UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

INFLUÊNCIA DE ASPECTOS DA CLASSIFICAÇÃO, EMBALAGEM E REFRIGERAÇÃO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DO TOMATE "SANTA CLARA" E "CARMEN"

LARISSA RODRIGUES DE CASTRO

ORIENTADOR: PROF. DR. LUÍS AUGUSTO BARBOSA CORTEZ

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Larissa Rodrigues de Castro e aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de fevereiro de 2000. Campinas, 21 de junho de 2000.

Presidente da Banca

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola

CAMPINAS – SP
Fevereiro de 2000

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNICAMP

CHAMADA:
T/UNICAMP
C279i
41821
278/00
D
R$ 11,00
05-08-00
CPD

CM-00142770-7

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

C279i

Castro, Larissa Rodrigues de
Influência de aspectos da classificação, embalagem e refrigeração na conservação pós-colheita do tomate "Santa Clara" e "Carmen" / Larissa Rodrigues de Castro.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: Luís Augusto Barbosa Cortez
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Tomate - Classificação. 2. Refrigeração. 3. Embalagens. I. Cortez, Luís Augusto Barbosa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

"A arte vive de mistérios e a ciência em desvendar esses mistérios"

Dedico esta dissertação ao meu marido, mãe, pai, irmã, sobrinha
e à minha avó Nair (em memória)

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram de alguma forma à realização desta pesquisa, sendo com ensinamentos transmitidos, conselhos e idéias dadas, apoio nos momentos difíceis ou até mesmo como provadores dos tomatinhos utilizados nos experimentos. Deste modo, cito aqui as pessoas a quem dedico os meus mais sinceros agradecimentos que nunca serão suficientes para retribuir tudo que foi feito por mim e por esta pesquisa.

Ao meu marido, Ricardo, agradeço antes de tudo pela amizade, companheirismo e apoio. Por me incentivar sempre e me dar forças para enfrentar todas as dificuldades do caminho. Também o agradeço pela ajuda inigualável quanto a conceitos básicos de engenharia e computação, sempre úteis nas pesquisas de pós-graduação, e servindo até mesmo, algumas vezes, como condutor do veículo para transporte dos tomates. Muito obrigada por fazer parte de algumas avaliações sensoriais e me ajudar sempre nos relatórios da pesquisa.

Aos meus pais, Irinez e Joel, agradeço primeiramente por terem me dado a oportunidade de viver. E não apenas isso, por cuidarem de todos os passos da minha educação e da minha formação profissional e como pessoa. Graças à minha mãe e a meu pai, tenho os conhecimentos básicos que me permitiram desenvolver uma dissertação de mestrado e principalmente, adquiri o instinto investigador e criativo que me ajudaram a realizar esta pesquisa.

À minha irmã, Marília, sobrinha, Hannah, e cunhando, Carlos, agradeço pelos vários momentos alegres da minha vida. Devo agradecer à minha irmã, o empréstimo da câmara que propiciou as belas fotografias que compõe toda a tese.

Ao meu orientador, professor Dr. Luís Augusto Barbosa Cortez, obrigada por me incentivar e instigar a novos desafios, me apoiar em minhas decisões e principalmente me fornecer os recursos e ensinamentos necessários ao desenvolvimento da pesquisa. Agradeço-o imensamente pela amizade e confiança.

Aos professores Drs. Maria Amália Brunini Kanesiro, Sylvio Luís Honório e Vivaldo Silveira Júnior pelas valiosas sugestões e correções realizadas neste trabalho.

Ao professor Dr. José Tadeu Jorge, pelo grande auxílio fornecido tanto no planejamento dos experimentos, como na análise dos dados.

Aos professores Drs. Paulo Martins Leal, Benedito Carlos Benedetti, Lincoln de Camargo Neves Filho, Mariângela Amendola, Elaine Borges, Steven Sargent e Khe Chau pelos conceitos técnicos e científicos transmitidos.

Ao amigo João Bérgamo, por muitas vezes me ajudar no transporte dos tomates do campo ao laboratório e à Rosália, por me ensinar a preparar soluções e a realizar análises químicas.

À Glênia e Juliana, minhas ajudantes prediletas, obrigada pela paciência em passarem horas comigo me ajudando a medir brix, pH e acidez titulável, assim como auxiliar na seleção e classificação dos tomates usados em cada experimento.

Aos funcionários e amigos que serviram como provadores na análise sensorial, agradeço-os e reconheço o esforço, por sempre estarem no local certo no horário marcado, mesmo muitas vezes já estando "enjoados" de experimentar tomates. São esses amigos: Angélica, Celso, Cida, Laurinda, Maria, Mariaivone, Marta, Odorico, Rosália, Rosângela, Silvia, Terezinha e Tuca.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de mestrado concedida e auxílio financeiro à pesquisa, e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela bolsa fornecida nos primeiros 6 meses de curso.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, por possibilitar mais essa especialização na minha carreira.

À empresa RIGESA – Papel e Celulose, sobretudo aos Srs. Juarez e Sérgio, pelas embalagens doadas e apoio à pesquisa.

A todos os produtores e comerciantes de tomate pelo fornecimento da matéria-prima usada nos experimentos, principalmente ao Sr. Coringa, Elaine Viel, Jurandir Viel e o pessoal da Milani pelo auxílio e dedicação à pesquisa.

Sumário

Resumo i

Abstract iii

I – Introdução 01

II– Objetivos 06

III – Revisão Bibliográfica 07

3.1. Tomates – origem 07

3.1.1. Fisiologia 07

3.1.1.1. Composição e características visuais 07

3.1.1.2. Respiração e transpiração 10

3.1.2. Seleção e classificação 12

3.1.3. Cuidados pós-colheita 14

3.1.3.1. Injúrias mecânicas 16

3.1.3.2. Refrigeração 18

3.1.3.3. Efeito "chilling" 20

3.2. Métodos de resfriamento rápido 22

3.2.1. Resfriamento a água 23

3.2.2. Resfriamento com gelo 24

3.2.3. Resfriamento a vácuo 25

3.2.4. Resfriamento por ar forçado 25

3.3. Embalagens para frutas e hortaliças 27

3.3.1. Tipos e materiais de embalagem 28

3.3.1.1. Madeira 28

3.3.1.2. Papelão ondulado 30

3.3.1.3. Plástico 31

3.3.2. Acessórios 31

3.3.3. Paletização 31

IV – Planejamento Experimental, Metodologia e Materiais Empregados 33

4.1. Experimento 1 – Influência da refrigeração, classificação e temperatura na vida de prateleira do tomate de mesa (variedades Santa Clara e Carmen) 35

4.1.1. Matéria-prima 35
4.1.2. Armazenagem 36
4.1.3. Análises 40
4.1.3.1. Perda de peso 41
4.1.3.2. Análise sensorial 41
4.1.3.3. Sólidos solúveis totais 41
4.1.3.4. Acidez titulável total 42
4.1.3.5. pH 42
4.1.3.6. Análise estatística 42
4.2. Experimento 2 – Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates 44
4.2.1. Matéria-prima 44
4.2.2. Armazenagem 46
4.2.3. Análises 46
4.2.3.1. Porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas 47
4.2.3.2. Massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade 47
4.2.3.3. Perda de peso 47
4.2.3.4. Porcentagem de frutos com incidência de podridão 47
4.2.3.5. Análise sensorial 48
4.2.3.6. pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total 48
4.2.3.7. Análise estatística 49
4.3. Experimento 3 – Efeito do atraso do resfriamento e quebra da cadeia do frio em tomates 49
4.3.1. Matéria-prima 50
4.3.2. Armazenagem 50
4.3.3. Análises 54
4.3.3.1. Diâmetros longitudinal e transversal iniciais 54
4.3.3.2. Perda de peso 54
4.3.3.3. Análise sensorial 54
4.3.3.4. pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total 55

4.3.3.5. Análise estatística 55
V – Resultados e Discussões 56
5.1. Experimento 1 – Influência da refrigeração, classificação e temperatura na vida de prateleira do tomate de mesa (variedades Santa Clara e Carmen) 56
5.1.1. Aspectos observados 56
5.1.2. Análise dos parâmetros medidos para os tomates Santa Clara e Carmen 58
5.1.2.1. pH 59
5.1.2.2. Relação brix/acidez 63
5.1.2.3. Análise sensorial da coloração 68
5.1.2.4. Análise sensorial da firmeza 75
5.1.2.5. Análise sensorial das aparências externa e interna 78
5.1.2.6. Análise sensorial do sabor 84
5.1.2.7. Perda de peso 88
5.1.2.8. Resultados para 9 dias de experimento com tomates à temperatura ambiente e 22 dias para os frutos armazenados a 13°C 92
5.2. Experimento 2 – Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates 95
5.2.1. Massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade 95
5.2.2. Porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas 96
5.2.3. Porcentagem de frutos com incidência de podridão 101
5.2.4. Relação brix/acidez e pH..... 104
5.2.5. Perda de peso 106
5.2.6. Análise sensorial 106
5.3. Experimento 3 – Efeito do atraso do resfriamento e quebra da cadeia do frio em tomates 107
5.3.1. Aspectos observados 108
5.3.2. Análise dos parâmetros medidos 112
5.3.2.1. Diâmetros longitudinal e transversal dos tomates 112

5.3.2.2. Análise sensorial da coloração 112
5.3.2.3. Análise sensorial da firmeza 119
5.3.2.4. Aceitação global das aparências externa e interna 124
5.3.2.5. Aceitação global do sabor e análise da relação brix/acidez 129
5.3.2.6. Análise do pH, acidez titulável e do sabor ácido identificado pelos provadores 132
5.3.2.7. Análise do brix e do sabor doce identificado pelos provadores 138
5.3.2.8. Perda de peso 142
5.4. Análise simplificada de viabilidade econômica 146
VI – Síntese 150
VII – Conclusão 153
VIII – Sugestões para Trabalhos Futuros 154
IX – Referências Bibliográficas 155

Resumo

Tendo em vista as perdas expressivas dos tomates produzidos no país, foram estudados os principais parâmetros que influenciam na conservação pós-colheita e conseqüente redução de perdas do produto através da realização de três experimentos. No primeiro deles, avaliou-se a influência da aplicação da classificação, uso de embalagens de papelão e refrigeração na vida de prateleira de duas variedades de tomate (Santa Clara e Carmen). Alguns parâmetros como variação da coloração, firmeza, relação entre sólidos solúveis totais e acidez titulável e perda de peso, foram medidos para tomates verde-maduros armazenados a 7°C, 13°C e à temperatura ambiente (aproximadamente 24°C). De modo geral, os dados mostraram que para níveis de temperatura ambiente a porcentagem de perda de peso foi maior ao longo da armazenagem. Maiores temperaturas de armazenagem também provocaram menores valores de firmeza para 9 dias de experimento. A pesquisa comparou os frutos armazenados à temperatura ambiente durante 9 dias e aqueles a 13°C por 22 dias, mostrando que as características pós-colheita medidas para os tomates, como a relação entre sólidos solúveis e acidez, a perda de peso, e atributos sensoriais (coloração, firmeza, apreciação global) não tiveram diferença, a 5% de significância, pelo Teste Tukey, para ambas as condições de armazenagem. A classificação e as embalagens mostraram influenciar a conservação das características de fruto recém-colhido de modo mais expressivo na segunda parte da pesquisa, que envolveu a simulação do processo de manuseio e transporte.

No segundo experimento, foram avaliados 5 tipos de embalagens (duas plásticas, duas de papelão ondulado e a caixa K) quanto à proteção fornecida ao tomate variedade Santa Clara durante o transporte e manuseio. Os tomates condicionados em tais embalagens foram comparados com frutos controle, isto é, aqueles que não sofreram vibração, impacto ou choque, de acordo com a porcentagem daqueles contendo injúrias mecânicas e segundo também sua gravidade. Os tomates foram armazenados à temperatura ambiente (média de 22°C) até atingirem 100% de coloração vermelha (7 dias) e avaliados quanto à incidência de podridão, perda de peso e sabor (analiticamente através da relação brix/acidez titulável e por análise sensorial). Os resultados mostram que os tomates localizados na base das caixas foram os mais prejudicados e que as ripas de madeira ásperas e distantes entre si, assim

como os pregos da caixa K foram responsáveis pelos ferimentos mais graves. As análises realizadas apontaram a embalagem de papelão ondulado de menor porte como a de maior proteção contra injúrias mecânicas nos tomates.

No terceiro experimento, utilizou-se a temperatura de armazenagem que promoveu maior vida de prateleira ao tomate na primeira parte deste trabalho e a embalagem mais adequada obtida no segundo experimento para avaliar os efeitos da quebra da cadeia do frio no produto. Foram estudados tomates submetidos ao frio e retirados da câmara frigorífica em diferentes dias de armazenagem (temperatura ambiente média de 27°C), e a influência do atraso, em relação ao dia da colheita, em se colocar o produto sob refrigeração. As análises realizadas incluem a análise sensorial de coloração, firmeza e aceitação global, e avaliações da perda de peso e relação entre sólidos solúveis e acidez. Os resultados mostraram que quanto antes o produto é retirado da câmara, isto é, em estádios de amadurecimento menos avançados, maiores são os efeitos nocivos da quebra da cadeia. Também se concluiu que o produto colocado na câmara 4 dias depois de colhido não apresentou características significativamente distintas daquele submetido à refrigeração em seguida à colheita e mantido assim até o final do experimento. Os efeitos observados nos frutos que sofreram quebra da cadeia do frio foram desde o desenvolvimento de fungos, favorecido pela condensação da umidade do ar na superfície do produto, até o amadurecimento anormal, provocando manchas amareladas, redução da firmeza e aceleração do seu apodrecimento.

Abstract

In order to reduce the tomato production losses, the main factors that affect the product postharvest conservation were studied in three experiments. In the first experiment, the use of classification, cartoon packages and refrigerated storage were evaluated concerning the shelf life of two Brazilian tomato varieties (Santa Clara and Carmen). Studies were conducted to describe color, firmness, total soluble solids/titrable acidity ratio, and weight loss changes in mature-green tomatoes stored at 7°C, 13°C, and ambient temperature (approximately 24°C). In general, the data showed that the highest weight loss occurred at the ambient temperature storage. Higher storage temperatures also caused lower firmness for 9 days of experiments. The study compared fruits held at ambient temperature for 9 days and those at 13°C for 22 days showing that there were no significant differences on tomato postharvest characteristics (such as soluble solids/acidity ratio, weight loss, and sensorial attributes) in both storage conditions using Tukey test. The study also concluded that classification and packages apparently influence the conservation of fresh tomato characteristics in the second part of this research, which involved handling and transportation simulation, rather than in the first experiment.

In the second experiment, five packages (2 plastic, 2 cartoon, and 1 wooden made) were evaluated with respect to the protection of tomato Santa Clara variety during their transportation and handling. These tomatoes were compared to control samples, referring to the fruits with no physical impact or vibration, considering the percentage of those fruits with mechanical injuries and their severity. The fruits were stored at ambient temperature (average equal to 22°C) until they reached full-color (7 days) and then evaluated regarding to the incidence of decay, weight loss, and flavor by brix/acidity ratio and sensory analysis. The results have shown that the tomatoes on the bottom of the boxes had worse bruises and that the separated clapboards and the clues of wooden boxes caused the most severe injuries. The analyses show that there were less bruised tomatoes in the smaller cartoon package compared to the plastic and wooden boxes.

In the third experiment, it was evaluated the effect of breaking the cold chain using the temperature studied in the first experiment that most extended tomato shelf life, and the most adequate package in the second experiment. Refrigerated tomatoes were removed

from cold chambers in different storage time (average ambient temperature equal to 27°C), and compared to tomatoes that were not cooled as soon as they were harvested. The tests include sensorial analysis of color, firmness and global acceptance, and weight loss, and soluble solids/acidity ratio evaluations. The results indicated that the sooner the product is removed from cold chamber or the less ripened the tomato is, the more intense the severe effects of breaking the cold chain are. It was also concluded that there were no significant differences between the product that had a 4-day-cooling-delay and that kept refrigerated since harvested until the end of the experiments. Those fruits that had a break in the cold chain exhibited fungus development (decay), increased by air humidity condensation on product surface, abnormal ripening, including yellow spots, firmness reduction, and decay.

I – Introdução

O tomate é um produto de grande relevância nutricional e econômica. Dentre os produtos hortifrutícolas, ele se destaca representando 23% de todo o volume comercializado na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP). Em nível mundial, GAYET et al. (1995) citam que dentre as hortaliças, o tomate registra o segundo maior volume de produção/consumo, sendo precedido pela batata e um pouco à frente da alface, com volume duas vezes maior que o da cebola. Segundo COSTA & CAIXETA FILHO (1996), tomando-se um grupo de dez vitaminas e minerais, o tomate é o décimo sexto em concentração desses nutrientes, mas constitui o primeiro em sua contribuição na dieta brasileira, por ser consumido com grande freqüência e em geral na forma crua (evitando-se a cocção e conseqüente perda de nutrientes). O maior consumo dessa hortaliça, conforme BOUER (1999), está relacionado a menores índices de câncer de próstata, pulmão e estômago, devido à ação de um de seus componentes, o licopeno (carotenóide responsável pela coloração vermelha do fruto). Além disso, o tomate constitui um dos produtos prioritários no Programa Horti&Fruti – Programa Paulista para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo cujos objetivos são: adotar uma linguagem única de qualidade e padrão entre os atacadistas e varejistas de diferentes regiões, maior credibilidade junto aos compradores e ampliação das possibilidades para a exploração de formas mais modernas de comercialização à distância (CIRCUITO AGRÍCOLA, 1999).

Dentre as principais variedades de tomate que se destacam no mercado brasileiro atualmente, pode-se citar a Santa Clara, do grupo Santa Cruz e o tomate Carmen, do grupo "Caqui". Tais variedades se diferem quanto à forma: oblonga para a primeira e redonda para a segunda. Também apresentam firmeza e resistência a impactos mecânicos distintas, sendo os tomates Santa Clara considerados menos rígidos e portanto os que sofrem maiores perdas. Mas o principal contraste se encontra na genética dos frutos, pois a variedade Carmen constitui um produto transgênico longa-vida, e que por tal motivo vem conquistando um espaço cada vez maior no mercado.

O tomate, como a maioria das hortaliças, é um produto altamente perecível, o que conjuntamente com o manuseio precário nos processos de comercialização provoca grandes

perdas que prejudicam tanto o produtor como os consumidores. De acordo com dados de COSTA & CAIXETA FILHO (1996), as perdas registradas para tal produto variam muito entre as regiões brasileiras. Para a cidade de São Paulo, a estimativa foi de cerca de 12% de perdas em 1991/92, enquanto que para o estado de Minas Gerais tal índice atingiu aproximadamente 40% em 1990. Observou-se também que, de modo geral, as maiores perdas ocorrem em nível de varejo e são decorrentes principalmente de fatores como: falhas na fase de produção (época de plantio, cultivares, adubação e tratamento fitossanitário inadequado); colheita fora de época; danos mecânicos; embalagem (caixas de madeira denominadas caixas "K"[1]); manuseio e transporte inadequados; tempo de exposição prolongado no varejo; hábitos prejudiciais de seleção do consumidor; preços desfavoráveis em nível do produtor e falta de orientação de mercado. Quanto aos danos fisiológicos e patológicos, estes ocorrem principalmente na produção; transporte, devido às vibrações, compressões, impactos e dificuldade de ventilação provocando perdas por alta temperatura; e exposição, visto que os tomates não são em geral embalados em condições ideais.

MORETTI et al. (1997) e MAUL et al. (1997), mostram que a colheita de frutos imaturos e abusos na pós-colheita, como injúrias mecânicas durante as operações de seleção, classificação e empacotamento e controle inadequado da temperatura, são fatores que alteram o metabolismo fisiológico e os perfis voláteis do aroma e percepção do sabor. Segundo Petró-Turza (1989) citado por MAUL (1999), o que contribui para o sabor característico do tomate são os ácidos orgânicos, açúcares solúveis, aminoácidos, pigmentos e acima de 400 componentes de aroma.

Assim, é fundamental a aplicação da tecnologia do resfriamento, combinada a uma embalagem apropriada, no tratamento pós-colheita do tomate, como um meio de prolongar o tempo de prateleira do produto, conservando as características desejáveis para comercialização. Segundo ASHRAE (1994a), os produtos hortifrutícolas são em geral colhidos com uma temperatura superior à recomendada para armazenagem. Deste modo, é necessário que os mesmos passem por um processo de resfriamento rápido, onde é retirado o "calor de campo" e de estocagem, dificultando, portanto, o surgimento, desenvolvimento e propagação de microrganismos, reduzindo, conseqüentemente, a atividade metabólica e

[1] As caixas "K" foram embalagens utilizadas inicialmente durante a década de 40 para latas de querosene e posteriormente empregadas para diversos produtos hortifrutícolas, dentre eles o tomate.

prolongando o tempo de conservação do produto. Isto porque, a temperatura afeta diretamente os processos naturais de respiração e transpiração, e níveis mais baixos de temperatura reduzem a taxa respiratória e, portanto, a velocidade do processo de amadurecimento.

Outro fator de grande importância e que está intimamente relacionado com o resfriamento é a embalagem usada para conter os produtos hortifrutícolas. De nada adianta a utilização de moderna tecnologia agrícola para o aumento da produção de alimentos se não existirem meios de conservar as qualidades de tais alimentos, garantindo que sejam aproveitados pelo homem. Neste sentido, conforme MITCHELL (1992), as embalagens são unidades importantes para a comercialização e distribuição de produtos hortifrutícolas, possuindo muitos requerimentos especiais. Elas devem proteger o produto contra injúrias durante a distribuição e devem manter sua forma e tensão, freqüentemente por longos períodos a uma umidade relativa próxima da saturação. Muitas devem ser projetadas para facilitar o resfriamento rápido dos frutos das temperaturas altas de campo até baixas temperaturas de armazenagem ou transporte, permitindo também a remoção contínua do calor produzido pelo produto. Além de todos estes requisitos, é importante que as embalagens sejam atrativas ao consumidor. Dentre os vários tipos, COSTA & CAIXETA FILHO (1996), recomendam as embalagens de papelão ondulado para o tomate, por reduzirem as perdas, permitindo que um volume maior de produto esteja apto à comercialização. Em comparação com a caixa de madeira (caixa "K"), embora as feitas com papelão apresentem valor unitário maior (custo), estas não possuem o inconveniente da proliferação de patógenos, como ocorre com as caixas de madeira normalmente reutilizadas sem nenhum tipo de limpeza.

Atualmente vive-se um período de transição marcado pelo abandono da proposta do uso de caixas de madeira tradicionais (como a K) para um tipo, ou mesmo vários tipos diferentes de embalagens, de acordo com as necessidades e o uso final. Embora se encontre empresas e supermercados já demonstrando grande preocupação com a questão de embalagens para produtos hortifrutícolas, o mercado ainda não chegou a adotar soluções definitivas, observando-se apenas alguns hipermercados com novos tipos de caixas e mesmo assim, ainda em fase de experiência. Mesmo nos entrepostos de venda por atacado, é difícil visualizar opções à caixa de madeira tradicional para algumas variedades de

tomate, como por exemplo a Santa Clara, exceto para os frutos Caqui (não longa-vida) e Cereja, que já podem ser encontrados em caixas de papelão e plásticas.

A classificação também é um importante meio de se reduzir perdas, visto que agiliza os processos de manuseio e comercialização do produto (encurtando os períodos e etapas do manuseio). De acordo com dados do CIRCUITO AGRÍCOLA (1999), uma companhia brasileira chamada "Bananika" aumentou suas vendas de banana em 40% e reduziu suas perdas de 20-30% para 5-6% com a adoção do programa de classificação da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. BLEINROTH (1998) mostra mais vantagens da classificação: melhora do aspecto do produto; facilita a comercialização e a avaliação do preço do produto em função de sua qualidade; fornece mais opções ao consumidor; evita a comercialização de produtos de baixa qualidade; permite a utilização de uma terminologia padrão; oferece garantia de qualidade do produto aos consumidores. CALBO (1999) também mostra que a separação dos frutos de acordo com o estádio de maturidade (evidenciado, por exemplo, pela coloração) deve ser realizada logo após a colheita pelas seguintes razões: o tomate colhido maduro ou quase completamente maduro possui melhores características de sabor e aroma, mas resiste pouco ao transporte e às injúrias de compressão; dentro das embalagens, os frutos verdes, por serem mais firmes, exercem uma carga de compressão, e conseqüente deformação, sobre os frutos vermelhos; os frutos amadurecidos produzem etileno que acelera o amadurecimento e facilita a deterioração dos frutos verdes.

Sabe-se que nos Estados Unidos o tomate é colhido ainda verde e posteriormente tratado com etileno para o amadurecimento uniforme, passando também por critérios de classificação, armazenagem e transporte adequados, incluindo a tecnologia do frio. No Brasil, no entanto, o que se observa é a inexistência de tratamento pós-colheita adequado, não apenas com relação ao tomate, como para a maioria dos produtos hortifrutícolas. Em geral, o tomate é colhido no estádio verde para prolongar o tempo de comercialização do produto e porque nesse estádio, o tomate apresenta maiores condições de resistir ao processo de colheita, manuseio e transporte pós-colheita, visto que é mais firme que os frutos colhidos mais amadurecidos (CHOMCHALOW, 1991; MAUL et al., 1997; SHEWFELT et al., 1987; RATANACHINAKORN et al., 1997; RESURRECCION & SHEWFELT, 1985). No entanto, os autores reportam que uma parte do tomate colhido

verde ainda é imaturo (no estado da Flórida, por exemplo, cerca de 85% do tomate colhido é verde e 49% imaturo) trazendo perdas na sua comercialização. Além disso, mostram que os tomates que amadurecem na planta e são colhidos em estádios mais avançados possuem melhores características de sabor, sendo percebidos como mais doces e menos ácidos, assim como maior aceitabilidade pelo consumidor. Dessa maneira, é essencial estudar formas de prolongar a vida de prateleira do tomate e verificar a proteção fornecida pelas embalagens, independentemente de suas propriedades de firmeza, para oferecer ao produtor e atacadista novas formas de comercialização do produto, sem que seja necessário sacrificar a qualidade comestível do tomate de mesa.

II – Objetivos

A pesquisa visou verificar como o uso da classificação, embalagens adequadas e refrigeração influencia na conservação pós-colheita do tomate de mesa, avaliando-se os benefícios obtidos quanto à redução das perdas, referentes às injúrias mecânicas e altas temperaturas ou quebras na cadeia do frio, e preservação da qualidade do produto em detrimento dos custos decorrentes da implantação de tal tecnologia. Para tal, a pesquisa foi composta por três experimentos com objetivos específicos que se complementam na tentativa de estudar formas de conservar, por um maior período, as características de fruto recém-colhido do tomate.

O primeiro experimento visou encontrar a combinação ótima entre temperatura, embalagem e presença ou ausência de classificação, isto é, que proporcionasse um processo de amadurecimento mais lento, e portanto, maior vida de prateleira, menor perda de peso, melhores valores quanto à aceitação global dos provadores. Incluiu-se, ainda, uma análise de custo com a construção da câmara frigorífica e o lucro ou benefício obtido com a aplicação da refrigeração no tomate.

No segundo experimento, os frutos de diferentes embalagens foram comparados com aqueles que não sofreram qualquer tipo de vibração, impacto ou compressão no transporte, a fim de se verificar a influência das embalagens no desenvolvimento de injúrias mecânicas nos tomates. Pretendeu-se avaliar a caixa que fornecesse maior proteção ao produto, apontando inclusive o tipo de ferimento produzido pelo material e pela configuração de cada embalagem (amassado, corte ou abrasão).

No terceiro experimento foi utilizada a temperatura que promoveu maior vida de prateleira aos tomates no primeiro experimento e a embalagem que melhor protegeu o produto contra o desenvolvimento de injúrias mecânicas no experimento 2, a fim de estudar a influência da quebra da cadeia do frio ou do atraso do resfriamento na conservação pós-colheita do produto. O objetivo desse experimento foi analisar os efeitos da quebra da cadeia do frio no amadurecimento, perda de firmeza e de peso e incidência de fungos no tomate, e medir em que momento da armazenagem, ou estádio de amadurecimento do produto, a retirada deste da câmara é mais prejudicial.

III – Revisão Bibliográfica

Segundo HARDENBURG et al. (1986), a temperatura influencia a respiração e transpiração dos vegetais, sendo que níveis mais baixos reduzem a velocidade do processo de maturação, minimizando também a ação de agentes deteriorantes e a perda de peso do produto. Para uma certa faixa de temperatura, quanto mais baixa for a temperatura menor será a atividade respiratória do vegetal. VANEGAS (1987) cita que cada 10°C de aumento na temperatura (para uma faixa de 0-10°C) provoca uma atividade respiratória 7 vezes maior, mas se este aumento ocorrer quando a temperatura está entre 10 e 20°C, a atividade será apenas dobrada ou triplicada. Para HARDENBURG et al. (1986), quanto mais rápido o produto respira, maior é a quantidade de calor gerada, sendo a refrigeração uma das práticas mais importantes em reduzir a taxa respiratória. Deste modo, é necessário o conhecimento da fisiologia do tomate, incluindo os processos naturais de respiração e transpiração para se compreender os efeitos da refrigeração no produto, a diferentes temperaturas de estudo.

3.1. Tomates – origem

De acordo com FIGUEIRA (1982), o tomateiro é uma planta nativa da Região Andina, na parte ocidental da América do Sul, assim como da América Central, havendo dúvidas quanto ao seu país de origem: Peru, Bolívia ou Equador. A espécie cultivada, cosmopolita, é denominada botanicamente de *Lycopersicon esculentum* Mill, existindo também outras espécies distintas, selvagens, utilizadas em trabalhos de melhoramento.

3.1.1. Fisiologia

3.1.1.1. Composição e características visuais

GAYET et al. (1995) citam dezenas de cultivares de tomate existentes no mercado, sendo que a menor parcela se destina ao consumo como produto fresco enquanto a maior parte da produção mundial se destina à transformação. Dentre aqueles que se destinam ao consumo fresco, denominados tomates de mesa, destacam-se as variedades Santa Clara e Caqui.

De acordo com STEVENS (1985), os tomates contêm cerca de 93 a 94% de água, sendo que o constituinte orgânico que prevalece é o açúcar. Como se observa na Figura 1, os teores de frutose e glicose correspondem a cerca de 50% da matéria seca do fruto e acima de 95% dos açúcares em tomates, ocorrendo em aproximadamente iguais quantidades. A sacarose, quando presente nos tomates frescos, encontra-se em níveis baixos. Os componentes estruturais da fruta (sólidos insolúveis em álcool) são outros constituintes importantes (representam cerca de 20% da matéria seca).

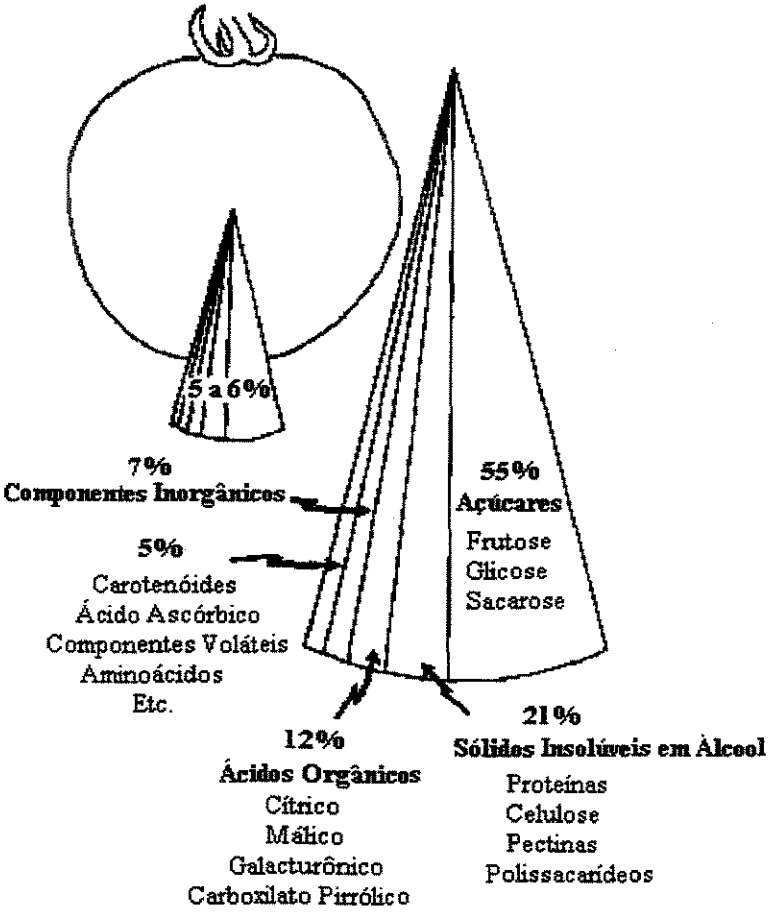

Figura 1 – Composição do tomate

Fonte: STEVENS (1985)

Segundo STEVENS (1985), algumas características visuais podem ser determinadas para os tomates:

- a cor do fruto pode variar do verde ao vermelho quando maduros;

- a casca deve ser íntegra, sem resíduos orgânicos ou químicos e podridões, não contendo picadas de insetos ou ferimentos, com sua pruína intacta, bem como a sépala e parte do pedúnculo;
- firmeza associada ao estádio de amadurecimento, podendo o amolecimento ser indício de pouco sabor e polpa líquida;
- a polpa deve possuir tecido placentário gelatinoso que envolve a semente e não líquido.

Para o mesmo autor, o "flavor" do tomate (termo que envolve principalmente sabor e aroma) está altamente relacionado com o pH, nível de acidez e teor de sólidos solúveis, que sofrem alterações ao longo do processo de amadurecimento do fruto. De acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), um processo de decomposição seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração dos íons-hidrogênio.

Segundo STEVENS (1985), a relação entre a intensidade do "flavor" com a redução do conteúdo de açúcar é relativamente baixa enquanto que a relação com o nível de acidez é maior devido aos ácidos cítricos e málicos serem componentes de influência maior no "flavor" que a frutose e glicose. Esses resultados indicam que os cultivares que têm baixo teor de açúcar e baixa acidez são insípidos e aqueles com alto conteúdo de ácido e teores relativamente baixos de açúcar tendem a ser ácidos. O "flavor" desejado é oriundo de altos teores de açúcar e acidez, adequadamente balanceados. A relação entre sólidos solúveis totais e acidez não reflete integralmente o "flavor" de um produto pois pode-se obter uma relação adequada mesmo quando se tem níveis muito baixos de açúcar e acidez que resultam na verdade em um "flavor" pobre. Para uma quantificação mais precisa do "flavor", são necessárias as informações dos teores de sólidos solúveis totais, acidez e a relação entre esses componentes. CARVALHO et al. (1990) mostram que a faixa de relação entre sólidos solúveis totais e acidez total entre 12 e 18 indica um balanceamento organoléptico equilibrado.

Segundo REINA (1990), dentre os principais ácidos encontrados no tomate o mais abundante é o cítrico, representando de 40 a 90% dos ácidos totais. O ácido málico é encontrado em teores variando de 5 a 60% dos valores observados para o cítrico. Ainda conforme o mesmo autor, ocorre um aumento inicial na acidez do tomate atingindo um

valor máximo com os primeiros sinais de coloração amarela sendo então seguido de uma redução progressiva à medida que o fruto avança para o seu completo amadurecimento.

Quanto ao pH, o autor mostra que o mesmo é alto após o surgimento do fruto e que diminui durante o seu crescimento, sendo baixo no estádio verde-amarelo e aumentando lentamente durante o amadurecimento.

De acordo com CHOMCHALOW (1991), os sólidos solúveis totais (açúcares) aumentam gradualmente durante o amadurecimento dos tomates do estádio imaturo e estádio verde-maduro ao vermelho.

3.1.1.2. Respiração e transpiração

Segundo ASHRAE (1994a), os vegetais frescos são tecidos vivos e têm uma contínua necessidade de oxigênio para a respiração. Durante tal processo, o alimento armazenado como açúcar é convertido em energia e outros intermediários carbônicos, concorrendo para que o produto tenha perda de qualidade e valor alimentício. Para HARDENBURG et al. (1986), durante a respiração, a energia é liberada em forma de calor, cuja quantidade varia com o produto e aumenta à medida que a temperatura se eleva, até 38 a 40°C. Este calor, chamado calor de respiração, é sempre uma parte da carga de refrigeração que deve ser considerada no manuseio de frutas e hortaliças nas câmaras de estocagem. Para se ter uma idéia, a taxa respiratória média a 10°C é de 12 a $18 mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ para tomates verdes (fisiologicamente maduros) e 13 a $16 mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ para tomates maduros, enquanto que de 25 a 27°C, a taxa passa para 35 a $51 mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ para tomates verdes e 30 a $52 mgCO_2.kg^{-1}.h^{-1}$ para tomates maduros.

Ainda de acordo com os mesmos autores, a taxa respiratória para um determinado produto varia com a parte da planta, cultivar, área de produção e época de cultivo. Após a colheita, a taxa respiratória de várias frutas e hortaliças decresce gradualmente ao longo da armazenagem, como é o caso dos arpargus e alfaces de cabeça (produtos não-climatéricos). Alguns produtos, como as ameixas, possuem aumento gradual da taxa respiratória à medida que amadurecem após sua colheita. Ainda outros produtos, como as maçãs e os tomates, têm atividade respiratória que cresce até um pico (climatérico) e depois decresce.

VANEGAS (1987) descreve que após a colheita de frutos, como o tomate, ocorre diminuição na absorção de O_2 e liberação de CO_2, cujo menor valor verificado é

denominado "pré-climatérico". A fase que se segue, quando passa a haver aumento na atividade respiratória, é chamada de "ascensão climatérica". O maior valor da taxa respiratória é conhecido por "máximo climatérico" de onde se segue o estágio "pós-climatérico", caracterizado por declínio na atividade respiratória.

Para ASHRAE (1994a), os vegetais que têm maior taxa respiratória freqüentemente geram maiores problemas de manejo pois são os mais perecíveis. A refrigeração é um dos melhores métodos de reduzir a taxa respiratória e outros processos do vegetal. Ainda conforme ASHRAE (1994a), os vegetais são geralmente cobertos por microrganismos, que poderão provocar a deterioração em dadas condições. Quando injúrias mecânicas danificam a superfície do produto (pele), tais organismos deteriorantes penetram no produto. Se o mesmo for exposto a altas temperaturas, especialmente sob condições de alta umidade relativa, a infecção costuma aumentar. Refrigeração adequada é um dos melhores métodos de controlar a deterioração, visto que baixas temperaturas controlam o crescimento da maioria dos microrganismos, e de garantir a qualidade do produto "in natura". Muitas alterações na coloração associadas ao amadurecimento e à senescência podem ser atrasadas com o uso da refrigeração, que pode também retardar a deterioração causada por reações químicas e biológicas.

De acordo com ASHRAE (1994a), a transpiração é o processo de perda de vapor d'água dos tecidos vivos dos vegetais. As perdas de umidade de 3 a 6% são suficientes para causar perda de qualidade na comercialização de muitos tipos de vegetais, demonstrada na forma de murchamento, enrugamento e perda de frescor. Alguns produtos podem perder 10% ou mais de umidade mas ainda serem comercializáveis, embora algum aparamento (poda) seja necessário, como para o repolho estocado.

HARDENBURG et al. (1986) citam que a taxa de perda de umidade difere de acordo com o tipo de tecido de proteção do vegetal na superfície exposta e com a área de superfície exposta por unidade de volume. Os tomates possuem uma pele relativamente impermeável mas podem perder água rapidamente através da cicatriz do pedúnculo. A velocidade da transpiração pode ser reduzida aumentando-se a umidade relativa do ambiente onde estiver estocado, pela diminuição da temperatura e do movimento do ar, além do uso de embalagens com proteção. A perda de água ocorre mais rapidamente a altas temperaturas que a baixas quando a umidade relativa é a mesma.

3.1.2. Seleção e classificação

Segundo FIGUEIRA (1982), após o beneficiamento do tomate, realiza-se a seleção e classificação de acordo com grupo, classe, tipo e categoria. DUSI et al. (1993) citam que a finalidade da seleção é eliminar os frutos imprestáveis, ou seja, aqueles que apresentem danos mecânicos, fisiológicos e os causados pelo ataque de doenças, separando-se os bons pelo estádio de maturidade.

De acordo com GAYET et al. (1995), existem normas de qualidade estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e Abastecimento para a seleção e classificação dos tomates da espécie *Licopersicon esculentum* Mill, de uso no estado fresco (tomates de mesa). Segundo essas normas, são requeridas algumas características mínimas para os tomates depois de serem acondicionados e embalados, como:

- os tomates devem ser inteiros, ou seja, isentos de qualquer dano que possa alterar a sua integridade;
- serem sãos ou isentos de doenças e de defeitos que comprometem o seu aspecto, a sua comestibilidade ou o seu valor comercial;
- é preciso que sejam limpos, isto é, não devem apresentar terra ou resíduos de produtos de tratamentos;
- desproverem de umidade externa anormal, ou seja, não devem ficar nitidamente molhados, com exceção daqueles frutos de câmaras frigoríficas recobertos por leve camada de umidade de condensação, devido à diferença de temperatura, que não prejudicam a comercialização;
- não podem possuir odor ou sabor estranhos, isto se refere aos tomates que adquirem o odor de outros produtos com os quais estiveram armazenados;
- deve haver cuidados na colheita, de tal modo que o estádio de maturidade do fruto garanta suportar o transporte e manuseio, mantendo-se em boas condições até o momento de consumo.

Como mostra GAYET et al. (1995), os tomates de boa qualidade, polpa firme, isentos de defeitos e com todas as características da cultivar a que pertencem são classificados na categoria I. Quanto à forma, podem ser: redondos esféricos, redondos

discóides e tomates costados (forma regular com estrias que não devem exceder a um terço da distância periférica entre o ponto peduncular e o ponto pistilar, como mostra a Figura 2).

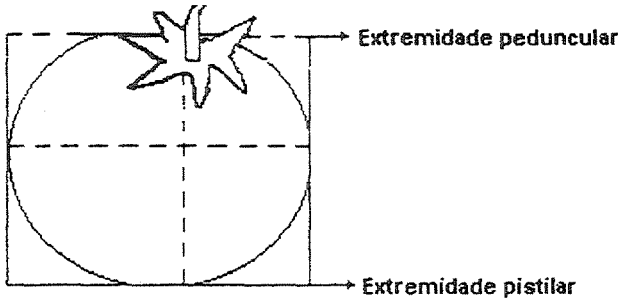

Figura 2 – Extremidades peduncular e pistilar do tomate

Fonte: GAYET et al. (1995)

São admissíveis apenas os defeitos leves em percentagem muito reduzida que não prejudicam o visual do produto. Na Figura 3 são observados os defeitos leves e mais graves que podem ser encontrados nos frutos.

Figura 3 – Pôster indicando os defeitos leves e graves do tomate, preparado para o Programa Horti&Fruti da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Fonte: CEAGESP (1998)

Quanto ao tamanho dos tomates, de acordo com as normas da CEAGESP (1998), este é determinado pelo diâmetro da secção equatorial, não sendo permitidos aqueles de diâmetro inferior a 35 mm.

CHITARRA & CHITARRA (1990) mostram que a homogeneidade de tamanho e forma é uma característica desejável pois minimiza as injúrias durante o manuseio. A retenção de uma boa textura da porção comestível dos frutos, durante o manuseio e armazenagem, constitui também um fator essencial na manutenção da qualidade. A importância da classificação reside inclusive no fato de que reduz as perdas, visto que se tem maior agilidade no manuseio e comercialização (pois são encurtados os períodos e etapas de manuseio), o que favorece a manutenção da qualidade do tomate produzido.

SARGENT et al. (1993) estudaram a influência da classificação na susceptibilidade dos tomates à deterioração, observando que quanto menor o calibre, maior o número de frutos com superfícies feridas promovendo a deterioração pós-colheita.

3.1.3. Cuidados pós-colheita

Antes de comentar sobre os procedimentos pós-colheita, deve-se frisar que os fatores que envolvem a pré e a colheita propriamente dita também influenciam na composição e qualidade do tomate de mesa. Segundo WESTON & BARTH (1997), DUSI et al. (1993), KADER (1992), CHITARRA & CHITARRA (1990) e FIGUEIRA (1982), esses fatores incluem genética (seleção de cultivares), condições ambientais pré-colheita (clima e práticas culturais), maturidade no momento da colheita e método de colheita. A Figura 4 descreve melhor as principais fontes que podem gerar perdas do produto.

Dentre todas as fontes citadas, esta pesquisa enfoca somente aspectos de alguns fatores relacionados à pós-colheita, como a classificação, embalagem e refrigeração. O estudo desses fatores visa buscar possíveis soluções para prolongar a vida de prateleira do tomate, reduzindo-se suas perdas, que poderão gerar benefícios tanto ao consumidor como ao produtor desse alimento.

Campo	Pré colheita	Luminosidade, temperatura, umidade relativa do ar, chuva, granizo e vento
		Época e densidade de plantio
		Seleção de sementes
		Doenças e distúrbios de origem fisiológica
		Solo e adubação
		Tratos culturais Irrigação, capinas, podas e desbastes, amarração ou tutoramento, amontoa, correção de nutrientes e uso de fitohormônios
	Colheita	Método (manual ou mecânico)
		Maturidade do fruto
Galpão de seleção e embalagem		Manuseio
		Classificação
		Embalagem
Transporte		Vibração do caminhão
		Posição e empilhamento da embalagem dentro do veículo
		Altura dos obstáculos na pista
Entreposto		Tratamento com gás etileno
		Atmosfera controlada
		Refrigeração
Consumidor		Seleção do consumidor
		Armazenagem

Figura 4 – Fatores pré e pós-colheita que influenciam as perdas do tomate de mesa

Segundo ASHRAE (1994a) após a colheita, os vegetais mais perecíveis devem ser removidos do campo tão rápido quanto possível e colocados sob refrigeração, ou devem ser

classificados e embalados para comercialização. Tendo-se em vista que os processos de "envelhecimento" e amadurecimento dos vegetais continuam após a colheita, a vida de prateleira depende fortemente da temperatura e cuidado no manejo físico. A manutenção da qualidade é auxiliada pelos seguintes processos:

- colheita em maturidade ou qualidade ótima;
- manuseio cuidadoso, para evitar injúrias mecânicas, e rápido, para minimizar a deterioração;
- utilização de recipientes adequados de proteção e acondicionamento;
- uso de tratamentos químicos, calor ou atmosfera modificada para preservação;
- emprego de procedimentos sanitários;
- resfriamento rápido para remover o "calor de campo";
- alta umidade relativa na estocagem frigorífica para minimizar as perdas de peso do produto;
- refrigeração apropriada durante todo o processo de comercialização.

Segundo KADER (1992) e GHAOUTH et al. (1992), um método complementar ou mesmo substitutivo à refrigeração é a utilização de atmosfera modificada, para conservação da produção, retardando a senescência, reduzindo a sensibilidade do fruto à ação do etileno, aliviando algumas desordens fisiológicas resultantes da injúria do frio e inibindo a incidência de organismos patógenos. As atmosferas modificadas correspondem à remoção ou adição de gases resultando em uma composição atmosférica diferente daquela do ar. Em geral envolve a redução das concentrações de oxigênio e/ou elevação do dióxido de carbono. A modificação atmosférica em torno do produto pode ser obtida, por exemplo, através do empacotamento com filmes plásticos e com uma capa ou cobertura de cera.

3.1.3.1. Injúrias mecânicas

Conforme ASHRAE (1994a), os cuidados pós-colheita envolvem o empilhamento das caixas de produtos de maneira adequada à ventilação e refrigeração. As caixas não devem ser muito profundas para evitar que o peso excessivo danifique o produto próximo ao fundo. O efeito provocado pelo manejo envolvendo embalagens de alta rugosidade, e portanto abrasivas, é cumulativo. Vários ferimentos pequenos em um tomate podem

produzir perda de sabor. Danos mecânicos permitem aumento na perda de umidade.

De acordo com SARGENT (1998), após a colheita, as hortaliças perdem firmeza devido aos processos de desenvolvimento, senescência e perda de água. Como resultado, tornam-se mais susceptíveis às injúrias mecânicas. Os tomates são muito sensíveis a injúrias internas. As injúrias internas tornam-se aparentes após o tomate atingir o estádio de completo amadurecimento (coloração vermelha). Tais injúrias se desenvolvem quando um fruto recebe um impacto sobre o lóculo durante a colheita ou manuseio. O impacto altera o desenvolvimento no gel locular e, no estádio de amadurecimento completo, o gel torna-se opaco e verde-amarelado ao invés de ter uma coloração original clara e vermelha.

Segundo o mesmo autor, o tomate é mais sensível a choques principalmente após o início da etapa de amadurecimento, assim uma queda de 10 cm é suficiente para causar descoloração interna de até 73% dos frutos nesta etapa (com até 10% de coloração vermelha), enquanto que, apenas 5% dos frutos ainda verdes apresentariam tal injúria. SOARES et al. (1993) também mostram que os frutos menos maduros são mais firmes e portanto mais resistentes às injúrias mecânicas durante o manuseio e o transporte.

O mesmos autores afirmam que um outro inconveniente é o fato dos impactos estimularem o aumento na taxa de respiração e na produção de etileno, acelerando o amadurecimento e conseqüentemente reduzindo a vida útil do produto. Também descrevem que as injúrias enfraquecem ou destróem as defesas naturais do tomate, sua cera natural e "pele", criando condições para o desenvolvimento de fungos e bactérias. As injúrias mecânicas agem como porta de entrada para os patógenos oportunistas, que provocam infecção, podendo se proliferar e contaminar frutos próximos e saudáveis.

Para SARGENT et al. (1992), os tomates transportados a longas distâncias estão, freqüentemente, sob condições que podem promover o crescimento de organismos deteriorantes nos locais de injúrias mecânicas (como ferimentos por impacto e compressão, cortes e abrasões). Sendo as injúrias mecânicas cumulativas, os vários passos do manuseio, do campo ao consumidor, devem ser cuidadosamente coordenados e integrados para minimizar as perdas na qualidade do produto. Embora a injúria interna não seja normalmente detectável em "packinghouses", pode ser percebida pelo consumidor e sua presença poderá comprometer compras subseqüentes. Para SARGENT et al. (1992) e MORETTI et al. (1997), a incidência e gravidade da injúria interna é função da energia de

impacto, número de impactos, cultivar e estádio de amadurecimento.

3.1.3.2. Refrigeração

Segundo ASHRAE (1994a), o resfriamento rápido dos produtos após a colheita, antes ou depois de serem embalados, e antes de serem armazenados ou transportados, previne a deterioração dos vegetais mais perecíveis. Quanto mais rápido o "calor de campo" é removido após a colheita, por mais tempo o produto pode ser mantido em boas condições de comercialização. O processo de resfriamento reduz a velocidade da deterioração natural (amadurecimento e senescência) e do crescimento dos organismos deteriorantes (e deste modo o desenvolvimento da podridão/putrefação), reduzindo também o murchamento visto que a perda de água ocorre muito mais lentamente em temperaturas baixas que em altas. Após o resfriamento, a produção deve ser mantida refrigerada às temperaturas recomendadas. Se ocorrer o re-aquecimento, quebrando a "cadeia do frio" muitos dos benefícios obtidos no resfriamento rápido imediato podem ser perdidos. Um dos problemas certamente encontrados é a condensação de água na superfície do tomate ao sair da cadeia do frio. Essa umidade na superfície associada à elevação da temperatura pode acelerar a atividade de microrganismos e conseqüentemente a deterioração do produto.

A instalação frigorífica é projetada freqüentemente com base no pico de carga de refrigeração. Este pico normalmente ocorre quando as temperaturas externas são maiores e o fluxo de calor é dirigido para o interior da instalação de resfriamento e estocagem. Tal pico de carga depende da quantidade de produto recebida a cada dia, da temperatura da produção no momento em que será submetida à refrigeração, do calor específico do produto e da temperatura final atingida (ASHRAE, 1994a).

De acordo com GAYET et al. (1995), a temperatura à qual os tomates estão submetidos, assim como seu estádio de amadurecimento, influenciam no tempo de conservação dos mesmos. ASHRAE (1994a), cita que os tomates verdes porém fisiologicamente maduros, por exemplo, não devem ser estocados a temperaturas que atrasam consideravelmente o amadurecimento, mesmo à temperatura de 13°C, que é considerada como uma temperatura que não provoca o efeito "chilling". Temperaturas de 18 a 20°C e ambiente com umidade relativa de 90 a 95% são provavelmente usados mais extensivamente em amadurecimentos comerciais de tomates verde-maduros, pois a

temperaturas superiores a 21°C, há aumento da deterioração. A faixa de temperatura de 14 a 16°C é provavelmente a mais desejada para o amadurecimento lento sem problemas de deterioração. Nesta faixa, o fruto amadurecerá suficientemente para ser embalado para venda em 7 a 14 dias.

Já os tomates completamente maduros podem ser mantidos, segundo ASHRAE (1994a), entre 7 e 10°C, em ambiente com umidade relativa de 85 a 90%. Não se espera que os tomates com coloração de 50 a 75% da superfície tenham uma armazenagem bem sucedida por mais de uma semana e vida de prateleira normal durante a comercialização. Tais frutos devem também ser estocados de 7 a 10°C com 85 a 90% de umidade relativa.

GULL (1990) mostra que mantendo a umidade entre 85 e 95% pode-se minimizar a perda de peso dos tomates. Também cita que os sintomas de enrugamento se tornam evidentes a partir de apenas 3% de perda de peso. Já BOYETTE et al. (1998) mostram que a armazenagem de tomates a umidades acima de 90% pode aumentar a incidência de deterioração.

Para SHOWALTER (1981), a perda de peso além de provocar deterioração da qualidade e reduzir a possibilidade de comercialização do produto, tendo em vista a formação de enrugamento, murchamento e perda de firmeza, também representa perda direta de peso comercializável. O autor reporta que a susceptibilidade das hortaliças à perda de água varia significativamente, mostrando resultados como a perda diária de 0,9% para tomates e de 2,5% para pepinos mantendo-se cerca de 27°C e 60% de umidade relativa durante a armazenagem. Tendo em vista que essas perdas são multiplicadas várias vezes em função da duração do período de comercialização do produto, torna-se importante tentar reduzi-las através de resfriamento, manutenção de alta umidade durante a armazenagem, redução do movimento do ar, uso de embalagens protetoras e ceras, dentre outros.

Como a maior parte das informações da literatura trata de variedades, condições meteorológicas e de campo diferentes das brasileiras, esses dados serviram apenas de base na escolha das temperaturas e umidade utilizadas nos experimentos. De qualquer maneira, a variedade e o estádio de maturidade do tomate tiveram influência decisiva em tal decisão.

Apesar do fato de não ter sido estudado o gás etileno nesta pesquisa, é interessante citar esta forma alternativa de tratamento pós-colheita de tomates muito utilizada no estado da Flórida, Estados Unidos. Os tomates são colhidos verdes (porém fisiologicamente

maduros), passam por classificação, por uma câmara de etileno garantindo o amadurecimento mais rápido e uniforme, para só então serem mantidos sob refrigeração. De acordo com CHOMCHALOW (1991), aplicando-se 0,3ppm de etileno pode-se iniciar o amadurecimento do fruto, embora a eficiência máxima tenha sido alcançada com 10ppm de etileno. Enquanto o tratamento com etileno induz a respiração climatérica em frutos imaturos, este não causa acúmulo de açúcares e componentes indicadores do sabor típicos de frutos maduros. O autor também reporta que depois que a respiração climatérica e a produção de etileno já tiveram início no fruto, a utilização do gás não tem mais efeito para promover o processo de amadurecimento.

3.1.3.3. Efeito "chilling"

Para ASHRAE (1994a), o efeito chilling pode ser definido como uma injúria provocada pela exposição a temperaturas baixas (acima do ponto de congelamento), freqüentemente em uma faixa de 0 a 10°C. Nestas temperaturas, os vegetais tornam-se enfraquecidos, incapazes de manter os processos metabólicos normais. Pode-se citar como sintomas do "chilling" o encaroçamento ou outras desordens de pele, descoloração interna ou falha no amadurecimento.

BENNETT (1997) descreve que os tomates sofrem injúrias a temperaturas inferiores a 12,5°C. De acordo com BOYETTE et al. (1998), a injúria do frio é acumulativa e é função tanto da temperatura como do tempo de exposição. Segundo BENNETT (1997), quanto menor a temperatura, mais seco for o ar e mais longa a exposição ao frio, mais severos serão os danos, com células continuando o colapso e áreas afundadas formadas na pele. No campo, as geadas causam quase imediatamente a morte das áreas expostas. A deterioração vai prosseguir a menos que o fruto seja colhido rapidamente. Tomates "chilled" (com temperatura abaixo da recomendada) também perdem sua habilidade de amadurecer. Quando a geada é prevista, deve-se cobrir ou colher o fruto.

Segundo KADER (1992) e CHOMCHALOW (1991), os frutos verde-maduros, são mais susceptíveis ao efeito "chilling" que aqueles em estádio mais avançado. No entanto, CHOMCHALOW (1991) reporta que alguns autores observaram que a sensibilidade ao "chilling" aumenta nos últimos estádios de amadurecimento. Segundo HARDENBURG et al. (1986), os tomates verde-maduros desenvolvem a injúria do frio se armazenados por 2

semanas ou mais a temperaturas abaixo de 13°C. SALTVEIT JR. & CABRERA (1997) e MARANGONI et al. (1995) afirmam que geralmente tal efeito não é visualmente aparente a temperaturas que provocam o mesmo, mas é observado sob exposição a temperaturas de amadurecimento de cerca de 20°C. Dependendo da extensão do dano provocado pela injúria, os tomates "chilled" poderão exibir uma série de sintomas de maior ou menor gravidade, como lesões superficiais, descoloração interna ou coloração desuniforme, amadurecimento incomum, perda da firmeza, enrugamento, vazamento de íons, aumento na susceptibilidade a doenças, e incremento na taxa de respiração e produção de etileno.

Vários autores, como LURIE & SABEHAT (1997), HAKIM & VOIPIO (1995) e McDONALD et al. (1999), mostram a utilização de tratamentos com ar ou água aquecidos por um curto período de tempo, anteriormente à estocagem frigorífica (a temperaturas que provocam a injúria do frio) como forma de evitar os efeitos da injúria no tomate. LURIE & SABEHAT (1997) afirmam também que a efetividade de tais tratamentos varia em função da cultivar estudada.

ARTES & ESCRICHE (1994) observaram a influência do aquecimento intermitente (a 20°C) na prevenção do desenvolvimento da injúria do frio e da deterioração e no aumento na coloração superficial.

SALTVEIT JR. & CABRERA (1997) mostram que a sensibilidade do tomate colhido varia durante o dia, e que essa mudança está relacionada à temperatura do fruto no momento da colheita. Deste modo, em todos os experimentos realizados nesta pesquisa, foram medidas a hora em que o tomate foi colhido, assim como sua temperatura neste momento. Também se registrou o período de tempo entre a colheita e a entrada do produto na câmara fria.

De acordo com GAYET et al. (1995), conservando-se o tomate verde abaixo de 10°C não se observa geralmente perda de clorofila, hidrólise das substâncias pécticas ou síntese de licopeno, no entanto são percebidos danos fisiológicos devido ao frio como enfraquecimento dos tecidos e manchas marrons que ficam vulneráveis à podridão por *Alternaria*, à podridão mole bacteriana e à necrose bacteriana.

Segundo HOCHMUTH et al. (1988), os tomates estão sujeitos ao ataque de vários organismos causadores de moléstias como fungos, bactérias e vírus responsáveis por sérias perdas nas culturas de tomateiro. O organismo *Alternaria*, por exemplo, provoca lesões

escuras, fundas, irregulares na forma, com uma aparência característica de anel concêntrico. O controle é feito evitando-se injúrias mecânicas e temperaturas abaixo de 10°C nos frutos verdes. KADER (1992) mostra que se os tomates estiverem submetidos a temperaturas que provocam o "chilling", sua resistência ao "ataque" de *Alternaria* pode ser perdida mas sem aparecer os outros sintomas da injúria do frio. Também há a podridão mole por bactéria ("Bacterial soft rot") que aparece como manchas verde-escuras, "oleosas" em folhas e troncos, e é freqüentemente acompanhada de odor de invasores secundários. Para evitá-la, é necessário o uso de práticas sanitárias na seleção e empacotamento, e bactericidas como cloro no tratamento pós-colheita. Deve-se evitar ferimentos e injúrias, assim como reduzir a temperatura imediatamente para 4°C ou menos para produtos que suportem baixas temperaturas.

Sabendo-se que a susceptibilidade do tomate ao efeito "chilling" varia com o cultivar, estádio de crescimento e tempo de colheita durante o ano, foi escolhida a temperatura de 7°C para ser pesquisada a fim de se verificar a influência do efeito chilling em duas variedades refrigeradas distintas.

3.2. Métodos de resfriamento rápido

BOYETTE et al. (1998) citam o método de resfriamento por "room cooling" como o mais adequado aos tomates. SARGENT et al. (1991) também recomendam o mesmo método para os tomates, podendo-se utilizar o resfriamento por ar forçado para os frutos em estádio de amadurecimento mais avançado.

Segundo CORTEZ & LEAL (1998), apesar de muito utilizado, o "room cooling" não é propriamente um método de resfriamento rápido. Consiste apenas em colocar o produto na câmara e deixar que este se resfrie naturalmente, sem a circulação forçada do ar. Para KADER (1992), o uso mais comum do "room cooling" se aplica a produtos com vida de prateleira relativamente longa que são armazenados na mesma sala em que são resfriados. Como exemplos, o autor cita as batatas doces ou não, citrus e maçãs sob atmosfera controlada. Assim, a vantagem de tal método é justamente a possibilidade de utilizar a mesma câmara para fazer o resfriamento e a estocagem refrigerada sem a necessidade de transferir o produto para outro local, requerendo menos esforços de manuseio.

KADER (1992) ainda mostra que o "room cooling" é adequado a produtos que são comercializados logo após a colheita, ou aqueles que são armazenados sem empacotamentos ou ainda os que requerem apenas um resfriamento brando após a colheita. Como desvantagens, o autor cita que é um método lento para a maioria dos vegetais e que requer maior volume de câmara que o necessário para a estocagem frigorífica. Além disso, pelo fato da velocidade do ar necessária ao resfriamento ser maior que aquela necessária para a estocagem, os produtos armazenados em câmaras frigoríficas perdem água mais rapidamente que sob condições ideais de armazenagem.

CORTEZ & LEAL (1998) citam uma outra desvantagem que é a possibilidade de condensação de água na superfície do produto resfriado. Para grandes cargas pode haver uma parte do produto fria e outra quente, provocando aumento da temperatura do ar da câmara e conseqüente condensação do vapor na carga fria.

De acordo com ASHRAE (1994b), as principais formas de resfriamento rápido são: a água gelada; com uma mistura de água e gelo (gelo líquido); a ar forçado e a vácuo. Existem produtos que podem ser resfriados sem sofrerem nenhum efeito adverso utilizando-se qualquer um dos métodos citados; neste caso a escolha será determinada principalmente por fatores econômicos, conveniência, relação do equipamento de resfriamento com a operação de empacotamento total, e preferência pessoal. Os principais métodos de resfriamento são descritos a seguir, mostrando-se suas vantagens, desvantagens e principais produtos a que se aplicam.

3.2.1. Resfriamento a água

ASHRAE (1994b) mostra que o resfriamento a água constitui um método popular devido à sua simplicidade, economia e efetividade. Quando uma película de água fria flui uniformemente sobre a superfície de uma substância aquecida, a temperatura da superfície da substância torna-se essencialmente igual àquela da água. A taxa de resfriamento interno é limitada pelo tamanho e forma (volume em relação à área da superfície) e pelas propriedades térmicas da substância a ser resfriada.

Muitos vegetais são bem sucedidos quando resfriados a água, dentre os quais os mais importantes são: milho doce, aipo, rabanetes e cenouras. No Brasil a empresa

SABROE instalou algumas unidades de resfriamento a água para maçãs em Fraiburgo, no estado de Santa Catarina.

Este tipo de resfriamento pode ser realizado por imersão, spray ou inserção do produto em um banho de água gelada em agitação.

Os problemas mais freqüentes que ocorrem com o resfriamento a água são o dano ao produto/embalagem e a contaminação da água.

3.2.2. Resfriamento com gelo

Segundo CORTEZ & LEAL (1998), um outro método também conhecido consiste na inserção de gelo dentro das embalagens e no uso de gelo na água de resfriamento, aumentando de forma significativa a capacidade frigorífica já que o gelo pode "fornecer frio" de modo prolongado. Além disso, a utilização do gelo apresenta vantagens como a racionalização do uso do equipamento frigorífico, pois é possível produzir e estocar frio em horários normalmente ociosos como a madrugada através de "bancos de gelo", e economizar energia elétrica visto que nestes horários as tarifas são reduzidas.

ASHRAE (1994b) cita alguns produtos como espinafre, brócolis, rabanete, cenoura e cebolas como comumente embalados com gelo nos Estados Unidos.

CORTEZ & LEAL (1998) afirmam que o procedimento de "top icing" ou "packed ice" consiste na disposição de gelo sobre o produto como forma de complementar outro método de resfriamento. O gelo moído pode também ser misturado à água formando uma mistura denominada tecnicamente por gelo líquido ("slush ice" ou "liquid ice"), que é introduzido em "containers" através de uma mangueira conectada às embalagens. O gelo complementa então o resfriamento, preenchendo os espaços vazios entre o produto à medida que o mesmo é transportado. No entanto, tal método exige embalagens feitas com material resistente à água e ao peso do gelo que influencia significativamente na carga total a ser suportada pela embalagem.

De acordo com ASHRAE (1994b), devido ao fato das embalagens de papelão ondulado estarem largamente substituindo as de madeira nos Estados Unidos, o uso de gelo tem decrescido em favor do ar forçado. No entanto, a utilização de papelão impregnado com cera ou parafina tem permitido o uso do resfriamento a gelo e água de produtos após o

acondicionamento em embalagens, havendo entretanto a desvantagem quanto à dificuldade de reciclar este material.

3.2.3. Resfriamento a vácuo

Segundo ASHRAE (1994b), este método de resfriamento rápido apresenta melhor desempenho quando aplicado em vegetais com alta razão de área da superfície e massa do produto. Na refrigeração a vácuo, a pressão da câmara é reduzida ao ponto de saturação correspondente à menor temperatura requerida para evaporar a água do produto. Por exemplo, a 760mmHg a temperatura de evaporação da água é de 100°C, enquanto que para 5,1mmHg essa temperatura é de apenas 1,4°C. Assim, o resfriamento é atingido pela evaporação da água (em sua maior parte, da superfície), provocando a diminuição da temperatura do vegetal, e por isso tal método é também denominado "resfriamento evaporativo".

Para CORTEZ & LEAL (1998), tal método de resfriamento é aplicado principalmente em vegetais folhosos (alface, espinafre, rúcula, agrião, dentre outros), que podem ser embalados no campo e resfriados com rapidez e uniformidade. É considerado um método muito eficiente do ponto de vista energético pois não ocorre resfriamento das paredes da câmara durante o processo. Entretanto, o resfriamento a vácuo torna-se econômico apenas quando há um volume adequado para operar a planta perto de sua capacidade, devido ao fato de se tratar de um equipamento dispendioso e requerer mão de obra capacitada para sua operação e manutenção.

Conforme ASHRAE (1994b), a pressão de saturação para a água a 100°C é 101,3kPa, enquanto que para 0°C esta pressão é de 0,610kPa. Os resfriadores a vácuo comerciais costumam operar nesta faixa.

3.2.4. Resfriamento por ar forçado

Consiste no método de resfriamento rápido mais conhecido. Segundo NEVES FILHO (1993), o produto é disposto no interior de câmaras frigoríficas de modo a permitir a circulação de ar entre os paletes. Assim, o tempo de resfriamento depende das dimensões das embalagens e área de suas aberturas, formas com que são distribuídas e da característica do produto, temperatura, umidade e velocidade do ar através do mesmo.

Portanto, de acordo com ASHRAE (1994b), devido às suas características físicas, principalmente geometria, várias frutas e vegetais respondem diferentemente a tratamentos semelhantes de fluxo e temperatura do ar. Um exemplo disto é o caso de pêssegos que se resfriam mais rapidamente que batatas quando são resfriados em embalagens sob condições similares de fluxo e temperatura do ar.

Ainda conforme ASHRAE (1994b), o resfriamento a ar forçado envolve definidos padrões de empilhamento de caixas onde o ar é forçado através, mais que ao redor, de "containers" individuais. O uso bem sucedido de tal método requer recipientes com orifícios localizados na direção em que o ar se moverá e com o mínimo de material de embalagem que poderia impedir a livre movimentação do ar através desses recipientes. Conforme MITCHELL (1992), sob essas condições, um diferencial de pressão relativamente pequeno entre os dois lados do recipiente resulta em um bom movimento do ar e excelente transferência de calor. ASHRAE (1994b) cita que os diferenciais de pressão em uso são em torno de 60 a 750Pa, com fluxos de ar variando de 1 a 3l/s por quilograma de produto.

Para ASHRAE (1994b), devido ao fato de que o ar de resfriamento entra em contato direto com o produto a ser resfriado, o resfriamento é muito mais rápido que com o convencional "room cooling". Isto promove a vantagem de rápida movimentação do produto na instalação e o tamanho da mesma é de 1/3 a 1/4 de um tipo equivalente de instalação para câmara de resfriamento.

Mitchell et al. (1972) citados por ASHRAE (1994b) observaram que o resfriamento a ar forçado geralmente resfria em 1/4 a 1/10 do tempo necessário para o "room cooling" convencional mas que ainda gasta 2 a 3 vezes mais tempo que o resfriamento a água ou a vácuo. Por exemplo, estudos reportam um meio tempo de resfriamento de uma hora para o resfriamento a ar forçado de pêssegos comparado a seis horas para pêssegos embalados de modo semelhante em "room cooling" convencional.

Segundo CORTEZ & LEAL (1998), uma outra vantagem a ser citada no resfriamento a ar forçado é o fato do movimento de ar ser sempre na direção do ar frio para o produto quente, evitando que ocorra condensação da água sobre o produto, que é comum no "room cooling". Além disso, pode-se utilizar ou adaptar câmaras frias para fazer tal resfriamento a custos reduzidos.

NEVES FILHO (1993) adverte que no uso constante da câmara como resfriador, podem ocorrer prejuízos pelo aumento e variação da temperatura, devido à entrada de carga quente no produto já resfriado, assim como pelo longo período para redução de sua temperatura. Conseqüentemente, a área de piso deverá ser maior, poderá ocorrer condensação do vapor d'água na superfície do produto e o controle do resfriamento é extremamente complicado afetando produtos mais sensíveis.

De acordo com NEVES FILHO (1993), poderão ocorrer perdas excessivas de água do produto no resfriamento ou armazenagem dependendo das condições de operação. Para reduzir essas perdas, pode-se optar por evaporadores de área maiores, levando em consideração também o custo que isso acarretará.

3.3. Embalagens para frutas e hortaliças

MITCHELL (1992) descreve a imensa variedade de materiais, tamanhos e formatos de embalagens utilizadas para colheita, manuseio, processamento, transporte e comercialização de produtos hortifrutícolas. Nos Estados Unidos são usados mais de 500 tipos diferentes de embalagens. Neste mesmo país, os esforços do passado quanto à padronização tiveram sucesso limitado e a maioria das mudanças tem sido em resposta a considerações econômicas: uso de materiais mais baratos; necessidade de adaptar a acondicionamento e processamento menos dispendiosos ou habilidade para aumentar a densidade de carga transportada. Nos Estados Unidos, os maiores avanços têm sido na substituição da madeira pelas embalagens de papelão ondulado (com uso limitado das embalagens de plástico), do empacotamento manual para as operações de acondicionamento e preenchimento de volume (como é o caso de muitas frutas e algumas hortaliças), e do manuseio de embalagens isoladas para os paletes. Essas mudanças vêm forçando uma revisão geral em termos de requerimentos de embalagens para uso com produtos hortifrutícolas.

SINGH et al. (1992) mostram que a operação do empacotamento é um dos fatores que mais influenciam a qualidade da fruta "in natura" durante o transporte e distribuição, até atingir o consumidor. Segundo BORDIN (1998), a importância das embalagens reside no fato de que são as responsáveis por conter e proteger o produto hortfrutícola contra as adversidades do meio de distribuição, de modo a tornar mais conveniente e eficaz o seu

manuseio e comercialização. Outro fator importante a ser considerado é o custo que tais materiais representam nas despesas gerais do comerciante. De acordo com o mesmo autor, desde que são colhidos, os produtos hortifrutícolas ficam sujeitos a uma série de efeitos mecânicos, como vibração, impacto e compressão, que poderão provocar injúrias ou ferimentos facilitando a propagação de patógenos ou levando à deterioração do vegetal. Tais efeitos mecânicos são responsáveis pela perda de aproximadamente 25% da produção.

3.3.1. Tipos e materiais de embalagem

Para BORDIN (1998), as frutas e hortaliças em geral são embaladas em caixas de diversos materiais e formas, podendo também ser ensacadas de acordo com sua resistência. Para a escolha do tipo e material a ser utilizado, deve-se levar em conta fatores como: resistência, disponibilidade, custo, adequabilidade a tratamentos pós-colheita (como resfriamento) e principalmente atender às necessidades do produto. A embalagem está relacionada à classificação, método de resfriamento e armazenagem do produto, assim como com o sistema de manipulação da mesma, como por exemplo o sistema paletizado. Deste modo, são utilizadas principalmente embalagens de madeira, de produtos celulósicos (papelão ondulado e cartão) e plásticas.

3.3.1.1. Madeira

Conforme BORDIN (1998), este constitui o tipo de embalagem mais comumente usado no Brasil, onde são empregadas madeiras de reflorestamento (pinus, eucalipto) ou madeira nativa. As caixas são feitas com tábuas de madeira, pregadas ou grampeadas, previamente secadas para evitar o empenamento ou aparecimento de rachaduras e facilitar a fixação. Não se recomenda o uso de tábuas com nós que podem provocar ferimentos no produto. Segundo este mesmo autor, apesar de apresentarem alta resistência à compressão vertical e baixo custo (principalmente por serem reutilizadas), as caixas de madeira apresentam vários inconvenientes como:

- possuem superfície áspera intensificando os danos mecânicos decorrentes da vibração. Para se tentar reduzir tal efeito, algumas embalagens são forradas com papel ou bandejas de polpa celulósica moldada e palha;

- madeiras com alto teor de umidade favorecem o desenvolvimento de fungos na sua superfície podendo contaminar o produto;
- essas caixas não sofrem um processo de limpeza e desinfecção quando são reutilizadas, podendo provocar a contaminação de produtos por doenças desenvolvidas em resíduos de cargas anteriores;
- ocupam muito espaço nos pátios das CEASAS e também aumentam os custos de transporte pois não podem ser dobradas, sendo portanto transportadas vazias no retorno;
- algumas embalagens de madeira, após três ou quatro anos, podem chegar a ter até 100 pregos.

SOARES, et al. (1993) estudaram a influência da utilização de embalagens de madeira (caixas K) na conservação da qualidade do tomate. Os autores observaram sérios problemas de injúria mecânica nos frutos, cuja intensidade variou em função da posição do fruto dentro da caixa.

De acordo com BORDIN (1998), também pode ser citada a caixa de madeira armada (Figura 5), mais utilizada em outros países, que apresenta peças de melhores características superficiais. As tábuas são faqueadas (fatias de madeira) e unidas por arames possibilitando que tais caixas sejam transportadas e armazenadas desmontadas.

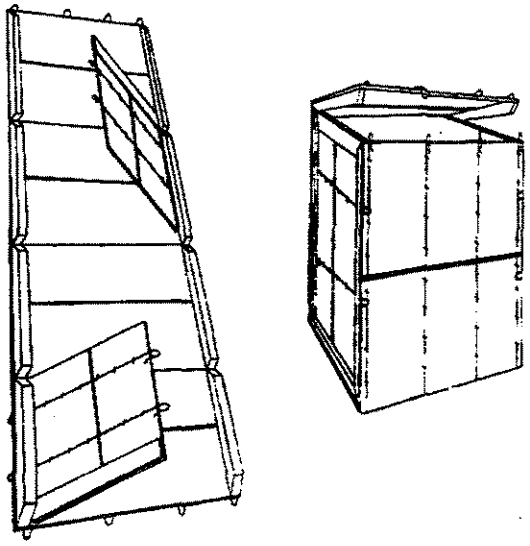

Figura 5 – Exemplo da caixa de madeira armada

Fonte: BORDIN (1998)

3.3.1.2. Papelão ondulado

Segundo BORDIN (1998), as embalagens de papelão ondulado são formadas pela justaposição de elementos planos (capas) e ondulados (miolo). As estruturas mais usuais são: as de parede simples, feitas com duas capas e um miolo, e as de parede dupla, feitas com três capas e dois miolos. Tal justaposição confere ao material elevada resistência à compressão vertical. Para a sua montagem, utiliza-se cola, grampos metálicos, fita adesiva, ou é feita através de um sistema de encaixe de lingüetas.

O autor cita que as embalagens de papelão ondulado possuem um pequeno "alcochoamento" e maior flexibilidade, auxiliando na proteção de produtos contra choques e impactos externos. Entretanto, caixas com flexibilidade excessiva, podem propiciar níveis muito altos de movimentação dos produtos no interior das mesmas, resultando em choques e impactos entre eles.

As caixas feitas por tal material apresentam várias vantagens em relação àquelas de madeira, como BORDIN (1998) cita:

- possuem superfície mais lisa, provocando menos danos mecânicos aos frutos;
- são utilizadas apenas uma vez, impedindo que os produtos sejam contaminados por doenças que poderiam se desenvolver nos resíduos de produtos anteriores;
- possibilitam uma grande economia no transporte e espaços de armazenagem por serem fornecidas desmontadas.

Dentre as desvantagens dessas embalagens, o autor descreve algumas como:

- custo unitário mais elevado comparado às caixas de madeira, mas que pode ser reduzido dependendo da escala de produção;
- perda de resistência quando da exposição excessiva a altas umidades, que pode ser amenizada através de tratamentos e recobrimentos no papelão ondulado;
- a criação de aberturas nas caixas para permitir uma maior eficiência na refrigeração pode comprometer sua resistência.

Os modelos mais conhecidos de caixas de papelão ondulado são: modelo normal (ABNT/FEFCO 0201) de menores custos devido à menor quantidade de material consumido e fabricação mais simples; caixas telescópicas (total ou parcial), com custo mais elevado mas com possibilidade de abertura total da parte superior permitindo melhor

exposição do produto. Também devem ser citados o modelo normal com cinta de reforço, que confere maior resistência mecânica à embalagem, segundo especificações do CETEA/ABPO (1998).

3.3.1.3. Plástico

BORDIN (1998) descreve que os materiais plásticos são encontrados em embalagens de frutas e hortaliças na forma de caixas, sacos, filmes, bandejas, luvas protetoras, dentre outras. As caixas se apresentam em diversos tamanhos e formatos, havendo também as desmontáveis que facilitam a sua armazenagem. No entanto, como são construídas com moldes específicos de alto custo, prefere-se utilizar as embalagens de papelão ondulado para produtos como o tomate. As caixas plásticas só representam uma boa opção de embalagem quando se trata de um sistema com retorno.

O autor também cita que as caixas de plástico apresentam elevada resistência e durabilidade, podendo ser lavadas e higienizadas evitando deste modo a contaminação do produto no caso de reutilização.

É importante se conhecer não apenas os materiais das embalagens de frutas e hortaliças como também os acessórios utilizados e modo de arranjo das mesmas sobre um palete no interior de uma câmara, tornando possível que este trabalho reproduza as condições reais de operação e armazenagem de caixas de tomate.

3.3.2. Acessórios

BORDIN (1998) cita que em função das necessidades de cada produto hortifrutícola, podem ainda ser inclusos nas embalagens alguns acessórios como: papéis para proteção individual de frutos; luvas de espuma plástica para evitar injúrias na ocorrência de choques; bandejas divisórias de polpa de celulose moldada ou chapas plásticas termo-formadas, contendo alojamento individual para cada fruto; dentre outros.

3.3.3. Paletização

A paletização é fundamental na agilização das operações de carregamento e descarregamento, otimizando o transporte dos produtos hortifrutícolas. Ao serem paletizadas, as embalagens são empilhadas sobre o palete, geralmente de madeira, podendo

ser descartável ou reutilizável, formando uma unidade. Para BORDIN (1998), tal empilhamento influenciará na estabilidade do conjunto, podendo ser feito de três maneiras:

- disposição das caixas exatamente umas sobre as outras formando colunas, denominado empilhamento colunar;
- arranjo em que as caixas se inter-travam, propiciando maior estabilidade e conseqüentemente dispensando o uso de acessórios de amarração. É também conhecido como empilhamento cruzado ou em amarração;
- disposição das camadas inferiores do palete em forma colunar, por serem mais solicitadas quanto à compressão, e as camadas superiores são cruzadas favorecendo a estabilidade, designado por empilhamento misto.

O mesmo autor descreve que para elevar a estabilidade do conjunto pode-se utilizar alguns acessórios como: fitas de arqueamento, cantoneiras de cartão, madeira prensada (Duratex) ou material plástico, filmes esticáveis ("strech film") e encolhíveis ("shrink film").

IV – Planejamento Experimental, Metodologia e Materiais Empregados

Esta pesquisa foi composta de três experimentos, interligados e complementares entre si. No primeiro experimento, realizou-se um estudo da influência da classificação, embalagens de papelão ondulado e níveis de temperatura de armazenagem no amadurecimento do tomate. Neste, foram avaliadas duas variedades distintas de tomate a fim de se verificar as diferenças no comportamento entre elas quando submetidas às mesmas condições de armazenagem. Em função dos resultados obtidos, percebeu-se que as embalagens exercem maior influência na conservação do tomate no que diz respeito à proteção contra injúrias mecânicas durante o transporte, e não tanto quando o produto é refrigerado em câmara fria. Desta maneira, no segundo experimento desta pesquisa, as embalagens foram avaliadas simulando-se o manuseio e transporte do produto. Neste estudo, foram incluídas algumas caixas plásticas e trabalhou-se apenas com a temperatura ambiente. Tendo-se em vista a embalagem mais adequada observada no segundo experimento e a temperatura de armazenagem que promoveu maior vida de prateleira no primeiro experimento, a terceira parte visou verificar a influência da quebra da cadeia do frio na qualidade pós-colheita do tomate de mesa. Assim, variou-se o intervalo de tempo entre a colheita e o início do resfriamento (8 e 95 horas após a colheita), e o momento em que o produto foi retirado da cadeia do frio (depois de 95, 190, 286 horas desde a colheita). A metodologia utilizada em cada experimento é descrita mais detalhadamente a seguir.

Os critérios utilizados nesta pesquisa para seleção e classificação do tomate seguem as normas de qualidade da CEAGESP e são mostrados na Figura 6.

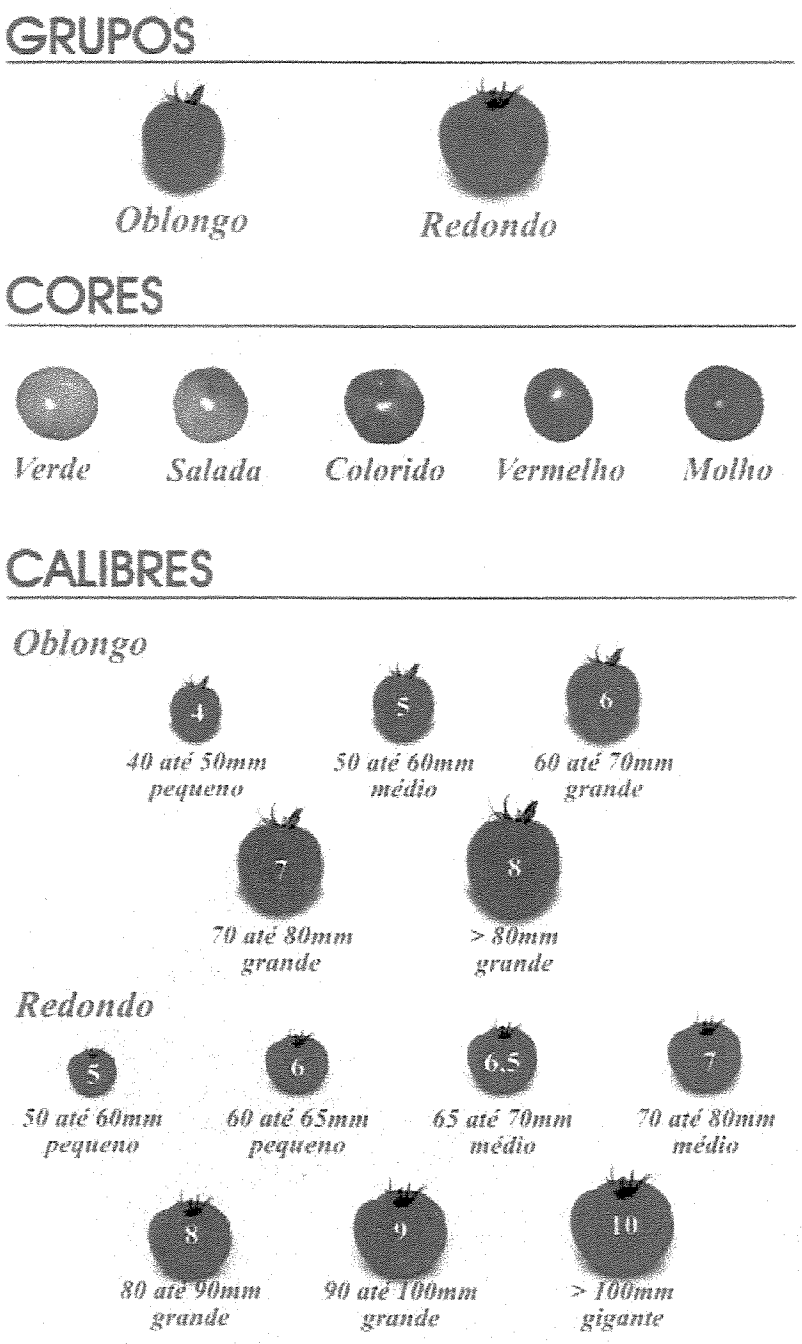

Figura 6 – Classificação dos tomates, quanto aos grupos, cores e calibres, proposta no Programa Horti&Fruti da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

Fonte: CEAGESP (1998)

4.1. Experimento 1 – Influência da refrigeração, classificação e temperatura na vida de prateleira do tomate de mesa (variedades Santa Clara e Carmen)

Neste primeiro experimento foram avaliadas duas variedades de tomate (Santa Clara e Carmen), segundo a aplicação de um tratamento pós-colheita que envolveu a combinação dos fatores: temperatura de armazenagem (ambiente, 13°C e 7°C), classificação (tomates classificados e não classificados) e embalagem (4 tipos de caixas de papelão ondulado). O procedimento da pesquisa e as análises realizadas são descritas a seguir.

4.1.1. Matéria-prima

As variedades de tomate, Santa Clara e Carmen, foram obtidas diretamente de centros produtores do estado de São Paulo, logo em seguida à sua colheita. Os tomates Santa Clara foram colhidos no Sítio São José, no município de Paraíbuna, das 7 às 11 da manhã em embalagens de madeira (caixas K) e levados nesses mesmos recipientes para um galpão com mesa de seleção e classificação. O critério para a escolha dos frutos considerou principalmente o estádio de maturidade do produto, preferindo-se tomates com sinais de coloração vermelha (no máximo 10%), e a ausência de injúrias, pragas ou patógenos. Os produtos selecionados foram colocados novamente em caixas K e depois distribuídos nas caixas de papelão ondulado estudadas. No momento da colheita, a temperatura média dos tomates era de 28°C e a temperatura ambiente variava de 29 a 32°C. A maior parte dos frutos quando foram colhidos estava com a superfície úmida, devido ao orvalho, além de resquícios de terra, o que pode propiciar o desenvolvimento de fungos e desencadear a deterioração. Depois de empacotados, os tomates da variedade Santa Clara foram transportados, em um veículo utilitário, do campo ao laboratório de Termodinâmica e Energia, na Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp.

Os tomates da variedade Carmen foram obtidos no Sítio Santa Irene localizado no município de Sumaré. Os frutos foram colhidos das 10 da manhã até às 5 horas da tarde sendo então empacotados em caixas K. A seleção, classificação e transporte foram feitos seguindo-se os mesmos critérios usados para a variedade Santa Clara, exceto que as embalagens utilizadas para levar o produto até o laboratório eram de madeira (caixas K).

Os frutos de ambas as variedades eram provenientes de plantas que já tinham sido colhidas até 50% da sua capacidade, ou seja, constituíam tomates oriundos da parte central

da planta (tendo em vista que a colheita do tomateiro é efetuada de baixo para cima da planta).

4.1.2. Armazenagem

No laboratório os tomates passaram por mais um processo de seleção e classificação, também manuais, onde aqueles mais homogêneos quanto ao tamanho e coloração foram colocados nas embalagens de papelão ondulado (vide Tabela 1) com a designação de classificadas, sendo os demais inseridos às não-classificadas. Isto significa que as caixas que receberam o código de classificadas continham frutos dentro de uma mesma classe, com uniformidade de tamanho e cor, enquanto que as embalagens dos tomates não-classificados possuíam frutos com alguma injúria mecânica (originária de impactos, compressões ou cortes sofridos durante o transporte e manuseio dentro da embalagem), assim como tomates em estádio de amadurecimento mais avançado (isto é, com coloração vermelha superior a 10%) e frutos muito pequenos, enfim todos aqueles que não se encaixavam nos critérios de classificação do grupo dos classificados.

As caixas de tomate foram então levadas às câmaras frias a 7 e 13°C cerca de 12 horas após sua colheita. Alguns frutos constituíram o grupo controle, sendo mantidos à temperatura ambiente (média de 24°C ao longo do experimento).

Tabela 1 – Especificações das caixas de papelão ondulado utilizadas no experimento 1

Embalagens	Telescópica total (14kg de capacidade)	Caixa com 10kg para a variedade Santa Clara	Caixa com 10kg para a variedade Carmen	Caixa com 7kg para a variedade Carmen
Dimensões externas (mm)	375 x 275 x 252	465 x 267 x 153	487 x 277 x 148	586 x 377 x 73
Composição do papelão	Fundo: capa externa: kraft virgem 200g, miolo reciclado 120g em flauta baixa capa intermediária: kraft virgem 200g, miolo reciclado 120g em flauta alta capa interna: kraft virgem 200g Tampa: capa externa: kraft virgem 200g, miolo reciclado 120g em flauta baixa capa intermediária: kraft virgem 200g	Capa externa: kraft virgem 200g, miolo reciclado 120g em flauta baixa capa interna: kraft virgem 200g	Capa externa branca 150g, miolo semi-químico em fibra virgem com tratamento 150g em flauta baixa capa intermediária: kraft virgem 200g, miolo semi-químico em fibra virgem com tratamento 175g em flauta alta capa interna: kraft virgem 200g com tratamento hidro-repelente	Capa externa branca 200g, miolo semi-químico em fibra virgem com tratamento 150g em flauta baixa capa intermediária: kraft virgem 280g, miolo semi-químico em fibra virgem com tratamento 175g em flauta alta capa interna: kraft virgem 280g com tratamento hidro-repelente

No total, utilizou-se 18 caixas de cada tipo de embalagem, enquanto que para as embalagens com capacidade de 7kg foram usadas 24 caixas.

A temperatura de 7°C foi escolhida propositadamente para se observar a injúria do frio, simulando o transporte a longas distâncias feito neste nível de temperatura e o hábito do consumidor que coloca tomates ainda verdes dentro da geladeira próxima a tal temperatura. Como os sintomas da injúria do frio não são observados nas temperaturas que o provocam mas sim quando o produto é transferido para ambientes mais quentes, conforme previamente descrito no capítulo III, optou-se por um período de cerca de 2 semanas de armazenagem a 7°C (16 dias) passando à temperatura ambiente para justamente se observar o efeito chilling nos tomates do experimento. Para evitar a condensação de

umidade na superfície do produto, causada pelo processo de aumento de sua temperatura, foi utilizado um ventilador de "uso doméstico".

As câmaras utilizadas nos experimentos são do tipo pré-fabricadas da Empresa São Rafael, com dimensões internas de (2,95 x 3,93 x 2,85)m de altura e externas de (3,15 x 4,13 x 2,95)m de altura, resultando em uma capacidade total de $33m^3$. O equipamento frigorífico de cada câmara é composto por um evaporador da marca McQuay, modelo FBA 190 RT, contendo 4 ventiladores, e uma unidade condensadora (compressor hermético e condensador a ar) da mesma marca, modelo HSAD A225.

O monitoramento da temperatura das câmaras foi feito automaticamente através de termostatos inseridos em seu interior e verificado periodicamente com termômetros, enquanto que a temperatura ambiente foi medida através de um termômetro instalado no local do experimento. As câmaras não dispunham de qualquer sistema de umidificação mas a umidade relativa média medida com termômetros de bulbo seco e úmido se manteve relativamente alta ao longo do experimento: em torno de 91% na câmara a 13°C e 77% naquela a 7°C. Um esquema da câmara e do circuito frigorífico é mostrado nas Figuras 7 e 8.

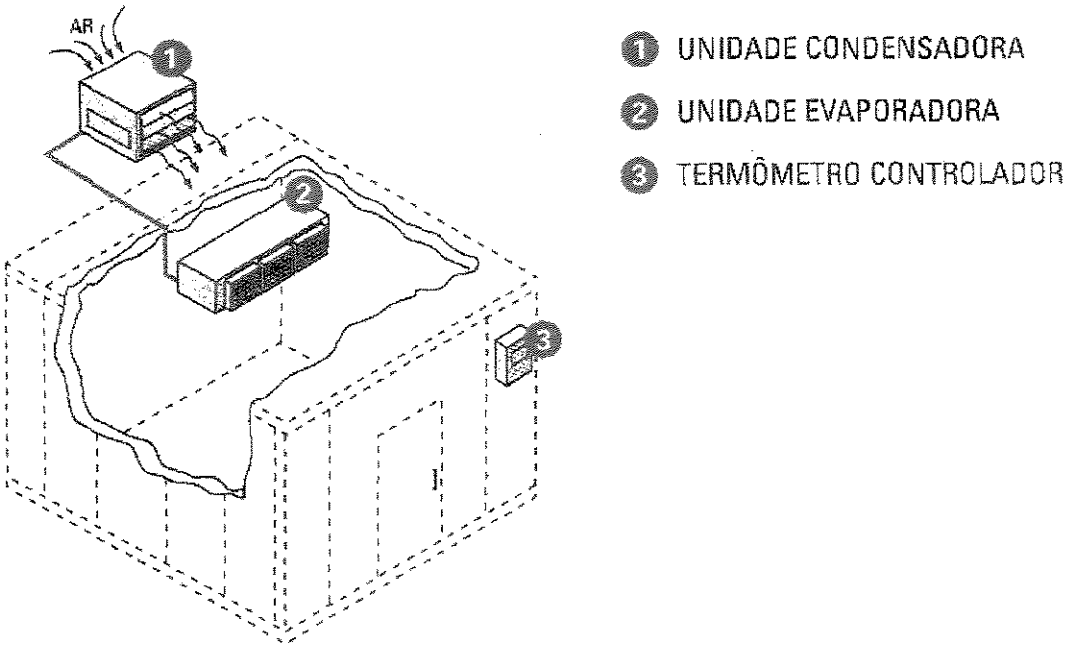

Figura 7 – Esquema da câmara frigorífica/sistema de refrigeração

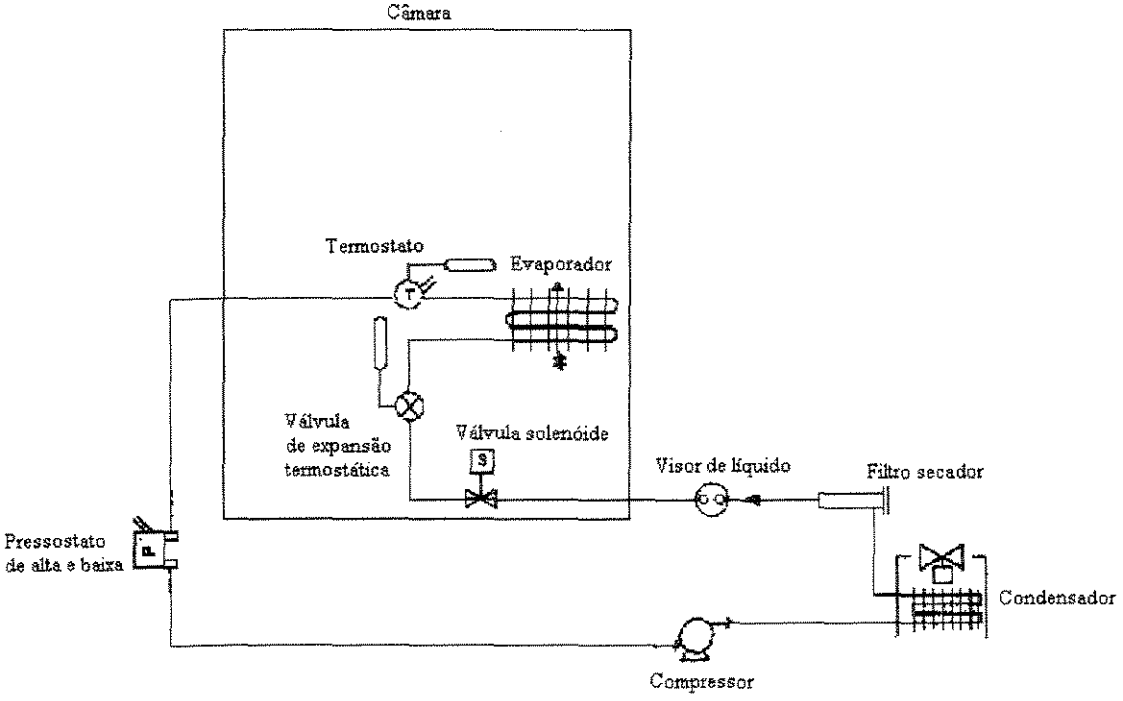

Figura 8 – Circuito frigorífico indicando seus principais componentes

Os tratamentos analisados constituíam a combinação das temperaturas, classificação e embalagens estudadas recebendo as denominações mostradas na Tabela 2 (como será observado nos gráficos elaborados, no capítulo V).

Tabela 2 – Tratamentos pesquisados em função da combinação da variedade, classificação, embalagem e temperatura

Tratamento	Variedade	Classificação	Embalagem	Temperatura
1	Santa Clara	Com classificação	Caixa telescópica total	Ambiente
2	Santa Clara	Sem classificação	Caixa telescópica total	Ambiente
3	Santa Clara	Com classificação	Caixa de 10kg	Ambiente
4	Santa Clara	Sem classificação	Caixa de 10kg	Ambiente
5	Santa Clara	Com classificação	Caixa telescópica total	13°C
6	Santa Clara	Sem classificação	Caixa telescópica total	13°C
7	Santa Clara	Com classificação	Caixa de 10kg	13°C
8	Santa Clara	Sem classificação	Caixa de 10kg	13°C
9	Santa Clara	Com classificação	Caixa telescópica total	7°C
10	Santa Clara	Sem classificação	Caixa telescópica total	7°C
11	Santa Clara	Com classificação	Caixa de 10kg	7°C
12	Santa Clara	Sem classificação	Caixa de 10kg	7°C
13	Carmen	Com classificação	Caixa de 10kg	Ambiente
14	Carmen	Sem classificação	Caixa de 10kg	Ambiente
15	Carmen	Com classificação	Caixa de 4kg Caqui	Ambiente
16	Carmen	Sem classificação	Caixa de 4kg Caqui	Ambiente
17	Carmen	Com classificação	Caixa de 10kg	13°C
18	Carmen	Sem classificação	Caixa de 10kg	13°C
19	Carmen	Com classificação	Caixa de 4kg Caqui	13°C
20	Carmen	Sem classificação	Caixa de 4kg Caqui	13°C
21	Carmen	Com classificação	Caixa de 10kg	7°C
22	Carmen	Sem classificação	Caixa de 10kg	7°C
23	Carmen	Com classificação	Caixa de 4kg Caqui	7°C
24	Carmen	Sem classificação	Caixa de 4kg Caqui	7°C

4.1.3. Análises

Foram avaliados, ao longo da armazenagem, parâmetros do tomate como: perda de peso, coloração, firmeza, aparência, sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável total. A freqüência destas análises variou conforme a temperatura a que o tomate estava submetido devido às diferenças na sua velocidade de amadurecimento (relacionada com a taxa respiratória e portanto com a temperatura). Assim, as medições foram realizadas a cada 2 ou 3 dias (para a temperatura ambiente e 13°C, respectivamente) e uma vez por semana

para os frutos mantidos a 7°C (e a cada 2 dias a partir do momento em que foram removidos da câmara e submetidos à temperatura ambiente).

4.1.3.1. Perda de peso

Foram escolhidos 6 frutos de cada tratamento (2 em 3 caixas) para se determinar a variação média de massa ($M_{inicial} - M_{final} / M_{inicial}$). Estes tomates foram mantidos ao longo do experimento. A balança utilizada foi fabricada pela empresa "Marte Balanças e Equipamentos", modelo AS 1000C, com 0,01g de precisão e 1000g de carga máxima.

4.1.3.2. Análise sensorial

Os tomates foram avaliados por 8 provadores não-treinados quanto à coloração, firmeza, apreciação global e sabor do produto. As amostras receberam códigos para evitar a identificação dos tratamentos e foram levadas ao local de trabalho do provador envolvidas em filme de PVC esticável. Cada provador recebeu uma bandeja com 1 fruto de cada tratamento (combinação entre variedade, temperatura de armazenagem, embalagem e classificação) para analisar os tomates usando uma escala hedônica não estruturada de 10cm, dividida do seguinte modo:

- coloração: 0=verde e 10=vermelho
- firmeza: 0=mole e 10=firme
- aparência externa e interna (apreciação global): 0=nada atrativo e 10=muito atrativo
- sabor: 0=ácido e 10=doce

Os provadores eram incentivados a incluir observações gerais nas fichas de análise sensorial.

4.1.3.3. Sólidos solúveis totais

Para se determinar os graus brix (sólidos solúveis totais por refratometria) foram triturados 3 frutos de cada tratamento (um de cada caixa) e o suco obtido foi então colocado no refratômetro Abbe Refractometer, modelo 2WAJ, Shanghai Optical Instrument Company (Hong Kong), segundo os procedimentos descritos no Manual Técnico "Análises Químicas de Alimentos" (CARVALHO, et al., 1990).

4.1.3.4. Acidez titulável total

Um dos métodos de determinação de acidez é o que avalia a acidez titulável. Para tal análise, também foram seguidos os procedimentos de CARVALHO et al. (1990), onde a acidez é dada em gramas de ácido cítrico/100ml ou 100g de suco.

Calculou-se também a relação entre °brix e acidez titulável (também chamada de índice de maturação), para avaliar o equilíbrio doce-ácido do produto. O resultado foi expresso em número puro, com uma casa decimal.

4.1.3.5. pH

O pH foi determinado pelo método eletrométrico observando-se os procedimentos de CARVALHO et al. (1990). O potenciômetro usado nos experimentos é um pH metro "Microprocessor Bench-top HI 8417, Hanna Instruments, Italy".

4.1.3.6. Análise estatística

O método estatístico utilizado para a análise dos dados foi o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, onde os tratamentos corresponderam às combinações entre: temperatura (ambiente, 13°C e 7°C), classificação (tomates classificados e não classificados, vide Figura 10) e embalagem (caixas de papelão ondulado especificadas na Tabela 1 e mostradas na Figura 9). Foram usadas 3 repetições para cada tratamento (como cada caixa constituía uma unidade experimental, utilizou-se sempre 1 fruto de 3 caixas), exceto para a perda de peso, onde se contou com 6 repetições (2 tomates de 3 caixas). A análise de variância foi realizada pelo software S-Plus 4.5. As médias dos tratamentos foram comparadas através do Teste Tukey, com nível de significância de 5% (P=0,05).

A análise estatística foi empregada para a comparação entre os tratamentos do 9º dia de armazenagem nas três temperaturas pesquisadas e entre os dados do 9º dia de armazenagem para os frutos estocados à temperatura ambiente e do 22º dia de armazenagem dos tomates a 13°C (como será observado no capítulo V, Resultados e Discussões). A primeira análise permitiu a comparação entre os frutos estocados nas três temperaturas após 9 dias de testes e a segunda possibilitou comparar o estado de conservação dos frutos nas temperaturas ambiente e de 13°C próximo ao final da vida de

prateleira de cada um dos tratamentos. Define-se aqui, como vida de prateleira, o período de tempo, após a colheita, que ainda se pode considerar o fruto comercializável, observando-se, para isso, sua coloração, firmeza, perda de peso e apreciação global do provador, que, no caso, está representando o consumidor. Esta pesquisa não determina precisamente o fim da vida de prateleira dos tomates utilizados no experimento, apenas fornece uma idéia do momento em que o fruto começa a perder os atributos requeridos ao consumo.

Os dados também foram analisados através da construção de gráficos dos parâmetros medidos versus o tempo de armazenagem dos frutos mantidos nas diferentes condições de estudo. Embora não forneçam uma idéia da diferença existente entre os tratamentos empregados como na análise estatística, os gráficos permitem boa visualização da evolução das características estudadas do tomate, como brix, acidez titulável e coloração.

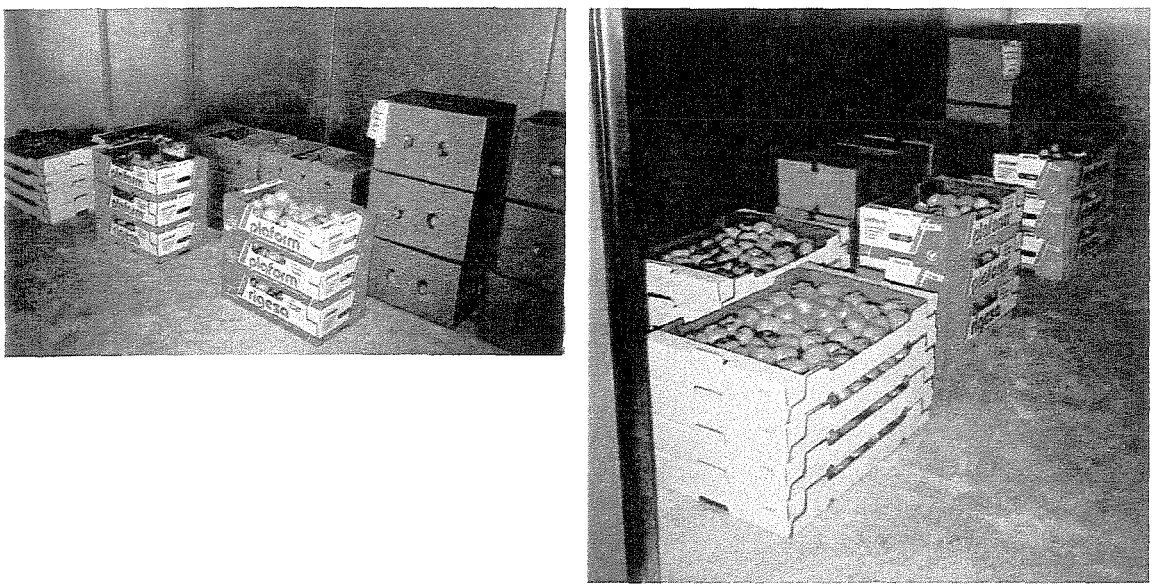

Figura 9 – Embalagens distribuídas no interior da câmara fria

Figura 10 – Caixas com frutos classificados (embaixo) e sem classificação (acima) (após 11 dias de armazenagem à temperatura de 13°C)

4.2. Experimento 2 – Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates

No segundo experimento realizado foram testados cinco tipos de embalagens (duas plásticas, duas de papelão ondulado e a caixa K) quanto à proteção fornecida ao tomate variedade Santa Clara durante seu manuseio e transporte. Os tomates de tais embalagens foram comparados com frutos controle, isto é, aqueles que sofreram mínima vibração, impacto ou choque, segundo os parâmetros descritos abaixo.

4.2.1. Matéria-prima

Os tomates (variedade Santa Clara) foram colhidos em uma propriedade da empresa Milani localizada no município de Elias Fausto, SP. A temperatura ambiente variou de 22 a 26°C, enquanto que a temperatura dos frutos, no momento da colheita, foi de aproximadamente 21°C. Os tomates foram colhidos das 8 às 11 horas da manhã, colocados em cestas de vime e então transferidos para caixas K, no galpão de classificação. Neste, os frutos foram despejados em mesas para a seleção daqueles a serem usados nos experimentos, escolhendo-se apenas os tomates livres de qualquer injúria mecânica, inseto ou doença. Quanto ao estádio de maturidade, foram selecionados frutos apresentando sinais de coloração vermelha em até 60% de sua superfície, que foram depois transferidos às

embalagens estudadas (especificadas na Tabela 3 e mostradas na Figura 11), enquanto que alguns permaneceram em 3 caixas K para fins de comparação. Vinte frutos foram colocados em bandejas de papelão com separação individual para evitar ao máximo vibração, impacto ou compressão mecânica durante seu transporte, constituindo o grupo controle (SINGH et al., 1992; SARGENT et al., 1993; MORETTI et al., 1997). As embalagens foram dispostas aleatoriamente no veículo utilitário usado no transporte, mas procurando submetê-las às mesmas condições de transporte, quanto à carga a ser suportada, exposição à radiação solar/umidade e posição em relação à roda (fator que pode influenciar nos impactos de vibração). As amostras controle foram transportadas dentro da cabine de passageiros a fim de se evitar, ao máximo, qualquer injúria mecânica nos frutos.

Os tomates usados no experimento eram provenientes de plantas onde cerca de 50% da sua capacidade já havia sido colhida, isto é, esses frutos eram oriundos da parte central do tomateiro.

Tabela 3 – Especificações das embalagens utilizadas

Embalagens	**Dimensões externas (comprimento, largura, altura; mm)**
Caixa plástica maior	560 x 360 x 310
Caixa plástica menor	600 x 400 x 190
Caixa de papelão ondulado maior	600 x 400 x 155
Caixa de papelão ondulado menor	487 x 277 x 148

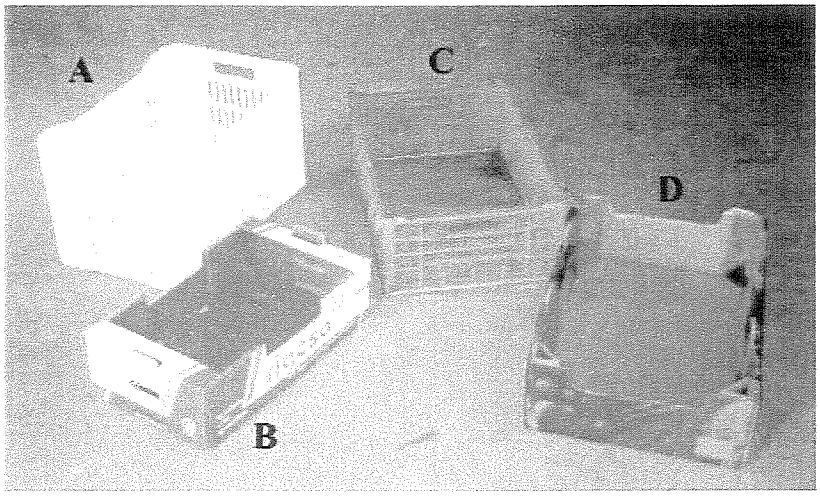

Figura 11 – Caixa plástica maior (A), caixa de papelão ondulado menor (B), caixa plástica menor (C), caixa de papelão maior (D)

4.2.2. Armazenagem

Os frutos foram armazenados à temperatura ambiente (média de 22°C ao longo do experimento) durante 7 dias, ou seja, até atingirem 100% de coloração vermelha e textura de amolecidos. A temperatura foi monitorada por um sistema de aquisição de dados por computador, composto por: um microcomputador IBM/PC compatível, contendo uma placa de condicionamento de sinais analógicos PCX-0802 e um conversor de sinais CAD-12/32, com 32 canais de aquisição; termopares tipo "T"; software AQDADOS para transformar os sinais de mV em graus Celsius (toma-se como referência a temperatura da junta fria medida pelo CAD-12/32). O programa de aquisição foi ajustado para leitura das temperaturas a cada quinze minutos, em 8 termopares inseridos no interior das embalagens e do produto.

4.2.3. Análises

As análises foram realizadas, em geral, no dia em que os tomates foram colhidos e após 7 dias de armazenagem, onde foram medidos: diâmetros longitudinal e transversal, estádio de maturidade, porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas e com podridão, perda de peso, pH, sólidos solúveis totais e acidez titulável total.

4.2.3.1. Porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas

Ao chegar ao Laboratório de Termodinâmica e Energia, da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, cada caixa foi esvaziada e todos os seus frutos avaliados quanto à existência de ferimentos e sua gravidade, tendo-se em vista a profundidade e área superficial do produto (registrada em função da maior dimensão) atingidas (<10mm, de 10 a 20mm e >20mm). Para tal medição utilizou-se um paquímetro digital "Digimatic Caliper, code nº 500-171, model CD-6"C, Mitutoyo Corporation, Japan". Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos encontrados em cada nível de injúrias, em relação ao número total de tomates de cada caixa.

4.2.3.2. Massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade

No mesmo dia da colheita foram utilizados cerca de 10% dos frutos de cada caixa, isto é, 15 tomates de cada caixa K, plástica, e papelão de maior porte, 10 tomates da embalagem de papelão menor e 6 frutos controle, para as análises de massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade (dado pela coloração). Tais medições foram realizadas em cada fruto, individualmente, obtendo-se, posteriormente, o valor médio. A massa foi obtida através da mesma balança mencionada na seção 4.1.3.1. Os diâmetros longitudinal e transversal foram medidos utilizando-se o paquímetro descrito na seção anterior (4.2.3.1). A coloração média de cada fruto foi determinada visualmente por dois provadores, através de uma escala de porcentagens de coloração vermelha (de 0 a 100%).

4.2.3.3. Perda de peso

Foram escolhidos 5 frutos de cada caixa e 3 do controle para se determinar a variação média de massa ($M_{inicial} - M_{final} / M_{inicial}$). Tais frutos foram mantidos ao longo do experimento. A massa final correspondeu àquela obtida após 7 dias de armazenagem. A balança utilizada foi a mesma descrita na seção 4.1.3.1.

4.2.3.4. Porcentagem de frutos com incidência de podridão

Ao final dos 7 dias de armazenagem foram contados os tomates de cada caixa que apresentavam qualquer tipo de podridão, em relação ao número total de frutos contidos em

cada embalagem, anotando-se a gravidade do problema segundo o mesmo critério usado para os ferimentos ou injúrias mecânicas dos tomates (isto é, tendo-se em vista a profundidade e área superficial, registrada em função da maior dimensão do produto, atingidas, com as seguintes classificações: <10mm, de 10 a 20mm e >20mm). Para tal medição foi utilizado o paquímetro digital já especificado.

4.2.3.5. Análise sensorial

Ao final da armazenagem (após atingido 100% de coloração vermelha), os frutos foram avaliados por 10 provadores não-treinados quanto à diferença de sabor entre a amostra controle e os tomates das demais embalagens. Cada provador teve que experimentar primeiramente 1 fruto controle para então compará-lo a mais 6 tomates: 1 fruto de cada tipo de embalagem (vide Tabela 3), mais 1 fruto da caixa K e 1 controle "escondido". Este último se refere a um tomate do grupo controle, ou seja, também livre de qualquer injúria mecânica que foi inserido na amostragem dada aos provadores para verificar, propositadamente, se os mesmos conseguiriam identificar alguma semelhança ou diferença entre ele, o outro fruto controle provado e aqueles com injúrias. Os frutos analisados foram servidos em bandejas aos provadores e contendo uma etiqueta com códigos referentes às embalagens estudadas. Cada provador recebeu uma ficha para avaliar o sabor dos tomates de acordo com uma escala não estruturada de 10cm, onde a distância do zero correspondeu à diferença entre os frutos analisados, ou seja:

0 – indicando não haver diferença alguma entre a amostra controle e o fruto testado

10 – amostras analisadas completamente diferentes da controle

Na ficha existia um espaço para que fossem incluídas as observações julgadas necessárias pelo provador.

4.2.3.6. pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total

Também se realizou as análises de pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total dos tomates um dia após a colheita e depois de 7 dias de armazenagem, onde foram processados 5 frutos juntos de cada caixa (unidade experimental) enquanto que se utilizou apenas 3 frutos do controle triturados separadamente. Para tais medições contou-se

com os mesmos procedimentos e equipamentos anteriormente descritos nas seções 4.1.3.3, 4.1.3.4 e 4.1.3.5.

4.2.3.7. Análise estatística

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições, exceto para a análise sensorial, onde foi usado o delineamento em blocos casualizados, com 10 blocos. Para comparação entre as médias utilizou-se o Teste Tukey, com nível de significância de 5% (P=0,05).

4.3. Experimento 3 – Efeito do atraso do resfriamento e quebra da cadeia do frio em tomates

No terceiro experimento verificou-se o efeito da quebra da cadeia do frio em diferentes períodos durante a armazenagem, assim como o atraso do resfriamento de tomates variedade Santa Clara (vide Figura 12). A embalagem utilizada para contenção do produto se trata da caixa de papelão ondulado previamente especificada na Tabela 1 (vide a caixa de 10kg usada para tomate Carmen) e mostrada na Figura 11 (letra B). Esta embalagem foi escolhida tendo-se em vista os resultados obtidos no experimento 2, quanto à proteção fornecida ao produto transportado. Os frutos foram comparados com tomates que permaneceram refrigerados a 14°C e com frutos mantidos à temperatura ambiente durante todo o período de armazenagem.

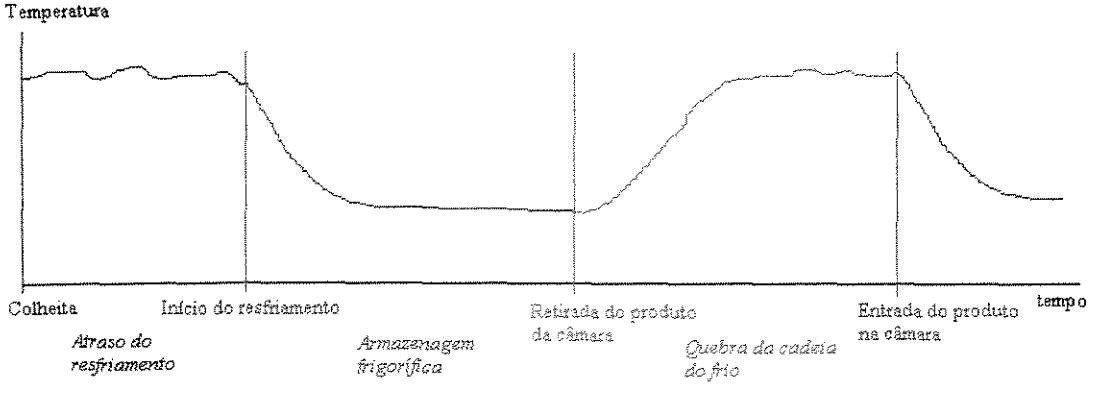

Figura 12 – Esquema mostrando o atraso do resfriamento e a quebra da cadeia do frio

4.3.1. Matéria-prima

Os tomates da variedade Santa Clara foram obtidos no Sítio Barra do Itaqui, localizado no município de Mogi das Cruzes, SP. Os tomates foram colhidos das 9 às 13 horas, em cestas de vime, e transferidos para caixas K no galpão de classificação. A temperatura média no interior dos frutos, no momento em que foram colhidos era próxima de 28°C, enquanto que a temperatura ambiente variava de 28 a 32°C. Os tomates foram colocados em mesas do galpão para serem selecionados aqueles isentos de injúrias mecânicas, insetos ou doenças; com sinais de coloração vermelha em até 5% da sua superfície; e com uniformidade de tamanho. Os tomates selecionados foram colocados nas caixas de papelão ondulado anteriormente mencionadas e transportados ao laboratório em um veículo utilitário cuja temperatura interna foi registrada em aproximadamente 32°C, ao longo da viagem.

Os tomates utilizados neste experimento eram provenientes da 2ª e 3ª pencas da planta, isto é, sabendo-se que o tomateiro tem até 8 pencas e que a colheita se dá de baixo para cima na planta, os frutos eram oriundos de plantas onde cerca de 30% de sua capacidade total já havia sido colhida.

4.3.2. Armazenagem

Algumas caixas de tomate, dependendo do tratamento estudado, foram então colocadas em uma câmara fria mantida a 14°C, cerca de 8 horas após a colheita; enquanto alguns frutos foram mantidos à temperatura ambiente (média de 27°C ao longo do experimento). O esquema da Figura 13 explicita os tratamentos a que os tomates foram submetidos, onde a primeira linha se refere aos dias de experimento (o número zero corresponde portanto ao dia da colheita), a primeira coluna mostra os 7 tratamentos estudados, a marcação com a cor azul designa o período em que os tomates estiveram dentro da câmara fria a 14°C e a cor vermelha mostra o período de armazenagem à temperatura ambiente. Desta forma, tem-se as seguintes combinações pesquisadas:

- Tratamento 1 – tomates mantidos a 14°C ao longo de todo o experimento;
- Tratamento 2 – tomates mantidos a 14°C desde logo após a colheita até o 4º dia de armazenagem (95 horas) e, a partir daí, submetidos à temperatura ambiente;

- Tratamento 3 – tomates mantidos a 14°C desde logo após a colheita e durante 8 dias (190 horas) e, a partir daí, armazenados à temperatura ambiente;
- Tratamento 4 – tomates mantidos a 14°C desde que realizada a colheita até o 12º dia de armazenagem (286 horas) e, a partir de então, submetidos à temperatura ambiente;
- Tratamento 5 – tomates mantidos à temperatura ambiente durante 4 dias desde sua colheita (95 horas) e a partir daí colocados em câmara fria a 14°C;
- Tratamento 6 – tomates mantidos à temperatura ambiente durante todo o período de armazenagem;
- Tratamento 7 – tomates mantidos a 14°C desde logo após a colheita até o 4º dia de armazenagem (95 horas), a partir daí submetidos à temperatura ambiente por mais 4 dias (191 horas) e então colocados novamente na câmara a 14°C a partir do 9º dia.

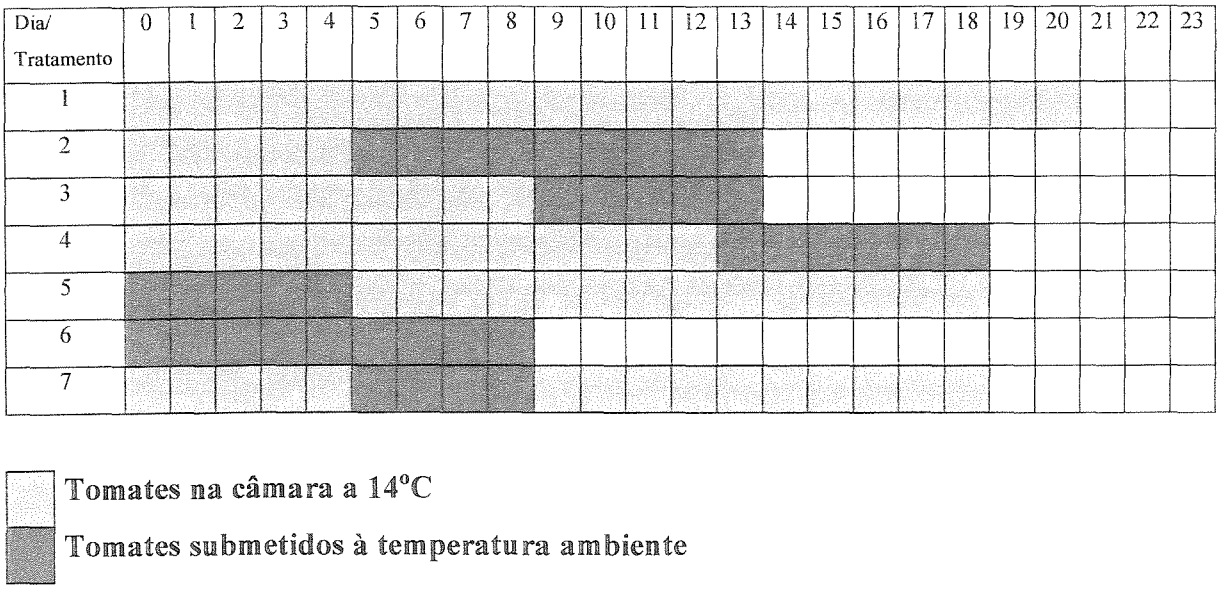

Figura 13 – Esquema dos tratamentos do experimento 3

O motivo da escolha da temperatura de 14°C, ao invés de 13°C (temperatura que se mostrou mais adequada à armazenagem dos tomates no 1º experimento como será observado no capítulo V), se deve ao fato de que, durante aquele experimento, observou-se que a temperatura dentro da câmara tinha uma variação de ±2°C, gerando temperaturas que poderiam provocar a injúria do frio nos tomates dentro da câmara. Deste modo, a escolha

de uma temperatura ligeiramente superior àquela do 1º experimento constituiu somente uma forma de prevenção para que os tomates não viessem a sofrer a injúria do frio.

Para realização do estudo, foram usadas 3 embalagens para cada tratamento, isto é, 3 repetições, exceto para os tratamentos 2, 3 e 4, que possuíam 4 caixas cada, em virtude da necessidade de um maior número de tomates a serem analisados (vide as caixas na Figura 14).

O término dos tratamentos, representado pelos quadrados em branco na Figura 13, ocorreu quando os tomates atingiram 100% de coloração vermelha e/ou textura de amolecidos. Ao longo do experimento, foram registradas as temperaturas no centro de produtos na câmara e submetidos à temperatura ambiente, no interior da câmara e a ambiente. Para isso, utilizou-se o mesmo sistema de aquisição de dados por computador mencionado no experimento 2, exceto que agora o programa de aquisição foi ajustado para leitura das temperaturas a cada trinta minutos, e não mais a cada quinze minutos, em virtude do período de armazenagem ser mais longo e portanto se ter um maior número de dados. A umidade relativa dentro da câmara foi obtida diariamente através da medida da temperatura através de termômetros de bulbo seco e úmido (obtendo um valor médio de 80%).

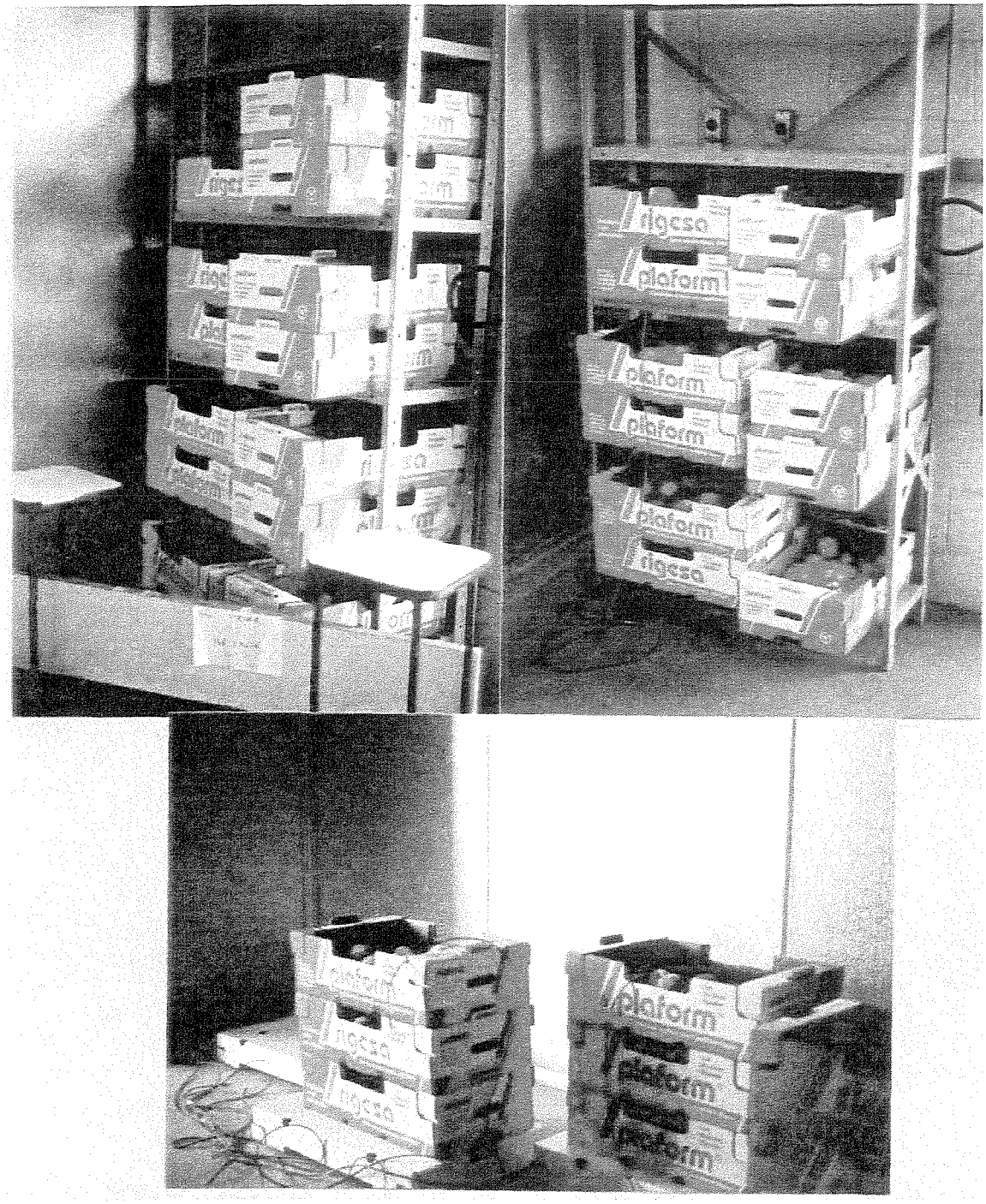

Figura 14 – Vista dos tomates armazenados à temperatura ambiente e das caixas distribuídas no interior da câmara (em detalhe termopares inseridos no interior do fruto e colocados para leitura da temperatura da câmara)

4.3.3. Análises

Foram analisados ao longo da armazenagem alguns parâmetros como: perda de peso, coloração, firmeza, sólidos solúveis totais, acidez titulável total e pH. A periodicidade das análises, realizadas a cada 2 ou 4 dias, variou conforme a temperatura a que o tomate foi submetido em função das diferenças na sua velocidade de amadurecimento.

4.3.3.1. Diâmetros longitudinal e transversal iniciais

No mesmo dia da colheita foram selecionados, aleatoriamente, 3 frutos de cada caixa, para a determinação dos diâmetros longitudinal e transversal. Tais medições foram realizadas em cada fruto, individualmente, obtendo-se, posteriormente, o valor médio de cada 3 caixas, ou seja, de cada tratamento. Os diâmetros foram medidos utilizando-se o paquímetro digital já descrito anteriormente.

4.3.3.2. Perda de peso

A massa dos tomates foi obtida utilizando-se os equipamentos e procedimentos mostrados previamente. Mediu-se a variação da perda de peso média dos mesmos frutos usados na determinação dos diâmetros longitudinal e transversal e estes também foram mantidos ao longo de todo o experimento.

4.3.3.3. Análise sensorial

Os frutos foram avaliados ao longo da armazenagem por 10 provadores não-treinados, quanto à coloração, firmeza, aceitação global e sabor do produto. As amostras receberam códigos para evitar a identificação dos tratamentos. Cada provador teve que avaliar 1 fruto de cada tratamento através de escalas hedônicas: não estruturadas de 9cm, para os itens identificados mais racionalmente; e estruturadas, para as características referentes à opinião subjetiva ou preferência do provador. Assim, a ficha da análise continha as seguintes partes:

- Itens que englobaram a escala não-estruturada:
  - coloração:
    - cor verde: 0=pouco verde e 9=muito verde
    - cor vermelha: 0=pouco vermelha e 9=muito vermelha

- firmeza: 0=pouco firme e 9=muito firme
- sabor ácido: 0=pouco ácido e 9=muito ácido
- sabor doce: 0=pouco doce e 9=muito doce

• Itens que englobaram a escala estruturada:
- aceitação global (aparência externa e interna) e sabor: desgostei extremamente, muito, moderadamente, ligeiramente, nem gostei/nem desgostei, gostei ligeiramente, moderadamente, muito, extremamente (portanto, da nota 1 a 9)

Na ficha de análise sensorial também havia um espaço reservado para os provadores incluírem observações julgadas necessárias.

4.3.3.4. pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total

Também se realizou as análises de pH, sólidos solúveis totais (°brix) e acidez titulável total dos tomates com a mesma periodicidade que as demais análises citadas, onde foram processados 3 frutos juntos de cada caixa (unidade experimental). Para tais medições contou-se com os mesmos procedimentos e equipamentos anteriormente descritos nas seções 4.1.3.3, 4.1.3.4 e 4.1.3.5.

4.3.3.5. Análise estatística

O delineamento estatístico empregado foi o inteiramente casualizado, com 3 repetições, exceto para a análise sensorial, onde foi usado o delineamento em blocos casualizados, com 10 blocos. Para comparação entre as médias utilizou-se o Teste Tukey, com nível de significância de 5% (P=0,05). A análise estatística foi usada para a comparação entre os dados dos tratamentos no 8º e no 13º dias de armazenagem.

Os resultados foram avaliados inclusive através de gráficos das análises realizadas (como pH, análise sensorial) versus o tempo de armazenagem dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, como será observado no capítulo V (Resultados e Discussões). Além desses, foram feitos gráficos que estabelecem relações entre alguns parâmetros medidos, ao longo da armazenagem, como por exemplo a coloração verde com a aceitação global do provador ou a cor vermelha com a firmeza, dentre outros.

V – Resultados e Discussões

5.1. Experimento 1 – Influência da refrigeração, classificação e temperatura na vida de prateleira do tomate de mesa (variedades Santa Clara e Carmen)

Os resultados deste experimento são descritos mostrando-se os aspectos observados visualmente ao longo da armazenagem dos tomates, através também de gráficos, que permitem boa visualização da evolução dos parâmetros medidos (como pH, relação brix/acidez, dente outros) e com a análise estatística dos parâmetros que apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos analisados (temperatura, classificação e embalagem).

5.1.1. Aspectos observados

Ao longo do experimento realizado pôde-se observar a grande incidência de fungos nos frutos de todas as temperaturas, mas especialmente naqueles a 7°C (vide Figura 15). Isso pode ser explicado pela presença de terra proveniente do campo na maioria dos tomates e a algumas injúrias, concordando com SOARES et al. (1993). No momento da colheita, pôde-se observar que a superfície de muitos frutos estava úmida devido ao orvalho durante a noite. É importante salientar que esse fato, aliado à presença de terra em alguns tomates, pode propiciar o desenvolvimento de fungos e bactérias. Segundo a publicação mensal da FAPESP (1999), os fungos são oriundos do solo e resquícios de terra que ficam em contato com a casca ou a polpa do produto após a colheita, podendo desencadear a sua deterioração. SOARES et al. (1993) observaram em seu estudo que os tomates que não foram lavados antes de introduzidos na embalagem, apresentaram altas populações de patógenos em sua superfície, que em conjunto com as injúrias mecânicas, resultaram em alta incidência de podridão durante a armazenagem. No entanto, a razão principal para a ocorrência de fungos foi a injúria do frio desenvolvida em cerca de 80% dos tomates da variedade Carmen e 60% dos Santa Clara, que pôde ser observada 1 dia após os mesmos terem sido transferidos de 7°C à temperatura ambiente (no 17º dia de armazenagem). Logo após a remoção desses frutos da câmara utilizou-se um ventilador para evitar a condensação de umidade do ar. Esta condensação ocorre quando o ar ambiente entra em contato com a superfície do fruto que está mais fria. No entanto, devido ao pequeno porte do ventilador,

não foi possível impedir a condensação da umidade em toda a carga de produto. Os tomates que estavam nas caixas de maior número de camadas foram os mais prejudicados nesse sentido, devido à maior dificuldade do ar para atingir as camadas inferiores.

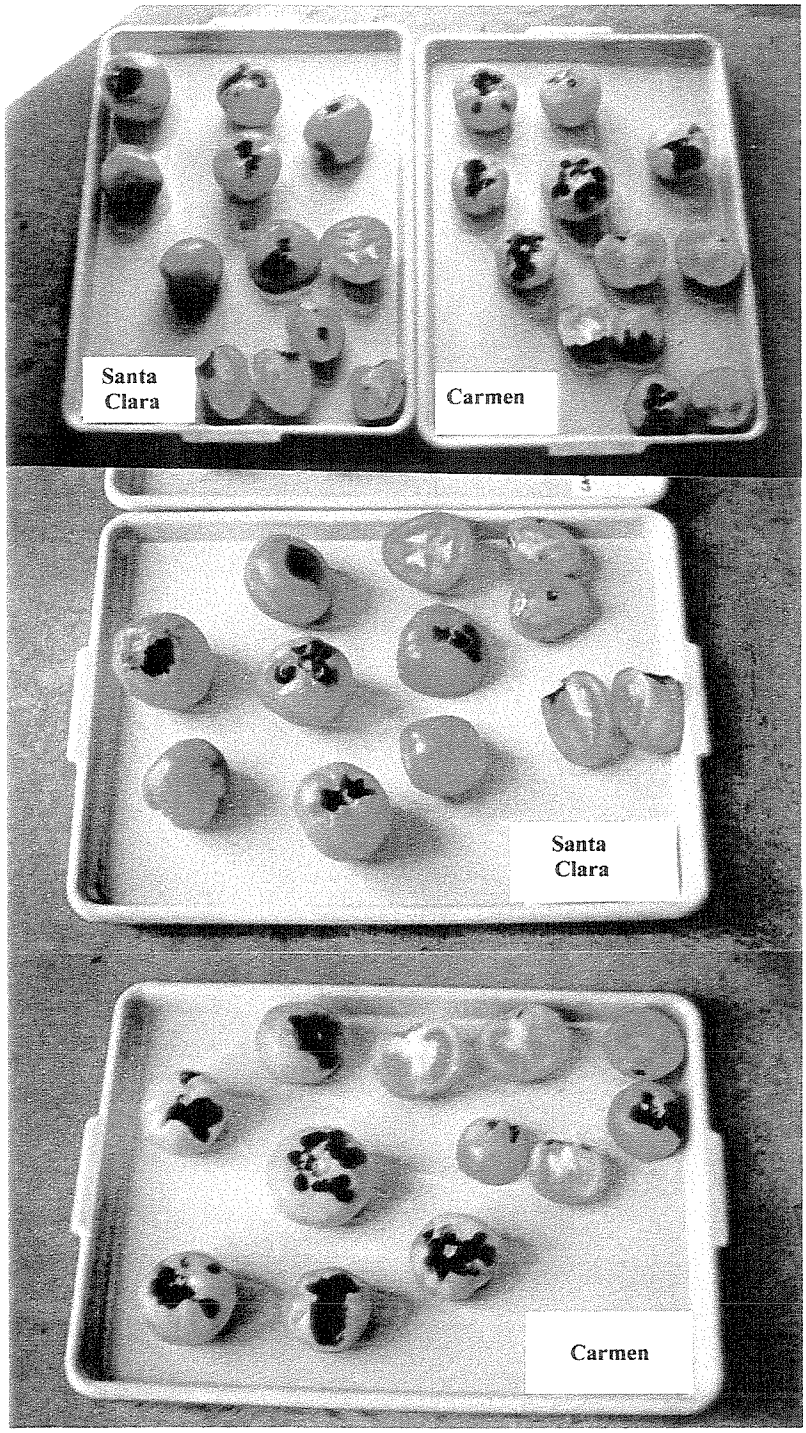

Figura 15 – Aspecto dos tomates que sofreram a injúria do frio no 23º dia de armazenagem

A presença de fungos e deterioração foi verificada em alguns frutos da carga armazenada à temperatura ambiente após uma semana desde a colheita e naqueles mantidos a 13°C depois de duas semanas de armazenagem.

Além dos fungos também se observou em vários frutos a presença de insetos provenientes do campo (prováveis "brocas pequenas dos frutos" ou *Neoleucinodes elegantalis*) que através de um orifício no tomate penetravam em seu interior e provocavam uma grande mancha preta ao redor da área atacada pelo inseto. Esse fator teve influência significativa na análise sensorial da aparência interna do produto como será visto mais adiante.

Também é importante citar que as embalagens utilizadas para a variedade Santa Clara (telescópica total e caixa de 10kg, segundo a Tabela 1) exibiram menor resistência mecânica em comparação àquelas usadas para o tomate Carmen, após duas semanas de armazenagem nas câmaras frias. Isso pode ser explicado pelos altos valores de umidade nas câmaras e no produto, e pela ausência de uma barreira especial para o movimento de umidade nas embalagens da variedade Santa Clara. Este foi um dos motivos que levou a eliminar essas embalagens dos experimentos seguintes (2 e 3), isto é, por não fornecerem adequada proteção ao produto após serem submetidas à refrigeração na câmara fria.

5.1.2. Análise dos parâmetros medidos para os tomates Santa Clara e Carmen

Os resultados obtidos para as variedades de tomate Santa Clara e Carmen são apresentados na forma de gráficos, que relacionam as análises realizadas (como pH, brix/acidez, perda de peso) e o tempo de armazenagem, assim como através de tabelas com a análise estatística para 9 dias de armazenagem. Enquanto os gráficos fornecem uma idéia do comportamento dos parâmetros avaliados com o tempo, a análise estatística permite verificar a existência de diferenças significativas para dias específicos. Além disso, realiza-se uma comparação entre os dados do 9º dia de experimento para os frutos armazenados à temperatura ambiente e do 22º dia de armazenagem dos tomates a 13°C, visando comprovar a maior vida de prateleira dos tomates mantidos a temperaturas mais baixas. Tal análise pretende mostrar não haver diferenças significativas entre um fruto mantido à temperatura ambiente por pouco mais de uma semana e outro a 13°C por mais de três semanas.

De modo geral, pelo método estatístico empregado para o 9º dia de armazenagem, não foram encontradas diferenças significativas para quaisquer dos fatores com relação à aparência externa e interna de ambas as variedades, entre todos os tratamentos analisados. Essas características parecem ter sido influenciadas em maior parte pela incidência de insetos provenientes do campo e fungos causados devido à presença de terra, que pelos tratamentos a que os tomates foram submetidos após sua colheita.

5.1.2.1. pH

Observando-se os gráficos da variação do pH em função dos dias de armazenagem dos tomates das variedades Santa Clara e Carmen (Figuras 16 e 17) percebe-se que, de modo geral, os valores crescem com o amadurecimento do fruto atingindo valores máximos logo antes de cair no final da vida de prateleira. Dependendo da temperatura de armazenagem, esse pico ocorreu mais cedo (na primeira semana para aqueles à temperatura ambiente), próximo aos 19 e 22 dias para os tomates a 7 e 13°C respectivamente.

Vale frisar que os pontos nos gráficos que aparecem ao longo do texto, representam os resultados encontrados para cada dia de armazenagem, em função do tratamento empregado (verificar os tratamentos descritos na Tabela 2). As linhas que ligam tais pontos nos gráficos foram feitas apenas para permitir uma melhor visualização da evolução dos parâmetros analisados.

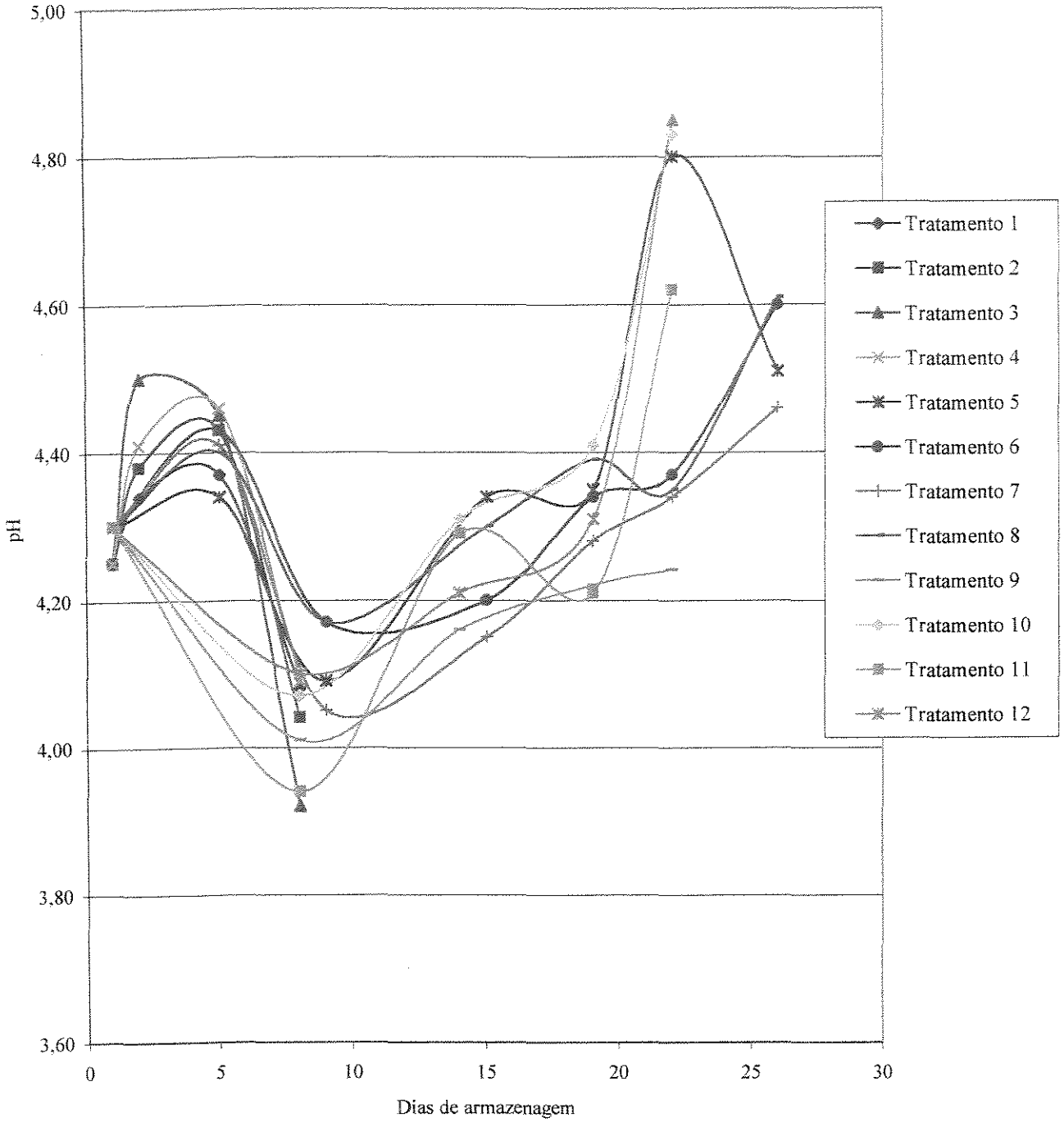

Figura 16 – Variação do pH para os tomates Santa Clara

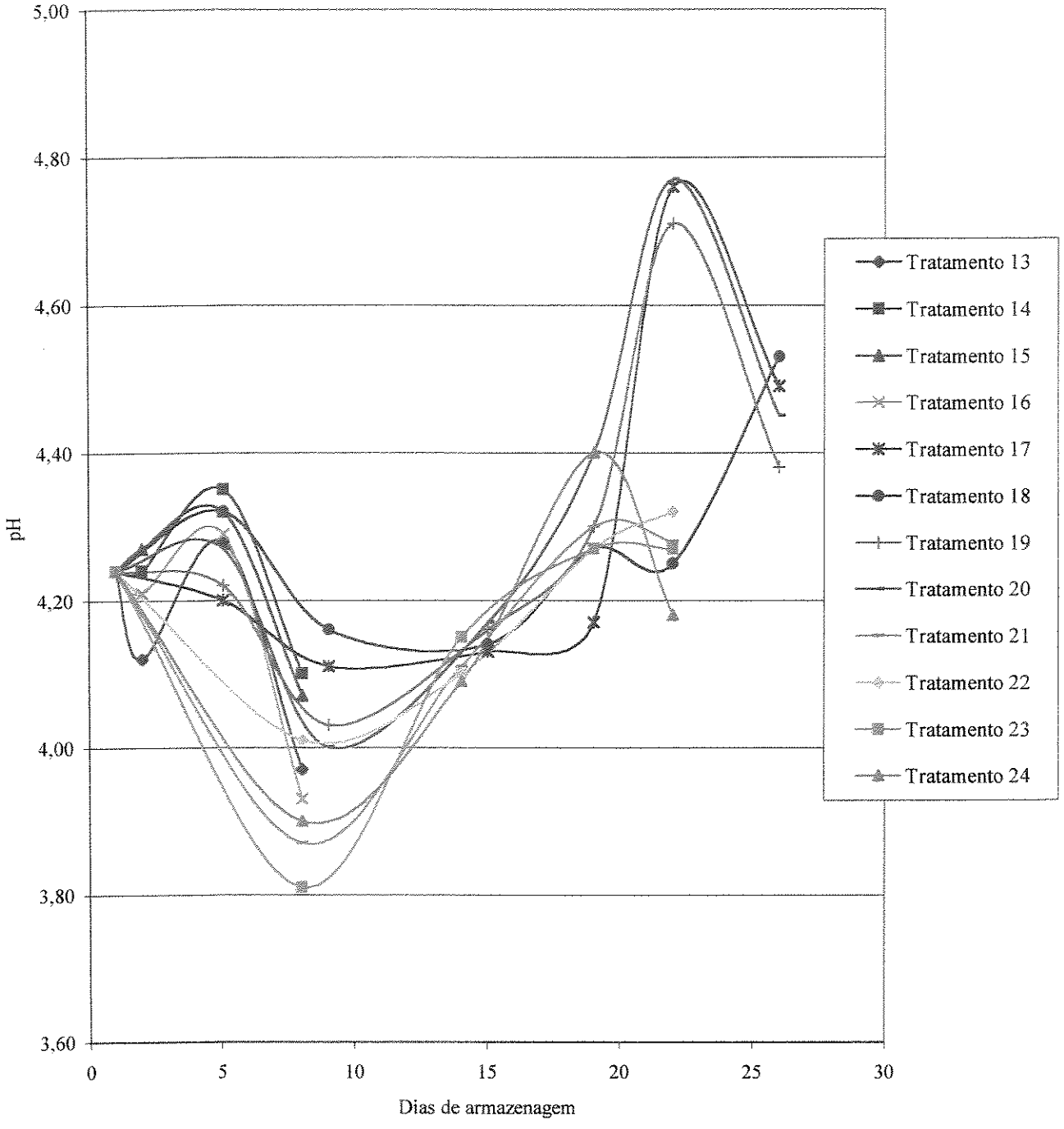

Figura 17 – Variação do pH para os tomates Carmen

Para se ter uma idéia melhor das diferenças existentes entre os resultados obtidos para o pH, foi feita, além do gráfico, a análise estatística para os tratamentos no 9º dia de armazenagem. A análise empregada, através do esquema fatorial, permitiu verificar não apenas o efeito isolado de cada fator (temperatura, classificação e embalagem) na característica medida para o tomate, como também o efeito combinado entre os fatores. Deste modo, pôde-se observar, por exemplo, que para o pH de ambas as variedades, o fator isolado da temperatura exerceu influência nos resultados enquanto que o efeito das embalagens dependeu do tipo de classificação utilizado.

Tabela 4 – pH médio para os tomates da variedade Santa Clara, em função da temperatura, embalagem e classificação utilizadas, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	pH
13°C	4,12 a
Ambiente	4,03 b
7°C	4,03 b

Embalagem e classificação	pH
Caixa de 10kg e tomates sem classificação	4,12 a
Telescópica total e tomates sem classificação	4,10 a
Telescópica total e tomates classificados	4,06 a
Caixa de 10kg e tomates classificados	3,97 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelos dados apresentados na Tabela 4, observa-se que os maiores valores de pH foram encontrados nos frutos armazenados à temperatura de 13°C enquanto que não houve diferença, a 5% de significância, entre os dados de pH da temperatura ambiente e 7°C. Estes resultados não conferem com aqueles obtidos por MAUL (1999), que observou para 8 dias de armazenagem, que o maiores valores de pH foram obtidos quando o tomate foi armazenado a 20°C, enquanto que os frutos estocados a 5°C foram aqueles de menor pH. No caso do tipo de embalagem utilizada e presença ou não da classificação, identificou-se

valores mais altos de pH para as embalagens telescópicas totais (com e sem classificação dos tomates) e caixa de 10kg para tomates sem classificação.

Tabela 5 – pH médio para os tomates da variedade Carmen, em função da temperatura, embalagem e classificação utilizadas, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	pH
13°C	4,08 a
Ambiente	4,02 a
7°C	3,90 b

Embalagem e classificação	pH
Caixa de 10 kg e tomates sem classificação	4,09 a
Caixa de 10 kg e tomates classificados	3,98 ab
Caixa de 4 kg e tomates classificados	3,97 b
Caixa de 4 kg e tomates sem classificação	3,94 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pode-se observar na Tabela 5 que não apenas a temperatura de 13°C (como no caso dos tomates Santa Clara) como também a ambiente geraram os maiores valores de pH. Para as embalagens e classificação, a caixa de 10kg sem classificação apresentou pH superior às caixas de 4kg (frutos com ou sem classificação). Quando os tomates foram classificados, não houve efeito significativo do tipo de embalagem utilizada no valor do pH.

5.1.2.2. Relação brix/acidez

Em geral todos os frutos tiveram relações brix/acidez crescentes com o processo de amadurecimento e decrescentes com o fim de sua vida de prateleira (vide Figuras 18 e 19), como observado para os resultados do pH. VANEGAS (1987) também observou em seu trabalho a importância da relação entre açúcares e ácidos como um indicador do estádio de maturidade de frutos como o tomate, descrevendo que, em geral, durante o período de amadurecimento ocorre diminuição no conteúdo de ácido total e aumento nos teores de

açúcar. Também pode ser notado que quanto menor a temperatura de armazenagem menores são os valores dessa relação devido ao amadurecimento mais lento a níveis mais baixos de temperatura.

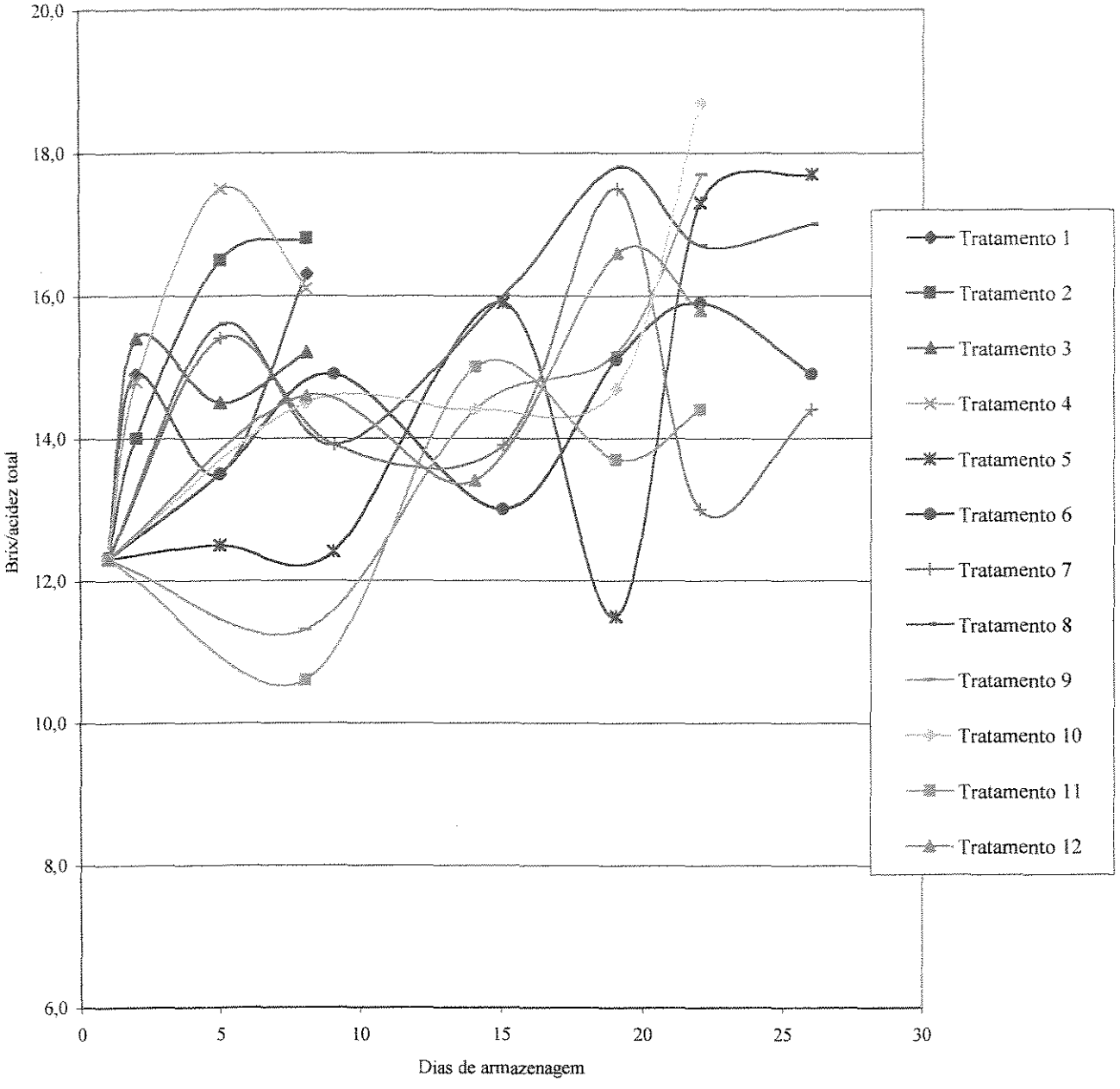

Figura 18 – Variação da relação brix/acidez total para os tomates Santa Clara

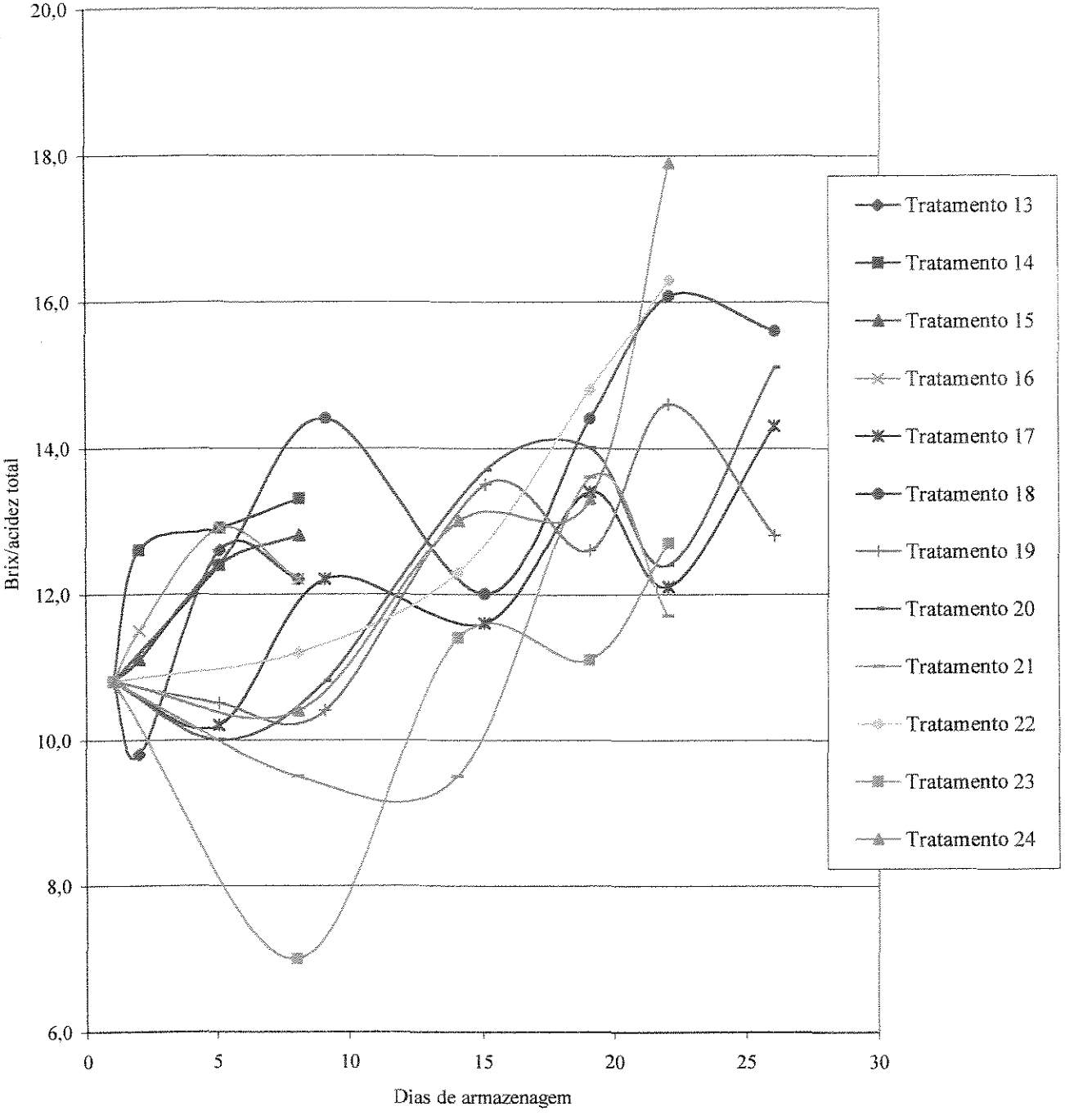

Figura 19 – Variação da relação brix/acidez total para os tomates Carmen

Os frutos da variedade Santa Clara apresentaram maior relação entre brix e acidez à temperatura ambiente que os tomates Carmen, demonstrando adquirirem teor mais doce/menos ácido durante o processo de amadurecimento, o que pode ser identificado também nos resultados da avaliação sensorial feita pelos provadores no item sabor, que serão mostrados mais adiante.

Tabela 6 – Relação brix/acidez média para os tomates da variedade Santa Clara em função da temperatura e classificação, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Brix/acidez
Ambiente	16,1 a
13°C	13,9 ab
7°C	12,8 b

Classificação	Brix/acidez
Ausente - Tomates sem classificação	15,1 a
Presente - Tomates classificados	13,4 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Para o 9º dia de armazenagem, pode-se notar na Tabela 6 que a relação brix/acidez foi mais alta para a temperatura ambiente quando comparada a 7°C. Para 13°C, os valores não foram significativamente diferentes das outras duas temperaturas. MAUL (1999) também observou que quanto menor for a temperatura menor é o teor doce (mostrado pelos graus brix) mas maior é a acidez dos tomates estocados por 8 dias, resultando em uma relação brix/acidez menor. Os tomates não classificados foram os que obtiveram maiores valores de brix/acidez devido ao estádio de amadurecimento mais avançado em que se encontravam, tendo em vista que nas caixas que continham tal tipo de produto foram colocados alguns frutos com mais de 10% de coloração vermelha e que alguns possuíam leves injúrias mecânicas. Isso pode ter resultado em maior taxa respiratória e produção de etileno, que aceleraria também o amadurecimento dos demais frutos, concordando com o trabalho de CALBO (1999). Isso pode ser confirmado pelos dados da análise sensorial de

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

cor que também mostram os tomates não classificados como os de coloração mais avançada (vide seção 5.1.2.3).

Tabela 7 – Relação brix/acidez média para os tomates da variedade Carmen, em função da temperatura e classificação, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Brix/acidez
Ambiente	12,6 a
13°C	11,9 a
7°C	9,5 b

Classificação	Brix/acidez
Ausente - Tomates sem classificação	12,0 a
Presente - Tomates classificados	10,7 b

Embalagem	Brix/acidez
Caixa de 10kg	12,1 a
Caixa de 4kg	10,6 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelos resultados apresentados na Tabela 7, pode-se notar que a maior relação brix/acidez foi obtida para os frutos armazenados às temperaturas ambiente e de 13°C, sem passar por um critério de classificação e embalados nas caixas de 10kg. Deve-se lembrar que não existe influência significativa de um fator (temperatura, classificação e embalagem) sobre outro, que se comportaram de modo independente nesse caso. Pode-se relacionar os resultados obtidos nesse item com aqueles encontrados para o pH, quanto à temperatura. Verificou-se que os maiores valores de pH foram obtidos para a temperatura ambiente e de 13°C o que indica menor acidez e portanto maior relação brix/acidez, confirmando os resultados apresentados para essa relação.

Também se poderia dizer que os maiores valores da relação brix/acidez obtidos para os tomates não classificados e também para aqueles das caixas de 10kg são devidos ao

amadurecimento mais acelerado desta carga. Isto ocorreria porque nas embalagens de tomates não classificados havia frutos em estádio de amadurecimento mais avançado cuja produção de etileno poderia induzir o amadurecimento dos demais frutos. E, no caso da embalagem de 10kg, esta geraria mais frutos injuriados, e portanto com maior velocidade de amadurecimento, devido ao maior número de camadas de produto (duas camadas), quando comparada à caixa de 4kg, onde os tomates se dispunham em apenas uma camada e portanto, não sofriam o efeito de compressão de outros frutos.

5.1.2.3. Análise sensorial da coloração

Para a análise sensorial, quanto à coloração, observou-se nas Figuras 20 e 21 que ocorreu uma mudança significativa, nos tomates de ambas variedades mantidos a 7°C, apenas quando foram transferidos para a temperatura ambiente, devido ao lento amadurecimento gerado por aquele nível de temperatura. Nos dados dos tomates Carmen percebe-se que ao final do experimento alguns desses frutos ainda apresentavam coloração com 50% ou mais verde, devido à injúria do frio já citada que provocou falha no amadurecimento e principalmente facilitou o desenvolvimento de fungos tornando o produto inapropriado à comercialização.

Em geral, os tomates Santa Clara atingiram valores de coloração mais altos que a variedade Carmen, devido provavelmente ao fato de não se tratar de uma variedade longa vida e por terem sido colhidos em um estádio de maturidade ligeiramente mais avançado (como pode ser percebido, nas Figuras 20 e 21, pela maior nota atribuída à coloração no início da armazenagem).

A injúria do frio foi observada em maior intensidade nos frutos da variedade Carmen que naqueles Santa Clara (como anteriormente mencionado), devido a possíveis fatos: por se tratar de uma variedade transgênica, os tomates Carmen podem ter tido sua resistência comprometida em função da mutação genética; no momento em que os frutos foram submetidos à temperatura de 7°C ou até mesmo quando retirados da câmara, aqueles da variedade Carmen se encontravam em estádio de amadurecimento menos avançado, sendo portanto mais susceptíveis à injúria, o que concordaria com CHOMCHALOW (1991).

Em geral, os sintomas observados nos tomates que sofreram a injúria do frio parecem ser os mesmos observados por SALTVEIT JR. & CABRERA (1997), como a falha no amadurecimento, descoloração interna, maior susceptibilidade a doenças, e aumento da taxa respiratória e da produção de etileno.

De modo geral, pôde-se perceber uma mudança de coloração mais rápida nos frutos mantidos a temperaturas mais altas enquanto que aqueles estocados a 13°C foram os que apresentaram amadurecimento mais gradual ao longo do tempo. Analisando-se os gráficos para a temperatura ambiente, observa-se que em apenas uma semana os frutos já tinham atingido coloração vermelha comprovando a curta vida de prateleira de produtos armazenados a temperaturas mais elevadas (vide Figura 22).

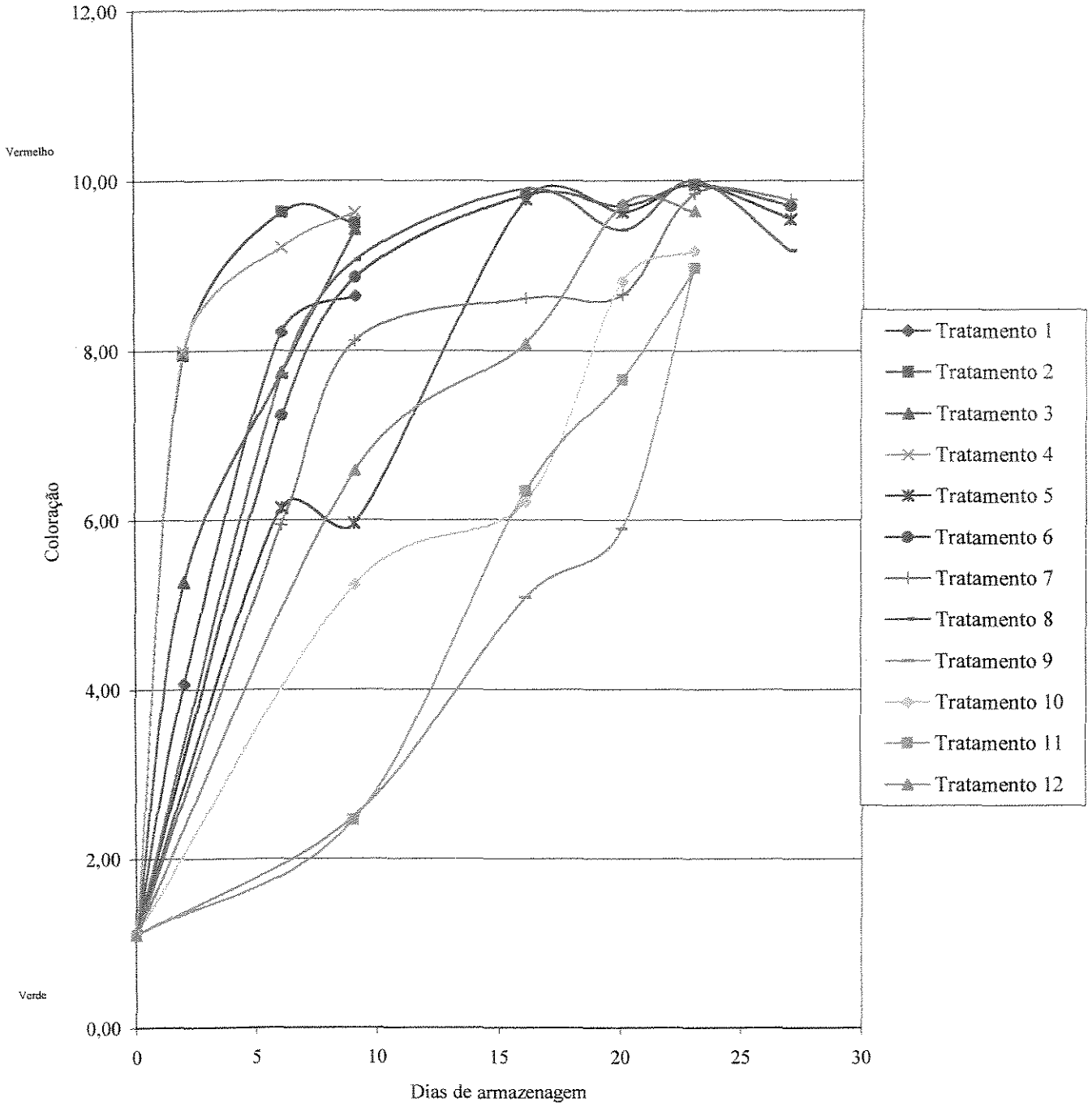

Figura 20 – Análise sensorial da coloração para os tomates Santa Clara

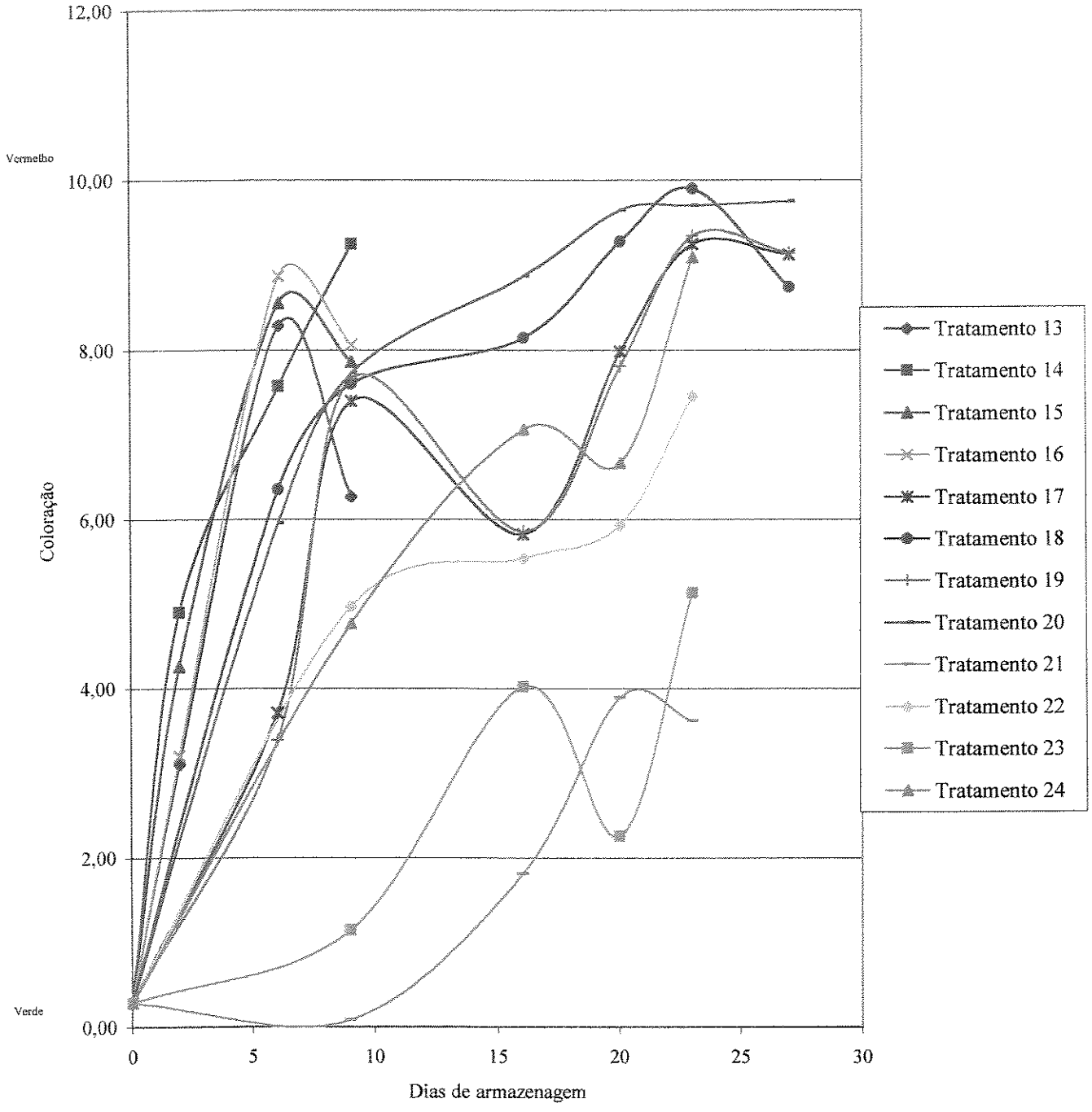

Figura 21 – Análise sensorial da coloração para os tomates Carmen

Tabela 8 – Coloração média para os tomates da variedade Santa Clara, segundo a análise sensorial em função da temperatura e classificação, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Coloração
Ambiente	9,3 a
13°C	8,0 a
7°C	4,2 b

Classificação	Coloração
Ausente - Tomates sem classificação	8,1 a
Presente - Tomates classificados	6,2 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pela Tabela 8 com relação às temperaturas, percebe-se que a ambiente e 13°C foram as que possuíam frutos em estádio de maturidade mais adiantado (portanto, mais vermelhos), apesar dos resultados da relação brix/acidez mostrados anteriormente não terem identificado diferença significativa entre 13 e 7°C.

Tabela 9 – Coloração média para os tomates da variedade Carmen, segundo a análise sensorial, em função da temperatura e classificação, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Coloração
Ambiente	7,9 a
13°C	7,6 a
7°C	2,7 b

Classificação	Coloração
Ausente - Tomates sem classificação	7,1 a
Presente - Tomates classificados	5,1 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Comparando-se as tabelas para a coloração dos tomates de ambas as variedades (Tabelas 8 e 9), percebe-se que os tomates mais vermelhos no 9º dia de armazenagem eram aqueles armazenados à temperatura ambiente e a 13°C e os frutos que não passaram pelo processo da classificação. No entanto, nota-se que os tomates da variedade Santa Clara apresentaram em geral coloração mais avançada que os Carmen para o mesmo dia de armazenagem.

É importante citar desde já que a grande variabilidade encontrada nos dados da análise sensorial, por exemplo quanto aos resultados da coloração que vão do verde ao vermelho voltando novamente ao verde, ocorreram devido à: aleatoridade na coleta de amostras; não homogeneidade do produto nas caixas; falta de treinamento dos provadores; dificuldade em atribuir uma nota para avaliação do sabor do produto, principalmente para identificar a característica ácida (como será visto mais adiante).

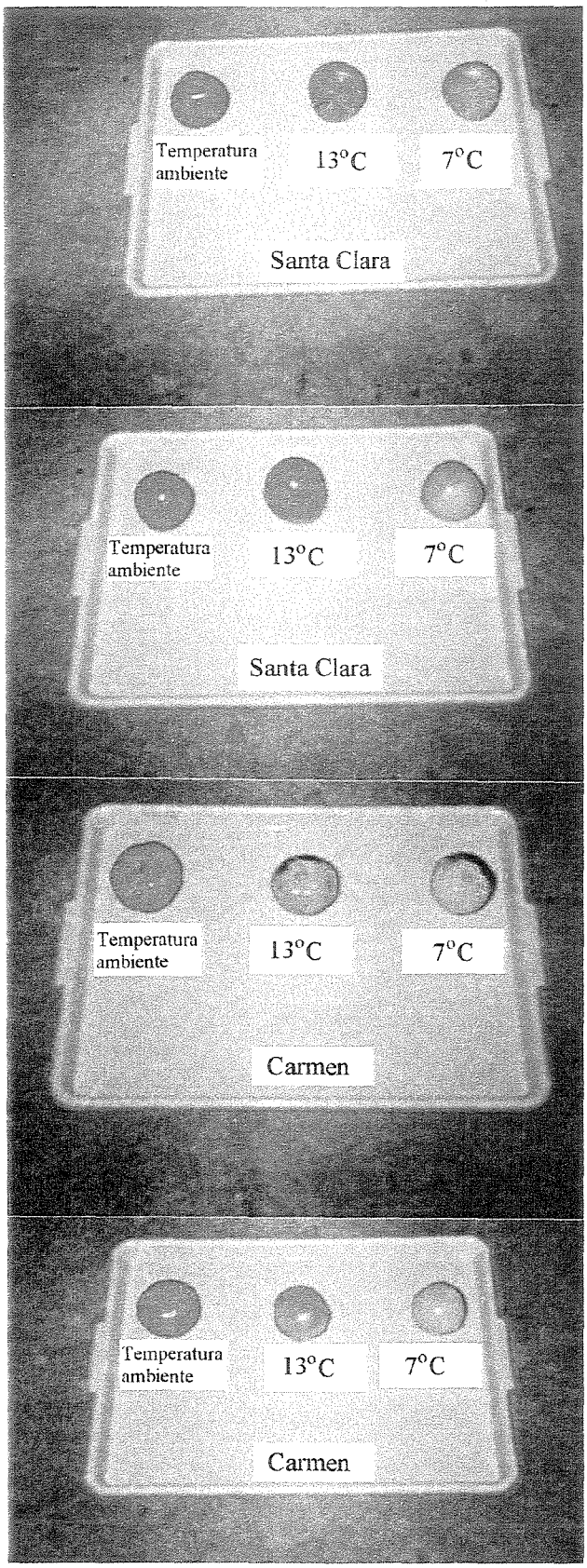

Figura 22 – Visualização da coloração dos tomates no 11º dia de armazenagem

5.1.2.4. Análise sensorial da firmeza

Esta análise mostrou o decréscimo da firmeza ao longo do experimento (vide Figuras 23 e 24), o que já se esperava pois à medida que os frutos amadurecem tornam-se menos firmes. Os tomates da variedade Carmen não tiveram quedas tão bruscas, conseguindo se manter em um nível razoavelmente alto de firmeza (8,0-10,0) por mais tempo de armazenagem, principalmente aqueles mantidos a 13°C. Observa-se para os frutos Santa Clara mantidos a 7°C que a firmeza decresceu rapidamente logo que foram transferidos para a temperatura ambiente, o que já era esperado devido à maior atividade metabólica nesse nível de temperatura.

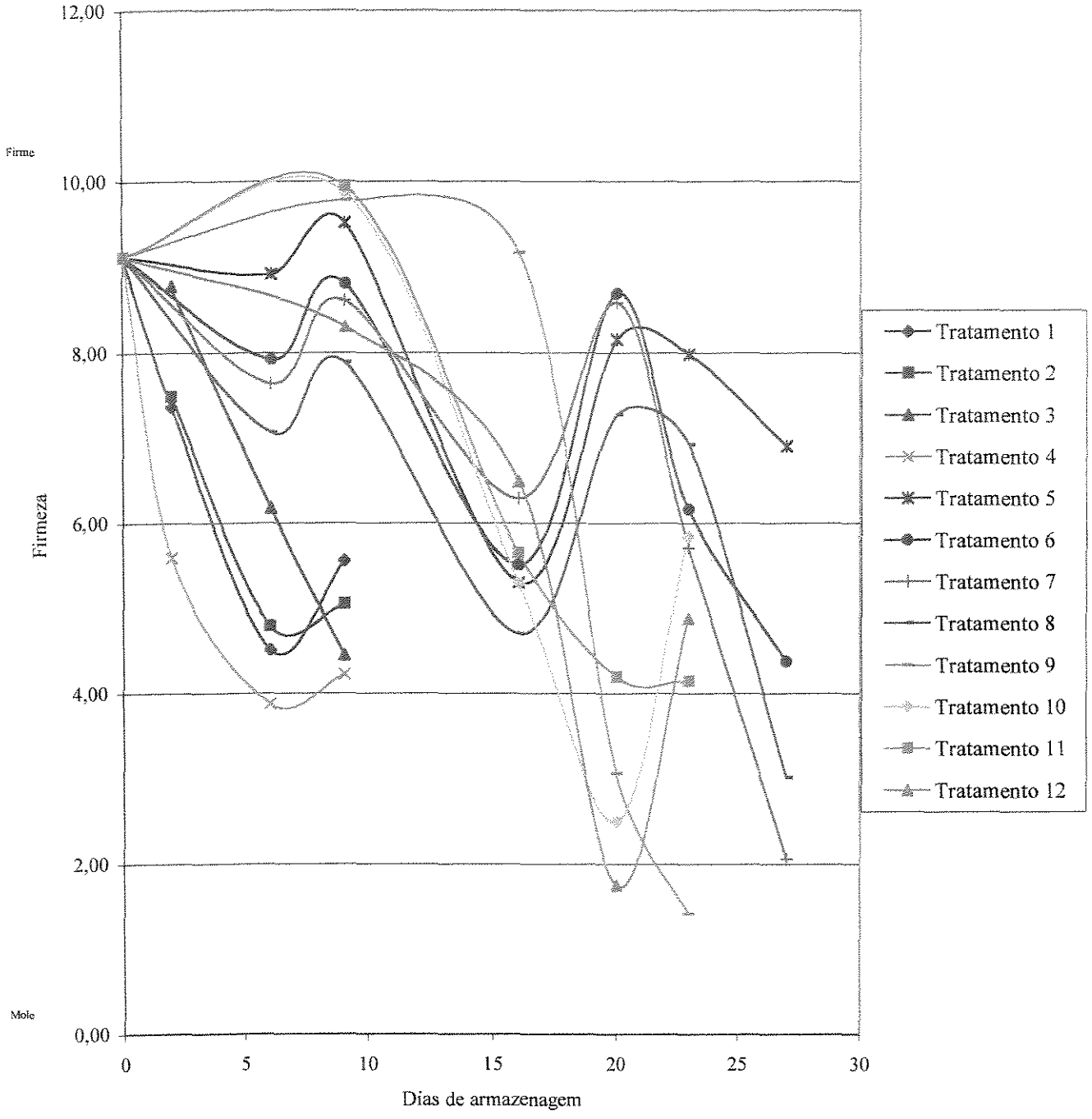

Figura 23 – Análise sensorial de firmeza para os tomates Santa Clara

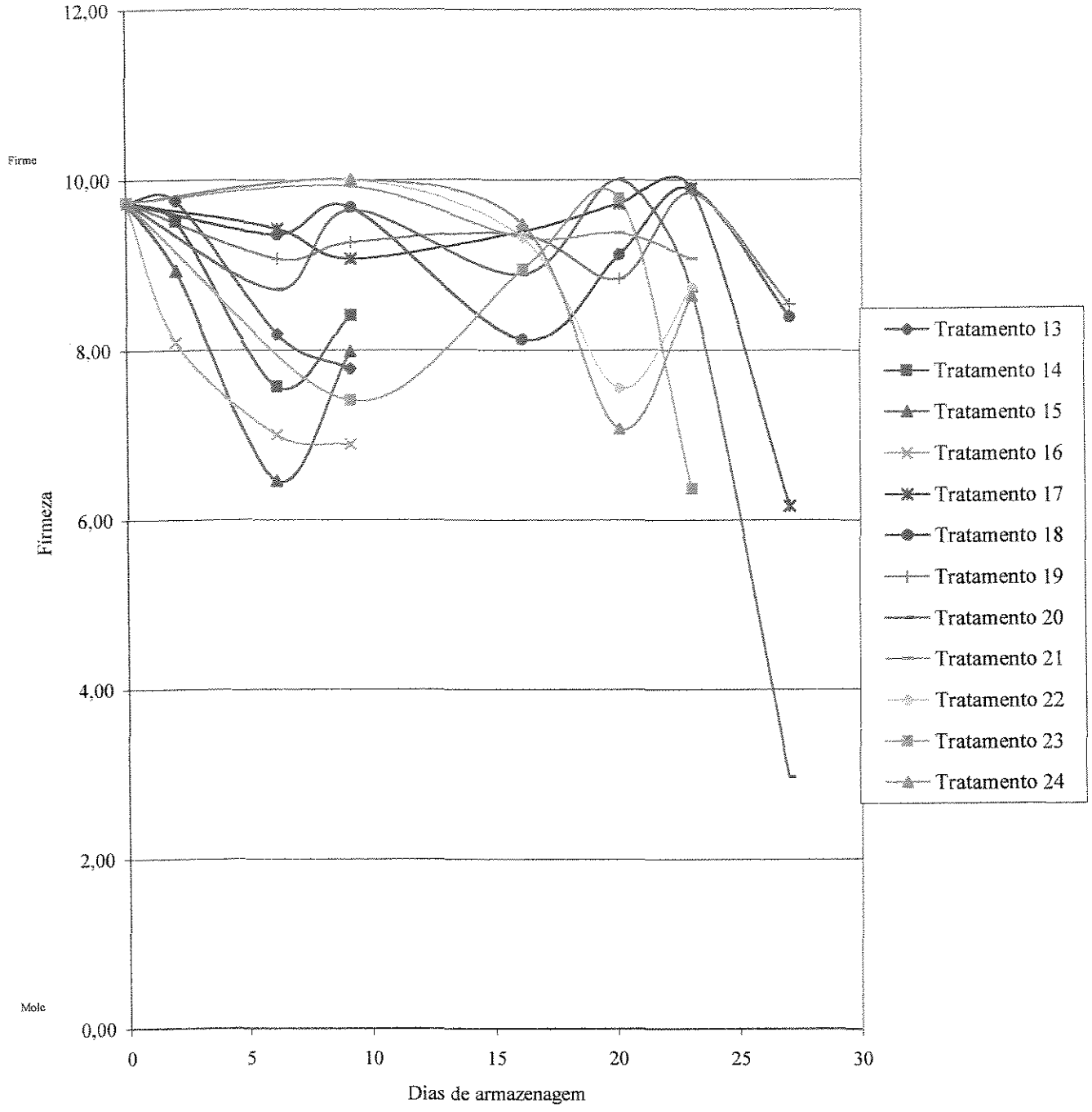

Figura 24 – Análise sensorial de firmeza para os tomates Carmen

Tabela 10 – Firmeza média para os tomates da variedade Santa Clara, segundo a análise sensorial, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Firmeza
7°C	9,5 a
13°C	8,7 a
Ambiente	4,8 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os valores da Tabela 10 obtidos para a firmeza do tomate Santa Clara confirmam que os tomates à temperatura ambiente estavam com amadurecimento mais avançado e portanto menos firmes após 9 dias de experimento. Estes resultados concordam com os encontrados por VANEGAS (1987), que observou menores valores de firmeza para os tomates armazenados à temperatura ambiente. Quanto à variedade Carmen, não se observou diferença a 5% de significância entre as firmezas medidas no 9º dia de armazenagem.

5.1.2.5. Análise sensorial das aparências externa e interna

Apesar de constar na ficha de análise sensorial um item pedindo para desconsiderar a coloração nas avaliações das aparências externa e interna, muitos provadores levaram em conta tal fator. Por isso percebe-se, principalmente para os tomates Santa Clara, que em geral a aparência interna vai obtendo valores maiores com o amadurecimento do produto mas decrescendo à medida que se aproxima do fim da vida de prateleira do mesmo (Figuras 27 e 28). É importante salientar que um outro fator que influenciou significativamente esses resultados foi a incidência de insetos nos frutos (prováveis *Neoleucinodes elegantalis*), possivelmente vindos do campo que provocavam uma mancha escura ao redor de toda área em que se alojavam no interior do tomate, conforme explicado anteriormente.

Quanto à aparência externa, pelas Figuras 25 e 26, observa-se que em geral os frutos da câmara a 7°C tiveram um decréscimo nos valores logo que foram transferidos para a temperatura ambiente provavelmente devido ao desenvolvimento da injúria do frio e conseqüente ocorrência de fungos. Os frutos selecionados para análise sensorial não podem

ser considerados como representativos do conjunto visto que não seria possível fornecer ao provador um produto com fungo e podridão, sendo selecionados apenas aqueles não comprometidos, para julgamento dos outros critérios, como coloração e sabor. Portanto, deve-se levar em consideração que a grande maioria dos frutos armazenados a 7°C e depois à temperatura ambiente apresentavam algum indício do desenvolvimento de fungos devido à maior susceptibilidade a doenças provocada pela injúria do frio. A queda nos valores da aparência externa dos frutos a 13°C se deve ao fato de que alguns frutos já tinham atingido sua vida máxima de prateleira no final dos 27 dias enquanto que outros ainda estavam em condições de comercialização. Em geral a temperatura de 13°C foi a que proveu valores mais altos ao longo da armazenagem.

Na análise estatística não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos empregados (temperatura, classificação e embalagem) para as aparências externa e interna de ambas as variedades de tomates, no 9º dia de armazenagem.

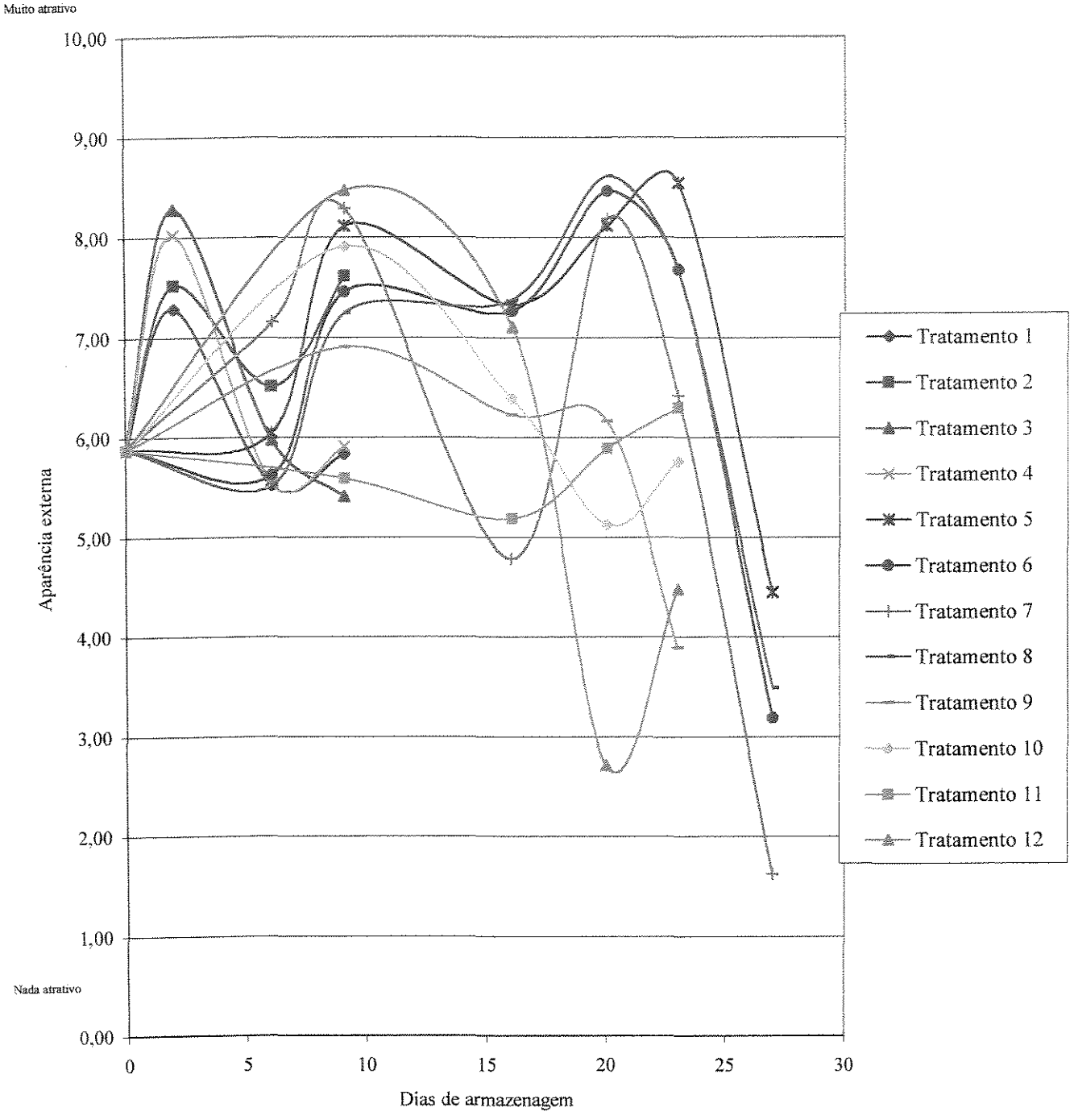

Figura 25 – Análise sensorial da aparência externa dos tomates Santa Clara

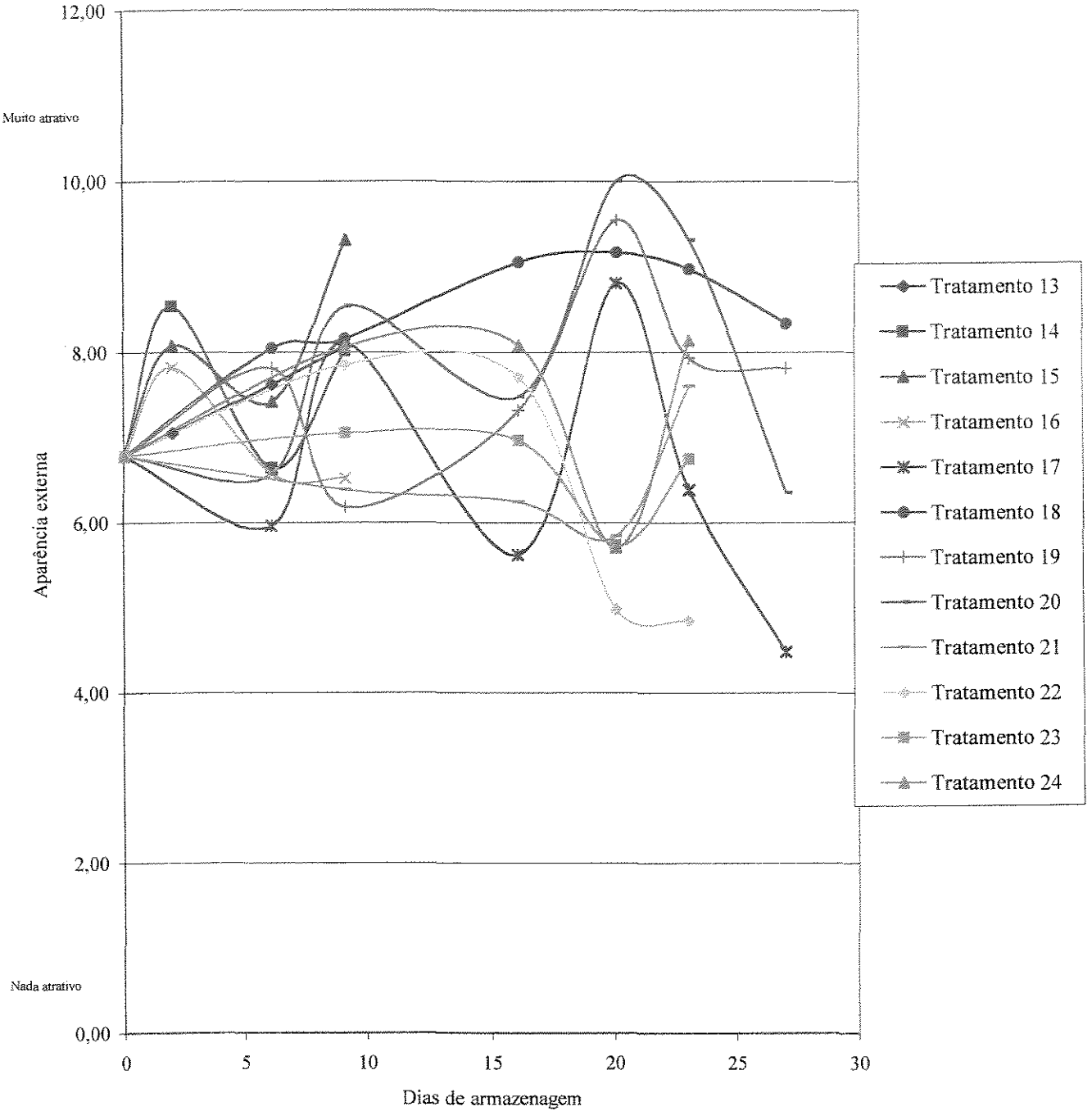

Figura 26 – Análise sensorial da aparência externa dos tomates Carmen

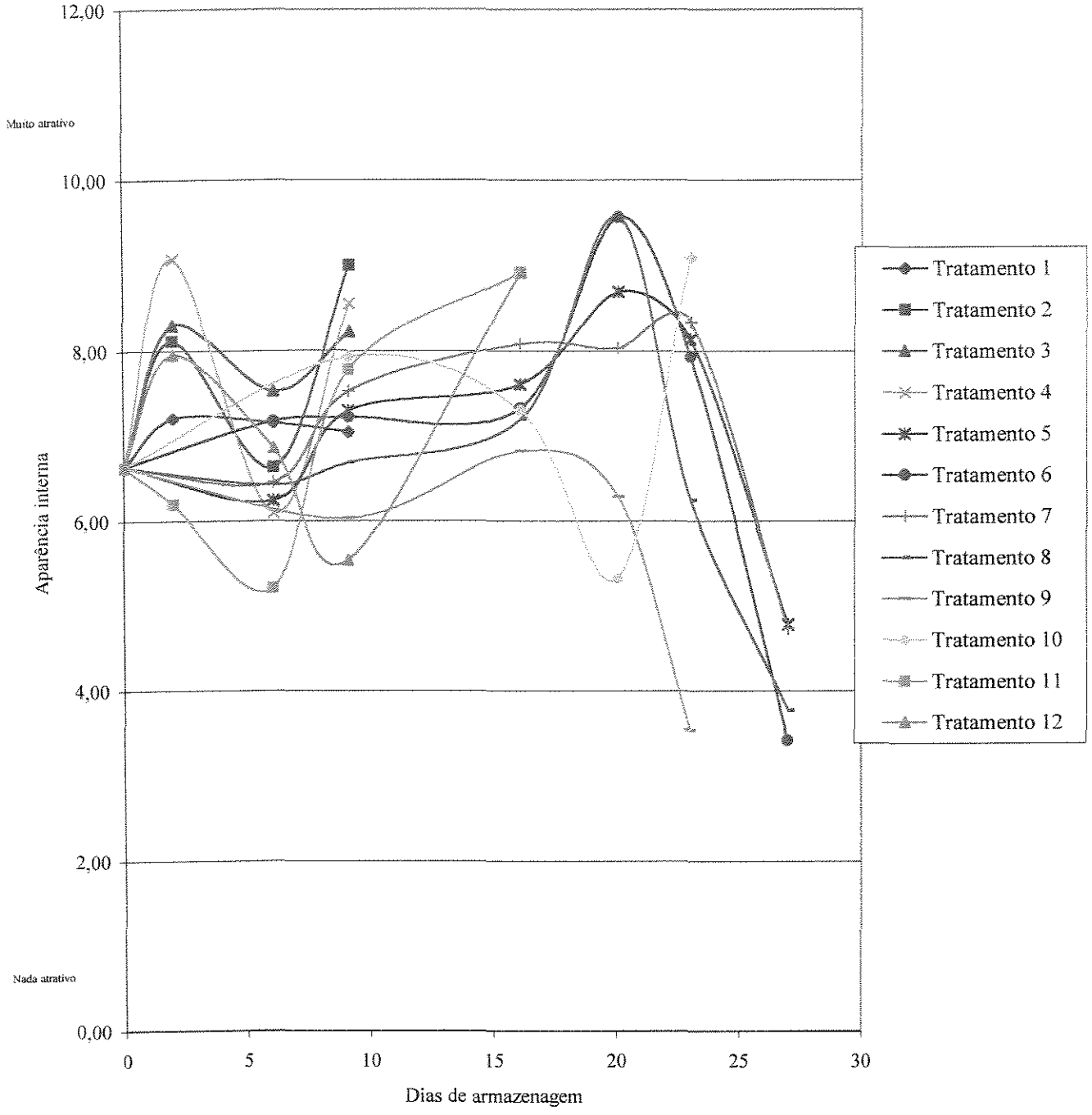

Figura 27 – Análise sensorial da aparência interna para os tomates Santa Clara

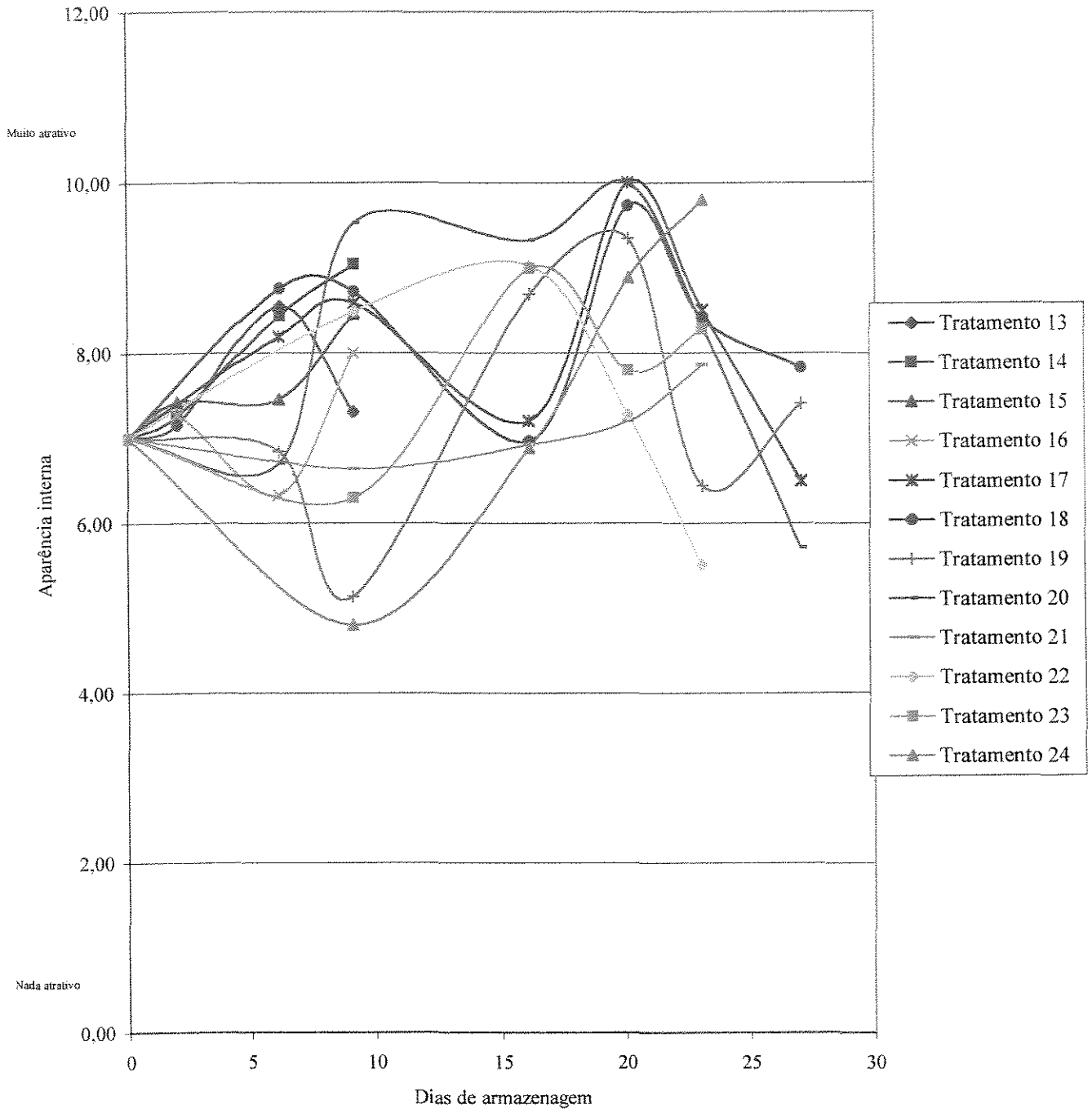

Figura 28 – Análise sensorial da aparência interna para os tomates Carmen

5.1.2.6. Análise sensorial do sabor

De modo geral, os resultados para o sabor, de ambas variedades, parecem acompanhar o amadurecimento do tomate (Figuras 29 e 30), sendo o sabor doce crescente desde o início da armazenagem até atingir um pico, para começar a decair (tornar-se mais ácido) ao final da vida de prateleira do produto. Esses dados sensoriais concordam com aqueles observados nas análises químicas do pH, brix e acidez. Os frutos mantidos a 7°C e depois transferidos à temperatura ambiente foram os que obtiveram menores valores de sabor, ou seja, os que se mantiveram mais ácidos ao longo da armazenagem.

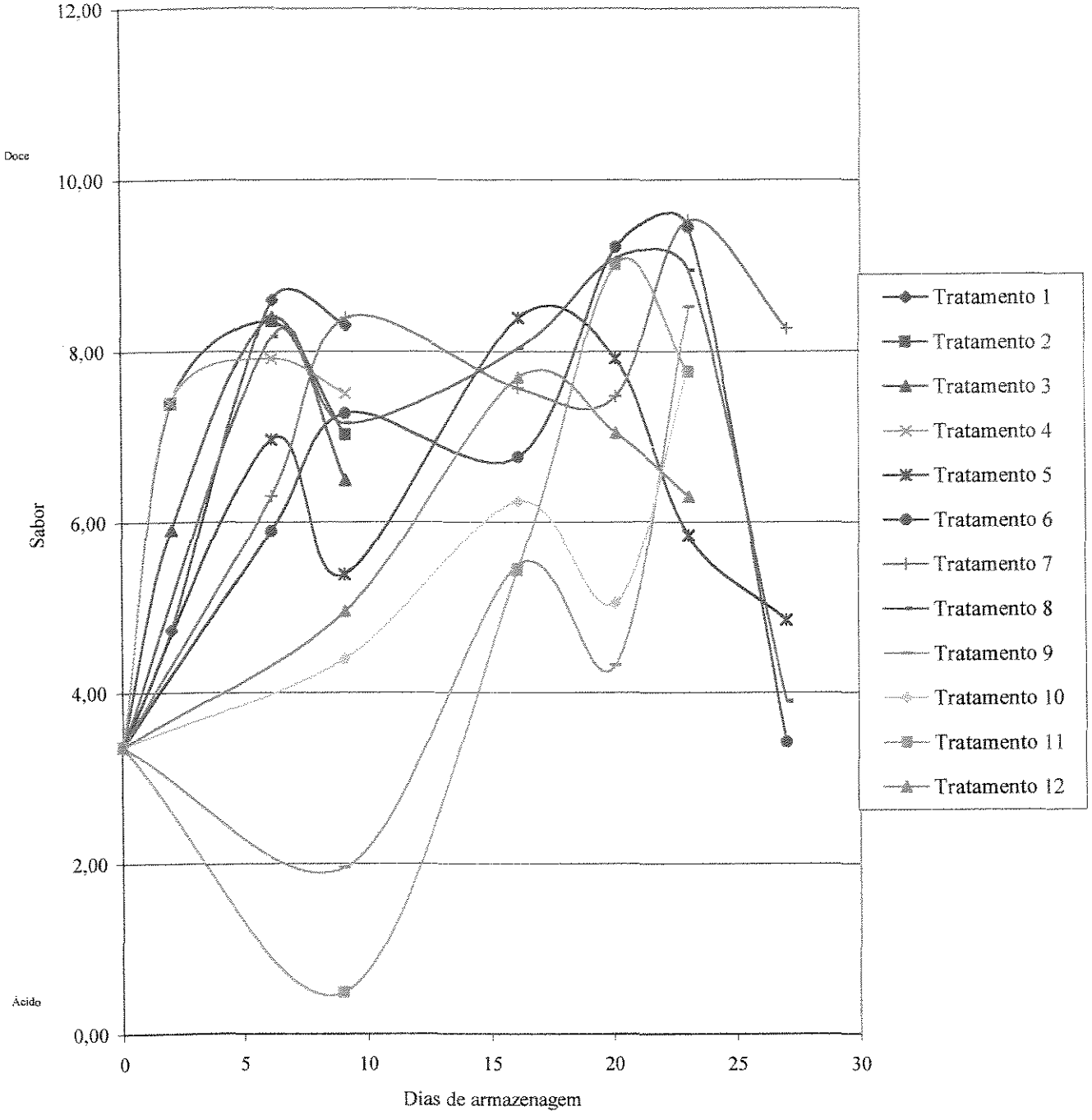

Figura 29 – Análise sensorial do sabor para os tomates Santa Clara

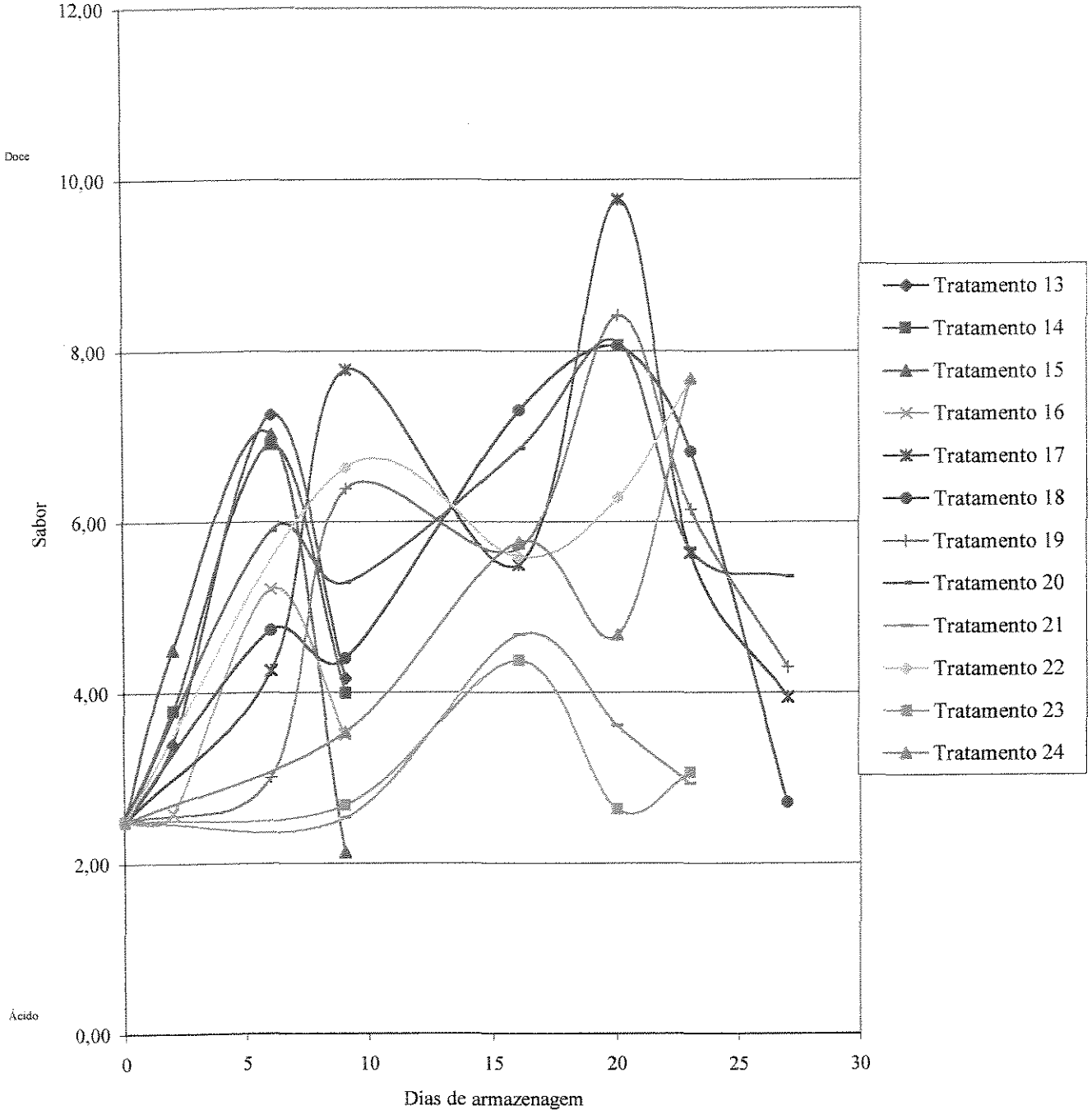

Figura 30 – Análise sensorial do sabor para os tomates Carmen

Tabela 11 – Sabor médio para os tomates da variedade Santa Clara, segundo a análise sensorial, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Sabor
Ambiente	7,3 a
13°C	7,1 a
7°C	2,9 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os dados da análise sensorial para sabor mostram na Tabela 11 que os tomates à temperatura ambiente e a 13°C foram os mais doces. Esses resultados concordam com as análises químicas realizadas para a determinação da relação brix/acidez com relação à temperatura ambiente, mas naquela não foi assinalada nenhuma diferença significativa a 5% entre 13°C e 7°C. Deve-se lembrar que uma das fontes de variação foi a falta de treinamento dos provadores da análise sensorial, que possuíam dificuldade especialmente em identificar o sabor ácido dos tomates avaliados.

Tabela 12 – Sabor médio para os tomates da variedade Carmen, segundo a análise sensorial, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Sabor
13°C	6,0 a
7°C	3,8 ab
Ambiente	3,4 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Segundo a Tabela 12, os tomates da variedade Carmen mantidos a 13°C apresentaram sabor doce superior àqueles armazenados à temperatura ambiente. Isso pode ter acontecido, porque, segundo os resultados dos provadores, no 9º dia de armazenagem, os frutos mantidos à temperatura ambiente já tinham apresentado um pico do sabor doce para depois ter esse teor reduzido ao final de sua vida de prateleira, enquanto que os

tomates a 13°C tiveram valores crescentes até aproximadamente o 20º dia, para só então decair.

5.1.2.7. Perda de peso

Para os primeiros dias de armazenagem as diferenças com relação à perda de peso são menores entre os tomates dos vários tratamentos, aumentando à medida que os frutos amadurecem.

A perda de peso em geral foi menor para os tomates de ambas as variedades a 13°C que para aqueles a 7°C, o que pode ter acontecido devido a duas hipóteses: a umidade relativa média dentro da câmara a 7°C (77%) foi inferior àquela da câmara de 13°C (91%) ou o nível de 7°C trata-se de uma temperatura que provoca a injúria do frio do tomate, o que pode ter afetado a capacidade do produto em manter seu peso inicial ao longo da armazenagem.

Para ambas variedades também se observa um grande aumento na perda de peso quando os tomates que estavam à temperatura de 7°C foram transferidos para a temperatura ambiente (vide "salto" nas Figuras 31 e 32 após o 14º dia), devido a maior taxa respiratória associada à temperatura mais elevada.

No caso da temperatura ambiente, pôde-se notar maiores perdas de peso para os tomates da variedade Santa Clara por se tratarem de frutos de maior atividade respiratória e menor vida de prateleira, quando comparados aos tomates longa-vida variedade Carmen.

Depois de 9 dias de armazenagem à temperatura ambiente (24°C) foi obtida uma perda de peso média de 4,2% para os tomates variedade Santa Clara e 3,1% para os tomates Carmen, o que resultaria em uma perda de peso média aproximada de 0,5% e 0,3%, respectivamente, para cada dia de armazenagem. Estes valores foram menores que aqueles observados para SHOWALTER (1981), que obteve perda diária de 0,9% para tomates mantendo-se cerca de 27°C e 60% de umidade relativa durante a armazenagem.

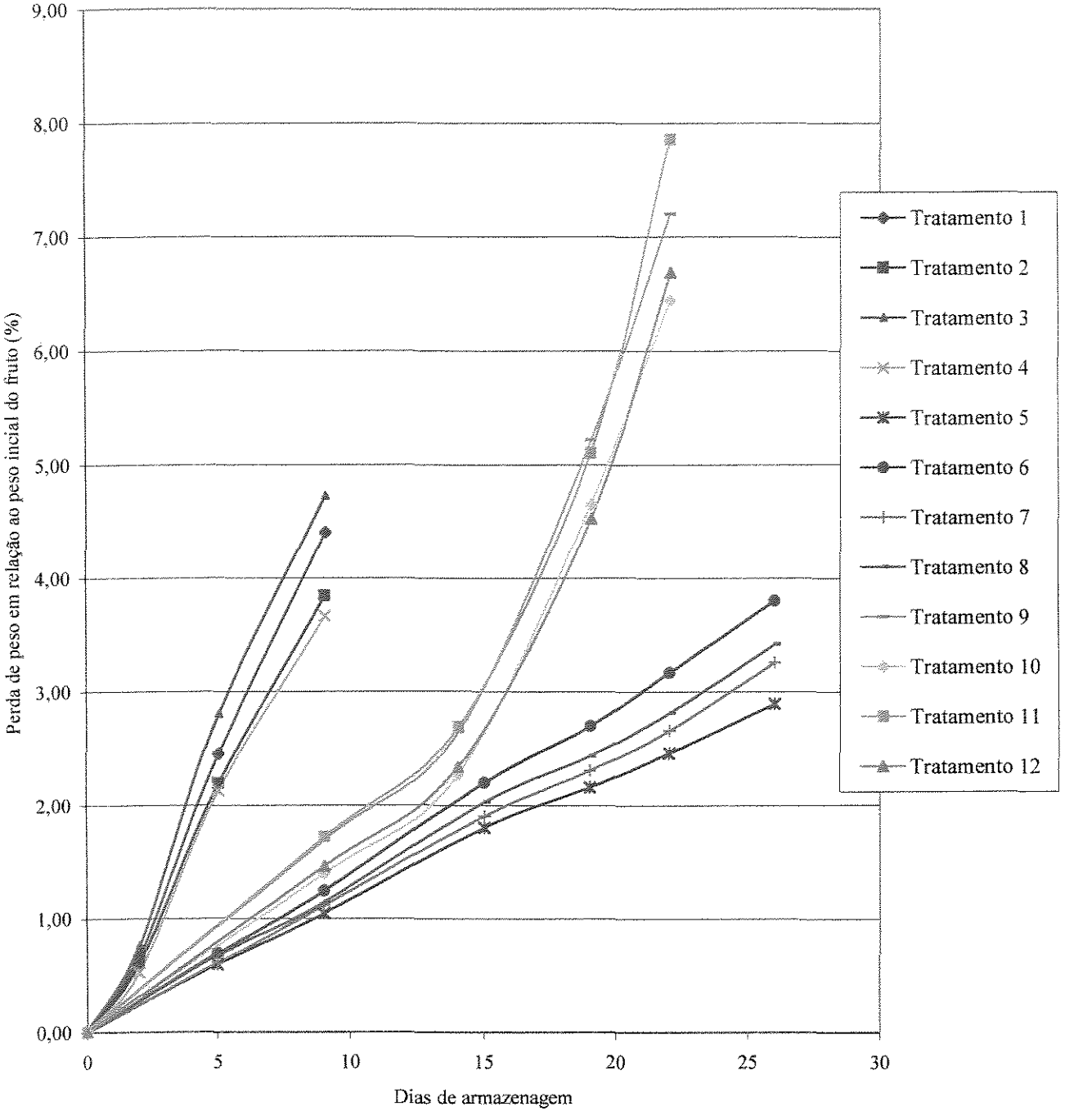

Figura 31 – Perda de peso para os tomates Santa Clara

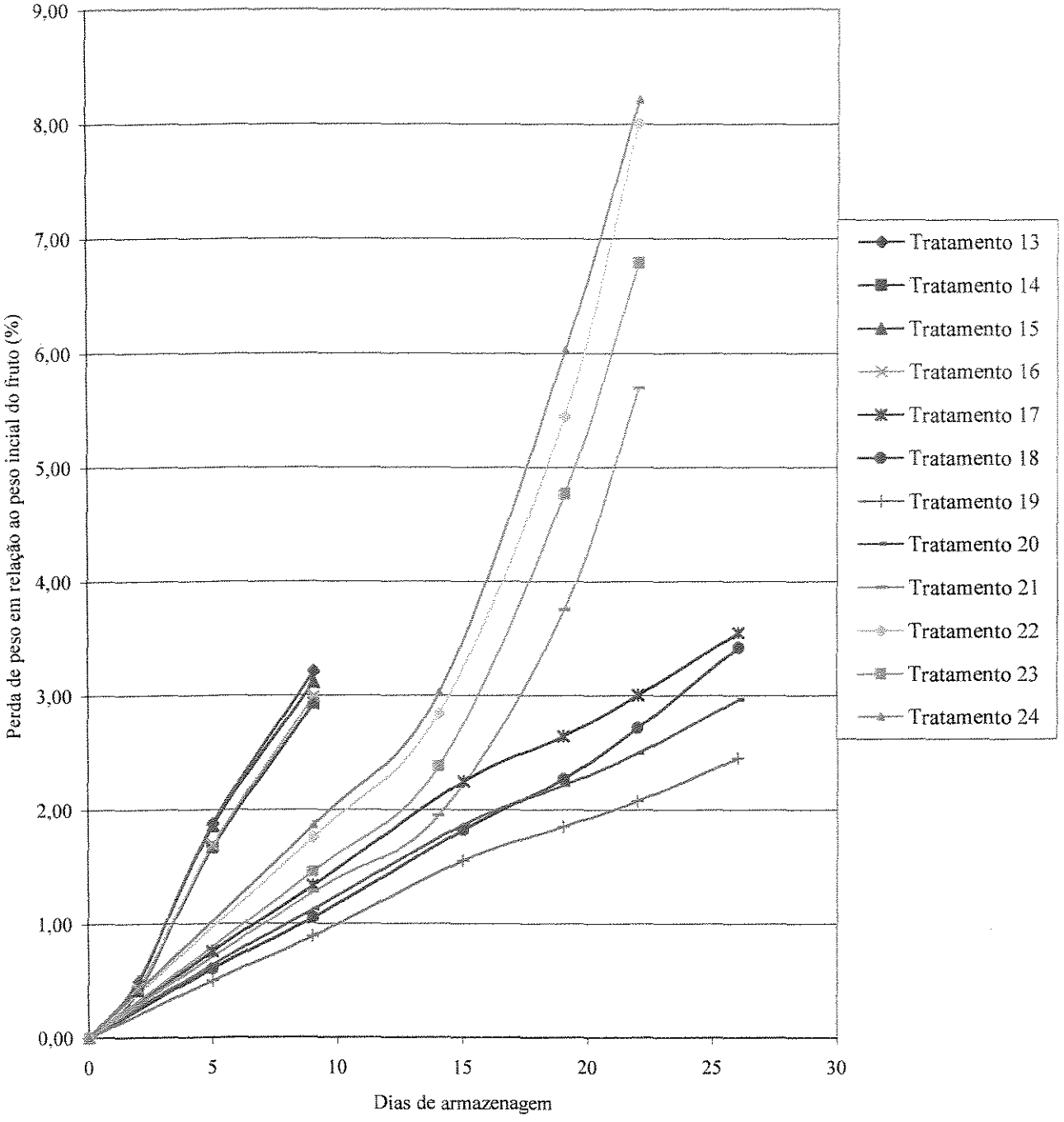

Figura 32 – Perda de peso para os tomates Carmen

Tabela 13 – Perda de peso média para os tomates da variedade Santa Clara, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Perda de peso (%)
Ambiente	4,16 a
7°C	1,56 b
13°C	1,14 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

A exposição do produto à temperatura ambiente provocou um amadurecimento mais rápido nos frutos e com maior perda de peso como é demonstrado nas Tabelas 13 e 14. VANEGAS (1987) mostrou que a perda de peso (em % do peso inicial) foi contínua e quanto menor a temperatura (10 e 15°C) menor também foi aquela porcentagem.

Tabela 14 – Perda de peso média para os tomates da variedade Carmen, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Perda de peso (%)
Ambiente	3,06 a
7°C	1,58 b
13°C	1,09 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

De modo geral, os dados para coloração, sabor e perda de peso dos tomates Carmen foram semelhantes aos obtidos para a variedade Santa Clara, exceto pelo fato de que os maiores valores para sabor foram encontrados nos frutos armazenados a 13°C e 7°C, embora não houvesse diferença significativa entre este último nível e a temperatura ambiente.

5.1.2.8. Resultados para 9 dias de experimento com tomates à temperatura ambiente e 22 dias para os frutos armazenados a 13°C

São apresentados apenas os parâmetros onde foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos empregados (temperatura, classificação e embalagem), para os tomates armazenados à temperatura ambiente por 9 dias e aqueles no 22º dia de armazenagem a 13°C.

No caso da variedade Santa Clara, foram observadas diferenças significativas para o pH e perda de peso médios dos tomates, e para a variedade Carmen, foram observadas diferenças significativas apenas entre o pH médio dos tomates armazenados por 22 dias a 13°C e 9 dias à temperatura ambiente.

UNICAMP

Tabela 15 – pH médio para os tomates da variedade Santa Clara, em função da embalagem, classificação e temperatura utilizadas, no 9º dia de armazenagem

Embalagem, classificação e temperatura	pH
Caixa de 10kg, com tomates sem classificação a 13°C	4,77 a
Telescópica total, com tomates classificados a 13°C	4,76 a
Caixa de 10kg, com tomates classificados a 13°C	4,71 a
Telescópica total, com tomates sem classificação a 13°C	4,25 b
Caixa de 10kg, com tomates sem classificação a temperatura ambiente	4,09 c
Telescópica total, com tomates classificados a temperatura ambiente	4,08 c
Telescópica total, com tomates sem classificação a temperatura ambiente	4,04 cd
Caixa de 10kg, com tomates classificados a temperatura ambiente	3,92 d

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

A Tabela 15 mostra que os maiores resultados para o pH foram obtidos com as seguintes combinações: caixa de 10kg (tomates com e sem classificação) e embalagem telescópica total com tomates classificados, a 13°C, enquanto que os menores valores ocorreram para as embalagens mantidas à temperatura ambiente.

Tabela 16 – pH médio para os tomates da variedade Carmen, em função da embalagem e classificação, no 9º dia de armazenagem

Embalagem e classificação	pH
Caixa de 4kg e tomates classificados	4,21 a
Caixa de 10kg e tomates sem classificação	4,17 a
Caixa de 10kg e tomates classificados	4,13 ab
Caixa de 4kg e tomates sem classificação	4,06 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelos resultados da Tabela 16 nota-se que não existe diferença significativa para o pH das caixas de 10kg (para ambos frutos com e sem classificação) e 4kg com frutos classificados, assim como entre a caixa de 10kg com tomates classificados e a de 4kg com frutos sem classificação também não possuem diferença a 5% de significância.

Tabela 17 – Perda de peso média para os tomates da variedade Santa Clara, em função da temperatura, no 9º dia de armazenagem

Temperatura	Perda de peso (%)
Ambiente	4,16 a
13°C	2,77 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Após 9 dias de experimento os tomates Santa Clara mantidos à temperatura ambiente perderam mais peso que aqueles estocados a 13°C por 22 dias, como se observa na Tabela 17.

Vale ressaltar que os parâmetros não apresentados aqui (como a relação brix/acidez, coloração, textura, aparência externa e interna, sabor para ambas as variedades e perda de peso para o tomate Carmen) foram aqueles onde não se encontrou diferença significativa para quaisquer dos tratamentos ou suas combinações analisadas. A comparação entre os tomates mantidos à temperatura ambiente por 9 dias e aqueles a 13°C durante 22 dias

demonstrou que a qualidade pós-colheita do fruto foi a mesma para ambas as variedades, notando-se diferenças apenas no pH, sem afetar significativamente o sabor, e na perda de peso (com resultados desfavoráveis para a temperatura ambiente). Isso comprova a maior vida de prateleira em função da temperatura de armazenagem mais baixa.

5.2. Experimento 2 – Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates

A seguir são mostrados todos os valores medidos e calculados para o experimento, no dia em que se realizou a colheita e após 7 dias de armazenagem.

5.2.1. Massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade

Os resultados na Tabela 18 mostram não existir diferença significativa para os diâmetros longitudinais médios no dia da colheita entre todas as caixas estudadas (exceto os frutos controle), e entre as embalagens plásticas e a de papelão ondulado de menor porte com relação ao controle. Também nota-se que os tomates das caixas de papelão maior e K possuíam diâmetro longitudinal maior que aqueles do controle.

Como se pode observar pela mesma tabela, os frutos utilizados na pesquisa apresentavam massas, diâmetros transversais e maturidades médias equivalentes entre si, considerando 5% de significância. Segundo a classificação dos tomates por calibre, mostrada previamente na Figura 6 (capítulo IV), os frutos eram todos "grandes".

Os parâmetros medidos e exibidos na Tabela 18 servem apenas para caracterizar os tomates utilizados neste experimento.

Tabela 18 – Massa, diâmetros longitudinal e transversal e estádio de maturidade (% de coloração vermelha) no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Massa (g)	Diâmetro longitudinal (mm)	Diâmetro transversal (mm)	Estádio de maturidade
Caixa de papelão maior	212,31 a	72,85 a	72,14 a	52 a
Caixa K	206,24 a	72,55 a	70,88 a	45 a
Caixa de papelão menor	221,08 a	71,54 ab	70,90 a	46 a
Caixa plástica menor	202,92 a	71,12 ab	71,32 a	54 a
Caixa plástica maior	215,42 a	70,83 ab	70,02 a	51 a
Controle	183,22 a	66,92 b	65,87 a	47 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

5.2.2. Porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas

Pelos resultados mostrados na Tabela 19 observa-se que não houve diferença significativa entre os valores de porcentagem média de frutos com injúrias mecânicas inferiores a 10mm encontrados para as embalagens de papelão ondulado e de plástico, assim como entre as caixas plásticas e a de madeira (caixa K). Mas as caixas de papelão apresentaram maior porcentagem de frutos com injúrias inferiores a 10mm que a caixa K.

Tabela 19 – Porcentagem média de frutos contendo injúrias inferiores a 10mm no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa de papelão menor	25 a
Caixa de papelão maior	21 a
Caixa plástica maior	18 ab
Caixa plástica menor	16 ab
Caixa K	7 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelos valores observados na Tabela 20 nota-se que não existiu qualquer diferença a 5% de significância entre os valores de porcentagem média de frutos com injúrias mecânicas de 10 a 20mm encontrados para a caixa K e a de papelão ondulado de maior porte, para esta última e a embalagem plástica menor, e desta com relação à caixa plástica maior. A embalagem de papelão ondulado menor provocou menores valores de injúrias mecânicas de 10 a 20mm comparados às demais.

Tabela 20 – Porcentagem média de frutos com injúrias de 10 a 20mm no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa K	58 a
Caixa de papelão maior	48 ab
Caixa plástica menor	42 bc
Caixa plástica maior	30 c
Caixa de papelão menor	14 d

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Tabela 21– Porcentagem média de frutos com injúrias superiores a 20mm no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa plástica maior	40 a
Caixa plástica menor	38 a
Caixa K	32 ab
Caixa de papelão maior	23 ab
Caixa de papelão menor	16 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os resultados da Tabela 21 mostram que não ocorreu diferença significativa entre os valores de porcentagem média de frutos com injúrias mecânicas superiores a 20mm encontrados para a caixa K e a de papelão ondulado de maior porte e as caixas plásticas, assim como entre as embalagens de papelão ondulado e a caixa K. No entanto, as caixas plásticas apresentaram maior porcentagem de frutos com injúrias superiores a 20mm que a caixa de papelão de menor porte.

Tabela 22 – Porcentagem média de frutos com injúrias, independente de sua gravidade, no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa K	97 a
Caixa plástica menor	96 a
Caixa de papelão maior	92 a
Caixa plástica maior	87 a
Caixa de papelão menor	55 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pela Tabela 22 pode-se concluir que a porcentagem de frutos contendo injúrias mecânicas nas caixas de papelão ondulado de menor porte foram inferiores às demais embalagens, a 5% de significância. Tais resultados podem ser explicados por se tratar de

uma embalagem com capacidade de apenas 10kg, que continha no máximo 2 camadas de tomates e portanto os frutos da base sofreram uma carga de compressão inferior àqueles das demais embalagens. Esses resultados concordam de certa forma com os observados por SINGH et al. (1992), que encontraram menor firmeza para as amostras de caixas com 47cm de profundidade comparadas às amostras daquelas com 14cm. Os autores perceberam que a incidência de podridão também estava relacionada à profundidade das camadas de fruto, além de variar com a duração do processo de vibração e do período de armazenagem.

Um fator que pode ter agravado a formação de ferimentos nos frutos é o modo como ele foi manuseado desde a colheita. Da etapa em que é colhido e colocado dentro da cesta de vime até ser despejado na mesa de classificação e então empacotado, o tomate sofre uma série de efeitos de impacto, choque e vibração. Não apenas as embalagens utilizadas no experimento, como também esses fatores citados devem ser levados em consideração na análise das injúrias mecânicas observadas nos frutos. Embora tenha havido uma seleção dos frutos sem qualquer tipo de injúria para serem utilizados na pesquisa, vale ressaltar que injúrias internas não podem ser identificadas quando o fruto ainda não está com 100% de coloração vermelha, podendo então ter sido escolhidos no campo tomates já injuriados para o experimento.

De modo geral, as injúrias observadas no experimento foram em sua maior parte do tipo corte e abrasões nos frutos das caixas plásticas e "amassados" naquelas de papelão ondulado. Um fator que pode ter influenciado os resultados obtidos, quanto à incidência e gravidade de injúrias mecânicas, é o maior manuseio dos tomates pertencentes às embalagens plásticas e de papelão. Isto é, para serem preenchidas, primeiramente foram completadas algumas caixas K, para só então tais tomates serem transferidos para as caixas definitivas (plásticas e de papelão), enquanto que no caso das 3 caixas K estudadas, estas foram preenchidas diretamente, sem haver nenhuma transferência de qualquer outra embalagem. Esse fato foi observado nos três experimentos desta pesquisa em virtude do produtor estipular o preço do produto em função da quantidade de tomate que a caixa K pode conter.

As injúrias mais graves estavam presentes nos tomates das caixas K, devido à superfície extremamente áspera da madeira e seus nós, além dos inúmeros pregos que contribuem para provocar as injúrias mais graves e profundas. Os tomates mais

prejudicados foram aqueles localizados na base da caixa por estarem sofrendo a maior carga de compressão, principalmente nos frutos acomodados entre as ripas de madeira. Os frutos situados no topo das caixas K também tiveram sérios problemas de amassamento pois o produtor em geral ultrapassa a capacidade máxima da caixa, comprimindo a tampa contra os frutos (vide Figura 33). SOARES et al. (1993) estudaram a influência da utilização de embalagens de madeira (caixas K) na conservação da qualidade do tomate e também observaram que todos os tomates em contato com as aberturas entre as ripas das caixas "K" apresentaram sérios problemas com injúrias mecânicas, especialmente cortes e amassados, que poderiam ser reduzidas significativamente com a utilização de caixas de papelão.

Nas caixas plásticas as ranhuras e aberturas, essencialmente da base, influenciaram os resultados, provocando um efeito como de um "carimbo", deixando marcas profundas nos tomates estudados. Neste caso, o mais recomendado seriam as caixas plásticas de fundos lisos ou embalagens de papelão ondulado.

Além dos frutos localizados na base das caixas, aqueles situados nas laterais, principalmente em contato com as alças das embalagens, sofreram cortes e abrasões graves. SOARES et al. (1993) também perceberam que a posição do fruto dentro da caixa influencia a intensidade da injúria mecânica. Os tomates que se encontravam em contato com a tampa, laterais ou base foram os que sofreram mais abrasões (47% a mais) que aqueles localizados no meio da caixa, ou seja, sem contato direto com as lâminas de madeira ásperas. Ainda segundo os autores, o excesso de tomates dentro da caixa resultou em amassamentos graves, na ordem de 10 a 20mm por fruta.

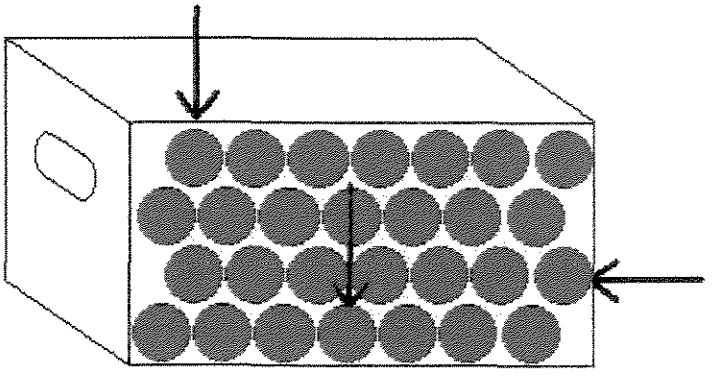

Figura 33 – Esquema dos esforços de compressão e abrasão que o tomate sofre dentro da embalagem

5.2.3. Porcentagem de frutos com incidência de podridão

Como se observa na Tabela 23, não foi verificada qualquer diferença significativa entre a porcentagem média de frutos com podridão inferior a 10mm para as diferentes embalagens estudadas após 7 dias de armazenagem, com 5% de significância.

Tabela 23 – Porcentagem média de frutos contendo incidência de podridão inferior a 10mm após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa K	7 a
Caixa plástica menor	4 a
Caixa plástica maior	2 a
Caixa de papelão menor	1 a
Caixa de papelão maior	1 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Tabela 24 – Porcentagem média de frutos com incidência de podridão de 10 a 20mm após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa K	11 a
Caixa plástica menor	6 ab
Caixa de papelão maior	4 b
Caixa plástica maior	4 b
Caixa de papelão menor	3 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os resultados da Tabela 24 mostram que após 7 dias de armazenagem não ocorreu diferença a 5% de significância entre a porcentagem média de frutos com podridão de 10 a 20mm obtida para a caixa K e a plástica de menor porte, assim como entre esta última e as demais embalagens. No entanto, a caixa K apresentou maior porcentagem de frutos com podridão de 10 a 20mm que as embalagens de papelão e plástica de maior porte.

Tabela 25 – Porcentagem média de frutos com incidência de podridão superior a 20mm após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa plástica menor	7 a
Caixa K	7 a
Caixa plástica maior	7 a
Caixa de papelão maior	4 a
Caixa de papelão menor	1 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Não se observou na Tabela 25 qualquer diferença significativa entre a porcentagem média de frutos com podridão superior a 20mm para as diferentes embalagens pesquisadas após 7 dias de armazenagem.

Tabela 26 – Porcentagem média de frutos com incidência de podridão, independente de sua gravidade, após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Porcentagem de frutos
Caixa K	26 a
Caixa plástica menor	17 ab
Caixa plástica maior	13 ab
Caixa de papelão maior	9 b
Caixa de papelão menor	6 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os valores encontrados na Tabela 26 afirmam não existir diferença a 5% de significância entre os valores de porcentagem média de frutos com podridão de qualquer gravidade para a caixa K e as caixas plásticas, assim como entre estas últimas e aquelas feitas de papelão ondulado. No entanto, a caixa K apresentou maior porcentagem de frutos com podridão que as embalagens de papelão.

Observa-se que os resultados de porcentagem de frutos com incidência de podridão não foram muito expressivos, quando comparados, por exemplo, com aqueles encontrados por SOARES et al. (1993), que obtiveram uma média de cerca de 44% após 6 dias de armazenagem. No entanto, os valores da pesquisa demonstraram que, por exemplo, para a caixa K, quase 26% dos frutos não apresentam qualquer condição de comercialização, sem contar com aqueles mostrados na Tabela 22 que apresentavam qualquer tipo de injúria mecânica. Isto representa uma perda muito grande, o que pode diminuir a margem de lucro de comercialização do tomate ou elevar o preço final pago pelo consumidor. Como possíveis soluções para reduzir tais números se poderia citar a realização de sanitização e uma classificação. Não houve nenhuma preocupação em estabelecer uma padronização dos frutos que iriam em cada embalagem, mas vale lembrar que a seleção e classificação reduzem injúrias mecânicas uma vez que tomates com maior uniformidade de tamanho e formato se acomodam melhor dentro das caixas, diminuindo as possibilidades de ferimentos com vibração, impacto ou choque.

5.2.4. Relação brix/acidez e pH

Os resultados da Tabela 27 mostram que não há diferença significativa para os valores iniciais da relação brix/acidez média entre as caixas plásticas, de papelão ondulado e a embalagem de madeira, assim como entre a plástica de menor porte, as de papelão ondulado, caixa K e frutos controle. No entanto, os frutos da caixa plástica maior apresentaram relação brix/acidez superior aos do controle.

Tabela 27– Relação brix/acidez média para os frutos no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	Brix/acidez
Caixa plástica maior	16,2 a
Caixa de papelão menor	15,8 ab
Caixa de papelão maior	15,7 ab
Caixa plástica menor	14,5 ab
Caixa K	14,4 ab
Controle	12,8 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Tabela 28– Relação brix/acidez média para os frutos após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Brix/acidez
Caixa de papelão maior	15,6 a
Caixa K	15,1 a
Caixa plástica maior	15,1 a
Caixa de papelão menor	15,1 a
Controle	14,8 a
Caixa plástica menor	14,3 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

De acordo com a Tabela 28, não se observou qualquer diferença significativa entre os valores da relação brix/acidez para os frutos das diferentes embalagens pesquisadas após 7 dias de armazenagem, a 5% de significância.

Tabela 29 – pH médio para os frutos no dia da colheita e transporte ao laboratório

Tipo de Embalagem	pH
Caixa de papelão menor	4,42 a
Caixa de papelão maior	4,42 a
Caixa plástica maior	4,40 a
Caixa K	4,37 a
Caixa plástica menor	4,37 a
Controle	4,34 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelas Tabelas 29 e 30 observa-se que, antes e após a armazenagem, não houve qualquer diferença significativa, para o pH médio dos tomates, entre as diferentes embalagens pesquisadas.

Tabela 30 – pH médio para os frutos após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	pH
Controle	4,40 a
Caixa K	4,39 a
Caixa plástica menor	4,37a
Caixa de papelão maior	4,35 a
Caixa de papelão menor	4,35 a
Caixa plástica maior	4,31 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

5.2.5. Perda de peso

Pela Tabela 31, não se observou qualquer diferença significativa para a perda de peso média após 7 dias de armazenagem entre os frutos das diferentes embalagens pesquisadas, a 5% de significância.

Tabela 31. Perda de peso média (% do peso inicial) após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Perda de peso (%)
Caixa plástica menor	3,04 a
Caixa K	2,53 a
Caixa de papelão maior	2,43 a
Caixa de papelão menor	2,39 a
Controle	2,34 a
Caixa plástica maior	2,30 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

5.2.6. Análise sensorial

Através dos resultados encontrados na análise sensorial (Tabela 32) pode-se observar que os provadores não identificaram diferença de sabor, a 5% de significância, entre os frutos do controle e de todas as embalagens estudadas, exceto a caixa de papelão menor. Segundo os mesmos, os tomates desta última embalagem apresentavam sabor diferente daquele encontrado na caixa K e no controle.

Tabela 32 – Análise sensorial média após 7 dias de armazenagem

Tipo de Embalagem	Médias
Caixa de papelão menor	5,3 a
Caixa de papelão maior	5,1 ab
Caixa plástica menor	3,1 ab
Caixa plástica maior	2,7 ab
Caixa K	2,6 b
Controle (escondido)	2,6 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Analisando-se os resultados de todas as tabelas apresentadas percebe-se que as embalagens de papelão ondulado foram aquelas que, de modo geral, melhor protegeram os tomates, produzindo menores valores de injúrias mecânicas. Os dados da análise sensorial não confirmaram tais resultados, provavelmente devido à falta de treinamento dos provadores, que podem ter usado a preferência pessoal como fator determinante na avaliação e não propriamente a comparação (semelhança/diferença) com os frutos controle.

O tipo de embalagem pareceu afetar mais decisivamente a aparência externa do tomate, no que diz respeito à formação de injúrias leves ou graves e incidência de podridão, que aspectos como sabor, dado pela análise sensorial e pela relação brix/acidez, e perda de peso

5.3. Experimento 3 – Efeito do atraso do resfriamento e quebra da cadeia do frio em tomates

A seguir são mostrados todos os gráficos dos valores medidos e calculados para o experimento, ao longo da armazenagem, assim como as tabelas com a análise estatística de alguns parâmetros em dias de análise específicos. As tabelas que não são mostradas aqui, designam os parâmetros estudados para os quais não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para determinados dias de análise.

5.3.1. Aspectos observados

Observou-se muitas vezes, nas fichas de análise sensorial, que a nota dada às cores verde e vermelha não se completaram, isto é, somando-se ambas as pontuações não se conseguiu atingir o máximo (nota 9 na ficha), podendo-se atribuir esta pequena porcentagem que falta à presença de traços de coloração amarela (ou até "branca", segundo alguns provadores) nos frutos. Pôde-se observar que, durante o experimento, a maior parte dos tomates que sofreram quebra da cadeia do frio apresentavam manchas verdes ou amareladas em sua superfície, como se tivesse ocorrido uma "falha" no amadurecimento, ou como se este tivesse sido "incompleto". Nestas áreas de manchas, o tomate apresentava menor firmeza, podendo se tratar de uma região com início de apodrecimento. Portanto, nos casos em que o produto foi retirado da câmara, sobretudo após o 4º e 8º dias de armazenagem, parece ter ocorrido um apodrecimento antecipado, isto é, antes mesmo que o fruto atingisse um amadurecimento completo (vide Figuras 34 e 35 e seção 4.3.2 no capítulo IV com a descrição dos tratamentos).

No 6º dia de armazenagem, foram encontrados 4 frutos com incidência de fungos em 15 a 100% de sua superfície e 1 com podridão, no lote dos tomates armazenados à temperatura ambiente, enquanto se observou apenas 1 fruto com desenvolvimento de fungo em cerca de 10% da superfície, nos tratamentos 2 e 7. Em geral, houve pequena incidência de fungos nos tomates do experimento, observados somente após 14 dias de armazenagem em alguns frutos dentro da câmara, e tão logo o produto sofresse uma quebra na cadeia (após o 4º, 8º e 12º dias de armazenagem). Neste último caso, a incidência de fungos foi propiciada pela condensação do vapor d'água na superfície dos tomates quando passaram de uma armazenagem à baixa temperatura e foram submetidos à temperatura ambiente (mais elevada). Esses resultados concordam com ASHRAE (1994a), que cita a umidade na superfície como um dos problemas da quebra da cadeia do frio e que, associada a um aumento da temperatura, pode acelerar a atividade de fungos e bactérias, causando a deterioração do produto. Diferentemente do experimento 1, nessa fase da pesquisa não se utilizou nenhum ventilador para tentar reduzir o efeito da formação de umidade na superfície do produto, isto porque, o objetivo foi reproduzir com maior fidelidade possível o que se observa na realidade. E, o que se nota no mercado brasileiro de frutas e hortaliças é a ausência de qualquer cuidado desse tipo.

Ao longo do experimento, pôde-se observar uma pequena influência da posição das caixas dentro da câmara na velocidade de amadurecimento dos tomates. Durante a primeira semana, percebeu-se que os tomates das caixas localizadas mais próximas ao piso pareciam ter um amadurecimento menos acelerado, embora não se tenha verificado diferença significativa entre as temperaturas destas embalagens e daquelas colocadas a um "nível superior". Já no caso dos tomates armazenados à temperatura ambiente, observou-se o inverso. Os frutos das caixas inferiores apresentaram um processo de amadurecimento mais rápido que os situados nas caixas do topo. Isto se deve, provavelmente, à uma menor dissipação do calor nas caixas inferiores, provocada pelo empilhamento das caixas, o que não é verificado nas caixas do topo por não possuírem qualquer "obstrução" à movimentação do ar.

Para os tomates armazenados dentro da câmara, pôde-se notar, inclusive, que as embalagens mais próximas da porta foram as que apresentaram frutos com amadurecimento mais avançado, devido à entrada provável de ar quente quando da abertura da porta. A fim de se evitar a influência da posição da embalagem dentro da câmara na conservação do produto, este inconveniente foi resolvido colocando-se todas as caixas na parte central do interior da câmara, distantes da porta.

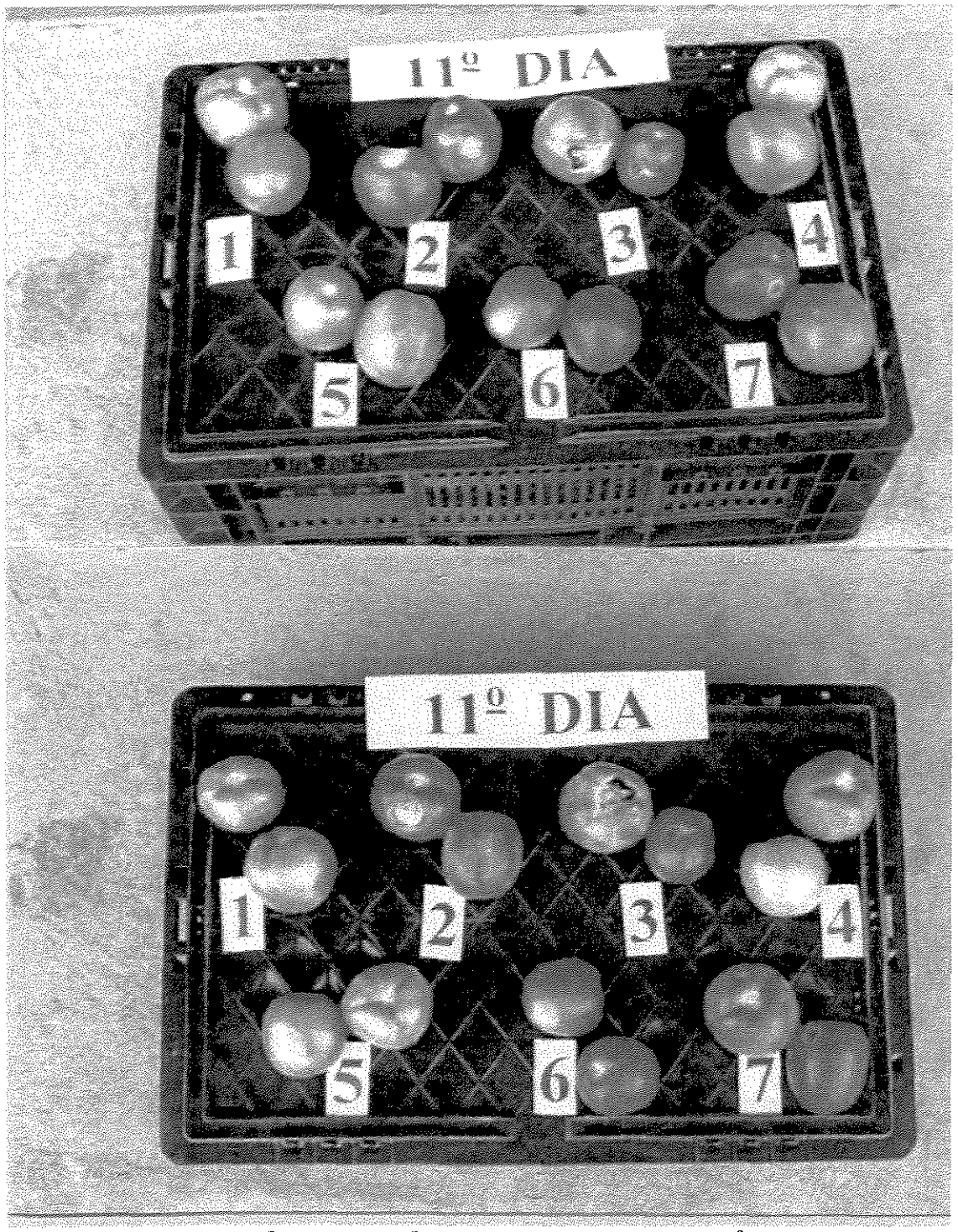

Figura 34 – Aspecto dos tomates dos tratamentos 1 ao 7 no 11º dia de armazenagem

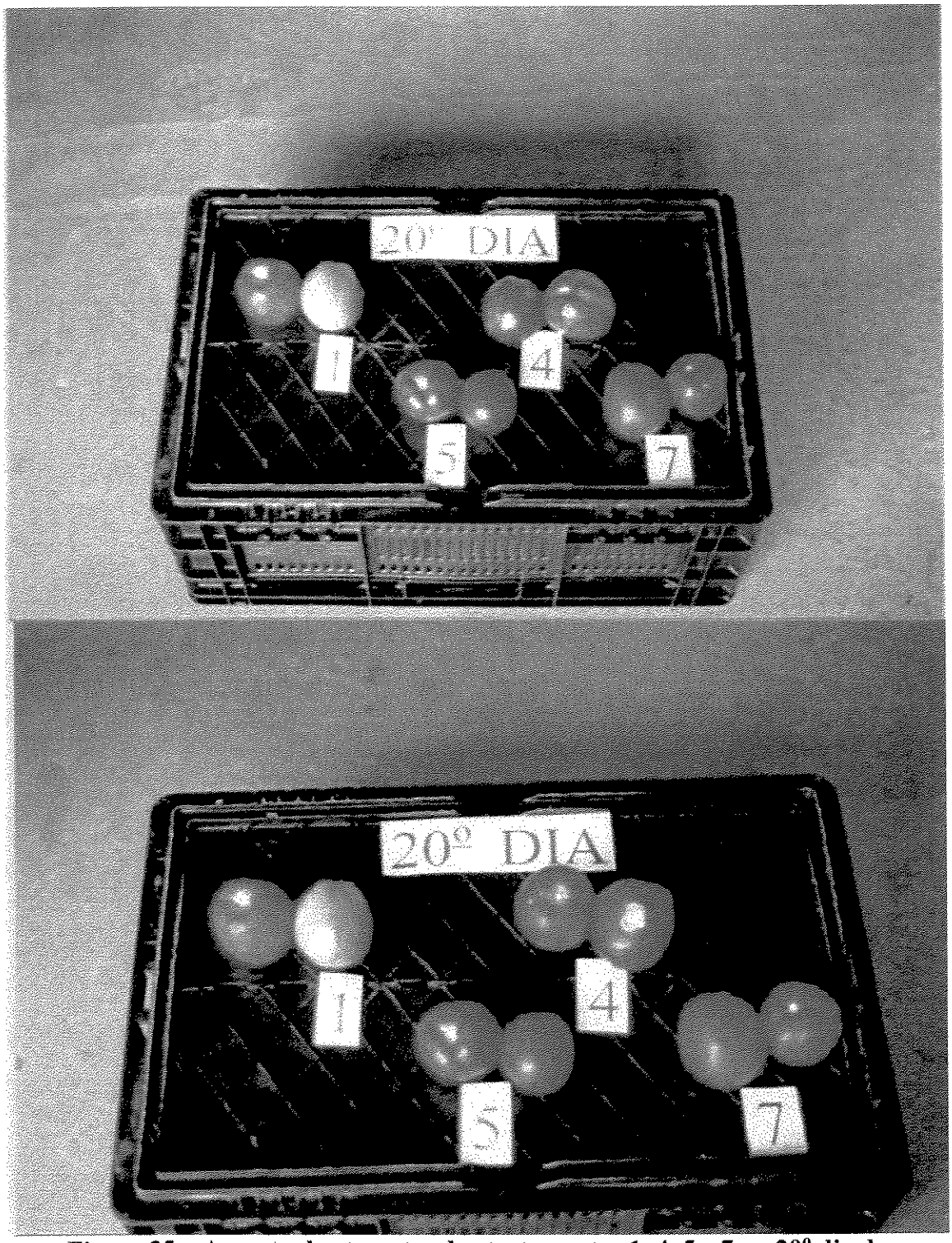

Figura 35 – Aspecto dos tomates dos tratamentos 1, 4, 5 e 7 no 20º dia de armazenagem

5.3.2. Análise dos parâmetros medidos

Os parâmetros medidos, como coloração, firmeza e relação brix/acidez, são mostrados através de gráficos e tabelas com a análise estatística.

5.3.2.1. Diâmetros longitudinal e transversal dos tomates

No dia da colheita foram medidos os diâmetros longitudinal e transversal dos tomates para verificar se os frutos usados nos diferentes tratamentos possuíam tamanhos semelhantes.

Tabela 33 – Diâmetros longitudinal e transversal dos tomates no dia da colheita

Tratamentos	Diâmetro longitudinal (mm)	Diâmetro transversal (mm)
3	67,38 a	68,05 a
2	65,73 a	67,1 ab
5	65,3 a	65,24 abc
7	64,69 a	65,23 abc
4	64,39 a	64,37 abc
6	64,43 a	61,93 bc
1	63,8 a	60,62 c

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os resultados na Tabela 33 mostram que não há diferença significativa, a 5% de significância, para os diâmetros longitudinais médios no dia da colheita de todos os tomates estudados. No entanto, pode-se dizer que os frutos usados no tratamento 3 apresentavam diâmetro transversal superior àqueles dos tratamentos 6 e 1, embora todos os frutos possam ser classificados como grandes segundo as normas da CEAGESP já descritas na Figura 6.

5.3.2.2. Análise sensorial da coloração

Por ambos os gráficos de variação da cor verde e da cor vermelha ao longo da armazenagem (Figuras 36 e 37), observa-se que a velocidade do processo de amadurecimento, ou mudança da coloração verde para a vermelha, estava diretamente

relacionada à temperatura a qual o fruto foi submetido. Isto pode ser demonstrado visualizando-se que, na Figura 36, a curva de coloração verde para o tratamento 2, por exemplo, apresenta uma queda brusca após o 4º dia de armazenagem, ou seja, logo após o fruto ter sido retirado da câmara frigorífica e passar à temperatura ambiente. O mesmo ocorre com as curvas dos tratamentos 3 e 4, após o 8º e 12º dias de armazenagem, respectivamente. No entanto, essa queda brusca da cor verde, ou aumento "abrupto" da cor vermelha parece ser menos evidente no tratamento 4, provavelmente porque os tomates que sofrem quebra da cadeia do frio, estando já em estádios de amadurecimento mais avançados, não são influenciados de modo significativo pela quebra, ou seja, são mais resistentes aos efeitos da mesma. Pelas Figuras 34 e 35, pode-se definir como os possíveis efeitos da quebra da cadeia do frio: aparecimento de manchas amarelas na superfície do tomate, maior susceptibilidade a doenças e amadurecimento acelerado, devido à armazenagem à temperatura ambiente, quando comparado ao produto dentro da câmara fria.

Também se nota nos mesmos gráficos que o atraso em se submeter o produto ao frio, como é o caso do tratamento 5, não provoca efeitos evidenciados no processo de mudança da coloração do tomate de verde para vermelha. Isto porque, mesmo que o fruto pareça ter tido um rápido amadurecimento enquanto estava armazenado à temperatura ambiente, este processo foi retardado consideravelmente quando o mesmo foi colocado na câmara fria.

Com relação ao tratamento 7, percebe-se que enquanto estava sob refrigeração seu processo de amadurecimento esteve crescente de modo gradual com os dias de armazenagem, porém no período em que esteve à temperatura ambiente apresentou elevada queda na curva de cor verde e conseqüente aumento abrupto na cor vermelha. Estes efeitos não puderam ser completamente "controlados" ao se colocar o produto novamente na câmara após o 8º dia de armazenagem. Comparando-se este último com o tratamento 5, percebe-se que o amadurecimento é mais lento quando ocorre um atraso no resfriamento do tomate que quando há uma quebra da cadeia do frio, ou seja, é preferível se atrasar a entrada do produto na câmara fria, que submetê-lo ao frio imediatamente após a colheita mas retirá-lo da câmara em estádios mais avançados. Os efeitos provocados pela quebra da

cadeia não são completamente revertidos, ou a "qualidade" do produto anteriormente à quebra não é inteiramente recuperada quando recolocado na câmara.

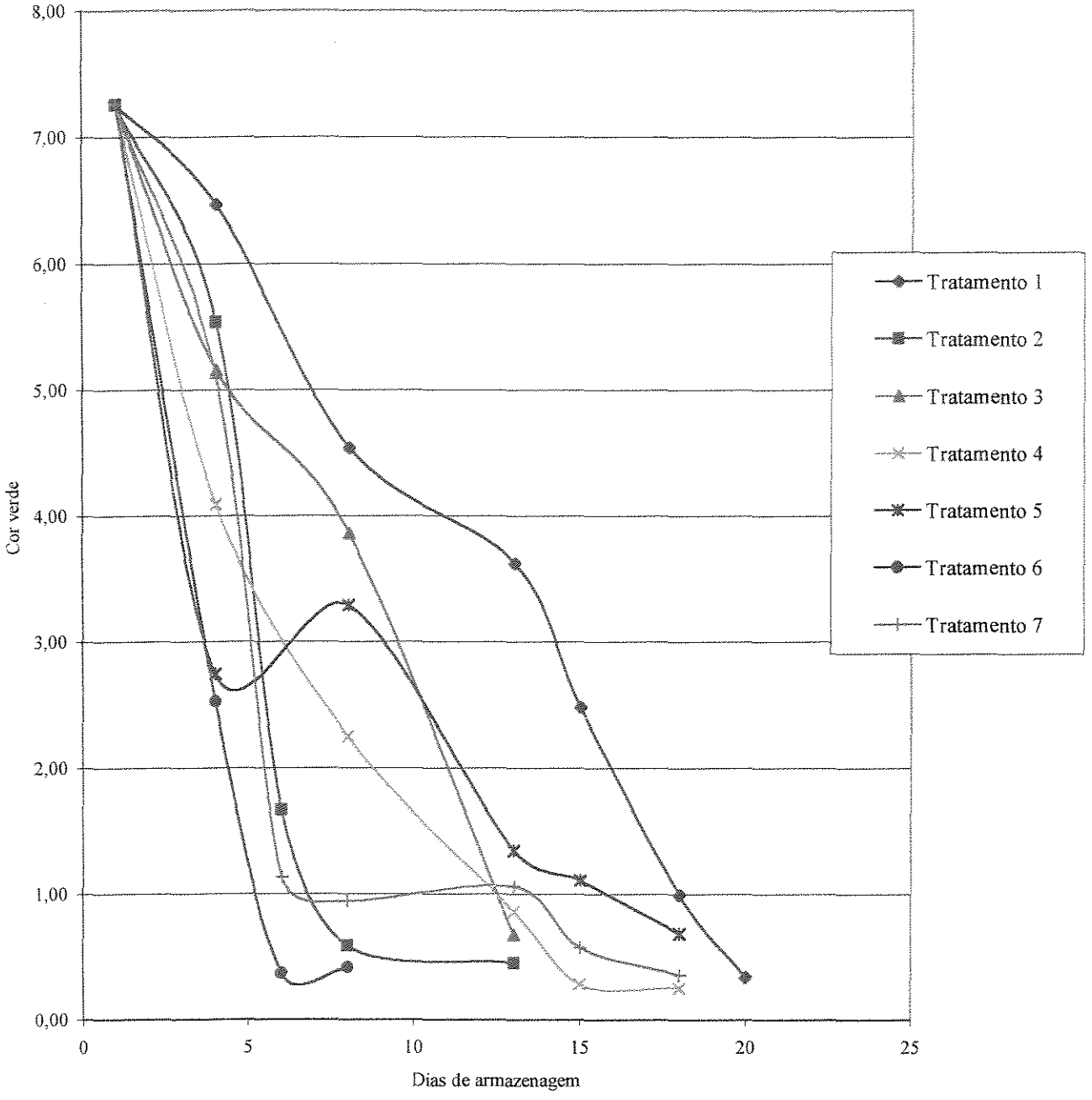

Figura 36 – Variação da cor verde dos tomates segundo a análise sensorial

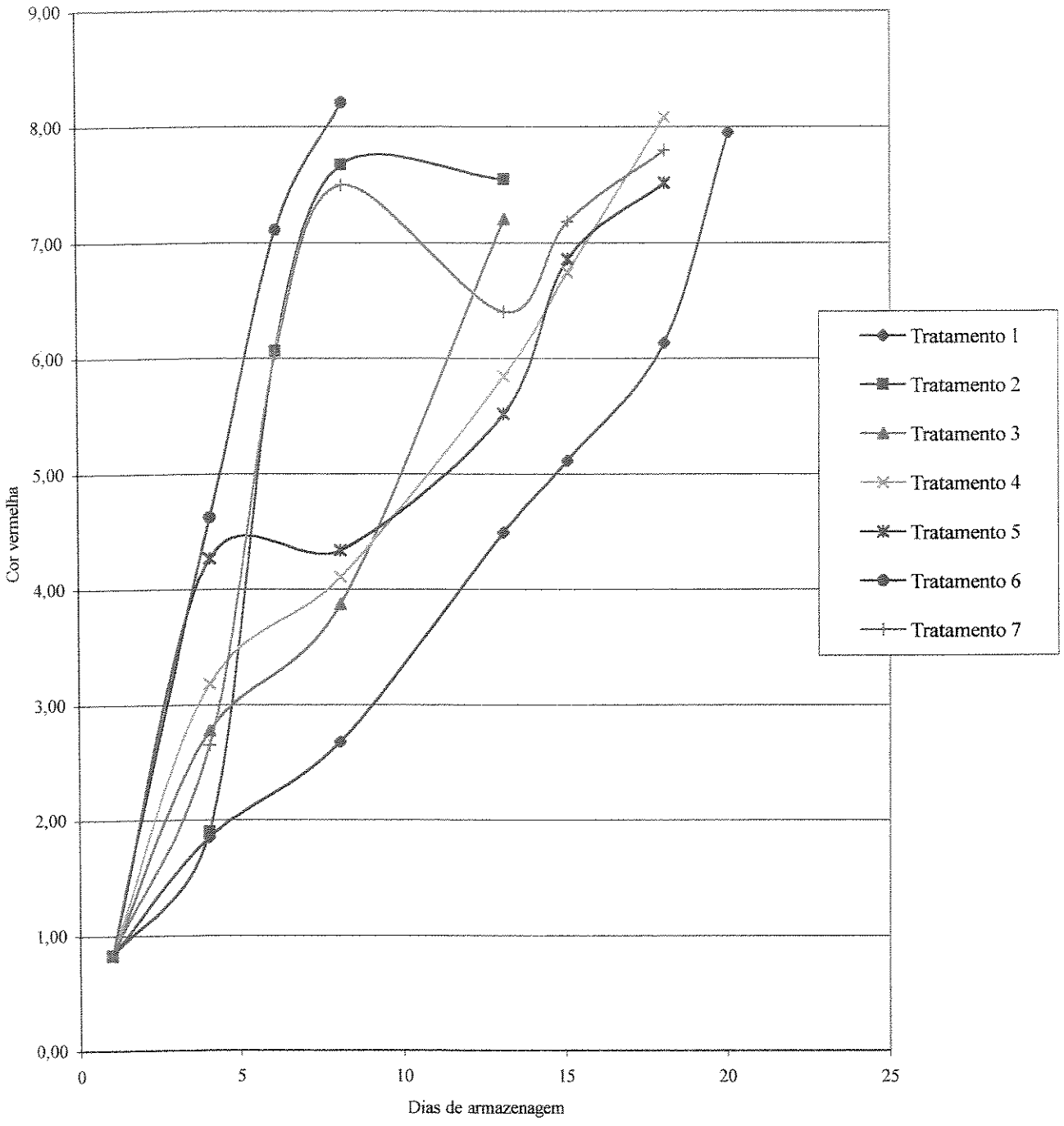

Figura 37 – Variação da cor vermelha dos tomates segundo a análise sensorial

Tabela 34 – Cor verde dos tomates, segundo a análise sensorial, no 8º dia de armazenagem

Tratamentos	Cor verde
1	4,5 a
3	3,9 a
5	3,3 ab
4	2,2 ab
7	0,9 b
2	0,5 b
6	0,4 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pelos valores encontrados na Tabela 34, observa-se que no 8º dia de armazenagem os tomates mantidos a 14°C dentro da câmara desde a colheita (tratamentos 1 e 3) possuíam cor verde mais expressiva que aqueles dos tratamentos 7, 2 e 6, ou seja, tomates que sofreram quebra da cadeia do frio no 4º dia de armazenagem e aqueles que sempre foram mantidos à temperatura ambiente desde o momento em que foram colhidos. Os resultados também mostram que não existiu diferença de coloração verde para os tomates dos tratamentos 1, 3, 4 e 5, isto é, frutos que foram submetidos ao frio desde a colheita até o 8º dia de armazenagem e aqueles que entraram na câmara apenas no 4º dia.

Tabela 35 – Cor vermelha dos tomates, segundo a análise sensorial, no 8º dia de armazenagem

Tratamentos	Cor vermelha
6	8,2 a
2	7,7 a
7	7,5 a
5	4,3 b
4	4,1 b
3	3,9 b
1	2,7 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

A Tabela 35 permite dizer que no 8º dia de armazenagem os tomates dos tratamentos 2, 6 e 7, ou seja, aqueles mantidos à temperatura ambiente desde a colheita ou que sofreram quebra da cadeia do frio no 4º dia de armazenagem apresentaram maior porcentagem do fruto com cor vermelha que os frutos dos tratamentos 1, 3, 4 e 5, que se tratam daqueles tomates submetidos ao frio logo que colhidos até o 8º dia de armazenagem e aqueles que entraram na câmara somente no 4º dia. Os frutos dos tratamentos 2, 6 e 7 tiveram colorações vermelhas equivalentes, à 5% de significância, no 8º dia de armazenagem.

Estes resultados concordam com os encontrados na Tabela 34 para a cor verde, levando a afirmar que, no 8º dia de armazenagem, o fator que exerceu maior influência na mudança de coloração dos tomates, ou seja, em sua velocidade de amadurecimento, não se tratou do atraso em se submeter o produto ao frio (como no caso do tratamento 5), mas sim da quebra da cadeia do frio, quando o produto já se encontrava em estádios de maturidade "mais avançados".

Tabela 36 – Cor verde dos tomates, segundo a análise sensorial, no 13º dia de armazenagem

Tratamentos	Cor verde
1	3,6 a
5	1,3 ab
7	1,1 ab
4	0,9 ab
3	0,7 ab
2	0,5 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os resultados obtidos no 13º dia de armazenagem, observados na Tabela 36, mostram que os tomates submetidos à quebra da cadeia do frio após o 4º dia de armazenagem (tratamento 2) possuíam cor verde menos acentuada que aqueles mantidos a 14°C desde a colheita (tratamento 1). Não foi verificada qualquer diferença significativa na cor verde entre este último e os tratamentos 3, 4, 5 e 7, assim como entre estes e o tratamento 2.

Tabela 37 – Cor vermelha dos tomates, segundo a análise sensorial, no 13º dia de armazenagem

Tratamentos	Cor vermelha
2	7,6 a
3	7,2 a
7	6,4 a
4	5,9 a
5	5,5 a
1	4,5 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Também não se observou qualquer diferença, a 5% de significância, na cor vermelha dos tomates no 13º dia de armazenagem, como se pode observar na Tabela 37.

5.3.2.3. Análise sensorial da firmeza

Analisando-se o gráfico da firmeza dos tomates, Figura 38, segundo a análise sensorial, percebe-se que os tratamentos que em geral mantiveram um valor de firmeza relativamente mais elevado ao longo de todo o experimento, foram o 1 e 5. Pode-se perceber que as curvas dos tratamentos acompanham a curva referente ao tratamento 6, submetido somente à temperatura ambiente, ou a curva correspondente ao tratamento 1, em que o produto foi mantido sempre sob refrigeração, dependendo da temperatura a que o tomate está submetido em determinado dia de armazenagem. Desta forma, percebe-se que os frutos dos tratamentos 2, 3 e 4 apresentam uma queda da firmeza a partir do 4, 8 e 12º dia de armazenagem, respectivamente, ou seja, quando há quebra da cadeia do frio. A curva obtida para o tratamento 7 mostra que enquanto o produto é mantido dentro da câmara o valor da firmeza é relativamente alto, caindo bruscamente quando se retira o produto da mesma, para novamente crescer quando recolocado sob refrigeração. Entretanto, como observado para a coloração, a firmeza dos tomates do tratamento 7 não é completamente "recuperada" quando o produto volta à câmara, o que pode ser notado pelos resultados inferiores àqueles dos tratamentos 1 ou 5. É importante dizer aqui, que o termo "recuperação" ou "aumento" da firmeza não corresponde a um mesmo fruto que teve seus valores de firmeza decrescentes e depois crescentes ao longo da armazenagem. Na verdade, esses resultados representam uma média geral para todos os frutos submetidos um a determinado tratamento, mostrando que uma parte dos tomates estavam moles quando submetidos à temperatura ambiente e outra parte mais firme no momento que voltaram à câmara fria, até mesmo porque os frutos usados na análise sensorial são descartados logo após cada avaliação. Pelas curvas de firmeza, percebe-se que quanto mais cedo se retira o produto da câmara, mais rápido ocorre o decréscimo deste valor.

Analisando-se os gráficos que correlacionam as notas para cores verde e vermelha com a firmeza obtidas na análise sensorial, Figuras 39 e 40, pode-se afirmar que existe uma relação inversa à mudança de coloração que ocorre durante o amadurecimento. Quanto mais vermelho torna-se o produto, e portanto, com menores traços de coloração verde,

menos firme ele se encontra. RESURRECCION & SHEWFELT (1985) também observaram que a percepção sensorial da cor vermelha dos tomates é inversamente correlacionada com a firmeza medida no penetrômetro.

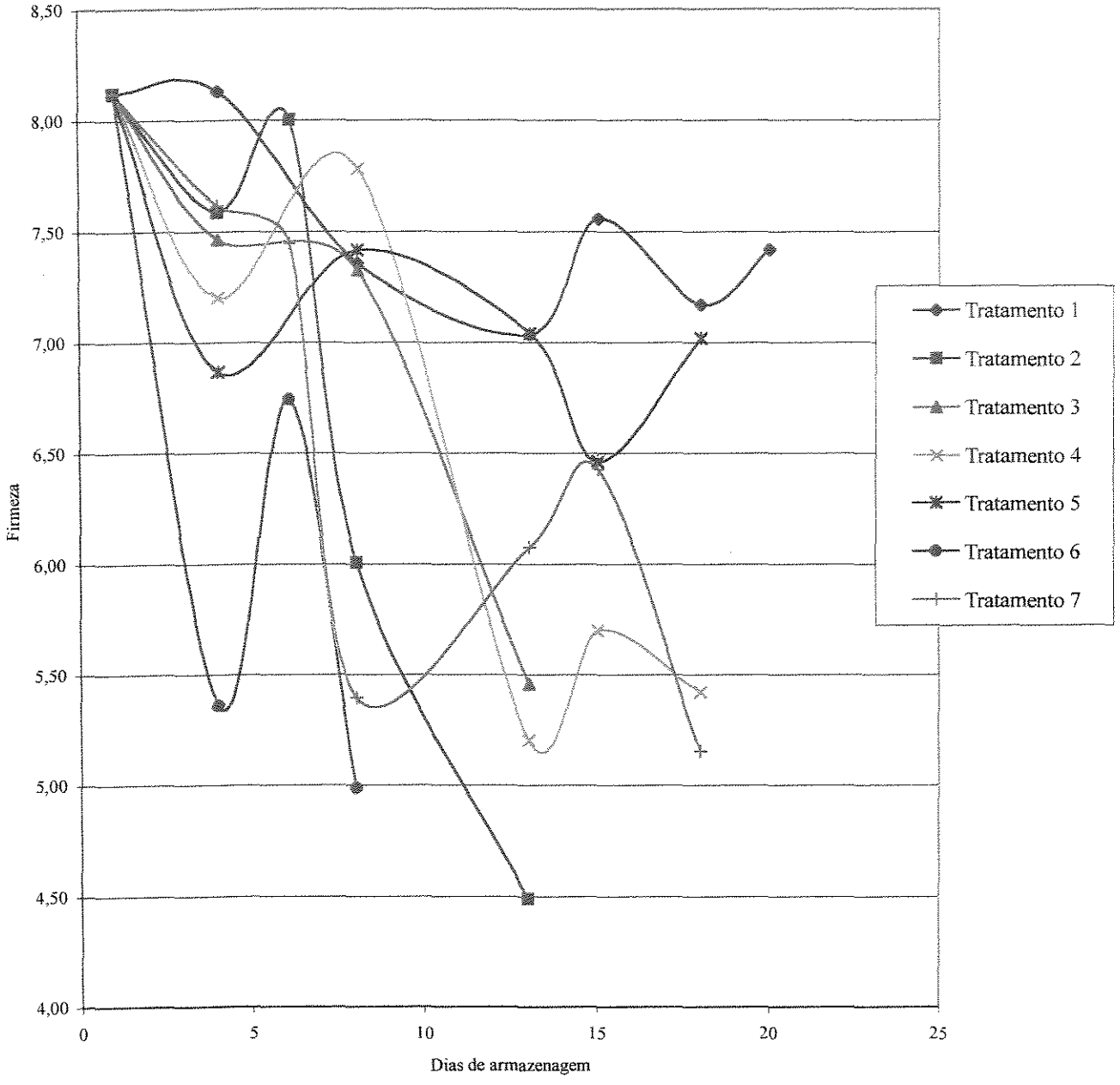

Figura 38 – Variação da firmeza dos tomates segundo a análise sensorial

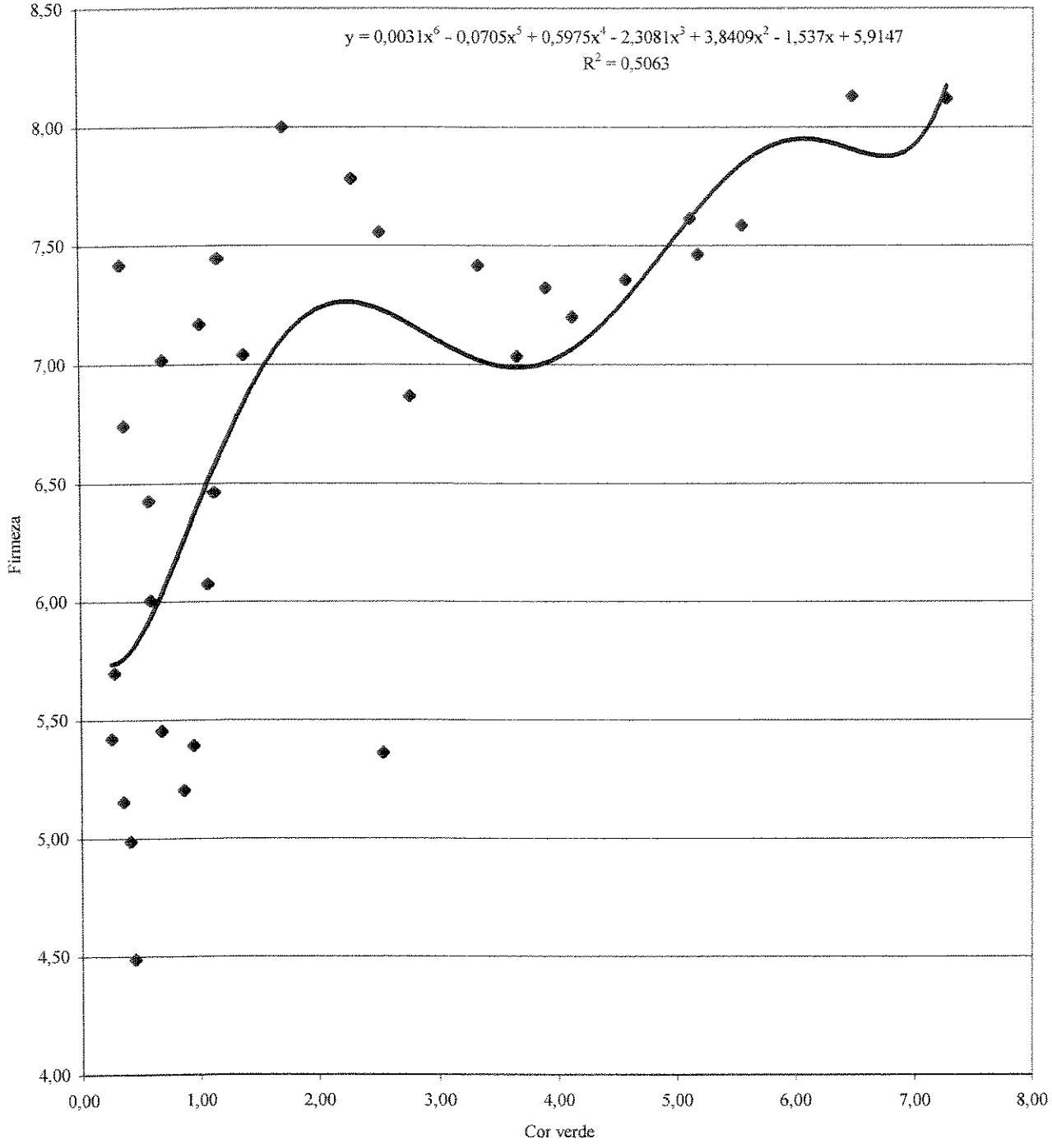

Figura 39 – Relação entre a cor verde e a firmeza dos tomates ao longo da armazenagem

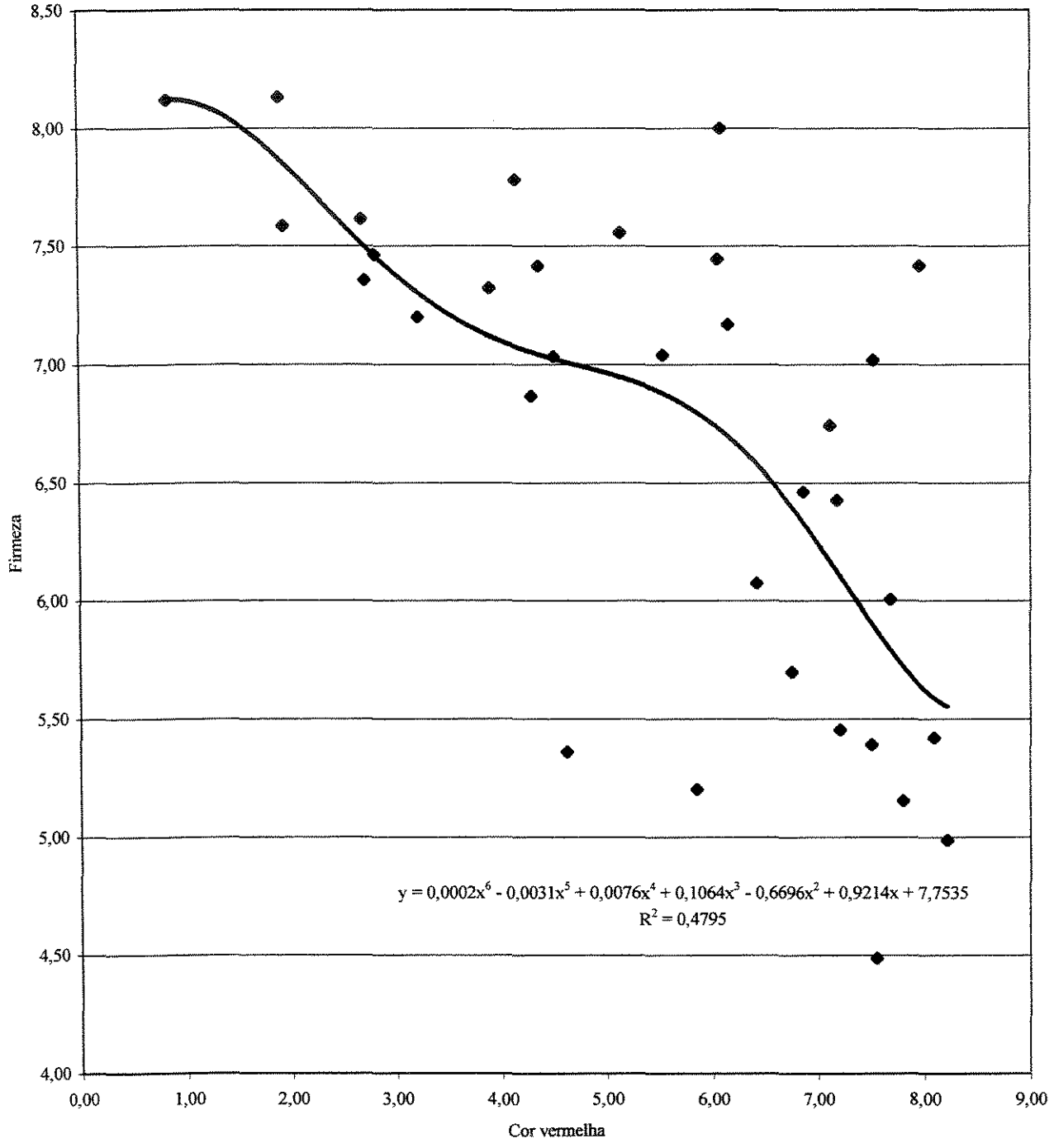

Figura 40 – Relação entre a cor vermelha e a firmeza dos tomates ao longo da armazenagem

Tabela 38 – Firmeza dos tomates, segundo a análise sensorial, no 8º dia de armazenagem

Tratamentos	Firmeza
4	7,8 a
5	7,4 ab
1	7,4 ab
3	7,3 ab
2	6,0 ab
7	5,4 ab
6	5,0 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os resultados mostrados na Tabela 38 permitem dizer que no 8º dia de armazenagem os tomates do tratamento 4, ou seja, que estavam mantidos a 14°C dentro da câmara desde a colheita (pois passariam à temperatura ambiente apenas no 12º dia de armazenagem) possuíam maior firmeza que aqueles do tratamento 6, isto é, tomates que foram armazenados à temperatura ambiente ao longo de todo o experimento. Não foi verificada diferença significativa entre a firmeza dos tomates dos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e entre aqueles dos tratamentos 1, 2, 3, 5, 6 e 7 no 8º dia de armazenagem.

Tabela 39 – Firmeza dos tomates, segundo a análise sensorial, no 13º dia de armazenagem

Tratamentos	Firmeza
5	7,0 a
1	7,0 a
7	6,1 a
3	5,5 a
4	5,2 a
2	4,5 a

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Pode-se perceber que, para o no 13º dia de armazenagem, não existiram diferenças significativas na firmeza dos tomates de todos os tratamentos mostrados na Tabela 39.

5.3.2.4. Aceitação global das aparências externa e interna

Quanto às aparências externa e interna, Figuras 41 a 44, é importante ressaltar que estes parâmetros são significativamente influenciados pela preferência pessoal do provador, em função da coloração do produto, que pode preferir tomates mais verdes ou mais vermelhos, assim como pela presença de injúrias, provocadas ou por insetos ou devido a efeitos mecânicos (conforme observado no experimento 1). Esta é a razão das curvas de aceitação global apresentarem tantas oscilações. No entanto, é possível perceber na Figura 41 a tendência dos tomates que são mantidos por um maior período à temperatura ambiente, apresentarem quedas mais rápidas nas notas de aparência na preferência dos provadores. Pelo gráfico da aparência externa, nota-se que apenas os tratamentos 1 e 5 conseguiram notas superiores a "7,00" ao final da armazenagem, isto é, retornando quase que ao mesmo valor de aparência externa que obtiveram no dia de sua colheita.

Outro fator que influenciou significativamente a nota atribuída pelos provadores ao item "aparência externa" foi a presença de injúrias mecânicas nos tomates. Segundo as fichas dos provadores, foram identificados frutos com "machucados, amassados e cortes", provocados, provavelmente, pela embalagem de papelão utilizada no transporte, visto que foram escolhidos apenas frutos colhidos isentos de qualquer injúria para serem usados nos testes.

Nos três experimentos realizados nesta pesquisa foram observados alguns frutos com incidência de insetos, oriundos do campo, que provocavam um pequeno furo no fruto e uma mancha escura em seu interior (possivelmente, *Neoleucinodes elegantalis*). Este fator teve influência, em maior ou menor grau, nas notas atribuídas às aparências internas e externas da análise sensorial. A única diferença observada entre os três experimentos, foi que neste último as lagartas encontradas pelos provadores parecem não ter avançado até o centro do fruto, prejudicando apenas sua superfície externa sem chegar a atingir o gel.

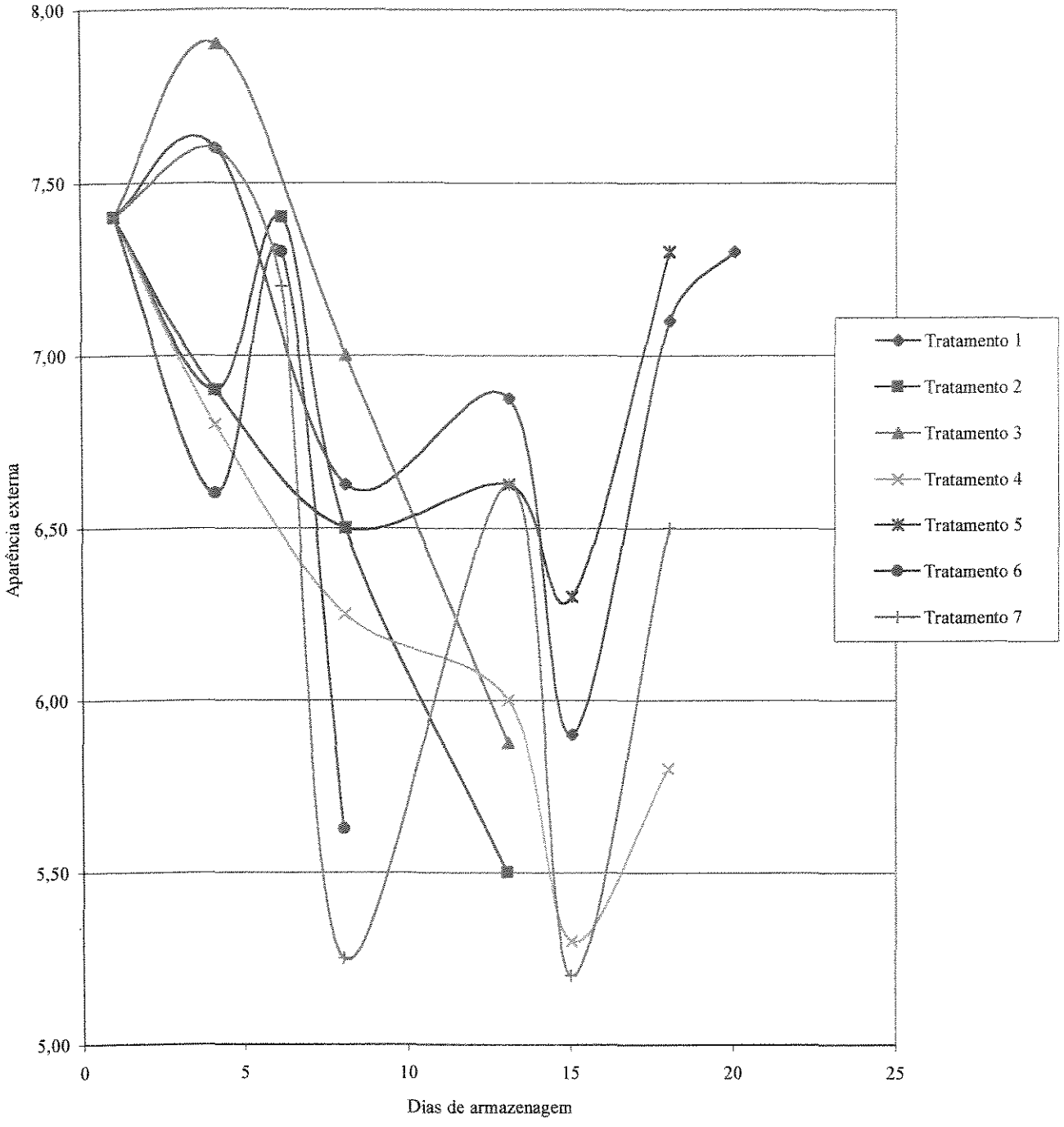

Figura 41 – Aparência externa dos tomates segundo a análise sensorial

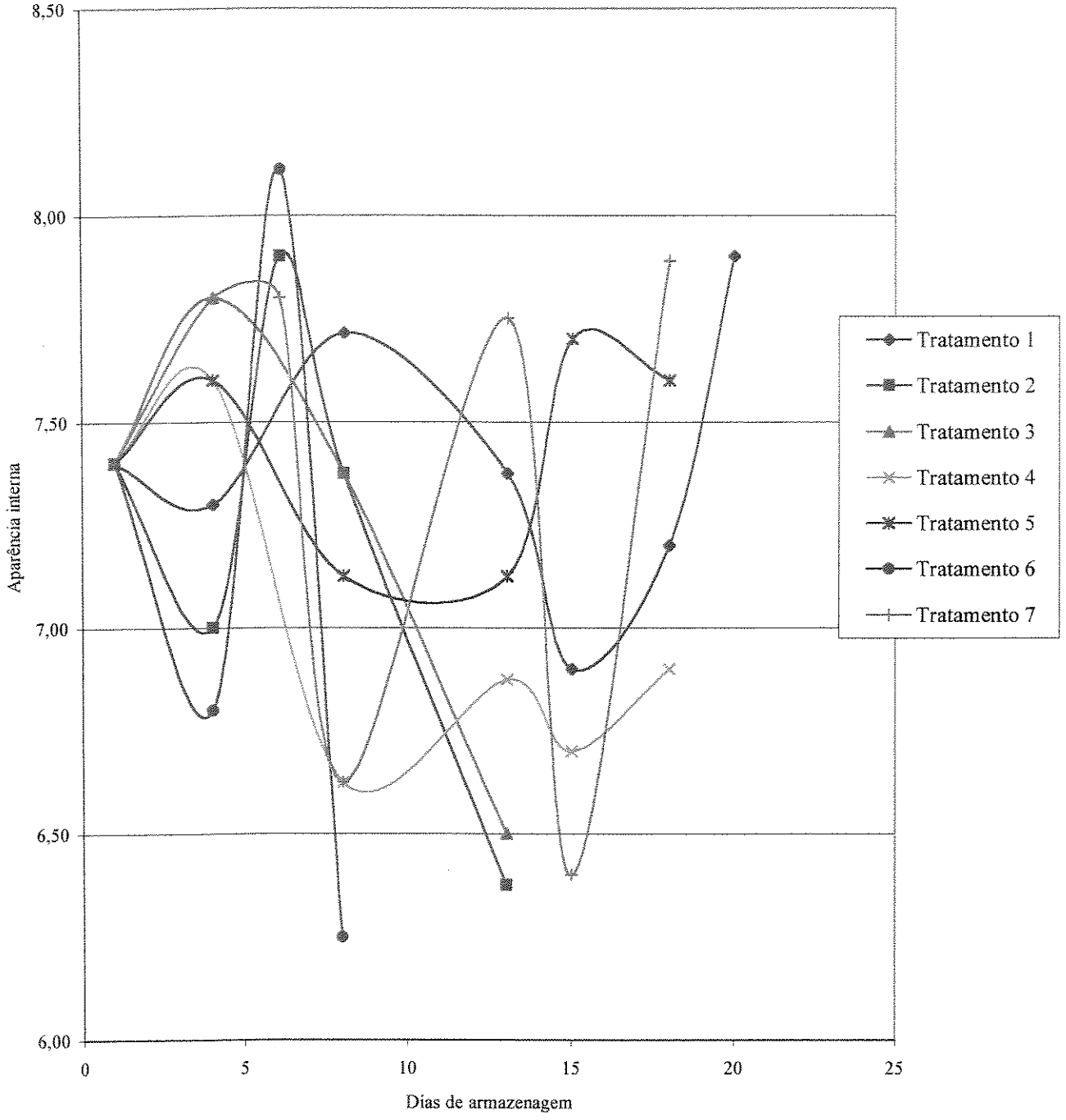

Figura 42 – Aparência interna dos tomates segundo a análise sensorial

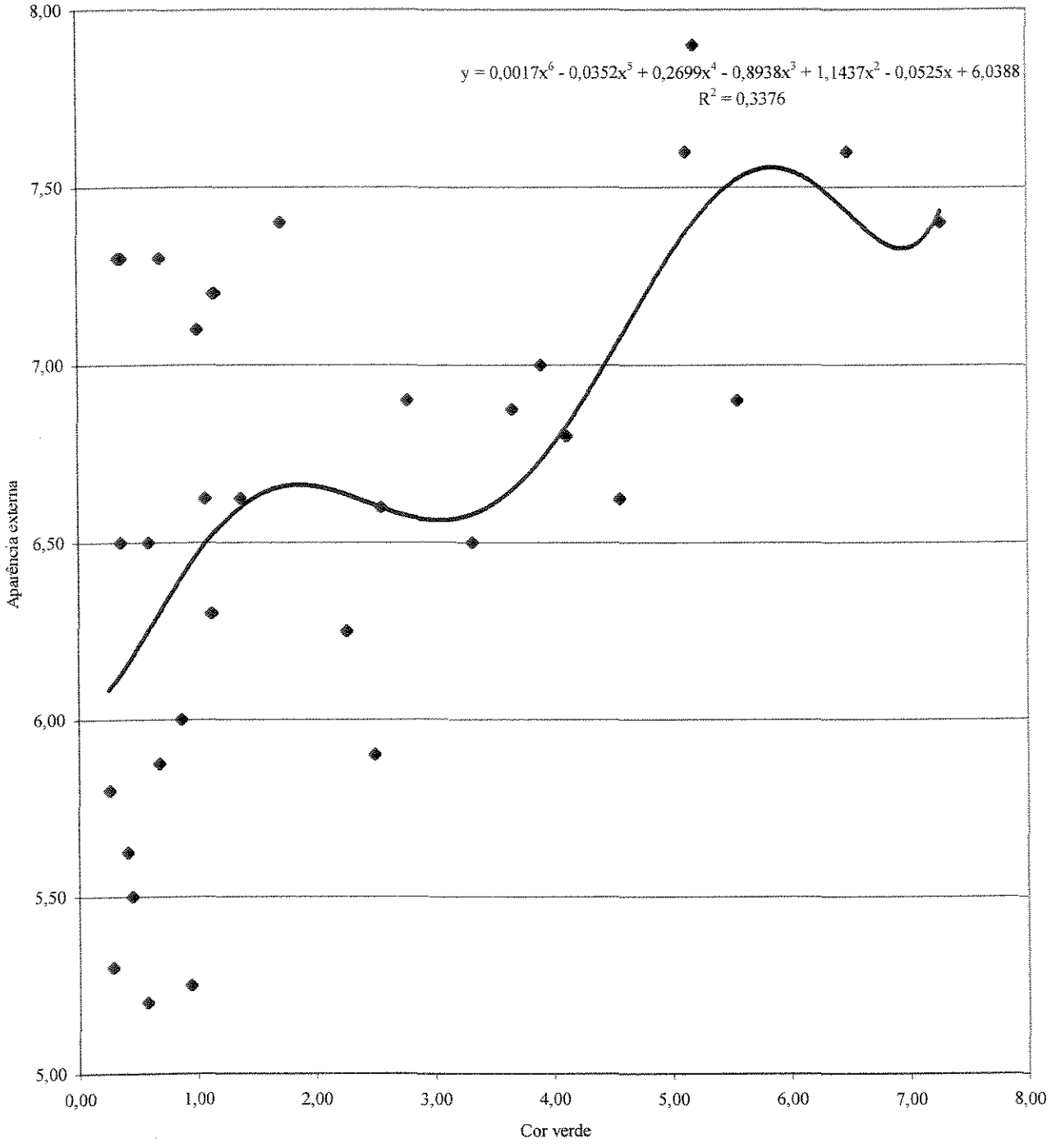

Figura 43 – Relação entre a cor verde e a aceitação global da aparência externa dos tomates ao longo da armazenagem

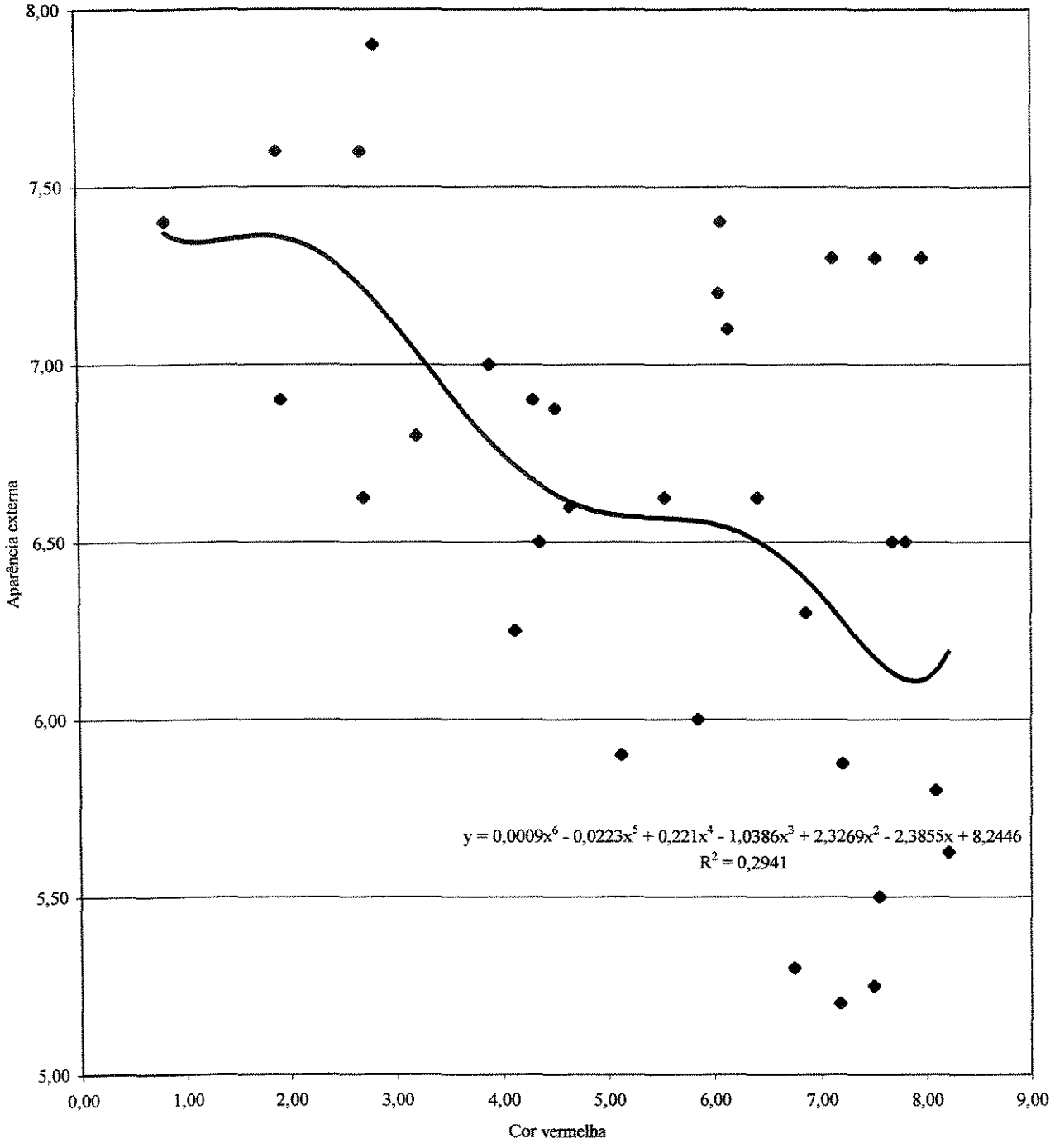

Figura 44 – Relação entre a cor vermelha e a aceitação global da aparência externa dos tomates ao longo da armazenagem

Não foram observadas diferenças significativas na análise estatística das aparências externa e interna de todos os tratamentos, para o 8º e 13º dias de armazenagem.

5.3.2.5. Aceitação global do sabor e análise da relação brix/acidez

O sabor é outro parâmetro fortemente influenciado pela preferência do provador. Como se trata de pessoas não treinadas, as notas são dadas de acordo com o que preferem, o que está diretamente relacionado com a coloração. Isto significa que a nota atribuída ao sabor do fruto está ligada à sua coloração ou ao seu estádio de amadurecimento, como no caso da aceitação global. Analisando-se o gráfico de sabor, Figura 45, pode-se perceber que a maioria dos provadores preferem o sabor dos tomates mais maduros, identificado pela elevação das curvas à medida que o tomate amadurece. Também se observa que, prosseguindo-se com o amadurecimento, isto é, nos estádios em que o tomate já está completamente vermelho e começa a ficar com uma textura de "amolecido", as notas de sabor começam a cair no gráfico. Novamente, apenas os tratamentos 1 e 5 apresentaram valor de sabor no final de sua armazenagem bastante superior ao valor obtido no dia da colheita. O comportamento das curvas dos tratamentos no gráfico da relação brix/acidez (Figura 46) se aproxima do gráfico obtido para o sabor segundo a preferência dos provadores. Pelo gráfico da relação brix/acidez observa-se que o pico destes valores ocorreu em períodos diferentes da armazenagem para os distintos tratamentos. Quanto mais tempo o produto ficou submetido à refrigeração mais tardio foi o pico daquela relação devido a um amadurecimento mais lento.

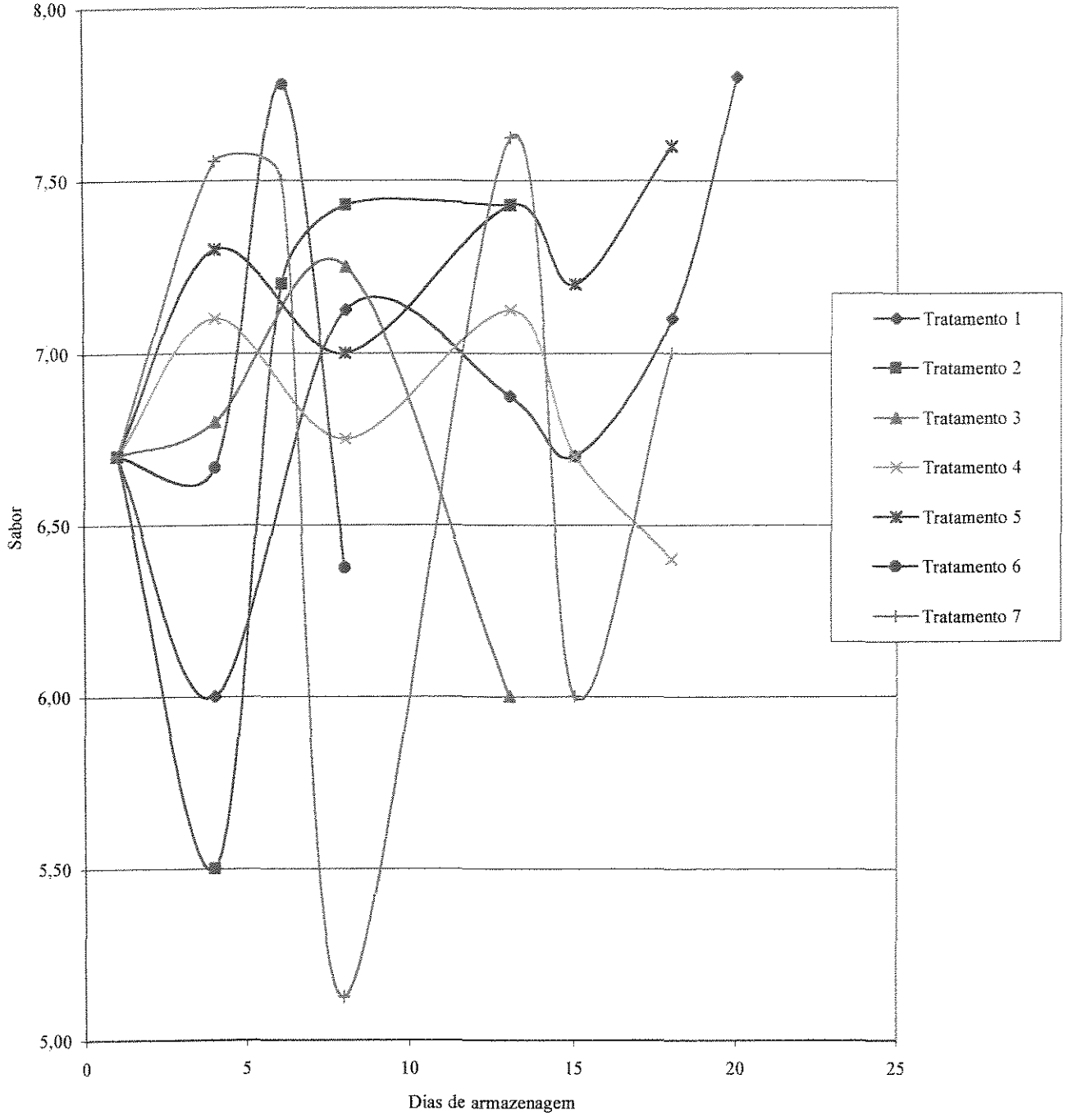

Figura 45 – Sabor dos tomates segundo a análise sensorial

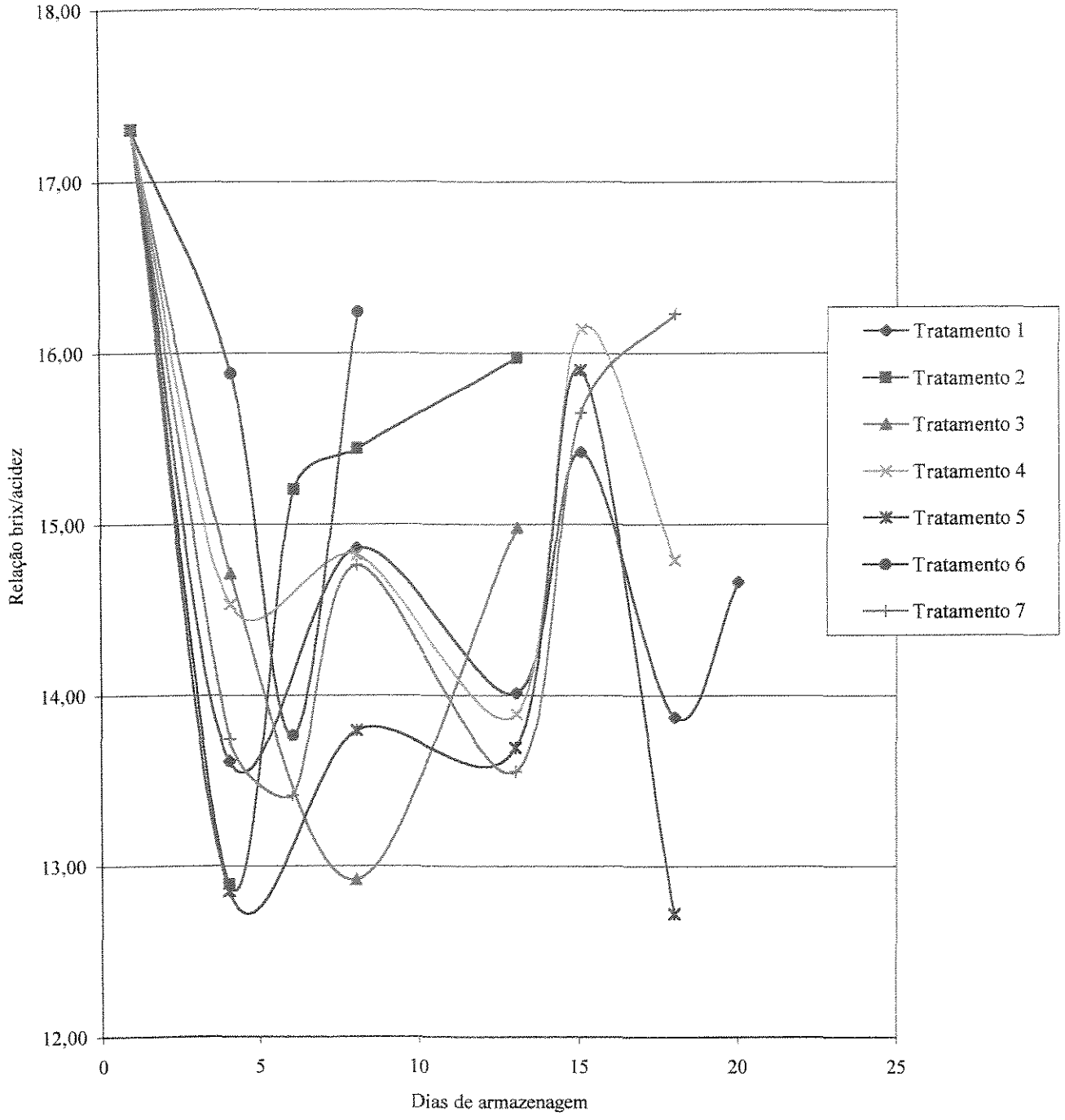

Figura 46 – Relação brix/acidez dos tomates

5.3.2.6. Análise do pH, acidez titulável e do sabor ácido identificado pelos provadores

Relacionando-se os gráficos de pH, acidez titulável e da análise sensorial para o sabor ácido percebe-se que, em geral, a acidez sofre um pequeno aumento logo após a colheita (Figura 48), e conseqüentemente um decréscimo do pH (Figura 47), e à medida que o tempo de armazenagem se estende, o sabor ácido tende a decrescer (Figura 49). Estes dados concordam com aqueles encontrados por REINA (1990), que também observou que o valor da acidez diminui e o do pH aumenta progressivamente ao longo do amadurecimento. Não se conseguiu estabelecer uma relação entre a acidez titulável e o sabor ácido identificado pelos provadores (Figura 50), assim como ocorreu no trabalho de RESURRECCION & SHEWFELT (1985), que também não conseguiram correlacionar os fatores. O gráfico do pH x sabor ácido na Figura 51 apesar de mostrar uma tendência de que quanto maior o valor do pH menor é o sabor ácido do tomate, não apresentou também uma forte correlação (lembrando que quanto mais próximo R^2 estiver de 1, mais forte será a relação entre os parâmetros avaliados).

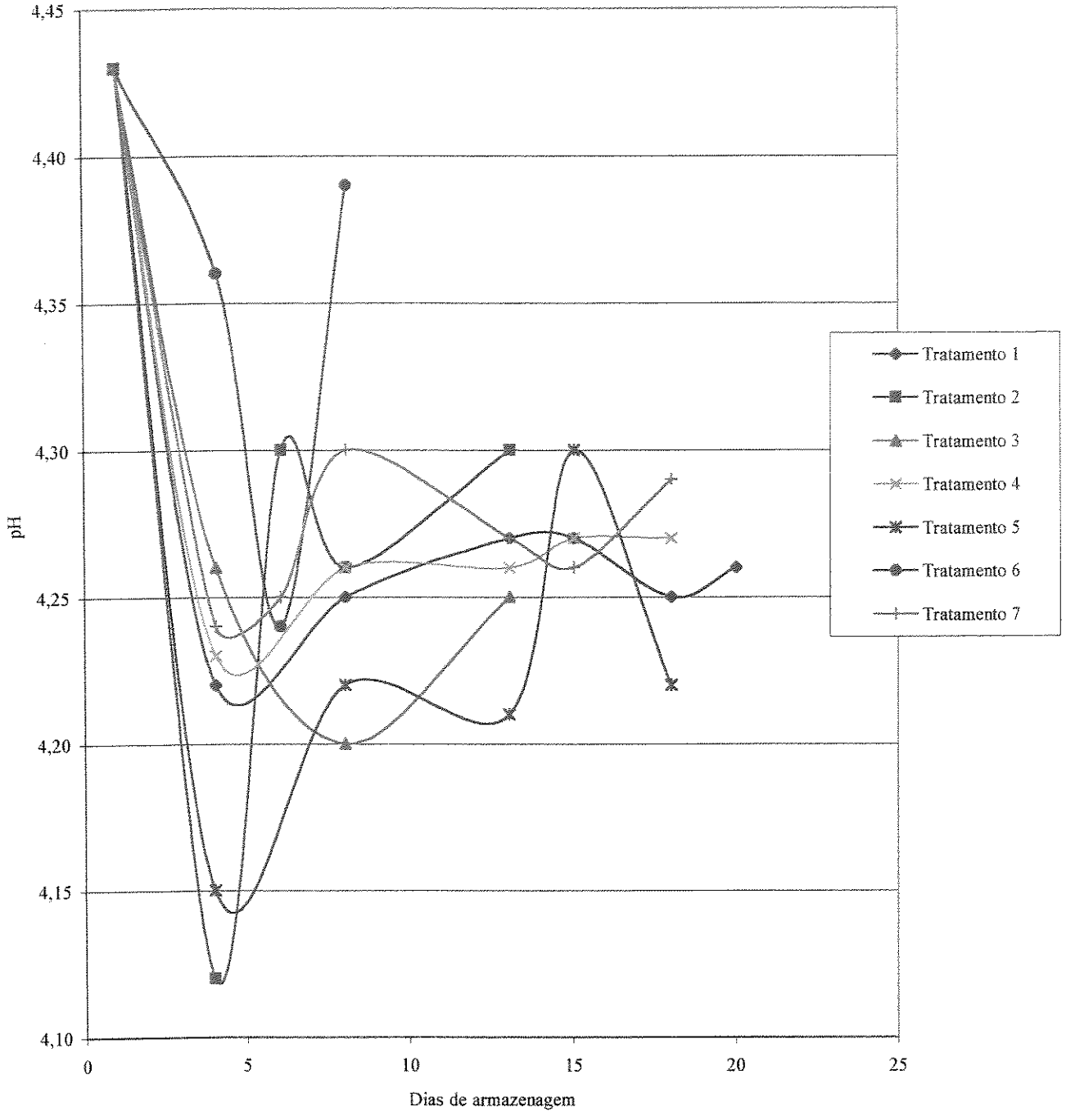

Figura 47 – Variação do pH dos tomates

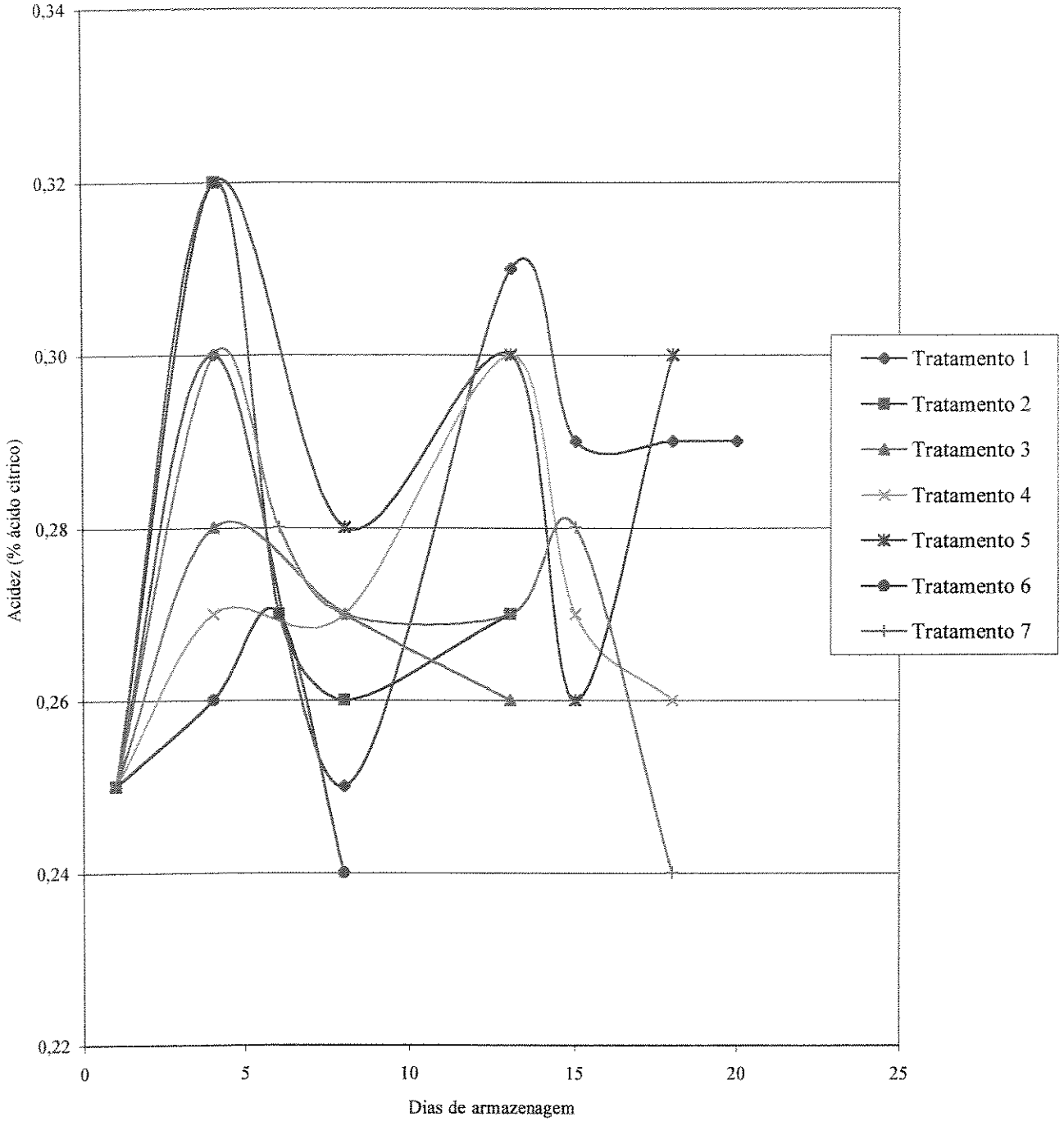

Figura 48 – Variação da acidez dos tomates

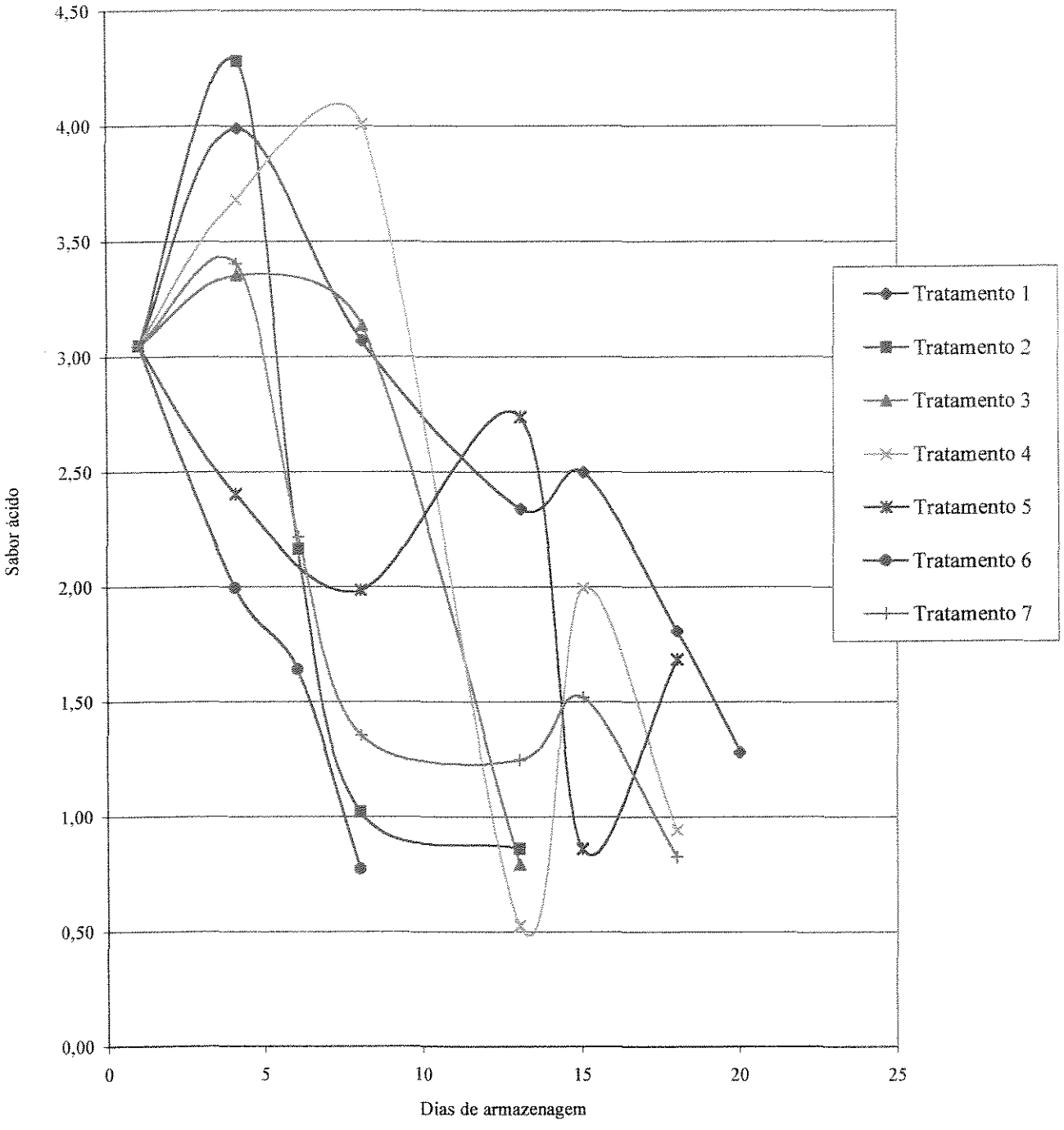

Figura 49 – Sabor ácido dos tomates segundo a análise sensorial

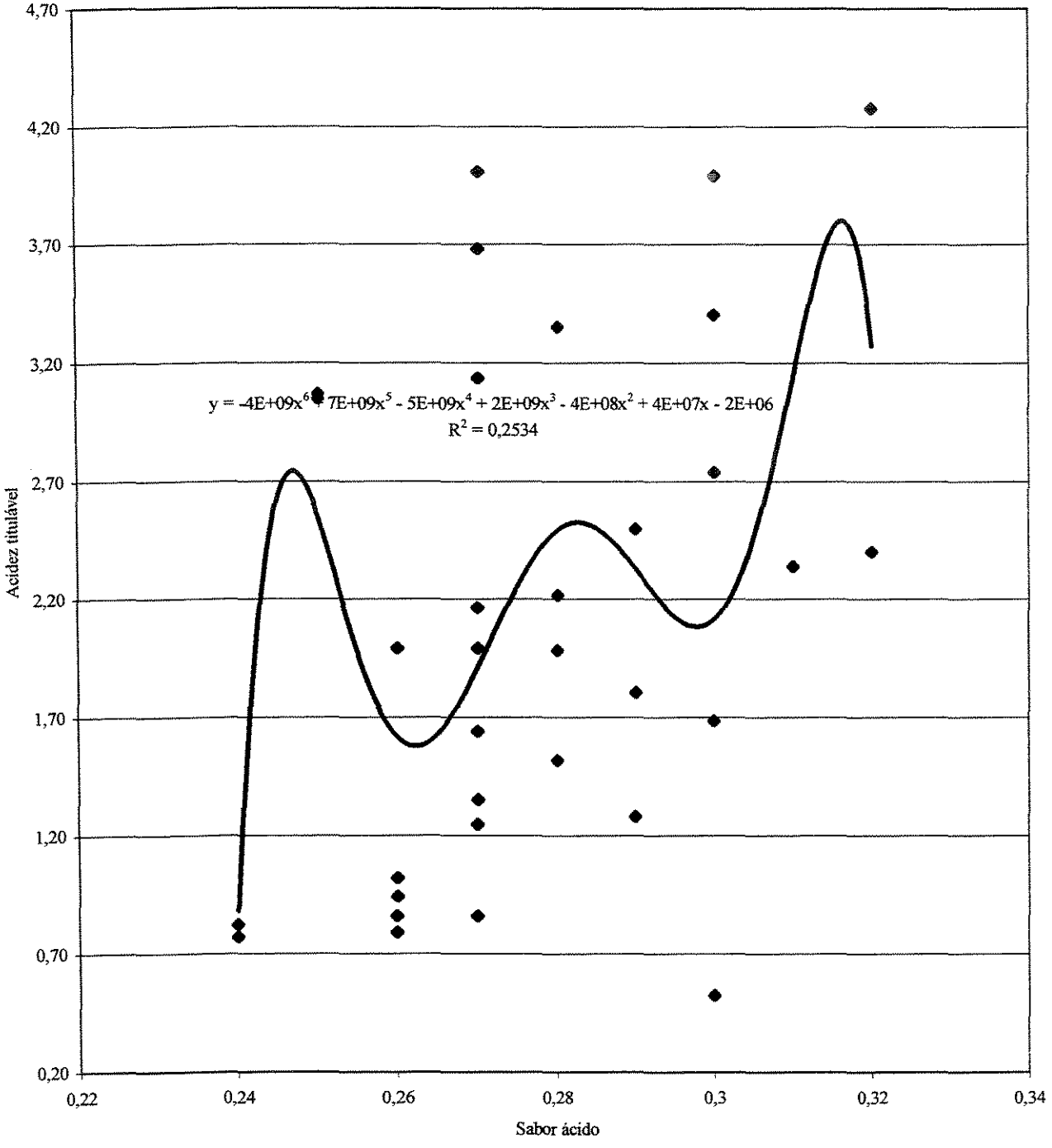

Figura 50 – Relação entre a acidez titulável e o sabor ácido dos tomates ao longo da armazenagem

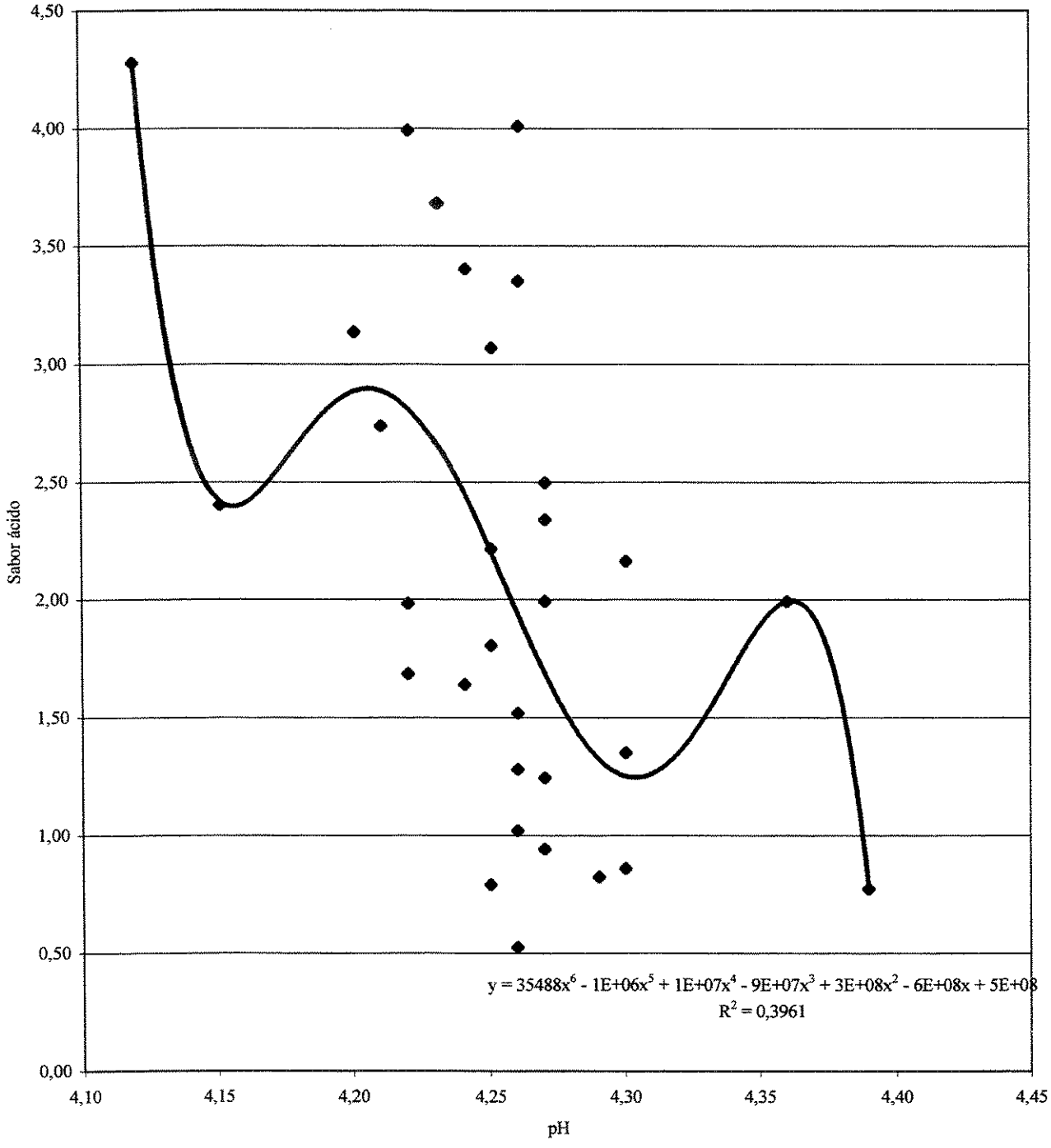

Figura 51 – Relação entre o pH e o sabor ácido dos tomates ao longo da armazenagem

Tabela 40 – Análise sensorial do sabor ácido dos tomates no 8º dia de armazenagem

Tratamentos	Sabor ácido
4	4,0 a
3	3,1 ab
1	3,1 ab
5	2,0 ab
7	1,4 ab
2	1,0 b
6	0,8 b

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

Os valores da Tabela 40 mostram que, no 8º dia de armazenagem, os tomates que ficaram sempre armazenados à temperatura ambiente (tratamento 6) e aqueles submetidos à quebra da cadeia do frio (tratamento 2) apresentaram sabor ácido menos expressivo que aqueles armazenados a 14°C desde a colheita (tratamento 4).

5.3.2.7. Análise do brix e do sabor doce identificado pelos provadores

Embora as curvas obtidas pela análise sensorial para o sabor doce (Figura 53) não se aproximem muito daquelas encontradas na análise química do brix (Figura 52), pode-se perceber uma pequena semelhança entre elas observando-se que em ambos os gráficos os valores são crescentes com os dias de armazenagem até atingir um valor máximo para depois começar a cair, concordando com os resultados de CHOMCHALOW (1991). De acordo com a correlação obtida neste estudo mostrada na Figura 54, percebe-se que, assim como o trabalho de RESURRECCION & SHEWFELT (1985), não se conseguiu estabelecer uma correlação forte entre as medidas de sólidos solúveis totais e as notas atribuídas ao sabor doce do tomate.

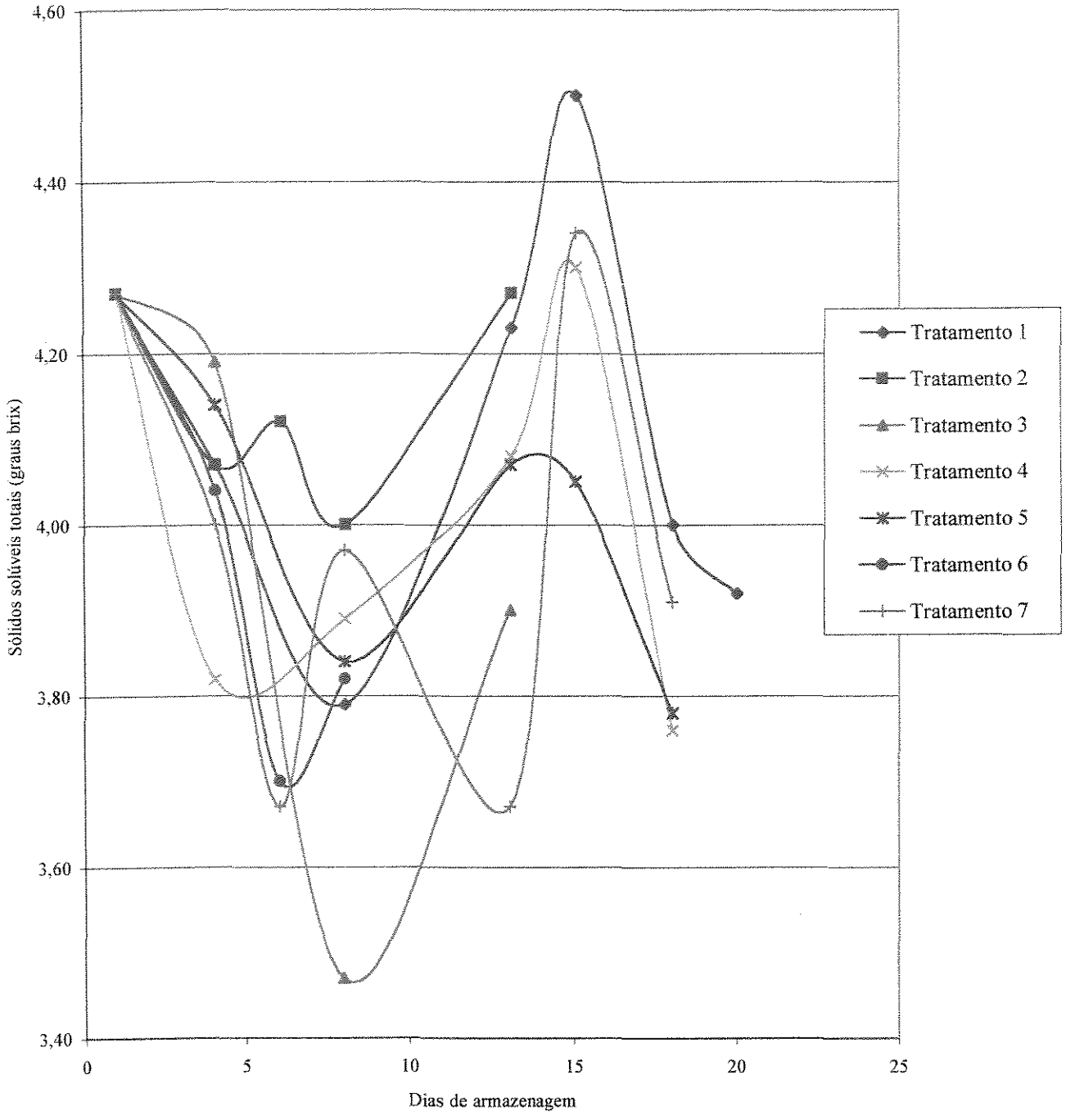

Figura 52 – Variação do brix dos tomates

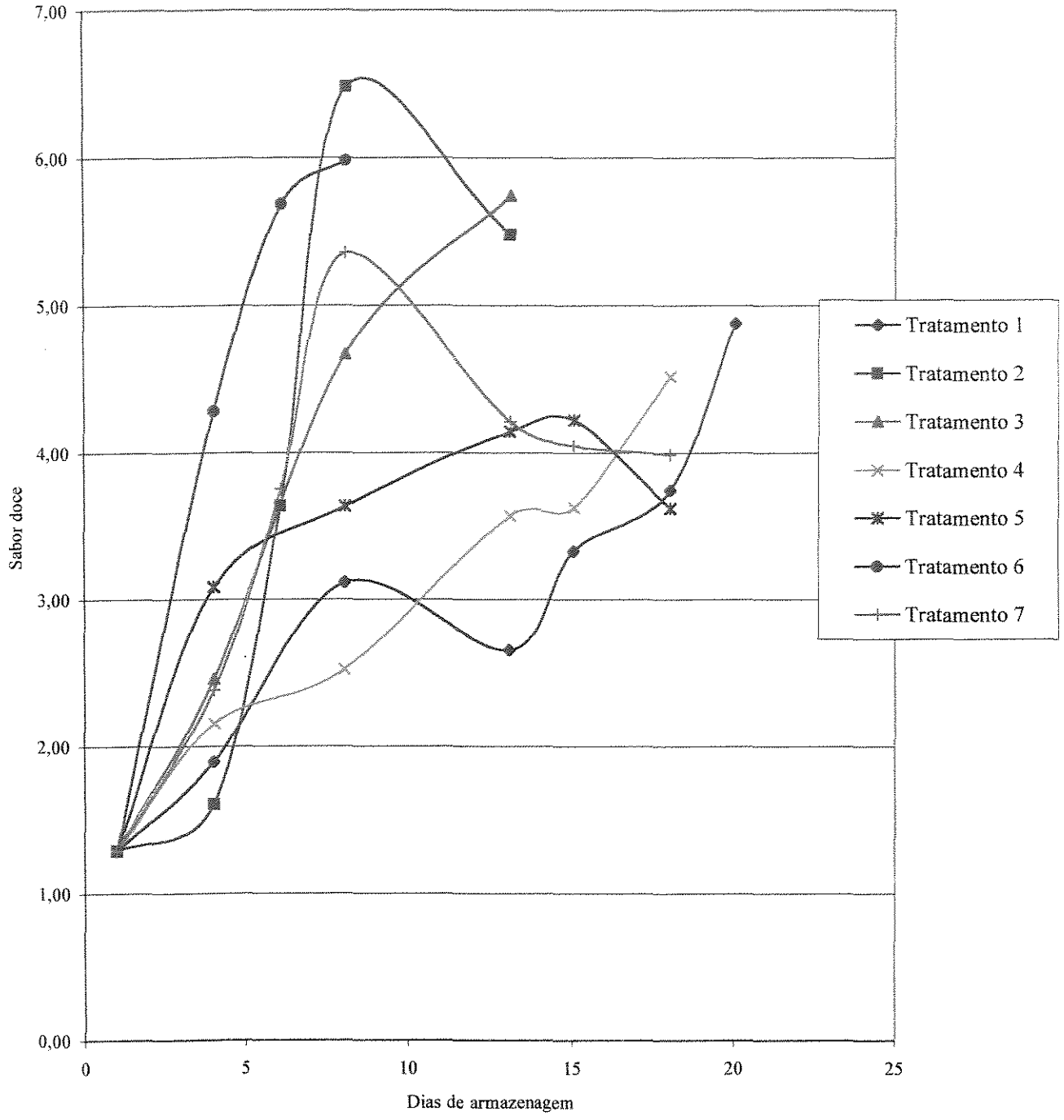

Figura 53 – Sabor doce dos tomates segundo a análise sensorial

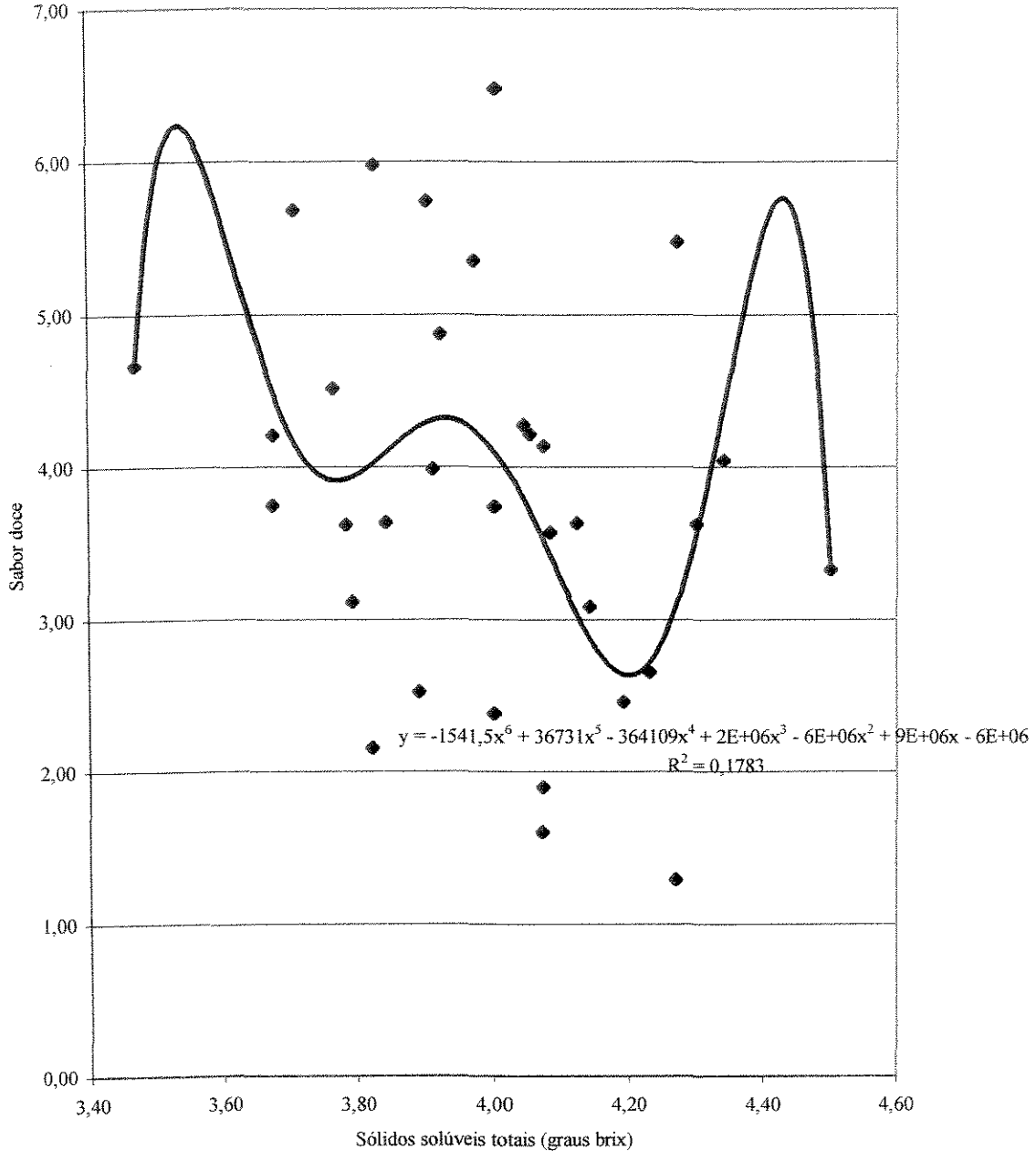

Figura 54 – Relação entre os sólidos solúveis totais e o sabor doce dos tomates ao longo da armazenagem

Tabela 41 – Análise sensorial do sabor doce dos tomates no 8º dia de armazenagem

Tratamentos	Sabor doce
2	6,5 a
6	6,0 ab
7	5,4 abc
3	4,7 abcd
5	3,6 bcd
1	3,1 cd
4	2,5 d

Letras iguais se referem a tratamentos sem diferenças significativas entre si e letras diferentes correspondem a tratamentos com diferenças a 5% de significância.

A Tabela 41 permite afirmar que, no 8º dia de armazenagem, os tomates submetidos à quebra da cadeia do frio (tratamento 2) apresentavam sabor doce mais evidenciado que aqueles submetidos a 14°C desde a colheita (tratamentos 1 e 4) e que aqueles que sofreram um atraso de 4 dias após a colheita até serem então resfriados (tratamento 5). De acordo com as Tabelas 40 e 41, percebe-se que, de modo geral, tomates mais ácidos apresentam sabor menos doce e vice-versa.

5.3.2.8. Perda de peso

Analisando-se o gráfico da perda de peso (Figura 55), percebe-se que os tomates sofrem um aumento da perda de peso assim que são retirados da câmara e submetidos à temperatura ambiente, como se pode observar pelas curvas dos tratamentos 2, 3, 4 e 7 após o 4º, 8º, 12º e 4º dias de armazenagem, respectivamente. Sobretudo as curvas dos tratamentos 4 e 7 mostram um acentuado aumento da perda de peso quando removidos da câmara, com os frutos deste último tratamento tendendo a perder massa menos acentuadamente quando reintroduzidos na câmara. No caso do tratamento 5, até o 4º dia, período em que os tomates estavam sem refrigeração, a curva da perda de peso seguiu o mesmo comportamento daquela dos frutos mantidos à temperatura ambiente (tratamento 6). No entanto, com a introdução dos tomates do tratamento 5 na câmara fria, a perda de peso tendeu a crescer, com o tempo de armazenagem, a uma velocidade bem reduzida, chegando

a atingir valores inferiores até aos resultados dos tomates mantidos sob refrigeração durante todo o período de armazenagem (tratamento 1).

Comparando-se os resultados da perda de peso para o experimento 1 e para o experimento 3, principalmente dos tomates mantidos sob refrigeração, percebe-se que ao final da vida de prateleira dos tomates daquele experimento atingia-se uma perda de cerca de 3% enquanto que neste último chegava a mais de 5%. A maior perda de peso neste terceiro experimento poderia ser devida, possivelmente, à menor umidade relativa média da câmara fria.

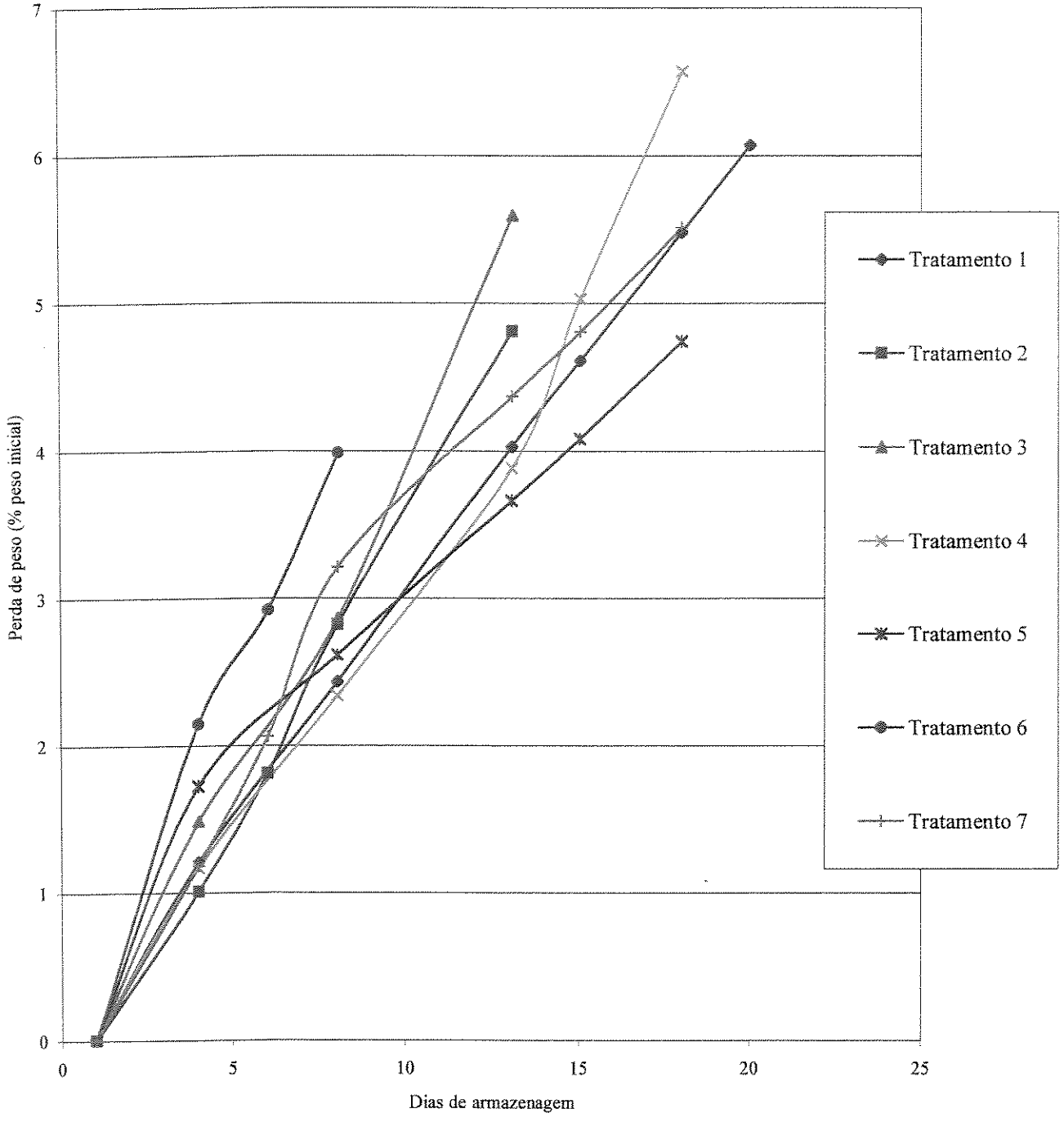

Figura 55 – Perda de peso dos tomates

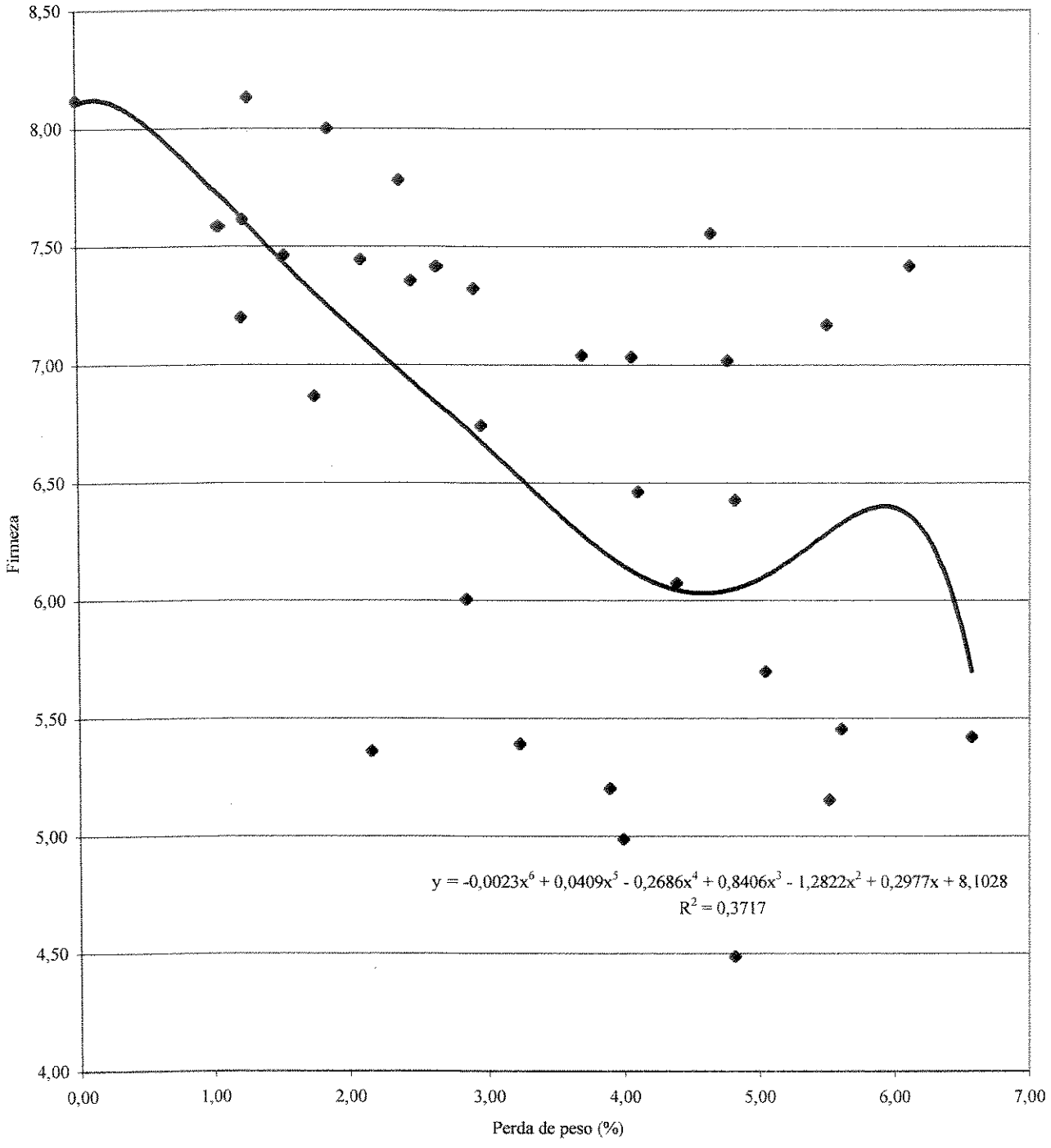

Figura 56 – Relação entre a perda de peso e a firmeza dos tomates ao longo da armazenagem

5.4. Análise simplificada de viabilidade econômica

Para complementar as discussões dos três experimentos realizados nesta pesquisa, resolveu-se incluir uma análise para estimativa do tempo de retorno do capital usado para aplicação de um tratamento pós-colheita como sugerido no trabalho. Para tal análise, avaliando-se os resultados encontrados em todos os experimentos desta pesquisa, optou-se por se considerar apenas os dados de perda de peso, do primeiro experimento, que se obteve submetendo-se o tomate variedade Santa Clara à refrigeração enquanto se manteve algumas amostras armazenadas à temperatura ambiente por 9 dias. Além desses dados, ao longo da pesquisa pôde-se perceber que outros fatores também influenciam o preço do tomate no mercado, como a presença de injúrias e incidência de podridão provocadas pela embalagem usada durante o transporte e manuseio do produto (segundo experimento). No entanto, deve-se lembrar que a presença de injúrias mecânicas constitui um fator subjetivo para o consumidor, isto é, não se pode dizer, até que nível de gravidade de uma injúria superficial (por exemplo, inferior a 10mm, de 10 a 20mm ou superior a 20mm da superfície do produto) vai se comprometer a comercialização do tomate. Esses fatores não foram levados em consideração nesta análise econômica, embora acredite-se que a perda de produto por eles imposta também seja significativa. Já no caso da perda de peso, este é um fator quantificável que permite avaliar diretamente o ganho ou perda da massa comercializada.

Assim, analisando-se os resultados para perda de peso do produto armazenado, no primeiro experimento, sob diferentes temperaturas e embalagens, observa-se que após 9 dias de armazenagem, a perda de peso das variedades foi de:

- Tomates Santa Clara – 4,16% para os mantidos à temperatura ambiente, 1,14% para aqueles a 13°C e 1,56% para os frutos a 7°C;
- Tomates Carmen – 3,06% para os frutos à temperatura ambiente, 1,09% para aqueles a 13°C e 1,58% para os frutos a 7°C.

A quantificação exata da perda de massa comercializável devido à perda de peso do produto não é facilmente obtida, uma vez que o preço do tomate (no caso, variedades Santa Clara e Carmen) é variável no mercado, oscilando entre picos e valores mínimos dependendo das safras durante o ano. Sendo assim, apenas para se ter uma idéia das perdas relacionadas às diferentes temperaturas às quais os tomates foram submetidos, considerou-

se os preços do supermercado Carrefour no dia primeiro de maio de 1999 (R$1,09/kg de tomate Santa Clara e R$1,40/kg do Carmen), obtendo-se como resultados:

- Tomates Santa Clara - R$0,05 para cada kg, portanto R$1,00 para cada caixa K de 22kg no caso dos frutos serem estocados à temperatura ambiente, R$0,01 para cada kg ou R$0,27 para cada caixa K para os frutos a temperatura de 13°C e R$0,02/kg ou R$0,37 para cada caixa K para os frutos a 7°C;
- Tomates Carmen - R$0,04 para cada kg, portanto R$0,94 para cada caixa K de 22kg no caso dos frutos serem estocados à temperatura ambiente, R$0,02 para cada kg ou R$0,34 para cada caixa K para os frutos a temperatura de 13°C e R$0,02 ou R$0,49/kg para cada caixa K para os frutos a 7°C.

Considerando-se que a câmara fria usada nos experimentos estivesse preenchida apenas com caixas telescópicas totais, distribuídas em 6 paletes de (1,20 x 1,20)m, tendo em vista as dimensões internas da câmara (2,95m x 3,93m) e 5 camadas de embalagem em cada palete, obter-se-ia uma capacidade máxima de armazenagem de 5000kg de tomate por câmara. Considerando-se também os dados de perda de peso da variedade de tomate Santa Clara, encontra-se uma perda de produto avaliada em R$227,00 para o produto armazenado à temperatura ambiente e R$62,00 para os tomates a 13°C, para a carga total que pode ser armazenada dentro da câmara. Isso representaria uma perda evitada de R$165,00 analisando-se apenas os dados da perda de peso para 9 dias de armazenagem em função da temperatura.

Através da empresa que fabricou as câmaras utilizadas nesta pesquisa, a São Rafael, pode-se estimar o custo médio para a aquisição de tal instalação mais os equipamentos, assim como o consumo de energia elétrica mensal destes últimos. Segundo a empresa, uma câmara com 33 m^3, como a utilizada nos experimentos, e com os equipamentos mostrados na Figura 8 custa em torno de R$ 17.700,00 (correspondente a US$10.202,00[2]). Fazendo-se uma análise preliminar de custo estimado para armazenar esse produto dentro da câmara frigorífica por aproximadamente 1 mês, tem-se que:

Energia elétrica: considerando-se a potência demandada pelos ventiladores do evaporador e do condensador mais a do compressor, supondo-se que o equipamento frigorífico

[2] Segundo a cotação do dia 13 de março de 2000, em que US$1,00 equivalia a R$1,735

permanece ligado durante 16 horas por dia e que o custo do kWh é cerca de R$0,08[3], obtém-se o seguinte custo elétrico:

Potência dos 4 ventiladores do evaporador: 0,616kW x 16h/dia[4] = 9,856kWh/dia

Potência do compressor e ventiladores do condensador: 1,676kW x 16h/dia = 26,816kWh/dia

Consumo elétrico mensal estimado = (9,856 + 26,816)kWh/dia x 30dias/mês = 1100,16kWh/mês

Custo = 1100,16kWh/mês x R$0,08 /kWh = R$88,00/mês

Para utilizar os dados de perda de peso para 9 dias de armazenagem do tomate, considerou-se que a carga máxima da câmara seria usada o tempo todo durante o mês, isto é, haveria cerca de 3,3 cargas/mês. Isso representaria um ganho de R$545,00 por mês. Descontando-se o custo da energia elétrica gasta no mesmo período, obtém-se um ganho líquido de R$457,00 mensais, tendo em vista apenas a perda de peso.

Considerando-se que o produtor ou atacadista tenha financiado o valor integral da câmara frigorífica a juros de 2% ao mês, com os ganhos mensais que obteria levaria 6 anos e 3 meses para pagar tal investimento (usando a capitalização composta). Supondo que a vida útil de uma câmara seja cerca de 15 anos, isso significa que o produtor ou atacadista levaria cerca de 6 anos para quitar sua dívida, podendo ainda adquirir outra câmara nos anos seguintes. Assim também como poderia ganhar lucros de R$62.700,00 nos 8 anos e 9 meses seguintes.

Deve-se frisar que a capacidade frigorífica mostrada nos cálculos está superestimada para esta câmara pois ela foi projetada para fazer o resfriamento rápido com ar forçado e não para a armazenagem. Além disso, os equipamentos das câmaras frigoríficas usados para o desenvolvimento desta pesquisa se tratam de unidades evaporadora e condensadora de grande porte, tendo em vista que as mesmas câmaras são utilizadas para a armazenagem de outros produtos hortifrutícolas, como o morango, que demandam temperaturas muito mais baixas (próximas a 0°C). Deste modo, os equipamentos necessários à armazenagem do tomate provavelmente seriam menores, o que reduziria também a potência elétrica

[3] Custo do kWh considerando escala industrial

[4] Tendo em vista que o evaporador da câmara usada nos experimentos foi programado para ligar simultaneamente com a unidade condensadora

demandada por eles, e portanto, os custos com energia elétrica consumida mensalmente. Também é importante incluir que estas câmaras frigoríficas usadas nos experimentos são câmaras muito pequenas que resultaria em mais tempo para compensar o investimento pago. Isso porque o custo por m^3 de câmara frigorífica construída decresce quanto maior for o volume desta. Além disso, deve-se expor o caráter de multifuncionalidade da câmara, que poderá ser usada não apenas para o tomate, mas como para outros produtos hortifrutícolas ao longo do ano.

Deve-se ter em mente que esses benefícios gerados vão além da conservação da massa do produto, podendo-se citar, sobretudo, o aumento da vida de prateleira e menor incidência de patógenos, conferindo ao tomate armazenado um maior potencial de comercialização. Esse fato poderia servir de trunfo para o produtor ou atacadista na hora de vender seu produto, podendo aguardar por melhores preços ou atingir mercados mais distantes, o que não seria possível se o tomate fosse armazenado à temperatura ambiente.

Além disso, vale ressaltar que os experimentos foram realizados no período do outono, inverno e primavera, onde a temperatura ambiente é menor comparada com o verão, quando os ganhos com a refrigeração poderiam ser maiores, apesar de se ter também um maior consumo de energia elétrica.

Mais uma vez, ressalva-se que a análise mostrada aqui não é completa. Vale lembrar que, de acordo com os resultados do experimento 3, de nada adianta resfriar o produto depois de colhido se houver quebra da cadeia do frio ao longo do percurso até o consumidor, seja durante o transporte, no entreposto ou supermercado. Os benefícios ganhos com o uso da refrigeração são perdidos quando ocorre quebra da cadeia do frio. Dessa maneira, o produtor ou atacadista deve sempre ter em mente que para obter lucro máximo deve-se combinar todos os fatores que afetam a conservação pós-colheita do tomate, tendo-se cuidados especiais com a classificação, a embalagem usada para conter o produto e refrigeração ao longo de toda a cadeia de comercialização.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

VI – Síntese

A pesquisa fornece fortes evidências que a temperatura de armazenagem durante o pós-colheita afeta as características do tomate de mesa como coloração, firmeza, pH, graus brix, acidez e perda de peso. Os resultados comprovam que quanto menor a temperatura maior é a vida de prateleira do fruto, exceto para níveis de temperatura que provocam a injúria do frio. A pesquisa mostrou que os tomates armazenados por 22 dias a 13°C apresentaram valores equivalentes, a 5% de significância, de coloração, firmeza e sabor que aqueles à temperatura ambiente durante apenas 9 dias.

A armazenagem de frutos verde-maduros na geladeira dos consumidores pode ser um dos fatores que mais contribuem com as reclamações dos mesmos quanto ao sabor de qualidade inferior devido aos sintomas de desenvolvimento da injúria do frio. Nesta pesquisa pôde-se perceber que além desses tomates terem sido aqueles que se mantiveram mais ácidos ao longo da armazenagem segundo os provadores, também apresentaram, como outros efeitos da injúria, maior susceptibilidade a doenças, demonstrada pela grande incidência de fungos nos frutos, quando transferidos de 7°C à temperatura ambiente; falha no processo de mudança da coloração verde para a vermelha; decréscimo da firmeza e aumento da perda de peso.

Pelo experimento 1, percebe-se que é essencial a presença de barreiras ao movimento de umidade nas embalagens quando submetidas à refrigeração. Quanto à classificação, observou-se que as caixas que apresentavam tomates não classificados, apresentaram maiores valores da relação brix/acidez e coloração mais avançada, devido ao amadurecimento mais rápido ao longo da armazenagem, visto que nas caixas que continham esse produto foram colocados alguns frutos com mais de 10% de coloração vermelha e que alguns possuíam leves injúrias mecânicas.

Os tomates da variedade Santa Clara apresentaram amadurecimento mais acelerado que aqueles da variedade Carmen, e conseqüentemente maior porcentagem de perda de peso, como se observou nos dados para 9 dias de armazenagem. No entanto, os tomates longa-vida foram os mais afetados pela injúria do frio, com incidência de podridão observada em aproximadamente 80% desses frutos, um dia após terem sido removidos da câmara fria.

Embora a classificação e as embalagens tenham influenciado algumas características isoladas dos tomates, estes fatores parecem afetar a conservação das características de fruto recém-colhido mais expressivamente durante os processos de manuseio e transporte na pós-colheita, que na armazenagem.

Pelos resultados obtidos e análises visuais efetuadas pôde-se observar que as caixas plásticas provocam injúrias em sua maior parte na forma de abrasões e cortes enquanto que as de papelão ondulado causam fortes amassados devido a sua superfície mais lisa e plana. Os frutos com os maiores ferimentos foram aqueles que se encontravam na base e laterais por sofrerem maior carga de compressão.

Embora não se tenha verificado diferenças significativas entre os tipos de embalagens para a maioria dos itens analisados no experimento 2, a caixa de papelão de menor porte se mostrou a que gerou menores valores para a porcentagem total de frutos injuriados, indicando maior proteção aos tomates durante o transporte e manuseio devido provavelmente à sua capacidade de carga inferior.

Quanto à caixa K em específico, suas lâminas de madeira ásperas, nós e pregos foram os fatores de maior influência na formação de injúrias graves nos tomates, principalmente naqueles que se acomodavam no espaço entre as ripas.

Com relação aos resultados da quebra da cadeia do frio, observa-se que para os tomates submetidos à refrigeração imediatamente após a colheita, quanto mais cedo estes foram retirados da câmara fria, isto é, em estádios de amadurecimento menos avançados, mais rápido ocorreu seu amadurecimento e conseqüente, podridão. Observou-se que os tomates que sofreram quebra da cadeia do frio apresentaram coloração amarelada, relacionada ao possível amadurecimento incompleto, aliada à perda de firmeza, e incidência de fungos favorecida pela condensação do vapor d'água na superfície associada ao aumento da temperatura, que acelerou a atividade dos fungos levando à deterioração do produto.

Os tomates que sofreram quebra da cadeia do frio, mas foram reintroduzidos depois na câmara fria, tiveram amadurecimento acelerado, não sendo possível recuperar as características de coloração e firmeza que teriam sido adquiridas caso o produto fosse mantido sob refrigeração ao longo de toda armazenagem.

Pelos resultados é possível se dizer também que, o tomate não constitui um produto onde o resfriamento rápido é imprescindível para sua conservação, pelo menos no estádio de maturidade em que foi colhido para ser usado no experimento (verde-maduro), tendo em vista que o atraso de 4 dias em se submeter o produto à refrigeração, não comprometeu de forma significativa sua qualidade como produto fresco.

VII – Conclusão

Os resultados dos três experimentos realizados permitem concluir que para se reduzir as perdas de tomate, aumentar o período de conservação do produto, garantindo que o consumidor tenha um tomate com características de sabor, firmeza e massa mais próximas daquelas observadas no momento em que foi colhido no campo, é essencial:

- classificar o produto desde a colheita;
- manuseio e transporte em embalagens adequadas (como aquelas de papelão ondulado);
- armazená-lo sob refrigeração a temperaturas apropriadas (como 13 a 14°C para tomates verde-maduros);
- manter o tomate refrigerado ao longo de toda a cadeia de comercialização.

VIII – Sugestões para Trabalhos Futuros

Tendo em vista os fatores analisados, assim como as conclusões obtidas nesta pesquisa, são citadas aqui algumas sugestões para trabalhos futuros na área de tecnologia pós-colheita de tomates:

- Estudo da armazenagem do tomate a uma temperatura de aproximadamente 14°C variando o ponto de maturação do produto colhido. Nesta pesquisa, poderá ser verificado o modo como a coloração, firmeza, sabor e perda de peso são influenciados pelo estádio de maturidade do tomate no momento da colheita;
- Estimativa da porcentagem de perdas do produto em diferentes pontos da cadeia de produção e comercialização. Poderia se verificar a porcentagem de tomate perdida no campo, por exemplo, estimando a quantidade de fruto deixada na planta no momento da colheita, o número de frutos colhidos já em condições impróprias ao consumo, aqueles que caem no chão na propriedade e ali são deixados, os frutos que sofreram ataque de pássaros, insetos ou doenças, dentre outros aspectos. No caso da comercialização, poderia se analisar as perdas de tomate durante o manuseio, embalagem e transporte do produto até o mercado (atacado ou varejo), procurando contabilizar o número de frutos contendo injúrias mecânicas, incidência de fungos e bactérias, amolecidos ou com podridão, após cada etapa do manuseio;
- Estudar a quebra da cadeia do frio aplicada às condições reais da comercialização. Desta maneira, de uma carga total de tomates seriam utilizadas algumas amostras que sofreriam quebra da cadeia do frio em diferentes momentos ao longo do percurso campo-mercado-consumidor. Além disso, o produto seria colocado no mercado, por exemplo, com diferentes preços, em função do tratamento pós-colheita recebido, isto é, tomates refrigerados ao longo de toda cadeia teriam um preço superior aos daqueles que foram armazenados à temperatura ambiente ou sofreram quebra da cadeia do frio. Deste modo, seria possível se analisar se o consumidor está disposto a pagar mais por um produto de melhores características de firmeza, sabor e aparência.

IX – Referências Bibliográficas

ARTES, F.; ESCRICHE,A. J. Intermittent Warming Reduces Chilling Injury and Decay of Tomato Fruit. **Journal of Food Science.** v. 59, n. 5, 1994.

ASHRAE **Refrigeration Systems and Applications Handbook.** Atlanta, 1994a. Cap. 17: Vegetables. p.1-14.

ASHRAE **Refrigeration Systems and Applications Handbook.** Atlanta, 1994b. Cap. 10: Methods of precooling fruits, vegetables and cut flowers. p.1-10.

BENNETT, J. **The tomato handbook:** tips and tricks for growing the best tomatoes. Ontario: Firefly Books, 1997. 95p.

BLEINROTH, E. W. **Qualidade dos Produtos Hortifrutícolas.** Campinas, 1998. 67p.

BORDIN, M. R. Embalagem para frutas e hortaliças. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1998. p.19-27.

BOUER, J. **Tomate é boa arma contra o câncer.** Artigo da Folha de São Paulo, 2 de maio de 1999.

BOYETTE, M. D.; SANDERS, D. C.; ESTES, E. A. **Field- and greenhouse-grown tomatoes.** North California: North Carolina State University, 1998. 9p. (http://www2.ncsu.edu/eos/service/bae/www/...ion/publicat/postharv/tomatoes/tomat.html)

CALBO, A. G. **Tomate (*Lycopersicon esulentum*).** Brasília: Embrapa-Hortaliças, Laboratório de pós-colheita,1999. 1p. (http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/tomate.htm)

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAES, R. M. **Análises Químicas de Alimentos** (Manual Técnico). Campinas: Biblioteca do ITAL, 1990.

CEAGESP, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, Governo do Estado de São Paulo. **Classificação de tomate.** Programa Horti&Fruti – Programa paulista para melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros, 1998. (folheto)

CETEA/ABPO **Manual de embalagens de papelão ondulado para tomate.** Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1998. p.10-15.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutos e Hortaliças:** Fisiologia e Manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE. 1990. 320p.

CHOMCHALOW, S. **Storage conditions and timing of ethylene treatment affect ripening uniformity and marketability of tomato fruits.** Gainesville: University of Florida, 1991. 137p. (Dissertation for the degree of Master of Science)

CIRCUITO AGRÍCOLA **Programa moderniza setor agrícola** – classificação e padronização de hortifrutis abre novos caminhos para o futuro. Ano VII, n. 60 (Maio 1999)

CORTEZ, L. A. B.; LEAL, P. A. M. Métodos de pré-resfriamento de frutas e hortaliças In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1998. p.81-115.

COSTA, F. G.; CAIXETA FILHO, J. V. **Análise das perdas na comercialização de tomate:** um estudo de caso. São Paulo: [s.n.], 1996. 26p.

DUSI, A. N.; LOPES, C. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; MOREIRA, H. M.; MIRANDA, J. E. C.; CHARCHAR, J. M.; SILVA, J. L. O.; MAGALHÃES, J. R.; BRANCO, M. C.; REIS, N. V. B.; MAKISHIMA, N.; FONTES, R. R.; PEREIRA, W.; HORINO, Y. **A Cultura do Tomateiro (para mesa).** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 92p. Coleção Plantar; 5.

FAPESP **Programa de parceria controla fungos em derivados de tomate.** Publicação mensal número 39 (Jan.-Fev. 1999)

FIGUEIRA, F. A. R. **Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças.** 2ª ed. v. 2. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1982. 357p.

GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. **Tomate para Exportação: Procedimentos de Colheita e Pós-colheita.** Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria do Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais - Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 34p. Série Publicações Técnicas FRUPEX, 13.

GHAOUTH, A. E.; PONNAMPALAM, R.; CASTAIGNE, F.; ARUL, J. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. **Hortscience,** Quebec, v.27, n.9, p.1016-1018, 1992.

GULL, D. D. **Tomato.** Handling Florida Vegetables Sheet. Gainesville: Department of Vegetable Crops, University of Florida, 1990. 6p.

HAKIM, A.; VOIPIO, I. Effect of heated water in prevention of chilling injury in tomatoes. **Hortscience,** Quebec, v.30, n.4, p.825, July 1995.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks.** Washington: Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1986. 136p. (Agricultural Handbook Number 66)

HOCHMUTH, G. J.; MAYNARD, D. N.; SHERMAN, M. **Tomato production guide for Florida.** Florida: G. J. Hochmuth, 1988. 22p. (Commercial Vegetable Guide Series)

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas, Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos.** 3ª ed. São Paulo. Instituto Adolfo Lutz, 1985. 371 p.

KADER, A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops.** Second Edition, University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 1992. 296p.

LURIE, S.; SABEHAT, A. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes. **Postharvest Biology and Technology,** n.11, p.57-62, 1997.

MARANGONI, A. G.; JACKMAN, R. L.; STANLEY, D. W. Chilling-associated softening of tomato fruit is related to increased pectinmethylesterase activity. **Journal of Food Science,** Guelph, v.60, n.6, p.1277-1281, June 1995.

MAUL, F. **Recommended Storage Temperatures Affect Tomato Flavor and Aroma Quality.** Gainesville: University of Florida, 1999. (Dissertation for the degree of Master of Science)

MAUL, F.; SARGENT, S. A.; HUBER, D. J.; BALABAN, M. O.; LUZURIAGA, D. A.; BALDWIN, E. A. Non-destructive quality screening of tomato fruit using "eletronic nose" technology. **Proc. Fla. State Hort. Soc.,** n.110, p.188-194, 1997.

McDONALD, R. E.; McCOLLUM, T. G.; BALDWIN, E. A. Temperature of water hear treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology,** n.16, p.147-155, 1999.

MITCHELL, F. G. Packages for horticultural crops. In: KADER, A. A. POSTHARVEST TECHNOLOGY OF HORTICULTURAL CROPS. 2.ed. Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311, 1992, p.45-53.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S.; SIMS, C. A.; PUSCHMANN, R. Flavor Alteration in tomato fruit due to internal bruising. **Proc. Fla. State Hort. Soc.,** n.110, p.195-197, 1997.

NEVES FILHO, L. C.; VISSOTTO, F. Z.; ALVES, C. R. G. Resfriamento rápido de frutas e hortaliças. Suplemento Técnico. **Revista ABRAVA,** São Paulo, v.17, n.133, p.22-29, 1993.

RATANACHINAKORN, B.; KLIEBER, A.; SIMONS, D. H. Effect of short-term controlled atmospheres and maturity on ripening and eating quality of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology,** n.11, p.149-154, 1997.

REINA, L. C. B. **Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) da cultivar gigante Kada submetido a choque a frio e armazenado com filme de PVC".** Lavras: ESAL, 1990. 114p. (Dissertação de Mestrado).

RESURRECCION, A. V. A.; SHEWFELT, R. L. Relationships between sensory attributes and objective measurements of postharvest quality of tomatoes. **Journal of Food Science,** v.50, p.1242-1245, 1985.

SALTVEIT JR., M. E.; CABRERA, R. M. Tomato fruit temperature before chilling influences ripening after chilling **Hortscience,** Davis, v.22, n.3, p.452-454, June 1997.

SARGENT, S. A. Handling and cooling techniques for maintaining postharvest quality (Chapter 17). In: HOCHMUTH, G. J., MAYNARD, D. N., VEGETABLE PRODUCTION GUIDE FOR FLORIDA Gainesville: University of Florida, 1998.

SARGENT, S. A.; BENDER, R. J.; BRECHT, J. K. **Grade Classification Affects Decay Susceptibility of Tomatoes.** Gainesville: University of Florida, 1993. 7p.

SARGENT, S. A.; BRECHT, J. K.; ZOELLNER, J. J. Sensitivity of Tomatoes at Mature-green and Breaker Ripeness Stages to Internal Bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science,** Alexandria, v.117, n.1, p.119-123, 1992.

SARGENT, S. A.; TALBOT, M. T.; BRECHT, J. K. **Evaluating precooling methods for vegetable packinghouse operations.** Gainesville: University of Florida, 1991. 7p.

SHEWFELT, R. L.; PRUSSIA, S. E.; RESURRECCION, A. V. A.; HURST, W. C.; CAMPBELL, D. T. Quality changes of vine-ripened tomatoes within the postharvest handling system. **Journal of Food Science,** v.52, n.3, p.661664-1245, 1987.

SHOWALTER, R. K. **Postharvest water loss control for vegetables.** Vegetable Crops Fact Sheet, VC-28. Gainesville: Vegetable Crops Department, University of Florida, 1981. 4p.

SINGH, A.; SINGH, Y.; BATHEJA, S. Suitability of Packaging Boxes for Tomatoes. **Journal of Food Science and Technology,** v.29, n.6, p.381-383, 1992.

SOARES, A. G.; CORRÊA, T. B. S.; SARGENT, S. A.; ROBBS, C. F. **Perdas na Qualidade de Tomate na Cadeia Produtiva**, Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1993.

STEVENS, M. A. Tomato flavor: effects of genotype, cultural practices, and maturity at picking. In: PATEE, Harold E. (Ed.). **Evaluation of quality of fruits and vegetables.** Westport: AVI Publ., 1985. 410p.

VANEGAS, J. A. G. **Fisiologia pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivar Ângela.** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1987. 123p. (Dissertação de Mestrado)

WESTON, L. A.; BARTH, M. M. Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetables. **Hortscience,** Lexington, v.32, n.5, p.812-816, 1997.