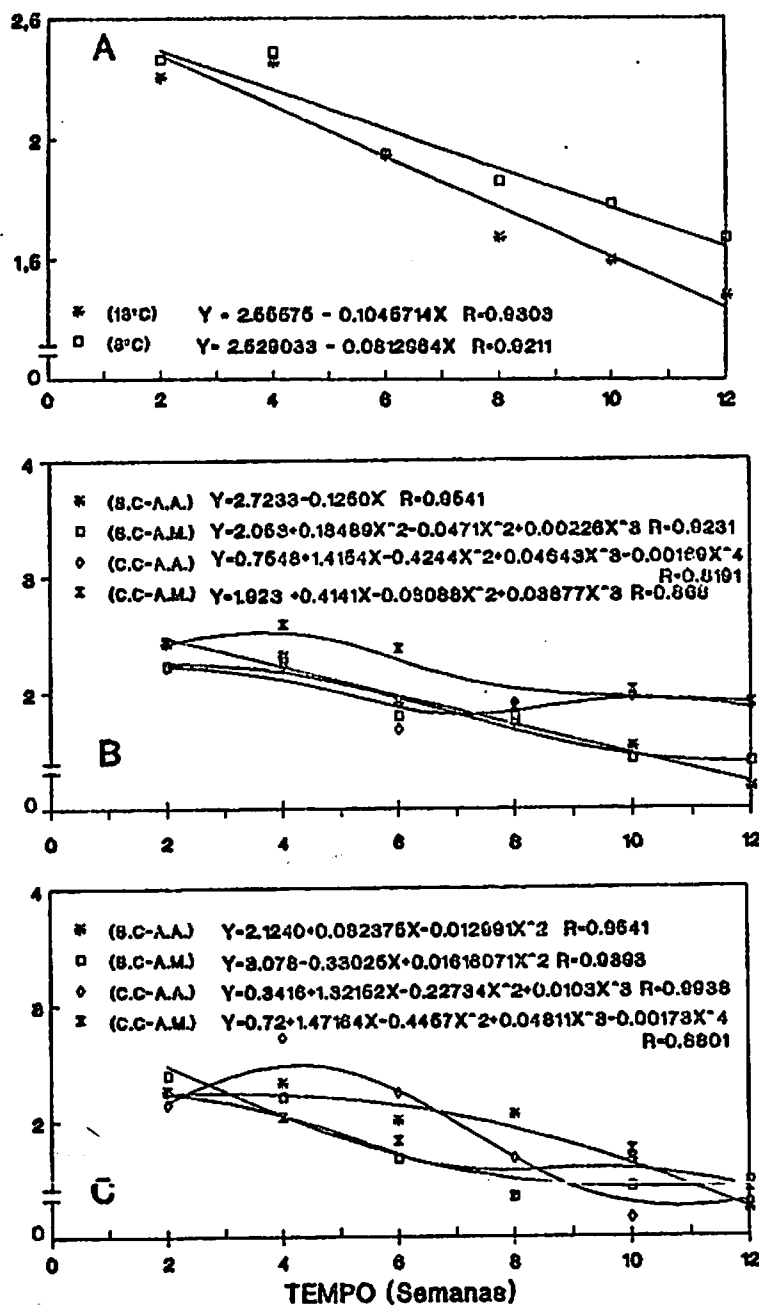


FIGURA 10. Carotenóides Totais durante o armazenamento sob refrigeração de limões 'Tahiti' submetidos a diferentes tratamentos.

A = Comportamento com o tempo de frutos armazenados a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

B = $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; sem choque frio, em atmosfera ambiente (S.C.-A.A.); sem choque frio, em atmosfera modificada (S.C.-A.M.); com choque frio, em atmosfera ambiente (C.C.-A.A.); com choque frio, em atmosfera modificada (C.C.-A.M.).

C = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; (S.C.-A.A.); (S.C.-A.M.); (C.C.-A.A.) e (C.C.-A.M.).

13°C. A 8°C, o teor desse constituinte foi superior nos frutos sob A.M. que naqueles sob A.A., independente da aplicação ou não de choque frio. Esse comportamento também é contrário ao observado a 13°C, contudo, pode sugerir o efeito conferido pela alta UR (95%) a 8°C, que favorece a estabilidade dos carotenóides durante o armazenamento (FENNEMA, 1977).

O comportamento dos carotenóides totais durante o armazenamento a 13°C é representado na Figura 10C. Nessa temperatura o fator choque frio, quando avaliado isoladamente, não apresentou efeito sobre essa característica, embora a interação choque frio vs. tipo de atmosfera vs. tempo de armazenamento tenha sido significativa. Os frutos armazenados sob A.M., a 13°C, apresentaram teor de carotenóides inferior àqueles sob A.A., independentemente de emprego de choque frio no decorrer do tempo. Esse efeito sugere a ação da alta concentração de CO₂, proporcionada pela A.M., na redução da biossíntese dos carotenóides (GOODWIN & GOAD, 1970 e KADER, 1986).

4.2.7. Avaliação Subjetiva de Cor

Nos frutos armazenados a 8°C, a cor verde predominou por 12 semanas, quando foi obtido, na Escala Subjetiva de Cor, o grau 3 como máximo, apenas nos tratamentos S.C.-A.A. (Tabela 9), nível de cor aceitável pelo consumidor, para o limão 'Tahiti'.

O emprego da A.M. retardou o desenvolvimento da cor dos frutos armazenados a 8°C, mas não exerceu esse efeito a 13°C.

Provavelmente, com a elevação da concentração de CO₂ e redução de O₂ no armazenamento em A.M., associadas à baixa temperatura de armazenamento, reduziu-se a atividade enzimática de modo a afetar o metabolismo de degradação da clorofila.

O tratamento de choque frio, quando avaliado isoladamente, a 8°C, não exerceu efeito sobre a manutenção da cor verde. Entretanto, seu efeito foi significativo a 13°C, confirmando a efetividade desse tratamento, à temperaturas mais elevadas, em reduzir a atividade metabólica. Em 10 semanas a 13°C, a cor verde ainda predominava nos frutos C.C. e sob A.M. (Tabela 9). Contudo, nos demais tratamentos a 13°C, no mesmo período, a cor predominante era a amarela. Em geral, o rápido desaparecimento da cor verde do flavedo do limão 'Tahiti', concomitante com o notável aumento da tonalidade amarela, está associado com a podridão estilar (CASTRO-LÓPEZ, 1981). Além desse sintoma, os frutos armazenados S.C. e sob A.A., apresentavam oxidação pronunciada dos pigmentos, nesse período.

O emprego da A.M. avaliado isoladamente, nos frutos armazenados a 13°C, não foi significativo na retenção da cor verde. Esse resultado certamente foi influenciado pela alta oxidação sofrida pelos pigmentos dos frutos armazenados S.C., sob A.A., como descrito no item 4.2.6.. A evaporação da água dos tecidos comprometeu seriamente a cor dos frutos armazenados sob essas condições, de maneira que, a partir da 10ª semana de armazenamento, esses frutos já apresentavam coloração verde-amarronzada.

TABELA 9. Valores médios das Avaliações Subjetivas de Cor e de Aparência de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$, por 12 semanas.

Armazenamento			Aval. Subjetiva da Cor (0 - 6 graus)		Aval. Subjetiva da Aparência (0 - 6 graus)	
Temp. ($^\circ\text{C}$) /UR(%)	Tempo (semanas)	Trat.	C.C.	S.C.	C.C.	S.C.
$8 \pm 1^\circ\text{C}$	2	A.M.	0.00	0.00	0.00	0.00
	4		0.00	0.00	0.00	0.38
	6		0.88	1.00	0.38	0.50
	8		1.00	1.38	0.63	0.75
	10		1.63	1.63	1.25	1.38
	12		1.75	2.38	1.30	2.13
UR=95 \pm 2%	2	A.A.	0.00	0.00	0.00	0.00
	4		0.00	0.13	0.63	1.13
	6		1.00	1.50	1.13	1.50
	8		1.75	2.00	1.13	1.63
	10		2.13	1.75	1.25	2.25
	12		2.00	2.63	2.25	3.00
CV(%) =			49.89		30.82	
$13 \pm 1^\circ\text{C}$	2	A.M.	0.00	0.13	0.63	0.75
	4		0.25	1.00	0.88	1.13
	6		1.50	1.50	1.25	1.38
	8		1.63	4.00	1.75	2.00
	10		3.00	4.25	2.25	2.50
	12		3.75	4.63	2.63	2.75
UR=90 \pm 2%	2	A.A.	0.13	0.25	1.00	1.63
	4		0.50	0.50	1.75	2.25
	6		1.13	1.38	2.50	3.00
	8		2.63	2.75	3.25	3.38
	10		3.50	4.50	3.88	4.38
	12		4.46	5.50	4.25	4.88
CV(%)			26.69		10.49	

C.C. = Com choque frio ($-2^\circ\text{C}/2\text{h}$)

S.C. = Sem choque frio ($22^\circ\text{C}/2\text{h}$)

A.M. = Atmosfera modificada por filme de PVC

A.A. = Atmosfera do ambiente refrigerado

Os altos coeficientes de variação obtidos nos experimentos conduzidos a 8°C e a 13°C, são justificados pela própria natureza do fruto, sua desuniforme descoloração, às bruscas variações de cor, bem como pela própria avaliação subjetiva.

4.2.8. Avaliação Subjetiva da Aparência em Ambiente Refrigerado

Embora os limões 'Tahiti' sejam frutos que possuem atividade fisiológica muito baixa e vida pós-colheita relativamente longa (BIALE, 1960), o uso de ambiente refrigerado para o armazenamento foi decisivo no prolongamento da vida útil desses frutos. Quando a refrigeração foi associada à A.M. reduziu-se ainda mais a perda de peso, o enrugamento, a degradação da clorofila, a incidência da podridão estilar, bem como o ataque de patógenos, mantendo-se a turgidez dos frutos por mais tempo. Enquanto nos frutos mantidos à temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$) só foi possível estudar o seu comportamento durante 5 semanas, sob refrigeração, foi permitido proceder às avaliações por 12 semanas (Tabela 9), podendo esse período ter se estendido por mais tempo, sobretudo no armazenamento a 8°C.

Constatou-se, no armazenamento a 8°C, que a aparência dos frutos C.C. foi significativamente melhor ($P < 0.01$) quando comparada aos S.C.. Nessa temperatura a A.M. foi também decisiva na qualidade visual, verificando-se que o aspecto dos frutos foi superior quando comparado aos sob A.A., ressaltando-se que, a

8°C, os frutos de todos os tratamentos apresentavam-se em plenas condições de consumo na 12ª semana (Tabela 9), por esses terem mantido seus atributos de qualidade.

Na Tabela 10 podem ser observados os resultados da interação choque frio vs. tipos de atmosfera nos frutos armazenados a 8°C e a 13°C, verificando-se que nas duas temperaturas, tanto o tratamento C.C., quanto a modificação da composição dos gases pelo filme, foram significativos em assegurar melhor aparência aos frutos, embora a A.M. tenha se mostrado bem mais efetiva. A elevada taxa de transpiração observada através da perda de peso dos limões armazenados em A.A., demonstra que a sua cutícula natural não permite estabelecer barreiras que propiciem um maior tempo de armazenamento nessa condição. A possível ação de contração da membrana celular produzida pelo tratamento de C.C., associada ao efeito do filme de PVC, atuou como uma cobertura protetora dos frutos conferindo melhor aparência aos mesmos.

No decorrer de todo armazenamento a 13°C, os frutos C.C. sob A.M., apresentaram qualidade visual superior, quando comparados aos frutos sob A.A.. Esses frutos achavam-se até a 10ª semana em plenas condições de consumo e/ou comercialização (Figura 11A), por apresentarem aparência túrgida, casca predominantemente verde (Tabela 9), isento de podridão estilar e nenhum ataque fúngico, permanecendo com aspecto visual aceitável até a 12ª semana, quando a casca era 75% verde. A possível contração da parede celular, decorrente do tratamento C.C., associado ao

APARÊNCIA (0 - 6 GRAUS)

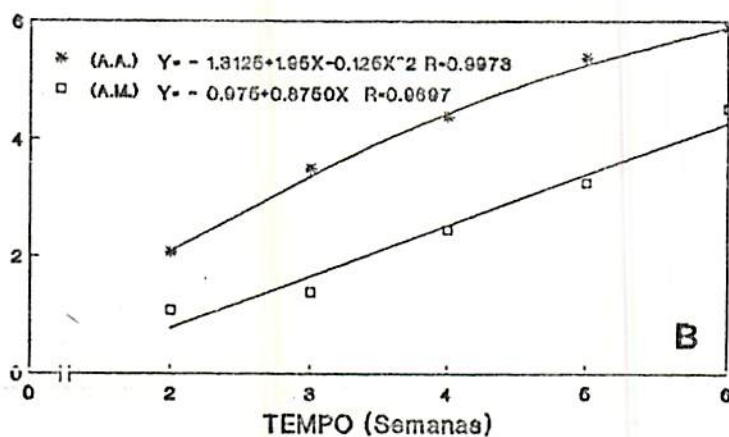
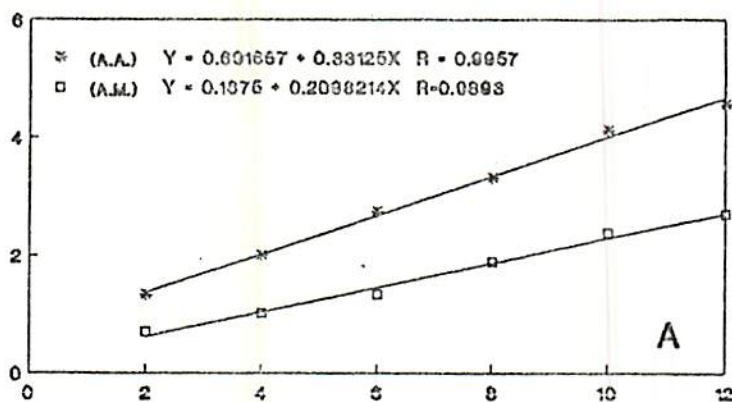


FIGURA 11. Valores da Aparência Subjetiva durante o armazenamento de limões 'Tahiti' em dois tipos de atmosferas.

A = $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$; em atmosfera ambiente (A.A.) e modificada (A.M.).

B = $22 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$; em (A.A.) e (A.M.).

TABELA 10. Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0-6 graus), de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados em atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$ e a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Tratamentos	C.C.	S.C.
----- $8 \pm 1^\circ\text{C}$ UR = $95 \pm 2\%$ -----		
A.M.	0.65 Bb	0.85 Ab
A.A.	1.05 Ba	1.58 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.1978		
----- $13 \pm 1^\circ\text{C}$ UR = $90 \pm 2\%$ -----		
A.M.	1.56 Bb	1.75 Ab
A.A.	2.77 Ba	3.25 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.1863		

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.

aumento da concentração de CO_2 e redução de O_2 proporcionados pela A.M., pode ter minimizado os eventos traumáticos que catalizam a ruptura das vesículas de suco, dando lugar à podridão estilar.

A aparência dos frutos armazenados a 13°C , sob A.A., independente do emprego de choque frio, achava-se visivelmente comprometida após a 8ª semana (Tabela 9 e Figura 11A). Isso provavelmente ocorreu devido a elevada perda de água sofrida pelos frutos, pela degradação de clorofila e carotenóides, que proporcionou a cor verde-amorronzada nos frutos, bem como pela presença da podridão estilar e infecção fúngica.

4.2.9. Avaliação Subjetiva da Aparência à Temperatura Ambiente

Turgidez é certamente uma das palavras-chave em fisiologia pós-colheita, por representar uma condição de frescor na aparência dos frutos. Os valores obtidos na avaliação da aparência para limões 'Tahiti', armazenados à temperatura ambiente (22°C) e UR de $85 \pm 5\%$ por 6 semanas, são apresentados na Tabela 11, onde verifica-se que a aparência túrgida manteve-se até a 5ª semana nos frutos C.C., embalados em filme de PVC (A.M.). Considerando-se o fator tipos de atmosferas no tempo, à 22°C (Figura 11B), verifica-se que, aparentemente, os frutos sob A.M., achavam-se em plenas condições de consumo até a 5ª semana quando ainda apresentavam aspecto túrgido, enquanto nos sob A.A., a aparência era insatisfatória ao consumidor já na 3ª semana.

Na Tabela 12 constata-se que a 22°C o tratamento C.C., quando associado a A.M., exerceu efeito significativo sobre a aparência dos frutos, como observado em tomates por BARRET-REINA (1990). Tal comportamento, do mesmo modo que a 8°C e a 13°C, sugere que, a 22°C, essa associação proporcionou a melhoria visual e o aumento da vida pós-colheita, uma vez que os frutos S.C. e sob A.A., apresentavam sua turgidez reduzida já na 3ª semana (Tabela 11), estando esses impróprios ao consumo na 4ª semana de armazenamento, quando a cor da casca era verde-amarronzada e eram evidentes os sintomas da podridão estilar. Esses resultados podem ser decorrentes da redução das taxas

TABELA 11. Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0-6 graus) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.), a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ (ambiente) e UR de $85 \pm 5\%$, por 6 semanas.

		Avaliação Subjetiva da Aparência (0 - 6 graus)	
Armazenamento (Semanas)	Tratamentos	C.C.	S.C.
2		1.00	1.13
3		1.38	1.38
4	A.M.	2.50	2.50
5		3.13	3.38
6		4.25	4.75
2		1.75	2,38
3		3.38	3.63
4	A.A.	3.88	4.88
5		5.50	5.63
6		5.75	6.00

metabólicas, e da contração da parede celular proporcionadas pela atuação conjunta dos fatores C.C. e A.M., retardando, nos frutos, os efeitos de colapso ocasionados pelo avanço da maturidade e suas conseqüentes desordens fisiológicas.

TABELA 12. Valores médios da Avaliação Subjetiva da Aparência (0-6 graus) de limões 'Tahiti' submetidos a choque frio (C.C.) e controle (S.C.), armazenados sob atmosferas modificada (A.M.) e ambiente (A.A.) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$.

A.M.	2.43 Bb	2.63 Ab
A.A.	3.98 Ba	4.50 Aa

DMS (Tukey 5%) = 0.1935

Valores médios seguidos das mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, são estatisticamente iguais.

Na 6ª semana de armazenamento os frutos de todos os tratamentos achavam-se com aparência comprometida por enrugamento, ressecamento, perda do frescor, incidência de podridão estilar e crescimento de fungos, tornando-se imprestáveis ao consumo (Tabela 11), embora os frutos submetidos a C.C. e armazenados sob A.M. tenham apresentado médias inferiores.

O limão 'Tahiti' é susceptível à injúria pelo frio quando submetido a temperaturas inferiores a 7,5°C, por longo período de exposição (HARDENBURG et alii, 1986). No presente trabalho, os frutos C.C. não apresentaram sinais dessa desordem fisiológica quando armazenados a 22°C, certamente devido ao curto espaço de tempo (2 horas) empregado na realização do tratamento.

4.2.10. Ataque Fúngico

No experimento conduzido a 8°C não foi observado incidência de patógenos durante 12 semanas de armazenamento. Essa resposta pode ser atribuída a possibilidade dessa temperatura ter inibido a germinação dos esporos presentes, uma vez que o tratamento com hipoclorito de sódio a 1% por 10 minutos, por ser este um fungicida não sistêmico, não foi efetivo na eliminação dos patógenos da superfície dos frutos.

Nos frutos mantidos a 13°C, C.C. e sob A.M., não foi observado o desenvolvimento de fungos até a 10ª semana de armazenamento. Esse comportamento sugere que o tratamento C.C.

reduziu o metabolismo de colapso, bem como a atividade da microflora, estendendo, dessa forma, o período de armazenamento dos frutos. No entanto, nos frutos S.C. e sob A.M., mantidos a 13°C, observou-se o desenvolvimento de *Fusarium* sp., *Cladosporium* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Verticillium* sp. a partir da 8ª semana de armazenamento, em frutos que apresentavam sintomas de podridão estilar.

Nos frutos armazenados a temperatura ambiente (22°C), as unidades experimentais C.C. apresentavam menor incidência de infecção fúngica nos frutos sob A.M., quando comparado àqueles sob A.A.. A exposição dos frutos a baixa temperatura, proporcionada pelo tratamento C.C., provavelmente contribuiu para reduzir a atividade dos fungos que poderiam estar no interior ou na superfície dos mesmos. Observações semelhantes foram obtidas em tomates por BARRET-REINA (1990). Possivelmente a redução da concentração de O₂ com o aumento de CO₂, associado ao tratamento C.C., tenha sido desfavorável ao desenvolvimento dos microrganismos, podendo o filme ter atuado como barreira, protegendo os frutos dos possíveis esporos dos fungos presentes no ambiente. Como também, em frutos cítricos armazenados sob A.M. e alta UR à temperaturas mais altas, a atividade da fenilalaninaamônia liase é acelerada, promovendo cura de feridas e lignificação, bem como reduzindo a deterioração fúngica (BEN-YEHOSHUA, 1987).

Nos frutos de todos os tratamentos à temperatura ambiente (22°C) ocorreu a incidência de *Fusarium* sp.,

Cladosporium sp. e *Alternaria* sp., que são espécies causadoras de deterioração fúngica em limões (SCHIFFMANN-NADEL, 1977). O ataque dos patógenos foi observado a partir da 4ª semana de armazenamento nos frutos S.C. e sob A.A., época em que esses começavam a apresentar nítidos sinais de senescência.

4.2.11. Modelagem Matemática

Os dados estimativos obtidos através de método computacional e dados experimentais da concentração de vitamina C total em limões 'Tahiti' C.C. e S.C., embalados em grupos de quatro, em filme de PVC com área 289 cm², são apresentados nas Figura 12(A e B). A estimativa computacional da variação dessa vitamina, foi obtida através do procedimento mostrado na Figura 13. O modelo proposto nesse trabalho apresentou um ajuste satisfatório aos dados experimentais, sobretudo nos frutos S.C. (Figura 12A), possivelmente devido a atividade metabólica dos frutos nessa condição estar ajustada com o comportamento descrito para as variáveis secundárias consideradas na elaboração do modelo (temperatura, UR, espessura do filme e tempo), em relação a variável principal (Vitamina C Total). Nos frutos com tratamento C.C., os melhores ajustes foram observados nos armazenamentos a 22°C e a 13°C, entre a 6ª e a 10ª semana. Nesse tratamento, a 22°C, da 2ª até a 4ª semana, os dados experimentais apresentaram valores superiores aos estimados. No tempo zero e na 5ª semana e, a seguir, a estimativa apresentou valores superiores aos

observados. O comportamento discrepante dos frutos C.C., da 2ª até a 4ª semana, pode ser decorrente de uma possível modificação das atividades metabólicas, mais baixas nesses frutos, em relação aos S.C.. Por outro lado, o modelo desenvolvido neste trabalho não pôde estimar com maior precisão as altíssimas transformações metabólicas transientes durante as primeiras semanas de armazenamento nos frutos C.C. e S.C., como descrito na Figura 12(A e B). Essa limitação também foi observada no modelo matemático desenvolvido por YANG & CHINNAN (1988), para estimar as modificações na composição dos gases e na cor, nas primeiras 24 horas de armazenamento de tomates em filme polimérico.

Os valores estimados a 22°C, nos frutos S.C., tenderam a apresentar comportamento mediano em relação aos dados experimentais durante o período avaliado. Assim, na 2ª e 3ª semanas, os valores experimentais foram inferiores aos estimados, observando-se comportamento inverso a partir da 4ª semana de armazenamento (Figura 12A). A temperatura de armazenamento é reconhecida como um fator que afeta a composição dos gases em armazenamento sob A.M. (BEAUDRY et alii, 1992). Por sua vez, a permeabilidade ao O₂ está relacionada com a espessura dos filmes (PURVIS, 1983b) e a respiração do produto embalado, fatores que dependem diretamente da temperatura de armazenamento (BEAUDRY et alii, 1992). A resistência à difusão do CO₂ também é reduzida à temperaturas mais altas (KE & KADER, 1990). Por outro lado, a vitamina C é enzimaticamente oxidada na presença de O₂ (VINES & OBERBACHER, 1962), bem como sua estabilidade é influenciada pela

VITAMINA C TOTAL (mg/100g)

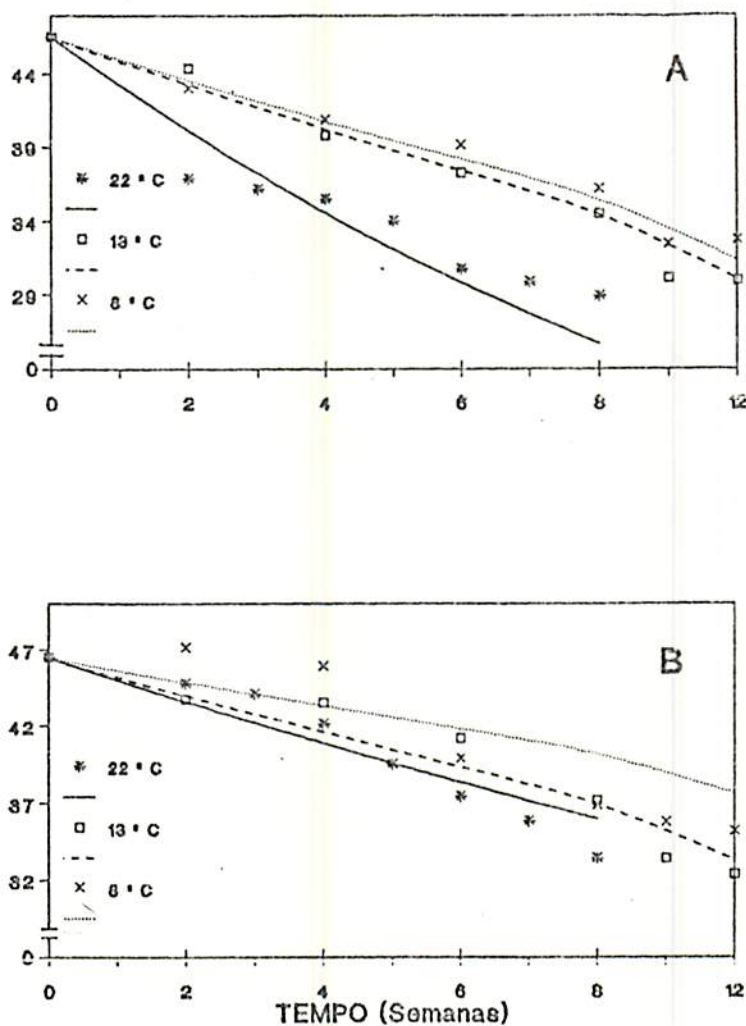


FIGURA 12. Comparação entre os resultados experimentais (x, □, *) e estimados por modelo matemático (... , ---, —) do conteúdo de Vitamina C Total de limões 'Tahiti' armazenados, respectivamente, a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$; a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$ e a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$; embalados em filme de PVC de 12μ de espessura com área de superfície de 289 cm^2 , sem (A) e com (B) choque frio.


```

F1(A) = - 1.25263E-02 + 2.78830E-04*A - 1.56593E-06*A*A
F2(A) = 4.38835E-03 - 9.63980E-05*A + 5.18370E-07*A*A
X = 12.0
V1 = 46.47
AREA = 17.0*17.0
OPEN(20,FILE='DATA.OUT',STATUS='NEW')
10 WRITE(*,*) 'TECLE 1:SEM CHOQUE; 2:COM CHOQUE;0: PARA SAIR '
   READ(*,*) N
   IF(N .EQ. 1) THEN
     WRITE(*,*)
     WRITE(*,*) 'SEM CHOQUE'
   ELSEIF(N .EQ. 2) THEN
     WRITE(*,*)
     WRITE(*,*) 'COM CHOQUE'
   ELSE
     STOP
   ENDIF
20 WRITE(*,*)
   WRITE(*,*) 'DAR UR(X), TEMPERATURA(C), E TEMPO(Dias)'
   WRITE(*,*)
   READ(*,*) UR,T,TEMPO
   WRITE(*,*)
C CALCULO DO COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDADE K
   IF(N .EQ. 1) THEN
     XK = F1(UR)
   ELSEIF(N .EQ. 2) THEN
     XK = F2(UR)
   ENDIF
C CALCULO DO TEOR DE VITAMINA C TOTAL
   V = V1*EXP(XK*AREA*T*TEMPO/X)
   IF(N .EQ. 1) THEN
     WRITE(*,*) 'SEM CHOQUE'
     WRITE(*,*)
     WRITE(20,*) 'SEM CHOQUE'
   ELSEIF(N .EQ.2) THEN
     WRITE(*,*) 'COM CHOQUE'
     WRITE(*,*)
     WRITE(20,*) 'COM CHOQUE'
   ENDIF
   WRITE(*,*) TEMPO,V,T,UR
   WRITE(20,*) TEMPO,V,T,UR
   READ(*,*) L
   IF(L .EQ. 0) GOTO 20
   GOTO 10
   STOP
   END

```

FIGURA 13. Programa em FORTRAN para calcular o teor de Vitamina C Total durante o armazenamento sob atmosfera modificada de limões 'Tahiti' sem e com choque frio.

umidade relativa de armazenamento (FENNEMA, 1977). O modelo desenvolvido neste trabalho relaciona as principais variáveis envolvidas no armazenamento de frutos sob A.M., permitindo estimar adequadamente a perda da vitamina C total durante o armazenamento prolongado do limão 'Tahiti' sob várias combinações entre parâmetros físicos envolvidos na sua degradação.

Os valores obtidos na estimativa computacional variaram na faixa de 0,17% a 8,5% nos frutos S.C. e entre 0,30% a 10,28% nos frutos C.C., indicando uma validade satisfatória entre os valores experimentais e os previstos pelo modelo, como observado nas Figura 12(A e B). Dessa forma, o modelo proposto consiste num método simples e rápido, envolvendo poucos parâmetros e que, no entanto, permite estimar o conteúdo de vitamina C, economizando tempo, reduzindo os custos por não necessitar da condução de experimentos. Além disso, permite a extrapolação das variáveis secundárias estudadas, para observar os efeitos destas sobre o comportamento da variável principal.

A metodologia descrita nesse trabalho pode ser estendida para outros frutos e vegetais embalados, sendo necessário, para isso conduzir experimentos abrangendo situações variadas, para a determinação do coeficiente de proporcionalidade (K), específico para cada produto. Dessa forma, esse modelo poderá também ser útil em gerar dados necessários para estabelecer estimativas confiáveis da vida de prateleira de produtos comercializados baseado no seu valor nutritivo, a partir do conhecimento de apenas um dado no tempo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições experimentais utilizadas permitem concluir:

1. A aplicação de choque frio (-2°C por 2 horas) ao limão 'Tahiti', prévia ao armazenamento refrigerado, foi efetiva na manutenção dos atributos de qualidade (menores perdas de peso, de acidez, de açúcares e clorofila), notadamente no armazenamento a 13°C .

2. A embalagem dos frutos em filme de PVC selado como gerador de atmosfera modificada, em associação à refrigeração, proporcionou redução da transpiração (redução na perda de peso) e menor variação nas características intrínsecas (acidez, sólidos solúveis, açúcares, carotenóides, clorofila e vitamina C total).

3. A associação do choque frio com a atmosfera modificada, independentemente da temperatura de armazenamento 8°C, 13°C e 22°C foi efetiva na manutenção das características intrínsecas e da aparência dos frutos, bem como em retardar as perdas por ataque fúngico.

4. O emprego de refrigeração foi decisivo no prolongamento da vida pós-colheita dos limões 'Tahiti', os quais mantiveram boas características de qualidade por até 12 semanas, contra apenas 5 semanas nos frutos sob temperatura ambiente.

5. A refrigeração a 8°C, associada à embalagem dos frutos em filme de PVC, foi a condição mais efetiva para o armazenamento do limão 'Tahiti', por manter a cor verde e os atributos de qualidade, não se observando podridão estilar ou ataque fúngico no período experimental de 12 semanas.

6. No modelo matemático desenvolvido, os dados estimados obtidos para o teor de vitamina C total apresentaram validade para os dados experimentais, para os frutos com e sem choque frio, podendo ser utilizado para estimar o teor constituinte em qualquer condição de temperatura e umidade relativa, durante o armazenamento dos frutos.

6. RESUMO

Limões da cultivar 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) submetidos a choque frio (-2°C por 2 horas) e controle (22°C por 2 horas), foram armazenados sob atmosfera modificada por filme de PVC de $12\ \mu$ de espessura e sob atmosfera ambiente (sem PVC) a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $95 \pm 2\%$ UR e a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90 \pm 2\%$ UR, durante 12 semanas, para avaliar o potencial de conservação e desenvolver um modelo matemático para estimar o teor de vitamina C durante o armazenamento dos frutos. Determinações físicas, físico-químicas e químicas foram realizadas em intervalos de 2 semanas. Também foi instalado um experimento paralelo a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e UR de $85 \pm 5\%$, sendo somente avaliado o conteúdo de vitamina C total (valores utilizados apenas na elaboração do modelo matemático), e a aparência subjetiva dos frutos.

O armazenamento a 8°C , foi mais efetivo em manter a cor verde e a aparência túrgida, não se observando podridão estilar ou ataque fúngico durante 12 semanas.

A aplicação de choque frio propiciou menor perda de peso e foi efetiva na manutenção dos níveis de acidez, sólidos solúveis totais, açúcares e de clorofila, e reduziu as perdas por ataque fúngico, notadamente a 13°C.

A atmosfera modificada, associada à refrigeração, permitiu um aumento significativo da vida pós-colheita do fruto, passando de 5 semanas a 22°C, para até 12 semanas a 8°C e 13°C, com manutenção dos atributos de qualidade do fruto, notadamente a 8°C.

A associação de choque frio à atmosfera modificada no tempo de armazenamento manteve os níveis de acidez total, reduziu as perdas de vitamina C total e por ataque fúngico, propiciando manutenção da qualidade do limão 'Tahiti' no período experimental de 12 semanas, sobretudo nos frutos armazenados a 8°C.

Um modelo cinético de primeira ordem foi proposto e posteriormente validado pelos dados experimentais. Os valores médios do coeficiente na equação foram relacionados com a umidade relativa através de um polinômio de segunda ordem. O modelo final desenvolvido foi capaz de estimar a perda de vitamina C como uma função das condições de armazenamento (temperatura e umidade relativa), espessura do filme, área da embalagem e nível inicial de vitamina C. O modelo fez uma melhor estimativa para a perda com choque frio.

7. SUMMARY

POSTHARVEST CONSERVATION OF 'TAHITI' LIMES (*Citrus latifolia* Tanaka) TREATED WITH COLD-SHOCK, MODIFIED ATMOSPHERE AND REFRIGERATION - DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELING

'Tahiti' limes submitted to cold shock (-2°C during 2 hours) and the control at 22°C during 2 hours were stored (i) under modified atmosphere by using $12\ \mu$ - thickness PVC film and (ii) without being covered by PVC film. Samples in each of the categories were subjected to three combinations of temperature and relative humidity: $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $95 \pm 2\%$ UR; $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $90 \pm 2\%$ UR during 12 weeks in order to verify their conservation potential and develop a mathematical model for estimating the loss of vitamin C during storage. The determination of their physical and physico-chemical parameters was accomplished at two weeks interval. Another experiment at $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $85 \pm 5\%$ UR was carried out for evaluation of the vitamin C content (values used only for the development of the mathematical model), and the appearance of the fruits.

The storage at 8°C was more effective for maintaining the green color and the turgid appearance, without incidence of styler-end breakdown or fungus attack. The treatment of cold-shock reduced the weight and vitamin C losses as well the fungus attack, and maintained the levels of acidity, total soluble solids, sugars and chlorophyll, notably at 13°C than at 8°C.

The storage under modified atmosphere and refrigeration increased the post-harvest life of fruits significantly, from 5 weeks at 22°C to 12 weeks at 8°C and 13°C. The storage temperature of 8°C showed a notable increase in shelf life.

The association of cold-shock followed by modified atmospheric storage reduced the degradation of metabolic reactions. It resulted in reduction of weight and vitamin C losses as well as fungus attack was seen to be reduced, maintaining the levels of acidity and the quality of stored limes during 12 weeks, mainly at 8°C.

A first-order reaction model was proposed and later valited by experimental data. The average values of the coefficient in the equation was related with relative humidity by a second order polynomial. The final model was found to be capable of estimating vitamin C loss as a function of storage conditions (temperature and relative humidity), film thickness, area of packaging and initial level of vitamin C. The model did a better estimation for the lot with cold shock.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ANDRICH, G.; FIORENTINI, A.; TUCI, A.; ZINNAI, A. & SOMMOVIGO, G. A tentative model to describe the respiration of stored apples. *Journal American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 116(3):478-81, May 1991.
02. ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 2. ed. Washington, AOAC, 1970.
03. BARRET-REINA, L.C. Conservação pós-colheita do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) da cultivar gigante Kada submetido a choque frio e armazenado com filme de PVC. Lavras, ESAL, 1990. 144p. (Tese MS).

04. BEAUDRY, R.M.; CAMERON, A.C.; SHIRAZI, A. & DOSTAL-LANGE, D.L. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package O₂ and CO₂. Journal American Society of Horticultural Science, Alexandria, 117(3):436-41, May 1992.
05. BEN-YEHOSHUA, S. Transpiration, water stress, and gas exchanges. In: WEICHMANN, J., ed. Postharvest physiology of vegetables, New York, Marcel Dekker, 1987, p.113-70.
06. _____ ; SHAPIRO, B. & EVEN-CHEN, Z. Mode of action of individual seal-packaging in high-density polyethylene (HDPE) film in delaying deterioration of lemon and bell pepper fruits. Proceedings of International Society of Citriculture, Tokio, 2:718-21, 1981.
07. BERG, L. van der & LENTZ, L.P. High humidity storage of vegetables and fruits. HortScience, Alexandria, 13(5):17-21, Oct. 1978.
08. BIALE, J.B. The postharvest biochemistry of tropical and sub-tropical fruits. Advances Food Research, New York, 10:293-355, 1960.

09. BLEINROTH, W.E.; HANSEN, H.A.; FERREIRA, V.L.P. & ANGELUCCI, E. Conservação de limões das variedades Taiti e Siciliano pelo frio e com ácido giberélico. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 7:343-70, 1976.
10. BOGIN & WALLACE, A. Organic acid synthesis and accumulation in sweet and sour lemon fruits. Proceedings of American Society of Horticultural Science, Beltsville, 89:182-94, 1966.
11. BRANDY, C.J. Fruit ripening. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 38:115-78, 1987.
12. BRUEMMER, J.H.; BUSLIG, B.S. & ROE, B. Citrus enzyme systems: oportunities for control of fruit quality. Proceedings of International Society of Citriculture, Miami Beach, 3:712-6, 1977.
13. BRUNE, W.; BATISTA, C.M.; SILVA, D.O.; FORTES, J.M. & PINHEIRO, R.V.A. Sobre o teor de vitamina C em mirtáceas. Revista Ceres, Viçosa, 13(14):123-33, ago./set. 1966.

14. CARDINALI, L.R. & SEILER, F.E. Estudo químico-físico em algumas variedades de frutas cítricas. Boletim Agrícola do Departamento de Produção Vegetal. Belo Horizonte, 7(7/8):7-30, jul./ago. 1958.
15. CASAS, A. & MALLENT, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influência de la especie, de la variedad y de la temperatura. Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valência, 28(2):185-202, jun. 1988.
16. CASTRO, J.V. Efeitos da aplicação pós-colheita de ceras sobre a vida de armazenamento de limões 'Tahiti'. Laranja, Cordéirópolis, 10(1):251-68, jan. 1989.
17. CASTRO-LÓPEZ, T. Methods for inducing styelar-end breakdown in persian limes. Proceedings of the International Society of Citriculture, Tokio, 2:745-8, 1981.
18. CHICHESTER, C.O. & McFEETERS, R. Pigment degeneration during processing and storage. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.2, 620p.
19. CHITARRA, M.I.F. & CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças; fisiologia e manuseio. Lavras, ESAL/FAEPE, 1990. 208p.

20. CLEMENTS, R.L. Organic acids in citrus fruits. I. Varietal differences. *Journal of Food Science*, Chicago, 29(2):276-80, Mar./Apr. 1964.
21. COHEN, E.; LURIE, S.; SHAPIRO, B.; BEN-YEHOSHUA, S.; SHALOM, Y. & ROSENBERG, I. Prolonged storage of lemons using individual seal-packaging. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 112(2):251-5, Mar. 1990.
22. CONJUNTURA ECONÔMICA. Rio de Janeiro, FGV, v.45, n.11, nov. 1991.
23. COOK, R. Quality of citrus juice as related of composition and processing practices. *Food Technology*, Chicago, 37(6):68-113, June 1983.
24. CUNHA, G.A.P.; DAVENPORT, T.L.; CAMPBELL, C.W. & SOULE, J. Turgidez do fruto causa podridão estilar do limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka). Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMP, 1980. 4p. (Comunicado técnico, 8).
25. DAVENPORT, T.L. & CAMPBELL, C.W. Styler-end breakdown: a pulp disorder in 'Tahiti' limes. *Horticultural Science*, Geneva, 12(3):246-8, Mar. 1977a.

26. DAVENPORT, T.L. & CAMPBELL, C.W. Stylar-end breakdown in 'Tahiti' limes: aggravating effects of field heat and fruit maturity. *Journal American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 102(4):484-6, June 1977b.
27. DAVIS, P.L.; ROE, B. & BRUEMMER, J.H. Biochemical changes in citrus fruits during controlled-atmosphere storage. *Journal of Food Science*, Chicago, 38(2):225-9, Mar. 1973.
28. EAKS, I.L. Ascorbic acid content of citrus during growth and development. *Botanical Gazette*, Chicago, 125(3):186-91, Sept. 1964.
29. _____. Effect of temperature and holding period on some physical and chemical characteristics of lemon fruits. *Journal of Food Science*, Chicago, 26(6):593-9, Nov./Dec. 1961.
30. _____ & MASIAS, E. Chemical and physiological changes in lime fruits during and after storage. *Journal of Food Science*, Chicago, 30(3):509-15, May/June 1965.
31. ECHEVERRIA, E.; BURNS, J.K. & WICKER, L. Effect of cell wall hidrolysis on brix in citrus fruit. *Proceedings of Florida State of Horticultural Society*, Miami Beach, 101:150-4, 1988.

32. ECHEVERRIA, E. & ISMAIL, M. Changes in sugars and acids of citrus fruits during storage. Proceedings of Florida State of Horticultural Society, Miami Beach, 100:50-2, 1987.
33. _____ & VALICH, J. Carbohydrate and enzyme distribution in protoplasts from valência orange juice sacs. Phytochemistry, Oxford, 27(1):73-6, Jan. 1988.
34. _____ & _____. Enzimes of sugar and acid metabolism in stored 'Valência' oranges. Journal American Society of Horticultural Science, Alexandria, 114(3):440-4, May 1989.
35. ELAIH, M. & SHAH, M.A. Carotenoids content of citrus fruits. Pakistan Journal of Science Industry and Research, Byallpur, 14(4/5):353-5, Aug./Oct. 1971.
36. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Programas Nacionais de Pesquisa em Fruticultura de Clima Tropical. Brasília, EMBRAPA-DID, 1989. 198p.
37. ENGEL, V.L. & POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Brasília, 3(1):39-45, 1991.

38. FENNEMA, O. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. *Food Technology*, Chicago, 41(2):32-8, Dec. 1977.
39. GNANASEKHARAN, N.; SHEWFELT, R.L. & CHINNAN, M.S. Detection of color changes in green vegetables. *Journal of Food Science*, Chicago, 57(1):149-54, Jan./Feb. 1992.
40. GOMES, R.P. *Fruticultura brasileira*. 9 ed. São Paulo, Nobel, 1983. 446p.
41. GOODWIN, T.W. & GOAD, L.J. Carotenoids and triterpenoids. In: HULME, A.C. *The biochemistry of fruits and their products*. London, Academic Press, 1970. v.1, 620p.
42. HANSEN, H. & WEICHMANN, J. Carbohydrates. In: WEICHMANN, J., ed. *Postharvest physiology of vegetables*. New York, Marcel Dekker, 1987. Cap. 23, p.113-70.
43. HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E. & WANG, C.Y. The commercial storage of fruits, vegetables and forest and nursery stocks. Washington, USDA, 1986. 140p. (Agriculture Handbook, 66).
44. HARVEY, J.M. Reduction of losses in fresh market fruits and vegetables. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 16:321-41, 1978.

45. HIGBY, W.K. A simplified method for determination of some aspects of carotenoid distribution in natural and carotene-fortified. *Journal of Food Science*, Chicago, 27(1):42-9, Jan./Feb. 1962.
46. HODGE, J.E. & HODFREITER, B.R. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WILSTER, R.L. & WOLFROM, M.L. *Methods in carbohydrate chemistry*, New York, Academic Press, 1962. v.1, p.380-94.
47. INABA, M. & CRANDALL, P.G. Cold shock treatment of mature green tomatoes to delay color development and increase shelf-life during room temperature storage. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Miami Beach, 99:143-5, 1986.
48. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 4.ed. São Paulo, 1985. 426p.
49. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Anuário estatístico do Brasil-1990*. Rio de Janeiro, 1990. v.49, p.716.
50. JAHN, O.L. & YOUNG, R. Changes in chlorophyll a,b and a/b ratio during color development in citrus fruit. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 101(4):416-8, July 1976.

51. KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, 40(5):99-104, May 1986.
52. _____. Respiration and gas exchange of vegetables. In: WEICHMANN, J., ed. *Postharvest physiology of vegetables*. New York, Marcel Dekker, 1987. Cap. 3, p.25-45.
53. KATO, M. & SHIMIZU, S. Chlorophyll metabolism in higher plants. VI. Involvement of peroxidase in chlorophyll degradation. *Plant Cell Physiology*, Palo Alto, 26(7):1291-301, July 1985.
54. KAWADA, K. & ALBRIGO, L.G. Effects of film packaging in carton air filters, and storage temperature on the keeping quality of Florida grapefruit. *Proceedings of Florida State of Horticultural Science*, Miami Beach, 92:209-12, 1979.
55. KE, D. & KADER, A.A. Tolerance of valencia oranges to controlled atmospheres as determined by physiological responses and quality attributes. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 115(5):779-83, Sept. 1990.

56. KE, D. ; RODRIGUEZ-SINOBAS, L. & KADER, A.A. Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 116(2):253-60, May 1991.
57. KEFFORD, J.K. The chemical constituents of citrus fruits. *Advances in Food Research*, New York, 9:289-372, 1959.
58. _____. Citrus fruits and processed citrus products in human nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*, New York, 6:197-249, 1966.
59. KERBEL, E.L.; KADER, A.A. & ROMANI, R.J. Respiratory and glycolytic response of suspension-cultured 'Passe Crassane' pear fruit cells to elevated CO₂ concentrations. *Journal American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 111(1):111-4, Jan. 1990.
60. KILBURN, R.W. T.T. The taste of citrus juice. II. Citrate salts and pH. *Proceedings of Florida State of Horticultural Society*, Miami Beach, 72:271-6, 1959.
61. MAGALHÃES, M.M. Desenvolvimento e carboidratos constituintes do fruto de jaboticaba (*Myrciara jaboticaba* Berg) CV. 'Sabará' Viçosa, UFV, 1991. 77p. (Tese MS)

62. MILLER, W.R. & RISSE, L.A. Recent research of film wrapping of fresh produce in Florida. Proceedings of the International Citrus Congress, Tel Aviv, 6:1521-9, Mar. 1988.
63. MORIGUCHI, T.; ABE, K.; SANADA, T. & YAMAKI, S. Levels and role of sucrose synthase, sucrose phosphate synthase and acid invertase in sucrose accumulation in fruit of asian pear. Journal of American Society of Horticultural Science, Alexandria, 117(2):274-8, Mar. 1992.
64. MUNSELL BOOK OF COLOR. Baltimore, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1976. v.1.
65. PASSAM, H.C. & BLUNDEN, G. Experiments on the storage of limes at tropical ambient temperature. Tropical Agriculture, Trinidad, 59(1):20-4, Jan. 1982.
66. PENTEADO, S.R. Fruticultura de clima temperado em São Paulo. Campinas, Fundação Cargill, 1986. 173p.
67. PHAN, C.T. Biochemical and physiological changes during the harvest period. In: WEICHMANN, J., ed. Postharvest physiology of vegetables. New York, Marcel Dekker, 1987. Cap. 2, p.9-21.

68. PURVIS, A.C. Effects of film thickness and storage temperature on water loss and internal quality of seal-packaged grapefruit. *Journal of American Society of Horticultural Science*, Alexandria, 108(4):562-6, July 1983a.
69. _____. Moisture loss and juice quality from waxed and individually seal-packaged citrus fruits. *Proceedings of the Florida State of Horticultural Society*, Miami Beach, 96:327-9, 1983b.
70. _____ & BARMORE, C.A. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. *Plant Physiology*, Palo Alto, 68(5):854-6, Sept. 1981.
71. RAMAKRISHNAN, T.V. & FRANCIS, F.J. Autoxidation of carotenoids and their relative polarity. *Journal of Food Quality*, Westport, 3(1):25-34, Jan./Feb. 1980.
72. RIOV, J. Polygalacturonase activity in citrus fruit. *Journal of Food Science*, Chicago, 40(1):201-2, Jan./Feb. 1975.
73. SACHER, J.A. Senescence and postharvest physiology. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 24:197-224, 1973.

74. SAENZ, C. Frutos cítricos: interes para la industria y alimentación humana. Revista Chilena de Nutrición, Santiago, 15(1):9-16, abr. 1987.
75. SALUNKHE, D.K. & DESAI, B.B. Postharvest biotechnology of fruits. Boca Raton, CRE Press, 1984. v.1, 147p.
76. _____ & WU, M.T. Developments in technology of storage and handling of fresh fruits and vegetables. CRC Critical Reviews in Food Technology, Boca Raton, 5(1):15-54, Apr. 1974.
77. SCHIFFMANN-NADEL, M. Chemical and physiological changes in citrus fruit during storage and their relative to fungal infection. Proceedings of the International Society of Citriculture, Orlando, 1:311-7, May 1977.
78. SCOTT, K.J. Methods of delaying the ripening of fruits. ASEAN Horticultural Produce Handling, Bangkok, 17:43-7, 1984.
79. SHARKEY, P.J.; LITTLE, C.R. & THORNTON, I.R. Effects of low-density polyethylene liners and high-density polyethylene wraps on quality, decay and storage life of lemon and tangor fruits. Australian Journal of Experimental Agriculture, Ryde, 25:718-21, 1985.

80. SLUTZKY, A.; GONZALEZ-ABREU, F. & BERDAM, I. Chilling injury related to mineral composition of grapefruit and limes during cold storage. Proceedings of International Society of Citriculture, Tokio, 2:779-82, 1981.
81. SMITH, S.; GEESON, F. & STOW, J. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of filmes and coating. HortScience, Alexandria, 22(5):772-6, May 1987.
82. SPALDING, D.H. & REEDER, W.F. Quality of 'Tahiti' limas stored in a controlled atmosphere or under low pressure. Proceedings of Tropical Request of American Society of Horticultural Science, Miami, 18:128-33, 1974.
83. SWISHER, H.E. & SWISHER, L.H. Lemon and lime juices. In: TRAESSLER, D.K. & JOSLYN, M.A., eds. Fruits and Vegetable Juice, processing technology. 2. ed. Westport, AVI, 1971. Cap. 4, 562p.
84. TING, V.S. & ATTAWAY, J.A. Citrus fruits. In: HULME, A.C. ed. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.1, 620p.

85. TURNER, J.F. & TURNER, D.H. The regulation of carbohydrate metabolism. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 26:159-86, 1975.
86. TUSET, J.J.; PIQUER, J. & GARCIA, J. Activity of imidazole fungicides to control postharvest citrus decay. Proceedings of International Society of Citriculture, Tokio, 2:784-87, 1981.
87. ULRICH, R. Organics acids. In: HULME, A.C., ed. The biochemistry of fruits and their products. London, Academic Press, 1970. v.1, 620p.
88. _____. Postharvest physiology of fruits. Annual Review of Plant Physiology, Palo Alto, 9:385-416, 1958.
89. VINES, H.M. & OBERBACHER, M.F. Citrus fruits enzymes. I. Ascorbic acid oxidase in oranges. Plant Physiology, Palo Alto, 38(2):333-7, Mar. 1962.
90. WADE, N.L. & GRAHAM, D. A model to describe the modified atmospheres developed during the storage of fruit in plastic films. ASEAN Food Journal, 3(3/4):105-11, Mar./Apr. 1987.
91. WANG, C. Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience, Alexandria, 17(1):173-86, Jan. 1982.

92. WATADA, A.E. Vitamins. In: WEICHMANN, J., ed. Postharvest physiology of vegetables. New York, Marcel Dekker, 1987. Cap. 22, p.453-69.
93. YAMAUCHI, N. & WATADA, A.E. Regulated chlorophyll degradation in spinach leaves during storage. Journal of American Society of Horticulture Science, Alexandria, 116(1):58-62, Jan. 1991.
94. YANG, C.C. & CHINNAN, M.S. Computer modeling of gas composition and color development of tomatoes stored in polymeric film. Journal of Food Science, Chicago, 53(3):869-72, May/June 1988.
95. YEMM, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemistry, Washington, 57(2):508-14, May 1954.
96. YOKOYAMA, H. & VANDERCOOK, C.E. Citrus carotenoides. I. Comparison of carotenoids of mature-green and yellow lemons. Journal of Food Science, Chicago, 32(1):42-8, Jan/Feb. 1967.
97. ZONG, R.J. Physiological aspects of wrapping of fruits and vegetables. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE, 5, Washington, June, 1989. 14p.

APÉNDICE

QUADRO 1A. Análise de variância da perda de peso (g) de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	QM	F	CV (%)
Choque frio	1	7,339841	4,1865	NS
Atmosfera	1	1056,65714	602,702	**
Choque x Atmosfera	1	0,289864	1,5120	NS
Resíduo (A)	4	0,438288		
Parcela	7			10,33
Tempo	5	70,53781	2703,2298	**
Choque x Tempo	5	0,40501	15,5215	**
Atmosfera x Tempo	5	30,24349	1159,0253	**
Cho x Atm x Tempo	5	0,027238	1,04385	NS
Resíduo (B)	20	0,0260939		
Total	47			2,52

QUADRO 2A. Análise de variância da perda de peso (g) de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	QM	F	CV (%)
Choque frio	1	33,483509	16,6931	**
Atmosfera	1	3887,099447	1937,919	**
Choque x Atmosfera	1	11,358999	5,663	NS
Resíduo (A)	4	2,005811		
Parcela	7			9,92
Tempo	5	240,5714	576,3392	**
Choque x Tempo	5	0,4584	1,098	NS
Atmosfera x Tempo	5	68,4938	164,0912	**
Cho x Atm x Tempo	5	0,9661	2,3146	NS
Resíduo (B)	20	0,417413		
Total	47			4,53

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 3A. Análise de variância da acidez total titulável de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0048000	1,2063 NS	
Atmosfera	1	0,4840081	121,6366 **	
Tempo	5	0,0729533	18,3340 **	
Cho x Atm	1	0,2408334	60,5241 **	
Cho x Tem	5	0,0084950	2,1349 NS	
Atm x Tem	5	0,1074135	26,9942 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0195084	4,9027 **	
Resíduo	24	0,0039791		
Total	47			1,167

QUADRO 4A. Análise de variância da acidez total titulável de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,2054189	14,2905 **	
Atmosfera	1	0,4370188	30,4023 **	
Tempo	5	0,4167522	28,9924 **	
Cho x Atm	1	0,0056225	0,3911 NS	
Cho x Tem	5	0,0826362	5,7488 **	
Atm x Tem	5	0,1444163	10,0467 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0066055	0,4595 NS	
Resíduo	24	0,0143745		
Total	47			2,106%

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 5A. Análise de variância do pH de limões 'Tahiti armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0001291	5,1291 *	
Atmosfera	1	0,0000291	1,1569 NS	
Tempo	5	0,0002592	10,2942 **	
Cho x Atm	1	0,0000125	0,4982 NS	
Cho x Tem	5	0,0000392	1,5561 NS	
Atm x Tem	5	0,0000292	1,1589 NS	
Cho x Atm x Tem	5	0,0001425	5,6600 **	
Resíduo	24	0,0000252		
Total	47			0,22

QUADRO 6A. Análise de variância do pH de limões 'Tahiti armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0025510	71,9386 **	
Atmosfera	1	0,0009177	25,8791 **	
Tempo	5	0,0004769	13,4476 **	
Cho x Atm	1	0,0002531	7,1383 *	
Cho x Tem	5	0,0001273	3,5896 *	
Atm x Tem	5	0,0001340	3,7776 *	
Cho x Atm x Tem	5	0,0000669	1,8859 NS	
Resíduo	24	0,0000355		
Total	47			0,27

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 7A. Análise dos sólidos solúveis totais de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 5\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,1199928	20,5691 **	
Atmosfera	1	0,7499925	128,5635 **	
Tempo	5	0,0713320	12,2277 **	
Cho x Atm	1	0,0533400	9,1435 **	
Cho x Tem	5	0,0220013	3,7715 *	
Atm x Tem	5	0,0420014	7,1999 *	
Cho x Atm x Tem	5	0,0033320	0,5712 NS	
Resíduo	24	0,0058336		
Total	47			1,067%

QUADRO 8A. Análise de variância dos sólidos solúveis totais de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,1008189	17,2813 **	
Atmosfera	1	1,2033181	206,2598 **	
Tempo	5	0,6113304	104,7876 **	
Cho x Atm	1	0,0533473	9,1442 **	
Cho x Tem	5	0,0353361	6,0569 **	
Atm x Tem	5	0,1398360	23,9692 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0098305	1,6850 NS	
Resíduo	24	0,0058340		
Total	47			1,033

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

1975-1976
 1975-1976

Year	Q. No.	Value	Q. No.	Value
1975	1	0.100000	1	0.100000
1975	2	0.200000	2	0.200000
1975	3	0.300000	3	0.300000
1975	4	0.400000	4	0.400000
1975	5	0.500000	5	0.500000
1975	6	0.600000	6	0.600000
1975	7	0.700000	7	0.700000
1975	8	0.800000	8	0.800000
1975	9	0.900000	9	0.900000
1975	10	1.000000	10	1.000000

Year	Q. No.	Value	Q. No.	Value
1976	1	0.100000	1	0.100000
1976	2	0.200000	2	0.200000
1976	3	0.300000	3	0.300000
1976	4	0.400000	4	0.400000
1976	5	0.500000	5	0.500000
1976	6	0.600000	6	0.600000
1976	7	0.700000	7	0.700000
1976	8	0.800000	8	0.800000
1976	9	0.900000	9	0.900000
1976	10	1.000000	10	1.000000

1975-1976
 1975-1976

QUADRO 9A. Análise de variância da relação SST/ATT de limões 'Tahiti' armazenadas a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0021327	9,1391 **	
Atmosfera	1	0,0000327	0,1401 NS	
Tempo	5	0,0057582	24,6753 **	
Cho x Atm	1	0,0060756	26,0355 **	
Cho x Tem	5	0,0011135	4,7714 **	
Atm x Tem	5	0,0029035	12,4420 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0015349	6,5773 **	
Resíduo	24	0,0002334		
Total	47			1,153%

QUADRO 10A. Análise de variância da relação SST/ATT de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0016330	1,5677 NS	
Atmosfera	1	0,0010080	0,9677 NS	
Tempo	5	0,0330833	31,7595 **	
Cho x Atm	1	0,0006753	0,6483 NS	
Cho x Tem	5	0,0042934	4,1216 **	
Atm x Tem	5	0,0016184	1,5536 NS	
Cho x Atm x Tem	5	0,0007149	0,6863 NS	
Resíduo	24	0,0010417		
Total	47			2,480

N.S. Não significativo (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 11A. Análise de variância dos açúcares solúveis totais de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0052091	2,5619 NS	
Atmosfera	1	0,0867008	42,6403 **	
Tempo	5	0,0124685	6,1321 **	
Cho x Atm	1	0,0036742	1,8070 NS	
Cho x Tem	5	0,0056332	2,7705 *	
Atm x Tem	5	0,0108748	5,3484 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0014202	0,6984 NS	
Resíduo	24	0,0020333		
Total	47			2,826

QUADRO 12A. Análise de variância dos açúcares solúveis totais de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0216762	8,8627 **	
Atmosfera	1	0,0705345	28,8392 **	
Tempo	5	0,0357752	14,6273 **	
Cho x Atm	1	0,0191988	7,8498 **	
Cho x Tem	5	0,0051348	2,0994 NS	
Atm x Tem	5	0,0025131	1,0275 NS	
Cho x Atm x Tem	5	0,0032202	1,3166 NS	
Resíduo	24	0,0024458		
Total	47			3,018

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 13A. Análise de variância da vitamina C total de limões
'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	62,8381062	107,0494 **	
Atmosfera	1	23,6606428	40,3077 **	
Tempo	5	181,2068960	308,6995 **	
Cho x Atm	1	0,1796414	0,3060 NS	
Cho x Tem	5	7,6337672	13,0047 **	
Atm x Tem	5	0,3276077	0,5581	
Cho x Atm x Tem	5	0,3173768	0,5407	
Resíduo	24	0,5870010		
Total	47			2,023%

QUADRO 14A. Análise de variância da vitamina C total de limões
'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	66,8354570	61,0519 **	
Atmosfera	1	30,0836581	27,4804 **	
Tempo	5	211,3016229	193,0168 **	
Cho x Atm	1	0,6813627	0,6224 NS	
Cho x Tem	5	6,3668074	5,8159 **	
Atm x Tem	5	3,2389159	2,9586 *	
Cho x Atm x Tem	5	3,4710344	3,1707 *	
Resíduo	24	1,0947318		
Total	47			2,888

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 15A. Análise de variância da clorofila total de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0008144	0,0003 NS	
Atmosfera	1	55,1049964	20,5724 **	
Tempo	5	133,9852760	50,0208 **	
Cho x Atm	1	1,2839055	0,4793 NS	
Cho x Tem	5	6,3201644	2,3595 NS	
Atm x Tem	5	13,8349069	5,1650 **	
Cho x Atm x Tem	5	2,4319659	0,9079 NS	
Resíduo	24	2,6785937		
Total	47			13,743

QUADRO 16A. Análise de variância da clorofila total de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	24,1967952	19,1346 **	
Atmosfera	1	14,6081186	11,5519 **	
Tempo	5	249,4232706	197,2412 **	
Cho x Atm	1	104,0174029	82,2558 **	
Cho x Tem	5	12,8576177	10,1677 **	
Atm x Tem	5	3,7053108	2,9301 **	
Cho x Atm x Tem	5	2,8904919	2,2858 NS	
Resíduo	24	1,2645594		
Total	47			15,290

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 17A. Análise de variância de carotenóides totais de limões
'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,7696254	89,1359 **	
Atmosfera	1	0,1047186	12,1282 **	
Tempo	5	0,8036389	93,0753 **	
Cho x Atm	1	0,1827815	21,1693 **	
Cho x Tem	5	0,1170861	13,5606 **	
Atm x Tem	5	0,0282994	3,2776 *	
Cho x Atm x Tem	5	0,0668508	7,7425 **	
Resíduo	24	0,0086343		
Total	47			4,741

QUADRO 18A. Análise de variância de carotenóides totais de limões
'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,0016333	0,0894 NS	
Atmosfera	1	0,2214081	12,1209 **	
Tempo	5	1,3164300	72,0673 **	
Cho x Atm	1	0,0108000	0,5912 NS	
Cho x Tem	5	0,0419183	2,2948 NS	
Atm x Tem	5	0,2200033	12,0440 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,1124250	6,1547 **	
Resíduo	24	0,0182667		
Total	47			7,411

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 19A. Análise de variância da avaliação subjetiva da cor de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	0,1875000	0,8182	NS
Atmosfera	1	1,0208333	4,4545	*
Tempo	5	4,8708333	21,2545	**
Cho x Atm	1	0,0208333	0,0909	NS
Cho x Tem	5	0,2375000	1,0364	NS
Atm x Tem	5	0,0708333	0,3091	NS
Cho x Atm x Tem	5	0,0708333	0,3091	NS
Resíduo	24	0,2291667		
Total	47			46,894

QUADRO 20A. Análise de variância da avaliação subjetiva da cor de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	7,5208333	17,1905	**
Atmosfera	1	0,5208333	1,1905	NS
Tempo	5	24,7708333	56,6190	**
Cho x Atm	1	0,1875000	0,4286	NS
Cho x Tem	5	1,0708333	2,4476	NS
Atm x Tem	5	0,2708333	0,6190	NS
Cho x Atm x Tem	5	0,5375000	1,2286	NS
Resíduo	24	0,4375000		
Total	47			30,824

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 21A. Análise de variância da avaliação da aparência de limões 'Tahiti' armazenados a $8 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $95 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	1,6391023	29,7804 **	
Atmosfera	1	3,8703524	70,3194 **	
Tempo	5	4,7549771	86,3920 **	
Cho x Atm	1	0,3120185	5,6690 *	
Cho x Tem	5	0,0909770	1,6529 N.S.	
Atm x Tem	5	0,1207270	2,1935 N.S.	
Cho x Atm x Tem	5	0,0471438	0,8565 N.S.	
Resíduo	24	0,0550396		
Total	47			22,690

QUADRO 22A. Análise de variância da avaliação da aparência de limões 'Tahiti' armazenados a $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $90 \pm 2\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	1,3333333	22,2609 **	
Atmosfera	1	22,0052083	387,3913 **	
Tempo	5	8,2239583	137,3043 **	
Cho x Atm	1	0,2552083	4,2609 *	
Cho x Tem	5	0,0114583	0,1913 NS	
Atm x Tem	5	0,4395833	7,3391 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0270833	0,4522 NS	
Resíduo	24	0,0598958		
Total	47			10,489%

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).

QUADRO 23A. Análise de variância da avaliação subjetiva da aparência de limões 'Tahiti' armazenados a temperatura ambiente ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e UR de $85 \pm 5\%$.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	Valor F	CV (%)
Choque	1	1,3140625	25,4848 **	
Atmosfera	1	29,3265625	568,7576 **	
Tempo	5	16,6578125	323,0606 **	
Cho x Atm	1	0,2640625	5,1212 *	
Cho x Tem	5	0,0484375	0,9394 NS	
Atm x Tem	5	0,5062500	9,8182 **	
Cho x Atm x Tem	5	0,0843750	1,6364 NS	
Resíduo	24	0,0515625		
Total	47			6,716

N.S. Não significativo (Teste F).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade (Teste F).

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade (Teste F).