



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS QUÍMICOS

Logística de Armazenamento de Frutos e Hortaliças em Supermercado

Autora: Daniela de Freitas Borghi

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Guirardello

Co-orientador: Prof. Dr. Lúcio Cardozo Filho

Dissertação de Mestrado apresentada à
Faculdade de Engenharia Química como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia Química.

Campinas

2008

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

B644L Borghi, Daniela de Freitas
 Logística de armazenamento de frutos e hortaliças em
 supermercado / Daniela de Freitas Borghi. --Campinas,
 SP: [s.n.], 2008.

 Orientadores: Reginaldo Guirardello, Lúcio Cardozo
 Filho.

 Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

 1. Hortaliças. 2. Armazenamento. 3. Supermercados.
 4. Otimização. I. Guirardello, Reginaldo. II. Cardozo
 Filho, Lúcio. III. Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia Química. IV. Título.

Título em Inglês: Storage logistic of fruits and vegetables in supermarket

Palavras-chave em Inglês: Vegetables, Storage , Supermarkets,
Optimization

Área de concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos

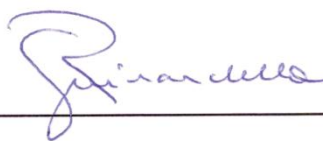
Titulação: Mestre em Engenharia Química

Banca examinadora: Jorge Andrey Wilhelms Gut, Theo Guenter
Kieckbusch

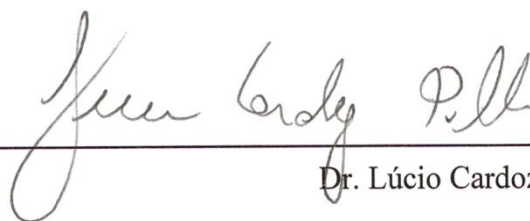
Data da defesa: 10/10/2008

Programa de Pós Graduação: Engenharia Química

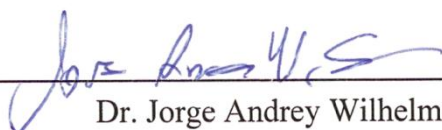
Dissertação de Mestrado defendida por Daniela de Freitas Borghi e aprovada em 10 de outubro de 2008 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Dr. Reginaldo Guirardello



Dr. Lúcio Cardozo Filho



Dr. Jorge Andrey Wilhelms Gut

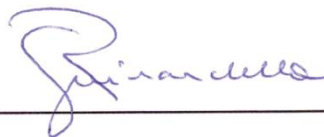


Dr. Theo Guenter Kieckbusch

Campinas – São Paulo

Outubro/2008

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Engenharia Química.

A handwritten signature in blue ink, reading "Reginaldo Guirardello", is positioned above a horizontal line.

Prof. Dr. Reginaldo Guirardello (Orientador)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, João e Ana Lúcia, aos meus irmãos, Juliana e Tiago e ao meu namorado Juliano pelo apoio, compreensão e paciência dispensados durante a elaboração deste trabalho. Aos meus avós, Rodecira, Maria Olga e Valdemar, pelo carinho de sempre.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de tudo, pelo presente da vida.

Ao Professor Doutor Reginaldo Guirardello pela orientação competente e contribuições fundamentais em todo o processo de elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Lúcio Cardozo Filho, pela co-orientação e pelas importantes observações e sugestões que enriqueceram este estudo.

À Professora Katiuchia Pereira Takeuchi, pelo carinho, atenção e auxílio durante a realização dos experimentos na Universidade Estadual de Maringá – campus de Umuarama-PR.

Aos meus tios Maria Célia e Abelardo, que me acolheram tão carinhosamente em sua casa.

Aos meus amigos de laboratório, pelo ótimo convívio durante o desenvolvimento deste trabalho e acima de tudo pela amizade.

Aos meus pais e irmãos, agradeço pelo apoio incondicional, pela paciência e compreensão.

À minha mãe, Ana Lúcia, em especial, pelas importantes sugestões para a conclusão deste trabalho.

Ao Juliano, uma pessoa muito especial, pelo apoio e compreensão.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro.

À todas as pessoas que de alguma maneira me estimularam nesta jornada, os meus agradecimentos.

RESUMO

O principal objetivo deste estudo é minimizar as grandes perdas de frutos e hortaliças que ocorrem durante seu armazenamento em supermercados, usando um modelo matemático para otimizar a distribuição dos produtos em depósito e minimizar os custos referentes ao seu armazenamento. Para tanto, foram utilizados dados da literatura do tempo de vida dos produtos estudados (aipo, alface, alho-porro, ameixa, beterraba, cebola, cenoura, chicória, couve-flor, espinafre, mamão papaya, morango, nabo, pepino, pêssago, pimentão, rabanete, salsinha, tomate e uva). O modelo matemático desenvolvido usa uma formulação de programação mista inteira e linear (MILP). O modelo foi implementado no software GAMS[®] e o solver utilizado foi o CPLEX. Foram realizadas otimizações considerando diversas temperaturas de armazenamento e preços de aquisição para os produtos, visando minimizar os custos referentes ao seu armazenamento. Foi possível realizar uma análise em relação ao tempo de vida de cada produto em função da temperatura. Os resultados mostraram que quanto mais distante a temperatura real de armazenamento de um produto estiver de sua temperatura ideal, maiores serão os custos com a perda de qualidade deste produto. Verificou-se que o custo referente à perda de qualidade dos produtos tem grande influência no custo total de armazenamento, o que mostra a importância de se otimizar a logística de armazenamento destes produtos, para que estes custos não sejam ainda mais expressivos. Dessa forma, o modelo proposto apresenta-se como uma ferramenta que pode auxiliar os gestores de supermercados nas tomadas de decisões referentes ao armazenamento de frutos e hortaliças de forma a minimizar os custos e as perdas do setor. Além disso, foram realizados experimentos com tomates do grupo cereja, em que foram analisados firmeza, pH, sólidos solúveis e acidez titulável de frutos com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba, armazenados em câmaras frias, em quatro diferentes temperaturas (5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C e 23 ± 3 °C) por um período de onze dias. Observou-se que a aplicação de cera não melhorou a conservação pós-colheita dos tomates, não sendo verificadas diferenças estatísticas ao nível de 5% de significância nos frutos com e sem aplicação de cera. As temperaturas de armazenamento analisadas também não influenciaram estatisticamente os atributos de qualidade do tomate.

Palavras-Chave: Frutos e Hortaliças. Tempo de Vida. Custo de Armazenamento. Otimização. Supermercado.

ABSTRACT

The main objective of this study is to minimize the high losses of fruits and vegetables that occur during their storage in markets, using a mathematical model to optimize the distribution of the products in deposit and to minimize the costs relating to its storage. For that, data from literature of keeping quality of products studied (celery, lettuce, leek, plum, beetroot, onion, carrot, chicory, cauliflower, spinach, papaya, strawberry, turnip, cucumber, peach, pepper, radish, parsley, tomato and grape) were used. The mathematical model developed used a mixed integer linear programming (MILP) formulation. The model was implemented in the software GAMS[®] and the solver used was CPLEX. Simulations were conducted considering various temperatures of storage and acquisition prices for products, aiming to minimize the costs relating to its storage. It was possible to carry out an analysis on keeping quality of each product depending on the temperature. The results showed that the more distant the real storage temperature of a product is of its ideal temperature, the greater the costs with the loss of quality of this product. It was verified that the cost relating to the loss of quality of products has great influence on the total storage cost, what shows the importance of optimizing the storage logistics of these products, so that these costs are not still more expressive. Thus, the proposed model presents itself as a tool that can help the managers of supermarkets in the decision-making concerning the storage of fruits and vegetables in order to minimize costs and losses in the sector. In addition, experiments were performed with tomatoes of the group cherry, which were analysed firmness, pH, soluble solids and titratable acidity of fruit with and without superficial application of carnauba wax, stored in cold chambers, in four different temperatures (5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C and 23 ± 3 °C) for a period of eleven days. It was observed that the application of wax, did not improved post-harvest preservation of tomatoes, and was not verified statistical differences at the level of 5% of significance in fruits with and without application of wax. The analysed storage temperature also had not statistically influenced the attributes of quality of tomato.

Key-Words: Fruits and Vegetables. Keeping Quality. Storage Cost. Optimization. Supermarket.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xxx
NOMENCLATURA.....	xxxix
CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO.....	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	2
CAPITULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 ARMAZENAMENTO DE FRUTOS E HORTALIÇAS.....	5
2.1.1 Influência da temperatura e umidade relativa no tempo de vida.....	8
2.1.1.1 Temperatura.....	8
2.1.1.2 Umidade Relativa.....	11
2.2 PERDAS PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS.....	12
2.3 QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS.....	16
2.3.1 Métodos de avaliação da qualidade.....	19
2.3.1.1 Cor.....	19
2.3.1.2 Firmeza.....	20
2.3.1.3 Sólidos Solúveis.....	22
2.3.1.4 Acidez Titulável.....	22
2.4 APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CERAS OU EMULSÕES DE CERAS.....	23
2.4.1 Tratamento com cera a base de carnaúba.....	23
CAPITULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 DESCRIÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO.....	25
3.1.1 Discussão dos parâmetros envolvidos no problema.....	26
3.1.1.1 Conjunto de Produtos (<i>P</i>).....	27

3.1.1.2	Conjunto de Zonas (Z).....	27
3.1.1.3	Custo de Armazenagem (a_j).....	27
3.1.1.4	Porcentagem de Perdas (b_{ij}).....	27
3.1.1.5	Custo de Aquisição (c_i).....	27
3.1.1.6	Tempo que o Produto Permanece Estocado (d_{ij}).....	27
3.1.1.7	Diminuição do Tempo de Vida (q_{ij}).....	28
	Cálculo do KQ_{ref}	30
3.2	OBTENÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS: FIRMEZA, pH, SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL.....	32
3.3	RELAÇÃO ENTRE AS ETAPAS DE OTIMIZAÇÃO E EXPERIMENTAL....	42
	CAPITULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	OTIMIZAÇÃO UTILIZANDO O MOLDELO MATEMÁTICO.....	45
4.2	MEDIDA DA FIRMEZA, pH, SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL	73
4.2.1	Variação da Firmeza	73
4.2.1.1	Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento.....	73
4.2.1.2	Comparação entre as temperaturas de armazenamento.....	78
4.2.2	Variação do pH	81
4.2.2.1	Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento.....	81
4.2.2.2	Comparação entre as temperaturas de armazenamento.....	83
4.2.3	Variação de Sólidos Solúveis	85
4.2.3.1	Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento.....	85
4.2.3.2	Comparação entre as temperaturas de armazenamento.....	88
4.2.4	Variação de Acidez Titulável	90
4.2.4.1	Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento.....	90
4.2.4.2	Comparação entre as temperaturas de armazenamento.....	92
	CAPITULO 5 – CONCLUSÕES	95
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICE I	103

APÊNDICE II.....	110
APÊNDICE III.....	185
APÊNDICE IV.....	196
ANEXO I.....	202

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Variação do tempo de vida com a temperatura de armazenamento para frutas (A) e hortaliças (B) (PAULL, 1999).....	9
Figura 2.2.	Curva F/D para corte cilíndrico de maçã (10 mm altura x 15 mm diâmetro) de frutas firmes e macias sob velocidade de compressão constante (0,42 mm/s) (ABBOTT, 1999).....	21
Figura 3.1.	Modelo do equipamento utilizado para as medições de firmeza de frutos.....	33
Figura 3.2.	Aparência dos tomates armazenados a 5 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	35
Figura 3.3.	Aparência dos tomates armazenados a 5 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	36
Figura 3.4.	Aparência dos tomates armazenados a 10 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	37
Figura 3.5.	Aparência dos tomates armazenados a 10 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	38
Figura 3.6.	Aparência dos tomates armazenados a 15 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	39
Figura 3.7.	Aparência dos tomates armazenados a 15 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	40
Figura 3.8.	Aparência dos tomates armazenados a 23 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	41
Figura 3.9.	Aparência dos tomates armazenados a 23 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.....	42
Figura 3.10.	$f(Q)$ em função do tempo.....	44
Figura 3.11.	$\ln(k)$ versus $1/T$	44
Figura 4.1.	Variação do tempo de vida da uva, nabo, cebola e cenoura com a temperatura.....	46
Figura 4.2.	Variação do tempo de vida da ameixa, couve-flor, beterraba, aipo e alho-porro com a temperatura.....	46
Figura 4.3.	Variação do tempo de vida do mamão, tomate, alface, salsinha, pimentão e espinafre com a temperatura.....	47
Figura 4.4.	Variação do tempo de vida do rabanete, morango, pêssego, pepino e chicória com a temperatura.....	47
Figura 4.5.	Variação do fator qualidade da uva, cebola, cenoura e nabo com a temperatura.....	48

Figura 4.6.	Variação do fator qualidade da ameixa, beterraba, couve-flor, aipo e alho-porro com a temperatura.....	49
Figura 4.7.	Variação do fator qualidade do mamão, tomate, alface, espinafre, salsinha e pimentão com a temperatura.....	49
Figura 4.8.	Variação do fator qualidade do morango, pêsego, pepino, rabanete e chicória com a temperatura.....	50
Figura 4.9.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$	51
Figura 4.10.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$	52
Figura 4.11.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$	52
Figura 4.12.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$	53
Figura 4.13.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$	53
Figura 4.14.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	54
Figura 4.15.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 11\text{ }^{\circ}\text{C}$	54
Figura 4.16.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$	55
Figura 4.17.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$	55
Figura 4.18.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$	56
Figura 4.19.	Análise da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$	56
Figura 4.20.	Análise da ordem de prioridade de entrada da uva na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	60
Figura 4.21.	Análise da ordem de prioridade de entrada da ameixa na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	60
Figura 4.22.	Análise da ordem de prioridade de entrada do pêsego na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	61
Figura 4.23.	Análise da ordem de prioridade de entrada do morango na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	61
Figura 4.24.	Análise da ordem de prioridade de entrada da cebola na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	62
Figura 4.25.	Análise da ordem de prioridade de entrada do aipo na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a $15\text{ }^{\circ}\text{C}$	62

Figura 4.26.	Análise da ordem de prioridade de entrada do rabanete na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	63
Figura 4.27.	Análise da ordem de prioridade de entrada do pimentão na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	63
Figura 4.28.	Análise da ordem de prioridade de entrada do alho-porro na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	64
Figura 4.29.	Análise da ordem de prioridade de entrada do nabo na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	64
Figura 4.30.	Análise da ordem de prioridade de entrada do espinafre na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	65
Figura 4.31.	Análise da ordem de prioridade de entrada da cenoura na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	65
Figura 4.32.	Análise da ordem de prioridade de entrada da chicória na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	66
Figura 4.33.	Análise da ordem de prioridade de entrada da beterraba na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	66
Figura 4.34.	Análise da ordem de prioridade de entrada da salsinha na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	67
Figura 4.35.	Análise da ordem de prioridade de entrada da couve-flor na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	67
Figura 4.36.	Análise da ordem de prioridade de entrada da alface na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	68
Figura 4.37.	Análise da ordem de prioridade de entrada do mamão na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	68
Figura 4.38.	Análise da ordem de prioridade de entrada do pepino na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	69
Figura 4.39.	Análise da ordem de prioridade de entrada do tomate na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C.....	69
Figura 4.40.	Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_1	71
Figura 4.41.	Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_2	72
Figura 4.42.	Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_3	72
Figura 4.43.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	74

Figura 4.44.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	74
Figura 4.45.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	75
Figura 4.46.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	75
Figura 4.47.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 5 ± 1 °C, com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	76
Figura 4.48.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	76
Figura 4.49.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	77
Figura 4.50.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	77

Figura 4.51.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	78
Figura 4.52.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	79
Figura 4.53.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	79
Figura 4.54.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	80
Figura 4.55.	Variação do pH durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	81
Figura 4.56.	Variação do pH durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	82
Figura 4.57.	Variação do pH durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	82

Figura 4.58.	Variação do pH durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	83
Figura 4.59.	Variação do pH durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	84
Figura 4.60.	Variação do pH durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	84
Figura 4.61.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	86
Figura 4.62.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	86
Figura 4.63.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	87
Figura 4.64.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	87
Figura 4.65.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p<0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	88

Figura 4.66.	Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	89
Figura 4.67.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	90
Figura 4.68.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	91
Figura 4.69.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	91
Figura 4.70.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.....	92
Figura 4.71.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	93
Figura 4.72.	Variação de acidez titulável durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias de armazenamento. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas de armazenamento.....	93
Figura A2.1.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates no primeiro dia (logo depois de colhidos).....	111
Figura A2.2.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates no primeiro dia (logo depois de colhidos)...	112

Figura A2.3.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.....	112
Figura A2.4.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.....	113
Figura A2.5.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.....	113
Figura A2.6.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.....	114
Figura A2.7.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	114
Figura A2.8.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	115
Figura A2.9.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	115
Figura A2.10.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	116
Figura A2.11.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.....	116
Figura A2.12.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.....	117
Figura A2.13.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.....	117
Figura A2.14.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.....	118
Figura A2.15.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.....	118
Figura A2.16.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.....	119

Figura A2.17.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.....	119
Figura A2.18.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.....	120
Figura A2.19.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.....	120
Figura A2.20.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.....	121
Figura A2.21.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.....	121
Figura A2.22.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.....	122
Figura A2.23.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	122
Figura A2.24.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	123
Figura A2.25.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	123
Figura A2.26.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	124
Figura A2.27.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.....	124
Figura A2.28.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.....	125
Figura A2.29.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.....	125
Figura A2.30.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.....	126

Figura A2.31.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.....	126
Figura A2.32.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.....	127
Figura A2.33.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.....	127
Figura A2.34.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.....	128
Figura A2.35.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	128
Figura A2.36.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	129
Figura A2.37.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	129
Figura A2.38.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	130
Figura A2.39.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.....	130
Figura A2.40.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.....	131
Figura A2.41.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.....	131
Figura A2.42.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.....	132
Figura A2.43.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	132
Figura A2.44.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	133

Figura A2.45.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	133
Figura A2.46.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	134
Figura A2.47.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.....	134
Figura A2.48.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.....	135
Figura A2.49.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.....	135
Figura A2.50.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.....	136
Figura A2.51.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.....	136
Figura A2.52.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.....	137
Figura A2.53.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.....	137
Figura A2.54.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.....	138
Figura A2.55.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.....	138
Figura A2.56.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.....	139
Figura A2.57.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.....	139
Figura A2.58.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.....	140

Figura A2.59.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	140
Figura A2.60.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	141
Figura A2.61.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	141
Figura A2.62.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	142
Figura A2.63.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.....	142
Figura A2.64.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.....	143
Figura A2.65.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.....	143
Figura A2.66.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.....	144
Figura A2.67.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.....	144
Figura A2.68.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.....	145
Figura A2.69.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.....	145
Figura A2.70.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.....	146
Figura A2.71.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	146
Figura A2.72.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	147

Figura A2.73.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	147
Figura A2.74.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	148
Figura A2.75.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.....	148
Figura A2.76.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.....	149
Figura A2.77.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.....	149
Figura A2.78.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.....	150
Figura A2.79.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	150
Figura A2.80.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	151
Figura A2.81.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	151
Figura A2.82.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	152
Figura A2.83.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.....	152
Figura A2.84.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.....	153
Figura A2.85.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.....	153
Figura A2.86.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.....	154

Figura A2.87.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.....	154
Figura A2.88.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.....	155
Figura A2.89.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.....	155
Figura A2.90.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.....	156
Figura A2.91.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.....	156
Figura A2.92.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.....	157
Figura A2.93.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.....	157
Figura A2.94.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.....	158
Figura A2.95.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	158
Figura A2.96.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	159
Figura A2.97.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	159
Figura A2.98.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	160
Figura A2.99.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.....	160
Figura A2.100.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.....	161

Figura A2.101.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.....	161
Figura A2.102.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.....	162
Figura A2.103.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.....	162
Figura A2.104.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.....	163
Figura A2.105.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.....	163
Figura A2.106.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.....	164
Figura A2.107.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	164
Figura A2.108.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	165
Figura A2.109.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	165
Figura A2.110.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	166
Figura A2.111.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.....	166
Figura A2.112.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.....	167
Figura A2.113.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.....	167
Figura A2.114.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.....	168

Figura A2.115.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	168
Figura A2.116.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	169
Figura A2.117.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	169
Figura A2.118.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.....	170
Figura A2.119.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.....	170
Figura A2.120.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.....	171
Figura A2.121.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.....	171
Figura A2.122.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.....	172
Figura A2.123.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.....	172
Figura A2.124.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.....	173
Figura A2.125.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.....	173
Figura A2.126.	Varição da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.....	174
Figura A2.127.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.....	174
Figura A2.128.	Varição da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.....	175

Figura A2.129.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.....	175
Figura A2.130.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.....	176
Figura A2.131.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	176
Figura A2.132.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	177
Figura A2.133.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	177
Figura A2.134.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.....	178
Figura A2.135.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.....	178
Figura A2.136.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.....	179
Figura A2.137.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.....	179
Figura A2.138.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.....	180
Figura A2.139.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.....	180
Figura A2.140.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.....	181
Figura A2.141.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.....	181
Figura A2.142.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.....	182

Figura A2.143.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	182
Figura A2.144.	Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	183
Figura A2.145.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	183
Figura A2.146.	Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.....	184
Figura AN1.	Classificação de cor da USDA para o tomate.....	203

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.	Condições ideais de armazenagem e período de conservação de frutos e hortaliças.....	6
Tabela 2.2.	Percentual de perdas de alguns frutos e hortaliças nos países em desenvolvimento.....	13
Tabela 2.3.	Principais causas e meios de controle de perdas em produtos perecíveis de origem vegetal.....	14
Tabela 2.4.	Atributos de qualidade para os hortifrutis.....	17
Tabela 3.1.	Parâmetros utilizados no modelo.....	31
Tabela 3.2.	Função qualidade para diferentes reações.....	43
Tabela 4.1.	Produtos que devem permanecer na câmara devido à restrição 3.....	58
Tabela 4.2.	Custos de aquisição dos produtos utilizados nas otimizações das Figuras (4.20 a 4.39).....	59
Tabela A1.1.	Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.....	104
Tabela A1.2.	Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.....	105
Tabela A1.3.	Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.....	107
Tabela A1.4.	Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.....	108
Tabela A1.5.	Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.....	109

NOMENCLATURA

A seguinte nomenclatura foi utilizada:

$P \rightarrow$ conjunto de produtos

$Z \rightarrow$ conjunto de zonas

$N \rightarrow$ número de processos que contribuem para o tempo de vida de determinado produto

$a_j \rightarrow$ custo de armazenagem na zona j (R\$/dia)

$b_{ij} \rightarrow$ porcentagem de perdas do produto i na zona j

$c_i \rightarrow$ custo de compra do produto i (R\$/kg)

$d_{ij} \rightarrow$ tempo que o produto i permanece estocado na zona j (dias)

$q_{ij} \rightarrow$ diminuição esperada do tempo de vida do produto i na zona j

$s_i \rightarrow$ nível de estoque do produto i

$v_i \rightarrow$ volume ocupado pelo produto i (m³/kg)

$S_j \rightarrow$ capacidade de estocagem da zona j

$T_{ref} \rightarrow$ temperatura de referência

$T_{real} \rightarrow$ temperatura real de armazenamento

$T_{ideal} \rightarrow$ temperatura ideal de armazenamento do produto i

$KQ_{ij(real)} \rightarrow$ tempo de vida do produto i na zona j na T_{real} (dias)

$KQ_{i(ideal)} \rightarrow$ tempo de vida do produto i na T_{ideal} (dias)

$KQ_{ref} \rightarrow$ tempo de vida do produto i na T_{ref} (dias)

$E_A \rightarrow$ energia de ativação

$R \rightarrow$ constante universal dos gases

$k_{ref} \rightarrow$ taxa de reação na temperatura de referência

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E OBJETIVO

A horticultura brasileira tem um valor de produção de aproximadamente 15 bilhões de reais, superior ao valor da agricultura de grãos e oleaginosas no país. É o setor da agricultura que mais cresce em todo o mundo (GUTIERREZ, 2001).

A produção brasileira de hortaliças, em 1998, alcançou mais de 11 milhões de toneladas, ocupando uma área de mais de 778 mil hectares, distribuída entre as Regiões Sudeste (68%), Sul (17%), Nordeste e Centro-Oeste (15%). Em ordem de importância econômica, destacaram-se na produção brasileira de hortaliças os seguintes produtos: tomate (23%), batata (23%), cebola (8%) e cenoura (6%) (VILELA; HENZ, 2000).

Apesar dessa grande importância na economia do país, a cadeia de produção (desde a colheita até o consumidor final) não passa por controles que seriam imprescindíveis para manter a qualidade do produto, como a manutenção da cadeia do frio durante o transporte e armazenamento. De acordo com Gutierrez (2001), nos países desenvolvidos, a refrigeração é adotada como o principal método de conservação das frutas e hortaliças frescas durante o transporte, armazenamento e na exposição ao consumidor, mas no Brasil é muito pouco adotada e mal utilizada. Isso contribui com as enormes perdas pós-colheita dos produtos hortícolas no país, que, para alguns produtos chegam a 50% do que é produzido (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para se ter uma idéia da dimensão deste problema no país, na safra de 2001, foram colhidas 15 milhões de toneladas de produtos hortícolas, das quais mais de 5 milhões de toneladas foram perdidas, o suficiente para abastecer 53 milhões de habitantes e gerar um prejuízo de US\$ 1,026 milhões¹ (VILELA et al., 2003).

Uma pesquisa realizada no ano de 2005, na CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo), constatou que os supermercados são

¹ Perda estimada com base nos preços médios de atacado praticados na CEAGESP em 2001.

responsáveis por 19,43% das compras realizadas neste entreposto (GUTIERREZ, 2006). De acordo com Vilela e Henz (2000), a participação dos supermercados na venda de produtos hortícolas naquele ano no país, representava aproximadamente 30%, com um crescimento médio anual de 3%, o que mostra a importância deste segmento na comercialização destes produtos.

O gerenciamento de um depósito de frutos e hortaliças é mais complexo do que o de um depósito de produtos processados, já que estes produtos necessitam de rápida comercialização e de condições especiais de armazenagem para diminuir sua perda de qualidade, pois esta reflete em diminuição de seu valor comercial.

Além disso, o depósito de um supermercado possui restrições quanto ao seu espaço físico, sendo impossível e inviável criar um ambiente com condições específicas para armazenar cada variedade de produto.

Com o objetivo de tentar melhorar a atual situação de armazenamento dos produtos hortícolas no Brasil, este estudo foi direcionado a desenvolver um modelo matemático capaz de otimizar a distribuição dos produtos no depósito dos supermercados de tal forma que a soma dos custos envolvidos seja mínima, sendo respeitadas as restrições de estocagem.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para alcançar o objetivo proposto, o trabalho estrutura-se em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é realizada uma introdução abordando a motivação e o objetivo do trabalho.

No Capítulo 2 é apresentada breve revisão bibliográfica tratando de temas relevantes ao trabalho como armazenamento de frutos e hortaliças, influência da temperatura e da umidade relativa no tempo de vida desses produtos, perdas pós-colheita, qualidade desses produtos e aplicação superficial de cera como tratamento pós-colheita.

O Capítulo 3, intitulado “Materiais e métodos”, é dedicado à descrição matemática do modelo desenvolvido, sendo realizada sucinta apresentação de seus parâmetros. Além

disso, é apresentada a metodologia utilizada para a realização de análises de firmeza, pH, quantidade de sólidos solúveis e acidez titulável em tomates do grupo cereja.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados da pesquisa e as discussões referentes às observações realizadas com as otimizações feitas no software GAMS, utilizando o solver CPLEX, e com os experimentos realizados com os tomates.

O quinto e último capítulo é destinado a apresentar as conclusões referentes a este trabalho.

No Apêndice I são apresentadas as médias e desvio padrão das análises de firmeza (compressão e punção), pH, sólidos solúveis e acidez titulável realizadas em tomates do grupo cereja, com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba, armazenados em câmaras frias em quatro diferentes temperaturas (5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C e 23 ± 3 °C).

No Apêndice II são apresentados os gráficos da variação da firmeza (compressão e punção) com o tempo para tomates com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba em todas as temperaturas e dias de armazenamento.

No Apêndice III é apresentado o modelo matemático desenvolvido implementado no software GAMS.

No Apêndice IV é dado um exemplo de resultado obtido pelo programa.

O Anexo I mostra a classificação de cor para o tomate realizada pela USDA (1991).

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os frutos e hortaliças continuam vivos mesmo depois de sua colheita, mantendo, assim, seus processos vitais funcionando. Por esta razão, eles são forçados a utilizar suas reservas de substrato (como açúcares e amido) para respirar e produzir a energia necessária para se manterem vivos, já que estão separados da planta mãe. Dessa forma, esses produtos são altamente perecíveis.

O armazenamento de produtos perecíveis, de acordo com Sakamoto (2005), tem por objetivo minimizar a intensidade de seu processo vital, evitando, por exemplo, o ataque de patógenos, injúrias fisiológicas e a desidratação. Pelo fato de frutos e hortaliças serem produtos de alta perecibilidade, fazendo com que grande parte de sua produção seja descartada por falta de qualidade, ao final do processo de comercialização, sua armazenagem é de fundamental importância para evitar prejuízos aos estabelecimentos que os comercializam.

Os frutos e hortaliças são produtos que são susceptíveis a diminuição do tempo de vida devido a injúrias ou perda de umidade. O tempo de vida de um produto é o tempo até que este se torne inaceitável para o consumo, do ponto de vista sensorial, nutricional ou de segurança (FU; LABUZA, 1993). Para se manter aceitável desde a colheita até o consumo, o produto deve ter um tempo de vida suficiente (SHEWFELT; PRUSSIA, 1993)

Alguns fatores, como tempo de estocagem, temperatura de armazenamento, odores, presença de etileno e tratamentos pós-colheita, influenciam na perda de qualidade dos frutos e hortaliças. No que se refere ao tempo de estocagem, se ela for realizada por curto período e houver rápida comercialização desses produtos, há redução significativa na perda de qualidade dos mesmos. Quanto à temperatura, cada produto possui suas condições ideais de armazenamento. Vale lembrar que as injúrias causadas pelo frio interferem, sobremaneira, na qualidade de muitos frutos e hortaliças. Já os odores de alguns alimentos, especialmente os de cebola e alho, influenciam na perda de qualidade de determinadas frutas, como melão e maçã, uma vez que são facilmente absorvidos por elas. O gás etileno, por sua

vez, conhecido como gás do amadurecimento, é um agente de interação entre os produtos e até mesmo os alimentos que produzem etileno estão sujeitos ao seu efeito (BROEKMEULEN, 1998). E, por último, os tratamentos pós-colheita, como aplicação de ceras superficiais, são utilizados para melhorar a aparência e qualidade dos produtos, bem como prolongar o seu tempo de vida.

2.1 ARMAZENAMENTO DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Os objetivos do armazenamento de produtos são vários e, com certeza, o primeiro deles refere-se a estocar a mercadoria por certo tempo. Ou seja, a mercadoria deve ser mantida no depósito por determinado período de tempo, até que seja requisitada para consumo ou comercialização (ALVARENGA; NORAES, 2000).

Para produtos perecíveis de origem vegetal, a produção é sazonal com o tempo específico de safra, enquanto o consumo é por todo período (BRENNAN; BUTTERS; LILLEY, 1990). Assim, há a necessidade de prolongamento do período de comercialização destes produtos, o que requer, fundamentalmente, o armazenamento dos mesmos de modo a atender a demanda do mercado após o final da colheita. Isso significa que o armazenamento é necessário para que produtos frescos estejam sempre disponíveis ao consumidor final, independente do tempo e da distância entre o produtor e o consumidor (NILSSON, 2000).

Para Chitarra e Chitarra (2005, p. 393),

[...] com o armazenamento, visa-se a minimizar a intensidade do processo vital das frutas e hortaliças, por meio da utilização de condições adequadas, que permitam uma redução no metabolismo normal, sem alterar a fisiologia do produto. Dessa forma, evita-se o brotamento, a elongação, a germinação de sementes, o ataque de patógenos, as desordens fisiológicas, etc.

O armazenamento de frutos e hortaliças pode variar de acordo com o tipo do alimento e/ou com a necessidade de controle de excedente de mercado. Quando há excedentes, manga, couve-flor, tomate e repolho, podem ser armazenados em médio prazo. Já produtos como laranjas, maçãs, pêras, abóboras, morangas, batatas, cenouras, alhos e cebolas, podem ser armazenados por longos prazos, para serem comercializados durante o resto do ano. Porém, o armazenamento utilizado para a maioria dos frutos e hortaliças é do

tipo temporário, utilizado para produtos altamente perecíveis, para a comercialização imediata.

As condições ideais de armazenamento variam muito dependendo das características do produto, sobretudo em relação à temperatura e à umidade. Essas condições determinam quanto tempo o produto poderá ser armazenado sem perdas apreciáveis de alguns atributos, como aroma, sabor, textura, cor e teor de umidade. As condições ideais de armazenamento para alguns frutos e hortaliças, bem como o período de conservação dos mesmos, são apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Condições ideais de armazenagem e período de conservação de frutos e hortaliças.

Produto	Temperatura (°C)	UR (%)	Período de Conservação
Abacate	4,4 a 13	85 – 90	2 – 8 semanas
Abacaxi	7 a 13	85 – 90	2 – 4 semanas
Abobrinha	5 a 10	95	1 – 2 semanas
Aipo	0	98 – 100	2 – 3 meses
Alcachofra	0	95 – 100	2 – 3 semanas
Alface	0	98 – 100	2 – 3 semanas
Alho	0	65 – 70	6 – 7 meses
Ameixa	-0,5 a 0	90 – 95	2 – 5 semanas
Aspargos	0 a 2	95 – 100	2 – 3 semanas
Berinjela	8 a 12	90 – 95	1 semana
Beterraba	0	98 – 100	4 – 6 meses
Brócolis	0	95 – 100	10 – 14 dias
Broto de feijão	0	95 – 100	7 – 9 dias
Caqui 'Japanese'	-1	90	3 – 4 meses
Cará	16	85 – 90	3 – 5 semanas
Carambola	9 a 10	85-90	3 – 4 semanas
Cebola (verde)	0	95 – 100	3 – 4 semanas
Cenoura	0	98 – 100	7 – 9 meses
Cogumelo	0	95	3 – 4 dias
Couve	0	95 – 100	10 – 14 dias

Tabela 2.1. Continuação.

Produto	Temperatura (°C)	UR (%)	Período de Conservação
Couve-flor	0	95 – 98	3 – 4 semanas
Ervilha-verde	0	95 – 98	1 – 2 semanas
Figo Fresco	-0,5 a 0	85 – 90	7 – 10 dias
Framboesa	0	90 – 95	1 – 2 semanas
Goiaba	5 a 10	90	2 – 3 semanas
Laranja	3 a 9	85-90	3 – 8 semanas
Lima	9 a 10	85-90	6 – 8 semanas
Limão	12 a 14	85-90	2 – 3 meses
Maçã	-1 a 4	90-95	1 – 12 meses
Mamão	7	85-90	1 – 3 semanas
Manga	13	85-90	2 – 3 semanas
Maracujá	7 a 10	85-90	3 – 5 semanas
Marmelo	-0,5 a 0	90	2 – 3 meses
Melancia	10 a 15	90	2 – 3 semanas
Melão 'Cantaloupe'	0 a 2	95	5 – 14 dias
Melão 'Honey Dew'	7	90-95	3 semanas
Moranga	10 a 13	50 – 70	2 – 3 meses
Morango	0	90 – 95	5 – 7 dias
Nectarina	-0,5 a 0	90 – 95	2 – 4 semanas
Pepino	10 a 13	95	10 – 14 dias
Pêra	-1,5 a 0,5	90 – 95	2 – 7 meses
Pêssego	-0,5 a 0	90 – 95	2 – 4 semanas
Pimentão	9 a 13	90 – 95	2 – 3 semanas
Quiabo	7 a 10	90 – 95	7 – 10 dias
Rabanete	0	95 – 100	2 – 4 meses
Salsa	0	95 – 100	2 – 2,5 meses
Tangerina	4	90 – 95	2 – 9 semanas
Tomate verde-maduro	13 a 21	90 – 95	1 – 3 semanas
Tomate maduro-firme	8 a 10	90 – 95	4 – 7 dias
Uva	-1 a -0,5	90 – 95	1 – 6 meses

Fonte: CHITARRA e CHITARRA (2005)

O grau de perecibilidade dos produtos frutícolas está relacionado com a sua fase de desenvolvimento. Produtos que se desenvolvem rapidamente como os morangos, são mais perecíveis que os que possuem desenvolvimento lento, como as maçãs. Entretanto, outros fatores podem influenciar o período de armazenamento, como a taxa respiratória, susceptibilidade à perda de umidade, a produção de etileno e a resistência aos microorganismos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.1.1 Influência da temperatura e umidade relativa no tempo de vida

2.1.1.1 Temperatura

Um dos fatores mais importantes na determinação do tempo de vida de frutos e hortaliças são as baixas temperaturas, que vêm sendo utilizadas desde a Antiguidade para aumentar o tempo de vida desses alimentos. Baixas temperaturas reduzem a taxa de respiração, a velocidade de crescimento de microorganismos patógenos, a perda de umidade e a produção de etileno. Além disso, retardam a atividade metabólica, o amadurecimento, as mudanças de cor e textura e a senescência. Por todos esses motivos, são a ferramenta mais utilizada para a manutenção da qualidade de frutos e hortaliças (SHEWFELT, 1993; BACHMANN; EARLES, 2000; NILSSON, 2000; ASHRAE, 2002).

Dentre os fenômenos citados acima, destaca-se, segundo Pinto (2005), a taxa de respiração pela sua influência na conservação e qualidade dos frutos e hortaliças, já que estes produtos continuam respirando mesmo depois de colhidos. Com a redução na taxa de respiração, há diminuição na perda dos atributos de qualidade, como cor, textura, sabor e aroma. É importante observar que, normalmente, há elevação na taxa de respiração com o aumento da temperatura.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), a temperatura tem influência direta no metabolismo dos frutos e hortaliças, modificando a estrutura dos componentes das paredes celulares e de outros compostos, o que reflete na textura. Dessa forma, ocorre correlação direta entre temperatura de armazenamento do produto e sua perda de firmeza. Geralmente, quanto mais baixas as temperaturas (quando adequadas ao produto), maior a densidade dos tecidos e melhor a textura do produto.

A Figura 2.1 mostra a variação do tempo de vida com a temperatura de armazenamento para algumas frutas e hortaliças.

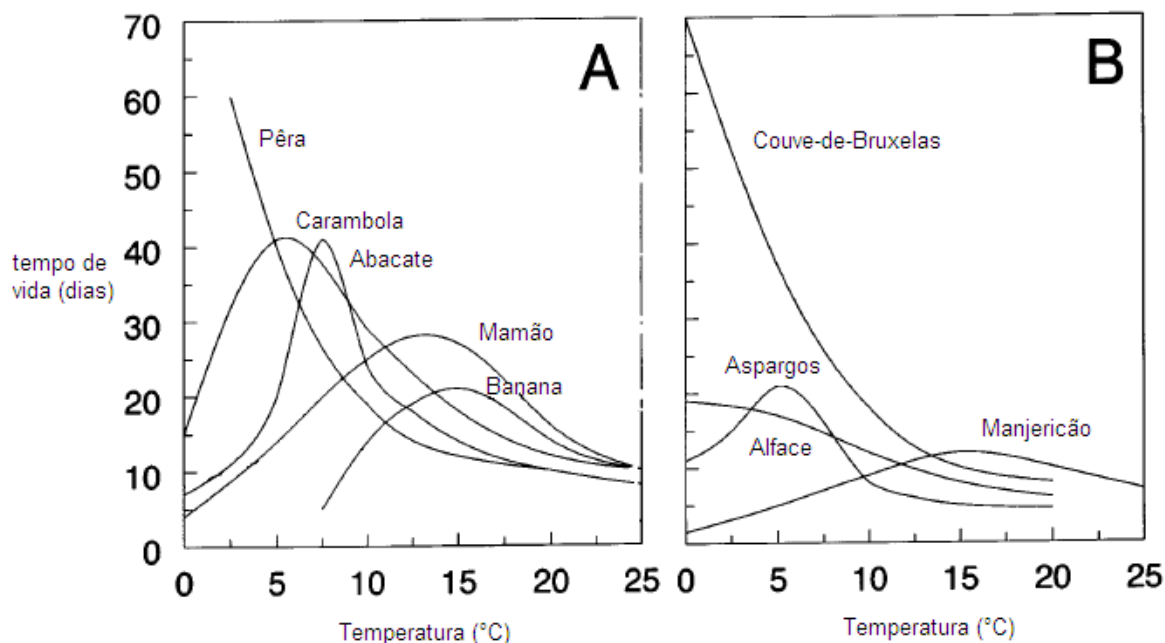


Figura 2.1. Variação do tempo de vida com a temperatura de armazenamento para frutas (A) e hortaliças (B) (PAULL, 1999).

A temperatura ideal de armazenamento dos frutos e hortaliças é diferente para cada produto. Como muitos destes alimentos são susceptíveis a injúrias pelas baixas temperaturas, uns são melhor armazenados a temperaturas pouco acima à de congelamento e outros, a temperaturas entre 7 e 13 °C (BACHMANN; EARLES, 2000).

Injúrias causadas pelo frio podem ser definidas como um dano fisiológico que ocorre em muitas plantas tropicais e subtropicais, causado por exposição a baixas temperaturas, porém maiores que as de congelamento, freqüentemente entre 0 a 10 °C. Os danos incorridos em baixas temperaturas podem nunca se tornar evidentes se o produto não for exposto a temperaturas mais elevadas (SHEWFELT, 1993).

Em baixas temperaturas, algumas culturas ficam debilitadas porque elas não podem continuar os processos metabólicos normais, o que reduz a qualidade do produto. Produtos como frutos cítricos, pepino e batata-doce têm sua taxa de respiração aumentada quando submetidos ao frio, o que pode causar distúrbios metabólicos irreversíveis.

Tomates, por exemplo, que foram resfriados severamente, normalmente, amadurecem lentamente e apodrecem rapidamente (ASHRAE, 2002).

Os sintomas das injúrias causadas pelo frio são diversos, variando desde manchas na superfície em pepinos, descoloração interna em abacates, falha no amadurecimento e no desenvolvimento do sabor em tomates e amadurecimento anormal em maçãs e pêras (SHEWFELT, 1993).

Além da temperatura, o tempo é outro fator que está envolvido na formação das injúrias causadas pelo frio. As injúrias podem acontecer em pouco tempo se as temperaturas estiverem consideravelmente abaixo das temperaturas de armazenamento entendidas como ideais. Porém, algumas colheitas podem resistir durante um período de tempo mais longo se a temperatura estiver apenas a alguns graus abaixo da temperatura ideal (ASHRAE, 2002; BACHMANN; EARLES, 2000). Quanto a isso, alguns autores² observam que, embora algumas culturas tenham certa tolerância a temperaturas próximas as de congelamento, é desejável evitar tais temperaturas porque elas encurtam o tempo de vida dos produtos.

O resfriamento de um produto logo depois da colheita reduz a deterioração inclusive das culturas mais perecíveis. Portanto, quanto mais rapidamente o mesmo for submetido o mais próximo possível de sua temperatura ideal de armazenamento, maior será o tempo de vida e a qualidade deste produto (PAULL, 1999).

Depois do resfriamento, é importante que o produto seja refrigerado continuamente a temperaturas indicadas. Se houver exposição a temperaturas mais elevadas, muitos dos benefícios do pré-resfriamento podem ser perdidos (ASHRAE, 2002).

Para Bachmann e Earles (2000), produtos como manjerição, pepino, berinjela, abóboras, quiabo, e batata-doce são altamente sensíveis a injúrias causadas pelo resfriamento. Já, pimentas, tomates e melancias são produtos moderadamente sensíveis. Estes últimos podem parecer intactos quando removidos do armazenamento a baixas temperaturas, mas depois de algum tempo em temperaturas mais elevadas, os sintomas das

² Para maiores esclarecimentos sobre esse assunto, ler Parsons e Dia (1970); ASHRAE (2002).

injúrias ficam evidentes (algumas marcas na pele, descoloração interna, ou fracasso para amadurecer).

2.1.1.2 Umidade Relativa

Em grande parte dos frutos e hortaliças, o teor de água varia entre 80 e 95%. A perda de água para a maioria destes produtos depois da colheita, de apenas 5 a 10%, já é suficiente para causar mudanças em sua estrutura, textura e aparência (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Assim, a redução da perda de água durante o armazenamento é importante para a manutenção do frescor e da qualidade dos produtos (NILSSON, 2000).

A medida da umidade não é tão fácil de ser compreendida quanto a da temperatura. A umidade do ar é comumente especificada como umidade relativa (UR), que é a relação percentual entre a pressão de vapor de água e a pressão de saturação de vapor de água. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005, p. 413), “os valores de umidade relativa só podem ser comparados nas mesmas condições de temperatura e pressão”.

A umidade relativa sofre influência da temperatura e da pressão do ambiente. Se em um sistema fechado a temperatura aumenta, a umidade relativa diminui, devido ao aumento da pressão de saturação de vapor. Além disso, se em um sistema fechado a pressão do ar aumenta, a umidade relativa também aumenta, devido ao aumento da pressão de vapor de água.

A UR da atmosfera interna de praticamente todos os produtos hortícolas é próxima da saturação, entretanto a umidade relativa da atmosfera externa é sempre inferior. Quanto maior a diferença de pressão de vapor entre o produto e a atmosfera externa, maior será a perda d'água deste produto.

O controle da UR durante o armazenamento é muito importante, pois valores abaixo dos requeridos pelo produto resultam em perda de umidade pelo aumento da transpiração, tornando o alimento impróprio para a comercialização. Por outro lado, o armazenamento a UR muito elevadas, próximas da saturação (98 a 100%), também poderão ocasionar efeitos adversos, como o desenvolvimento excessivo de microorganismos patogênicos e rachaduras na superfície do produto (SHEWFELT, 1993; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Isso significa que o controle da UR associado à temperatura de armazenamento é fundamental. Elevadas UR combinadas com baixas temperaturas foram descritas como as condições ideais para manutenção da qualidade de muitos produtos hortícolas para longos períodos de armazenamento, como pode ser observado na Tabela 2.1 (SHEWFELT, 1993).

Baixos valores de UR causam efeitos negativos aos produtos. O maior deles é em sua aparência, uma vez que, normalmente, há perda de brilho, murchamento ou flacidez. Isso ocorre porque na maioria das frutas e hortaliças o teor de umidade é bastante elevado e se a UR do ambiente for mantida em baixos valores, a transpiração (água perdida pelo produto na forma de vapor) é intensa (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.2 PERDAS PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Chitarra e Chitarra (2005) definem perda pós-colheita como qualquer redução na disponibilidade de alimentos para o consumo, que ocorre durante seu manuseio, transporte, armazenamento ou comercialização. Essa perda é um problema antigo para o homem, que precisou desenvolver tecnologias de preservação de alimentos, principalmente nas áreas com elevado índice de crescimento demográfico.

A minimização das perdas de alimentos tem algumas vantagens, tais como, aumento significativo do suprimento de alimentos sem aumento da área de cultivo; economia da energia gasta para produzir e comercializar os alimentos perdidos; redução da poluição devido à diminuição da matéria orgânica em decomposição e melhor satisfação das necessidades do consumidor e melhor nutrição, com a mesma quantidade de energia, terra, água e trabalho.

Conforme se observa na Tabela 2.2, a percentagem de perda estimada para frutos e hortaliças varia de 15 a 100%, dependendo do produto. Estima-se que, atualmente, a perda de alimentos seja de aproximadamente metade de tudo o que é produzido.

Tabela 2.2. Percentual de perdas de alguns frutos e hortaliças nos países em desenvolvimento

Produto	Perda Estimada (%)
Abacate	43
Banana	20 – 80
Cítricos	23 – 33
Maçã	14
Mamão	40 – 100
Pêssego, Nectarina	28
Uva	20 – 95
Alface	62
Banana-da-terra	35 – 100
Cebola	15 – 16
Couve-flor	49
Repolho	37
Tomate	20 – 50

Fonte: CHITARRA e CHITARRA (2005)

As perdas ocorrem em razão de depreciação da qualidade dos produtos, devido à deterioração, causada principalmente por amassamentos, cortes, podridões (VILELA et al., 2003) e pela ação de agentes externos como pragas e doenças. Os principais fatores que determinam essas depreciações são manuseio, transporte e armazenamentos inadequados (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Tabela 2.3. Principais causas e meios de controle de perdas em produtos perecíveis de origem vegetal.

Produto	Causas de Perdas	Meios de Prevenção
Frutas e Hortaliças	Esmagamento	Colheita e manuseio cuidadosos, embalagem protetora.
	Apodrecimento	Manter a casca intacta, boa sanificação, armazenamento a frio, uso de fungicidas.
	Senescência	Armazenamento a frio, comercialização imediata, processamento em produto estável.
	Murchamento	Manter em ambiente com elevada umidade relativa.
	Apodrecimento	Manter a casca intacta, promover suberização, boa sanificação, armazenamento a frio, uso de fungicidas.
Raízes e Tubérculos	Brotamento	Armazenamento a frio, aplicação de agentes químicos anti-brotamento, colheita e manuseio cuidadosos, acondicionamento protetor.
	Senescência	Comercialização imediata, armazenamento a frio, processamento em forma estável.

Fonte: CHITARRA e CHITARRA (2005)

As causas primárias de perdas, aquelas que afetam diretamente o alimento, são classificadas nos seguintes grupos: biológicas, microbiológicas, químicas, reações bioquímicas, mecânicas, físicas, fisiológicas e psicológicas.

As injúrias mecânicas, determinadas por diferentes tipos de lesões (cortes, abrasões, rupturas, amassamentos e quedas), são o principal motivo de perdas pós-colheita para muitos frutos e hortaliças e acontecem, principalmente, por manuseio indevido do produto, em qualquer etapa de seu tempo de vida, desde a colheita até a comercialização.

Cortez e Jorge (2001) avaliaram a influência do tipo de embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates ‘Santa Clara’ durante transporte e manuseio. Para a pesquisa utilizaram dois tipos e tamanhos diferentes de caixas plásticas, dois tipos de caixa de papelão e a caixa K de madeira. Concluíram, então, que a caixa de papelão ondulado, de menor tamanho foi a que mais protegeu os tomates contra injúrias mecânicas (vibração, impacto ou choque). Ao contrário, a caixa K foi responsável pelos danos mais significativos.

Grande número de produtos hortícolas apresenta problemas de injúrias mecânicas. Algumas frutas e hortaliças, por terem elevado teor de água e estrutura muito delicada, como pêra e mamão, por exemplo, acabam sendo altamente suscetíveis a todo tipo de ferimento. Outros produtos são mais resistentes, mas pelo fato de serem submetidos ao transporte e ao armazenamento por longo período de tempo, a manutenção de sua integridade física é muito importante (SOUZA; HENZ; PEIXOTO, 2003).

As injúrias causadas nos tecidos modificam a atividade fisiológica do produto. Elas promovem freqüentemente o rompimento das células da epiderme, causando o desencadeamento de reações enzimáticas que promovem o surgimento de compostos de coloração marrom, esses responsáveis pela depreciação do produto (RADI et al., 1997; SAMIM; BANKS, 1993 apud MATTIUZ; DURIGAN, 2001). Tais injúrias promovem também o aumento de doenças pós-colheita, o aumento na taxa de respiração e na síntese de etileno, além de alterações na cor, aroma, sabor e textura, o que torna os produtos mais perecíveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Alguns autores³ afirmam que as perdas mecânicas podem ser reduzidas a um nível aceitável se todo o sistema de manuseio pós-colheita for avaliado desde a colheita até o consumidor. Porém, o que se observa é que essas perdas são freqüentemente negligenciadas.

Além disso, outros fatores devem ser considerados. As hortaliças folhosas, por exemplo, apresentam elevada taxa de transpiração com conseqüente e rápido murchamento, principalmente em ambientes com temperatura elevada. Essa característica, normalmente é ignorada, uma vez que tais produtos são comercializados diretamente do produtor ao varejista sem nenhum pré-resfriamento ou outro tratamento que aumente o seu tempo de vida. Assim, pela deficiência no manuseio e/ou ausência de condições adequadas de armazenamento, as perdas são elevadas e inevitáveis nesse tipo de produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nos países em desenvolvimento, a elaboração de planos para redução de danos e perdas de produtos hortícolas nem sempre é apropriada e sua aplicação raramente é bem sucedida, já que o produto fresco ou perecível é freqüentemente manuseado da mesma

³Peleg (1985); Sargente (1995 apud SOUZA; HENZ; PEIXOTO, 2003).

forma que o durável. Isso ocorre porque as soluções para muitos problemas de manuseio, embalagem e armazenamento estão ligadas a fatores educacionais e sociológicos. Assim, qualquer planejamento para redução de perdas deve ser fundamentado em mudanças culturais e estruturais ao longo da cadeia de comercialização.

2.3 QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Para Shewfelt (1999), embora o termo qualidade seja freqüentemente utilizado nos estudos de pós-colheita de frutos e hortaliças, raramente ele é definido. Mas vale observar aqui que qualidade pós-colheita não é um atributo único e bem definido. Neste sentido, Chitarra e Chitarra (2005, p.541) observam que o termo qualidade é

[...] um conjunto de muitas propriedades ou características peculiares de cada produto hortícola. Engloba propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor, aroma), valor nutritivo e multifuncional decorrentes dos componentes químicos, propriedades mecânicas, bem como a ausência ou a presença de defeitos do produto.

Portanto, qualidade pode ser vista como ausência de defeitos ou como grau de excelência do produto, incluindo tanto atributos sensoriais, que são rapidamente percebidos pelos sentidos humanos, quanto atributos bem mais complexos de serem medidos, como segurança e nutrição (SHEWFELT, 1999; ABBOTT, 1999).

Os atributos de qualidade dos hortifrutis são divididos em grupos. Esses grupos são apresentados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4. Atributos de qualidade para os hortifrutis

Atributos	Componentes
Sensoriais	
Aparência	• Tamanho: dimensões, peso, volume • Forma: diâmetro longitudinal X transversal, uniformidade • Cor: intensidade, uniformidade • Brilho: lustre, aparência externa • Defeitos: externos e internos (morfológicos, físicos X mecânicos, fisiológicos, patológicos, entomológicos)
Textura	• Firmeza, dureza, maciez, fragilidade, suculência, granulosidade, resistência e fibrosidade
Sabor e Aroma	• Doçura, acidez, adstringência, amargor, aroma (voláteis), sabores e odores estranhos
Rendimento	• Relação entre casca: polpa: caroço • Volume de suco, número de sementes (laranja) • Índice tecnológico (suco: sólidos solúveis)
Valor nutritivo	• Carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas, minerais
Segurança	• Substâncias tóxicas naturais, contaminantes (resíduos, metais), micotoxinas, microorganismos patogênicos

Fonte: CHITARRA e CHITARRA (2005)

Apesar de métodos para medir a qualidade e seus atributos estarem sendo desenvolvidos e utilizados há séculos, o uso de instrumentos para este fim surgiu apenas há aproximadamente 90 anos. Porém, atualmente a ênfase não está mais no uso de métodos instrumentais tradicionais, mas no desenvolvimento de métodos de análises sensoriais e métodos instrumentais não destrutivos (ABBOTT, 1999).

Os pesquisadores, produtores e manipuladores pós-colheita normalmente analisam a qualidade sob a perspectiva do produto (métodos instrumentais), sendo esta descrita por atributos específicos dos frutos e hortaliças como quantidade de açúcar, cor ou firmeza. Muitos autores realizaram pesquisas que analisaram propriedades físicas (cor da casca, firmeza do produto e tamanho, por exemplo) e/ou químicas (como quantidade de sólidos

solúveis, acidez titulável e pH) de frutas e hortaliças na tentativa de determinar sua qualidade e facilitar seu controle⁴.

Já os consumidores, vendedores e economistas normalmente analisam a qualidade sob a perspectiva do consumidor (métodos sensoriais), esta delineada pelas vontades e necessidades dos consumidores. Isso significa que a qualidade é definida a partir da perspectiva do observador (SHEWFELT, 1999). Alguns pesquisadores começam a analisar a qualidade sob esse aspecto, realizaram uma avaliação sensorial de determinados atributos de qualidade em diferentes frutas para tentar relacionar as medidas instrumentais da qualidade com a percepção sensorial que reflete as preferências dos consumidores⁵.

Ambas as perspectivas têm pontos fortes e limitações. A qualidade sob a perspectiva do produto tem como ponto forte o fato de ser rapidamente definida e claramente entendida. Por esta razão as medidas instrumentais são normalmente preferidas à avaliação sensorial nas situações comerciais e nas pesquisas, uma vez que reduzem as

⁴ Dentre os pesquisadores das propriedades físicas e/ou químicas das frutas e hortaliças, é possível citar Schouten e outros (1997) que investigaram a cor de pepino (*Cucumis sativus* L.). Chaves e outros (1998) avaliaram a produção de etileno de tomates (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). De Marchi e outros (2000) analisaram maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) quanto ao tamanho, cor da casca e da polpa, rendimento de extração da polpa, teor de sólidos solúveis totais, pH, acidez total e teor de vitamina C. Hertog, Nicholson e Banks (2001) estudaram a produção de CO₂ e variação da firmeza de maçãs. Lana, Tijsskens e Van Kooten (2005) analisaram a firmeza de tomate cv. 'Belissimo'. Moretti e Pineli (2005) investigaram perda de massa, firmeza, cor da casca e quantidade de sólidos solúveis de beringelas (*Solanum melongena* L.). Muskovics e outros (2006) investigaram firmeza, cor da casca, tamanho, esfericidade, peso e perda de umidade. Jha, Kingsly e Chopra (2006) pesquisaram mudanças no tamanho, esfericidade, sólidos solúveis, cor da casca e firmeza de manga. Lucena (2006) mediram tamanho, perda de umidade, cor da casca, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, pH, amido, açúcares solúveis, vitamina C, dentre outros, para mangas 'Tommy Atkins'. Camargo, Tadini e Sabato (2007) avaliaram firmeza, quantidade de sólidos solúveis, acidez titulável e cor da casca de mamão (*Carica papaya* L.). Hertog e outros (2007) analisaram a mudança de cor de tomates cv. 'Tradiro'. Schouten e outros (2007a) pesquisaram cor e firmeza de tomate. Valero, Crisosto e Slaughter (2007) mediram a firmeza de pêssego, nectarina e ameixa. Ismail e outros (2008) avaliaram quantidade de açúcar, umidade, proteínas, cinzas e firmeza de duas variedades de tâmaras.

⁵ É o caso de Harker e outros (2002) que investigaram a relação entre a avaliação instrumental e sensorial da textura de maçã. Pelayo, Ebeler e Kader (2003) analisaram a taxa de respiração, produção de etileno, cor, firmeza, sólidos solúveis, acidez titulável, ácidos orgânicos, dentre outros, além de realizarem análise sensorial investigando adstringência, doçura, firmeza, aroma e amargor. Mehinagic e outros (2004) avaliaram a textura e o sabor de três diferentes variedades de maçãs através de análise sensorial e instrumental. Pinto (2005) pesquisou perda de massa fresca, cor, firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, produção de CO₂ e etileno e realizaram análises sensoriais de atributos como cor, textura e sabor de pêssegos. Pre-Aymard e outros (2005) investigaram firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez titulável de maçã cv. 'Anna'. Schouten e outros (2007b) mediram cor e firmeza e realizaram análise sensorial em tomates, classificando-os como aceitáveis ou não para consumo quanto a cor e a firmeza. Billy e outros (2008) caracterizaram a textura de duas variedades de maçã, utilizando métodos de análise sensorial e instrumental. Saftner e outros (2008) realizaram análise, de doze variedades de mirtilo, de cor da casaca, tamanho, firmeza em compressão, sólidos solúveis, pH, acidez titulável, concentração de aromáticos voláteis, além de análise experimental avaliando, dentre outros, a intensidade de dor, suculência, doçura, sabor, aceitabilidade de aparência, cor, tamanho, balanço entre doçura e acidez e consistência durante a mastigação.

variações no julgamento entre indivíduos (ABBOTT, 1999). As mudanças na qualidade podem ser definidas como uma função do tempo e diretamente relacionadas com as mudanças fisiológicas, como mudanças na taxa de respiração durante manipulação e armazenamento. Além disso, a qualidade é normalmente medida com instrumentos analíticos e os dados podem ser prontamente analisados com os resultados rapidamente reproduzidos. Por outro lado, não é possível determinar, por exemplo, se as diferenças significativas observadas na aparência pelo tratamento são também detectadas pelos consumidores, muito menos se elas levam a mudanças no comportamento de compra. Cabe aqui lembrar que essa perspectiva não é capaz de acompanhar a rapidez com que as mudanças acontecem nos desejos e expectativas dos consumidores (SHEWFELT, 1999).

No que se refere à perspectiva do consumidor, esta requer um entendimento do comportamento daqueles que vão consumir os produtos. Assim, estudos realizados sob esse parâmetro preocupam-se menos em como medir um atributo de qualidade específico (como os medidos na perspectiva do produto) e centram-se em como medir as percepções e comportamentos humanos. Estudos qualitativos do consumidor podem ser usados para identificar atributos de qualidade que são responsáveis pela aceitabilidade de determinado produto, já que apenas pessoas podem julgar a qualidade. Porém, essa perspectiva também possui suas limitações. O consumidor é freqüentemente visto como um monólito com preferências consistentes, mas na realidade as preferências dos consumidores variam grandemente de uma cultura para outra, de um consumidor para outro em uma mesma cultura, ou ainda em um mesmo consumidor dependendo de muitos fatores, incluindo o humor (PRUSSIA; SHEWFELT, 1993).

2.3.1 Métodos de avaliação da qualidade

A qualidade de frutos e hortaliças pode ser determinada utilizando métodos de avaliação da cor, firmeza, quantidade de sólidos solúveis e da acidez titulável, por exemplo.

2.3.1.1 Cor

A aparência visual de frutos e vegetais frescos é uma das primeiras avaliações da qualidade feitas pelo comprador. Normalmente ela é fator determinante, juntamente com o preço, para o consumidor adquirir esses produtos. Uma das formas mais utilizadas para a

avaliação da qualidade é a percepção da cor, que depende do tipo e intensidade de luz, características físicas e químicas dos produtos e das habilidades das pessoas em caracterizar a cor (MITCHAM; CANTWELL; KADER, 1996).

A avaliação da cor pode ser subjetiva ou objetiva. Se na primeira, os olhos humanos são utilizados para avaliar a cor, a segunda requer um instrumento, que pode ser um colorímetro. Este é usado para fornecer o valor de uma cor específica baseado na quantidade de luz refletida da superfície do produto ou da luz transmitida pelo mesmo.

A avaliação subjetiva possui a vantagem de ser mais rápida, fácil e menos custosa que a objetiva e não necessita de equipamentos especializados. Porém, os resultados variam consideravelmente devido a diferenças na percepção da cor pelas pessoas e por erros humanos. Além disso, a intensidade e tipo de luz do ambiente podem influenciar na percepção da cor.

No caso da avaliação objetiva, as vantagens são, logicamente, menor variabilidade na avaliação e captação inclusive de pequenas diferenças na cor. Entre as desvantagens estão, principalmente, o custo dos equipamentos e a maior lentidão nos resultados.

2.3.1.2 Firmeza

Um dos critérios mais importantes para a avaliação da qualidade de frutos e hortaliças é a firmeza, pois ela está diretamente relacionada com o desenvolvimento e amadurecimento do produto (KETELAERE, et al., 2004).

A firmeza de um produto é normalmente avaliada usando instrumentos objetivos. Medidas subjetivas, utilizando os dedos, podem ser úteis para análises rápidas de diferenças grosseiras na firmeza (MITCHAM; CANTWELL; KADER, 1996).

Tipicamente a firmeza diminui durante o amadurecimento de frutos e hortaliças. Em materiais vegetais, nos quais ocorre degradação de componentes da parede celular durante o amadurecimento, os equipamentos de medida da firmeza encontram maiores usos em laboratórios e no controle da qualidade da matéria prima.

Avaliações na firmeza podem ser vantajosas para a maioria dos frutos, como melão, pimentão, cenoura e batata, mas, para verduras, como alface, por exemplo, devido à estrutura de suas folhas, é difícil obter uma avaliação padrão.

Testes mecânicos da firmeza, que incluem punção e compressão, geralmente são realizados com velocidades relativamente baixas, típicas dos instrumentos utilizados para a prática das medidas. Os testes de compressão e punção em hortifrutis podem ser efetuados com varias sondas, em diferentes velocidades de teste, dependendo do objetivo da medida (ABBOTT, 1999).

Curvas típicas de força versus deformação (F/D) são utilizadas para análise dos dados. A Figura 2.2 apresenta uma curva F/D para determinada variedade de maçã sob uma taxa de compressão constante. A parte inicial da curva representa uma deformação elástica não-destrutiva. A partir desta parte, as células começam a se romper, havendo um ponto onde ocorre notável mudança na curva, chamado ponto de ruptura. Depois da ruptura, a força pode aumentar novamente, se manter constante ou diminuir conforme a deformação aumenta. Depois de atingir o ponto de deformação máxima, a sonda começa a se retirar e a força diminui até que seu contato com a fruta seja perdido. As curvas F/D dos testes de punção são semelhantes às curvas de compressão, exceto pelo fato delas normalmente terminarem no ponto de deformação máxima.

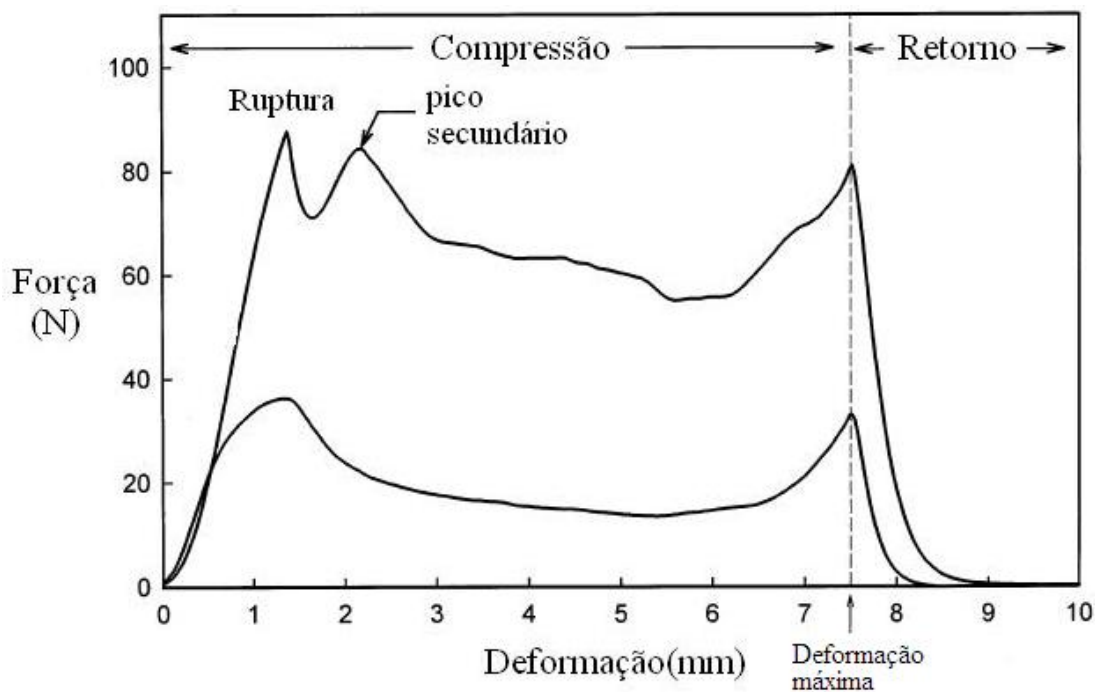


Figura 2.2. Curva F/D para corte cilíndrico de maçã (10 mm altura x 15 mm diâmetro) de frutas firmes e macias sob velocidade de compressão constante (0,42 mm/s) (ABBOTT, 1999).

2.3.1.3 Sólidos Solúveis

Açúcares são os principais sólidos solúveis encontrados em frutos e, portanto, as medidas de sólidos solúveis podem ser utilizadas para se fazer uma estimativa da quantidade de açúcar presente nesses produtos. Porém, ácidos orgânicos, aminoácidos, compostos fenólicos e pectinas solúveis também contribuem para os sólidos solúveis (MITCHAM; CANTWELL; KADER, 1996).

A quantidade de sólidos solúveis presente em determinado fruto pode ser determinada com a utilização de um refratômetro. O refratômetro mede o índice de refração, indicando a quantidade de feixe de luz que irá ser desviado quando passar pelo suco da fruta. O uso de um refratômetro digital remove potenciais erros dos operadores na leitura dos valores. Para a leitura, deve-se extrair o suco da fruta, lembrando que pode ser necessário o uso de um filtro para a remoção da polpa. A temperatura do suco é um fator crítico para a eficiência da medida, pois todos os materiais tornam-se menos densos quando quentes. Porém, bons refratômetros possuem uma compensação de temperatura ou, ao menos um termômetro acoplado ao aparelho para que o operador possa fazer as correções necessárias.

2.3.1.4 Acidez Titulável

A acidez titulável (AT) pode ser determinada titulando-se um volume conhecido de suco de fruta com NaOH (hidróxido de sódio) 0,1 N utilizando-se um indicador fenolftaleína. Com a quantidade de NaOH necessária, calcula-se a AT através da relação apresentada na equação (2.1):

$$AT = \frac{V(NaOH).N'(NaOH).meq.100}{V(suco)} \quad (2.1)$$

onde, $V(NaOH)$ é o volume de NaOH, $N'(NaOH)$ é a normalidade do NaOH utilizado, meq é o fator miliequivalente do ácido predominante na fruta e $V(suco)$ é o volume de suco de fruta utilizado na titulação (MITCHAM; CANTWELL; KADER, 1996).

2.4 APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CERAS OU EMULSÕES DE CERAS

Os frutos e hortaliças, depois da colheita, necessitam da aplicação de cuidados especiais, visando a manutenção de sua qualidade. Para tal, existem numerosos tratamentos adicionais, além do controle das condições ambientais, que podem ser aplicados durante o armazenamento. Esses tratamentos são de grande valor no controle de doenças e pragas, bem como na manutenção das características externas (aparência) e internas (composição) do produto. Dentre estes tratamentos, Chitarra e Chitarra (2005) citam o uso de ceras ou coberturas superficiais.

As ceras ou emulsões de ceras, quando usadas como cobertura superficial em frutos e hortaliças, reduzem a perda de umidade e retardam o enrugamento, podendo ainda melhorar a aparência do produto, conferindo ao mesmo maior brilho superficial, o que normalmente é apreciado pelo consumidor.

Um ponto crítico em sua aplicação é a espessura, pois se muito fina, não apresenta efeito contra a perda de umidade, e se muito espessa, pode favorecer o aparecimento de doenças e o colapso interno do produto devido à anaerobiose. Como sua aplicação pode ser associada ao aumento do ataque de fungos, ela pode ser utilizada em conjunto com fungicidas para retardar a deterioração, o que foi realizado por Darvas, Kotze e Wehner (1990) em frutos de abacate e por Gupta e Gupta (1992) em maçãs da variedade ‘Golden Delicious’. A aplicação de ceras também pode ser utilizada com fitormônios para inibir o brotamento, ou em conjunto com preservativos químicos (emulsificantes, umectantes, polietileno, resina sintética, etc.).

2.4.1 Tratamento com cera a base de carnaúba

A cera a base de carnaúba é obtida a partir de uma palmeira brasileira e vem sendo testada em frutos e hortaliças. Por não ser tóxica, pode ser aplicada em produtos dos quais também se consome a casca. Sua aplicação, segundo Hagenmaier e Backer (1994), citados por Jacobino e outros (2003), confere brilho e reduz a perda de matéria fresca dos frutos, além de ser facilmente removível com água.

Jacomino e outros (2003) estudaram o efeito da cera de carnaúba sobre diversos aspectos da qualidade de goiabas mantidas a 25 °C durante seis dias. As frutas tratadas com cera de carnaúba MEGHWAX ECF-100 apresentaram ao sexto dia podridão 25% menor do que o controle e 100% de firmeza a mais da polpa em relação ao controle.

Da mesma forma, Ribeiro e outros (2005) avaliaram os efeitos de coberturas de cera de carnaúba Premium citrus[®] na conservação de goiabas ‘Paluma’, armazenadas sob refrigeração e em condições ambientes por doze dias. A aplicação de cera de carnaúba diminuiu a perda de massa e a degradação de clorofila das goiabas. Contudo, sua aplicação propiciou aumento de vida útil apenas para as frutas mantidas sob condição ambiente, dispensando o uso do revestimento para frutas mantidas sob refrigeração.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são apresentadas as metodologias empregadas para o desenvolvimento do modelo matemático utilizado na otimização e também para a segunda etapa deste trabalho, de cunho experimental, em que foram realizadas análises de firmeza, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável em tomates do grupo cereja. Primeiramente é apresentada a descrição matemática do modelo desenvolvido e na sequência, a metodologia aplicada para a obtenção dos dados experimentais.

3.1 DESCRIÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO

Para o desenvolvimento do modelo matemático são necessários alguns dados que descrevem o espaço físico disponível, o volume de produto a ser estocado, as condições sob as quais os produtos devem ser mantidos e a localização destes dentro do depósito.

Conhecendo-se esse conjunto de informações, é possível determinar qual é a área nas acomodações do depósito, com específicas condições de armazenagem que determinado produto deve ocupar. Esta área específica foi denominada de “zona”, por Broekmeulen (1998). Em um depósito de supermercado existem basicamente duas zonas, o depósito externo, sujeita à temperatura ambiente, e a câmara de refrigeração, mantida a uma temperatura pré-estabelecida.

As seguintes hipóteses foram consideradas nesta primeira etapa do trabalho:

1. O tempo de estocagem e a temperatura são as únicas condições de estocagem que influenciam na diminuição do tempo de vida dos produtos.
2. A temperatura de estocagem depende da zona.
3. Os níveis de estoque e os modelos de mudança do tempo de vida são conhecidos para todos os produtos.

Define-se a variável de decisão x_{ij} para todo $i \in P$ e $j \in Z$:

$$\begin{cases} x_{ij} = 1 \text{ se o produto } i \text{ está designado para a zona } j \\ x_{ij} = 0 \text{ em qualquer outro caso} \end{cases}$$

Assim, o problema pode ser colocado na forma de uma programação mista inteira e linear (mixed integer linear programming - MILP). O problema, então, consiste em encontrar um plano de distribuição dos frutos e hortaliças que minimize a função custo (C) dada por:

$$C = \sum_{i \in P} \sum_{j \in Z} \frac{c_i \cdot s_i}{d_{ij}} x_{ij} + \sum_{i \in P} \sum_{j \in Z} \frac{b_{ij} \cdot c_i \cdot s_i}{d_{ij}} x_{ij} + \sum_{i \in P} \sum_{j \in Z} \frac{q_{ij} \cdot c_i \cdot s_i}{d_{ij}} x_{ij} + \sum_{j \in Z} a_j \cdot S_j \quad (3.1)$$

e que satisfaça as seguintes restrições:

1. Cada produto pode ser designado a apenas uma zona específica, para todo $i \in P$

$$\sum_{j \in Z} x_{ij} = 1 \quad (3.2)$$

2. A capacidade de estocagem da zona não pode ser excedida, para todo $j \in Z$.

$$\sum_{i \in P} s_i \cdot v_i \cdot x_{ij} \leq S_j \quad (3.3)$$

3. O tempo de permanência do produto i na zona j não pode exceder o tempo de vida deste produto, para todo $i \in P$ e $j \in Z$

$$d_{ij} \cdot x_{ij} \leq KQ_{ij(real)} \quad (3.4)$$

onde a variável do modelo é x_{ij} (variável binária) e todos os demais símbolos apresentados são parâmetros do modelo.

3.1.1 Discussão dos Parâmetros do Modelo

A função custo (C) depende de alguns fatores, os parâmetros do modelo. A seguir estes parâmetros serão discutidos.

3.1.1.1 Conjunto de Produtos (P)

Este conjunto engloba todos os frutos e hortaliças estudados e cada um deles recebe um índice i .

3.1.1.2 Conjunto de Zonas (Z)

O conjunto de zonas (Z) engloba todas as zonas j cada qual com condições específicas e uma capacidade física de armazenamento (S_j).

3.1.1.3 Custo de Armazenagem (a_j)

Todo produto a ser armazenado implica em gastos com energia, funcionários e limpeza, dentre outros, que somados representam o custo do armazenamento.

Manter uma câmara de refrigeração em funcionamento constante requer gasto extra de energia. Por este motivo, os custos para armazenamento no depósito e na câmara fria são diferentes.

3.1.1.4 Porcentagem de Perdas (b_{ij})

Existem muitos fatores, como transporte, manipulação dos produtos pelos funcionários do mercado e armazenamento inadequado que, somados, levam às perdas de mercadoria. Os valores das perdas são bastante elevados para alguns produtos. Os frutos e hortaliças são descartados quando sua qualidade ultrapassa o limite de aceitação pelo consumidor.

3.1.1.5 Custo de Aquisição (c_i)

O custo de compra é o preço pago por quilo de determinado produto, incluindo os gastos com transporte até a chegada ao supermercado. Este preço varia de produto para produto e ainda de acordo com a sazonalidade, oferta e demanda do mercado, assim como pela escassez provocada por alterações climáticas, as quais são imprevisíveis.

3.1.1.6 Tempo que o Produto Permanece Estocado (d_{ij})

Os produtos permanecem estocados por diferentes períodos de tempo. Esta variação ocorre porque alguns frutos e hortaliças possuem menor tempo de vida, sendo logo descartados se não forem comercializados, enquanto outros têm uma pequena procura, o

que aumenta o seu tempo de armazenamento. Visto que o custo de manutenção é calculado por dia, quanto maior o tempo de permanência dos produtos em estoque, maior será o gasto com armazenagem.

3.1.1.7 Diminuição do Tempo de Vida (q_{ij})

Dentre os parâmetros do modelo está q_{ij} , fração da qualidade inicial que é perdida se comparada com a estocagem em condições ideais para determinado produto. Este parâmetro é obtido através da seguinte relação:

$$q_{ij} = 1 - \frac{KQ_{ij(real)}}{KQ_{i(ideal)}} \quad (3.5)$$

onde $KQ_{ij(real)}$ e $KQ_{i(ideal)}$ são o tempo de vida do produto i na temperatura real de armazenamento e o tempo de vida do produto i em sua temperatura ideal, respectivamente.

O que define se um produto é aceitável para o consumidor é a sua qualidade e o nível de aceitação da pessoa que vai adquiri-lo. Enquanto a primeira depende das propriedades intrínsecas do produto, o segundo é sujeito a fatores sócio-econômicos e culturais. De acordo com Tijssens e Polderdijk (1996), esses dois aspectos determinam o tempo de vida de um produto.

Os autores acima citados desenvolveram uma formulação útil para o cálculo do tempo de vida de frutos e hortaliças. Eles mostraram que o tempo de vida é proporcional ao inverso da taxa de reação k , independente do mecanismo cinético da perda de qualidade do produto. Dessa forma, se torna possível a descrição do comportamento do tempo de vida como função da temperatura. Para Labuza (1984), as reações de perda de qualidade de alimentos podem ser descritas segundo a Lei de Arrhenius, onde taxas específicas de reações dependem da temperatura. A taxa de reação k pode ser aproximada por esta Lei:

$$k = k_{ref} e^{\frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{abs}} \right)} \quad (3.6)$$

Tijssens e Polderdijk (1996), afirmam que o valor positivo de E_A indica um decréscimo na taxa de reação com uma queda na temperatura.

Em muitos produtos hortícolas, o atributo de qualidade, que limita a aceitação do consumidor, muda de um atributo em certa temperatura para outro atributo em outra temperatura. Isto pode ser observado, por exemplo, em produtos sensíveis ao frio. Em tomates, por exemplo, mantidos a temperaturas constantes abaixo de 8 °C, o fator limitante geralmente é a cor, já quando a temperatura está acima de 13 °C, o fator limitante é a firmeza.

O tempo de vida proposto por Tijskens e Polderdijk (1996), sob condições constantes, pode ser representado por:

$$KQ = \frac{KQ_{ref}}{\sum_{n=1}^N k_{ref(n)} e^{\frac{E_{A(n)}}{R} \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_{abs}} \right)}} \quad (3.7)$$

em que N é o número de processos que contribuem para o tempo de vida, que normalmente não é maior que dois. O valor de $k_{ref(1)}$ (taxa de reação do primeiro componente na temperatura de referência) é igual a um. O numerador na equação (3.7), KQ_{ref} , representa a função qualidade dividida pela taxa de reação do primeiro componente, ou seja, $KQ_{ref} = f(Q) / k_{ref(1)}$, em que $f(Q)$ é a função qualidade (definida pelo tipo de cinética envolvida).

Nos sistemas de processo único, em que N é igual a um, KQ_{ref} representa o tempo de vida na temperatura de referência. Para uma mesma temperatura de referência, KQ_{ref} pode ser usado diretamente para comparar o tempo de vida de vários produtos. Já em sistemas de processos múltiplos, em que N é maior que um, KQ_{ref} representa o tempo de vida na temperatura de referência somente para o primeiro processo.

Admitindo $k_{ref(1)}$ igual a um, análises estatísticas se tornam possíveis sem a necessidade de informações sobre o tipo da função qualidade. Além disso, a expressão para o tempo de vida se torna praticamente independente do tipo de mecanismo cinético envolvido.

Através da equação (3.7) é possível obter outros dois parâmetros do modelo, o $KQ_{ij(real)}$ (tempo de vida do produto i na zona j) e o $KQ_{i(ideal)}$ (tempo de vida do produto i em sua temperatura ideal de armazenamento) utilizados no cálculo do parâmetro q_{ij} (equação 3.5).

Cálculo do KQ_{ref}

É possível determinar o tempo de vida de um produto a uma temperatura de referência (KQ_{ref}) utilizando métodos de avaliação da qualidade, que pode ser de medição de cor, firmeza e quantidade de sólidos solúveis, por exemplo (MITCHAM; CANTWELL; KADER, 1996).

A hipótese de que o tempo de vida de um produto é inversamente proporcional à soma das taxas de reação envolvidas na diminuição da qualidade deste produto, independente do mecanismo cinético e do número de atributos limitantes envolvidos foi testada para um número de produtos. Para uma temperatura de referência de 10 °C, utilizando a equação (3.7), Tijskens e Polderdijk (1996) estimaram os parâmetros para vários produtos hortícolas, os quais estão apresentados na Tabela 3.1. Primeiramente os dados foram analisados com $N = 1$. Quando a porcentagem de variância (R^2_{adj}) era menor que 80%, por exemplo, para produtos sensíveis ao frio, N era admitido como igual a dois e os dados eram reanalisados estimando $k_{ref(2)}$.

Tabela 3.1. Parâmetros utilizados no modelo

Produto	N	KQ_{ref} (dias)	$k_{ref(1)}$	$E_{A(1)}/R$ (K)	$k_{ref(2)}$	$E_{A(2)}/R$ (K)
Aipo	1	4,920	1	13518	-	-
Alface	1	2,762	1	11015	-	-
Alho-porro	1	5,311	1	14021	-	-
Ameixa	1	6,393	1	8634	-	-
Beterraba		75,740	1	21126	-	-
Cebola	1	99,570	1	6696	-	-
Cenoura	1	8,401	1	24076	-	-
Chicória	1	5,347	1	11283	-	-
Couve-flor	1	6,074	1	14944	-	-
Espinafre	1	2,523	1	8766	-	-
Mamão papaya	2	30,040	1	6387	0,5330	-21390
Morango	1	2,226	1	4492,1	-	-
Nabo	1	62,910	1	8285	-	-
Pepino	2	15,040	1	4343	0,6800	-19206
Pêssego	1	2,105	1	13301	-	-
Pimentão	2	11,800	1	15458	0,0648	-40449
Rabanete com folha	1	2,276	1	9313	-	-
Salsinha	1	5,099	1	12125	-	-
Tomate	2	26,510	1	9369	3,1500	-50697
Uva	1	33,500	1	13699	-	-

Fonte: TIJSKENS e POLDERDIJK (1996)

Este método é genérico e aplicável a produtos tanto de áreas moderadas quanto tropicais. Este modelo pode ser utilizado, portanto, para prever o tempo de vida dos frutos e hortaliças armazenados em um supermercado. A equação proposta foi implementada no software GAMS e foram realizadas diferentes otimizações que levaram em consideração diferentes temperaturas para a câmara e para o depósito, diferentes quantidades dos produtos adquiridos pelo supermercado e diferentes preços de aquisição para esses produtos, utilizando o solver CPLEX.

3.2 OBTENÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS: FIRMEZA, pH, SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL

Foram realizadas, além das otimizações computacionais, análises de firmeza, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável em tomates do grupo cereja. Para tanto, frutos, cultivados em uma propriedade rural da cidade de Umuarama – PR, foram colhidos das 7:50 h às 8:15 h do dia dez de março de dois mil e oito, com cores correspondentes ao estágio 3 da USDA (1991). A classificação de cor do tomate realizada pela USDA (1991) é apresentada no Anexo I.

Em seguida, os tomates foram transportados para o laboratório, selecionados e lavados em água corrente. Depois de secos, metade deles (4 kg) foi submetida à aplicação superficial de uma emulsão comercial de cera de carnaúba (Premium A[®], da BEN TE VI Empreendimentos Agroindustriais LTDA, Brasil) com 26% de sólidos solúveis. Esta aplicação foi realizada manualmente, de maneira a cobrir toda a superfície dos tomates com uma fina camada. Levando em consideração a informação de dosagem do fabricante (de 1,5 a 2 litros de cera por tonelada de fruta) e o peso médio dos tomates (8 gramas), uma gota da cera era aplicada em cada fruta e espalhada uniformemente com as mãos. Esta metodologia foi utilizada por Jacomino e outros (2003) para aplicação de cera em goiabas.

Os frutos, com e sem aplicação de cera, foram armazenados no escuro, em câmaras frigoríficas estabilizadas em quatro temperaturas diferentes: 5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C e 23 ± 3 °C. A umidade relativa das câmaras não foi controlada. Foram realizadas avaliações de pH (eletrodo combinado de pH com sonda de penetração - Digimed, modelo DME-CFI, São Paulo, Brasil), quantidade de sólidos solúveis (com uso de refratrômetro manual) e acidez titulável nos dias 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 10 e firmeza nos dias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 e 11.

No primeiro dia, as avaliações foram realizadas com tomates sem aplicação de cera logo depois de lavados e selecionados. As análises de pH, quantidade de sólidos solúveis (expresso em °Brix) e acidez titulável foram realizadas em triplicata e as análises de firmeza em quintuplicata. A acidez titulável foi determinada titulando-se aproximadamente 2 g de suco diluído em 50 mL de água destilada, com NaOH a

aproximadamente 0,1 N. A mesma foi expressa em percentagem, assumindo o ácido cítrico como ácido predominante no suco de tomate.

As análises de firmeza foram realizadas utilizando o texturômetro (TA-XT2i, Stable MicroSystems, Surrey, UK) com célula de carga de 25 kg. Foram analisados dois atributos de firmeza: compressão (aplicação da força perpendicularmente à superfície de contato) e punção (aplicação da força paralelamente à superfície de contato).

A força em compressão foi avaliada com um cilindro de polímero com diâmetro de 80 mm, sendo medida a força necessária para causar leve deformação de 10% nos tomates em relação à altura inicial deste fruto (simulando a deformação que os dedos dos consumidores causam nas frutas).

A punção, avaliada com um cilindro de aço inoxidável de 2 mm de diâmetro, mediu a força necessária para causar nos tomates uma deformação de 30%, em relação a sua altura inicial, promovendo a perfuração da casca e penetração na polpa. Inicialmente eram realizadas as medições de compressão e, em seguida, as de punção.

Os mesmos tomates utilizados nas análises de compressão eram utilizados nas análises de punção, visto que a compressão até 10% não promoveu uma deformação irreversível (intervalo linear elástico) dos tomates, avaliado através da relação linear entre a tensão e deformação. Para a compressão eram realizadas medidas em dois pontos opostos do tomate, mas para a punção era realizada apenas uma medida.

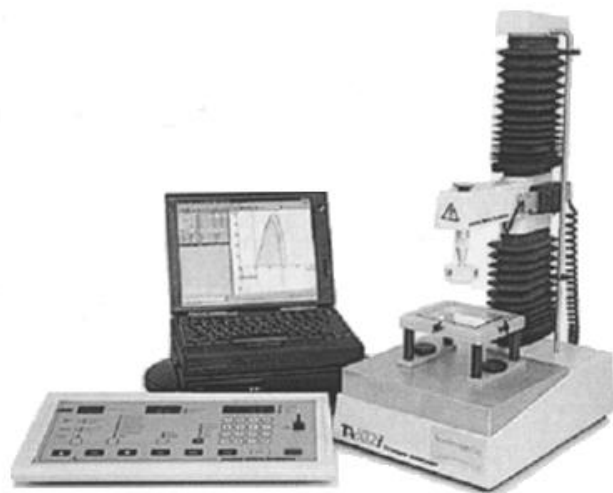


Figura 3.1. Modelo do equipamento utilizado para as medições de firmeza dos tomates (texturômetro TA-XT2i, Stable MicroSystems).

Os parâmetros para determinar a força de compressão e punção foram: velocidade de pré-teste, 3 mm/s; velocidade de teste, 1 mm/s; velocidade pós-teste, 10 mm/s. O limite de força inicial (*trigger force*) utilizado foi de 0,05 N (para evitar iniciar a leitura da força quando o cilindro tocasse em pequenas irregularidades da superfície dos tomates e permitir a acomodação da amostra sob o cilindro no início do teste). A taxa de aquisição de dados foi de 50 pps (pontos por segundo).

Para as análises de pH, sólidos solúveis e acidez total, foi utilizado o suco dos tomates, obtido por um extrator comercial de suco à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C).

Ao final do último dia do experimento, os tomates estavam com a aparência mostrada nas Figuras 3.2 a 3.9. Observa-se que os frutos, com e sem aplicação de cera, armazenados em todas as temperaturas estavam, ao final dos experimentos, com cores correspondentes ao estágio 6 (vermelho) da USDA (1991) (ver Anexo I). Os frutos estocados em 15 °C e 23 °C apresentavam uma cor vermelha mais intensa que os armazenados nas temperaturas de 5 °C e 10 °C, apesar de todos possuírem mais de 90% de sua superfície com cor avermelhada (o que os classifica como estágio 6 na classificação de cor da USDA).



Figura 3.2. Aparência dos tomates armazenados a 5 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.3. Aparência dos tomates armazenados a 5 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.4. Aparência dos tomates armazenados a 10 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.5. Aparência dos tomates armazenados a 10 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.6. Aparência dos tomates armazenados a 15 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.7. Aparência dos tomates armazenados a 15 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.8. Aparência dos tomates armazenados a 23 °C com aplicação de cera, ao final dos experimentos.



Figura 3.9. Aparência dos tomates armazenados a 23 °C sem aplicação de cera, ao final dos experimentos.

3.3 RELAÇÃO ENTRE AS ETAPAS DE OTIMIZAÇÃO E EXPERIMENTAL

Apesar de, no presente trabalho, as etapas de otimização e experimental terem sido realizadas separadamente, elas estão fortemente relacionadas.

Esse tipo de experimento realizado com os tomates pode ser utilizado para obtenção de parâmetros do modelo desenvolvido, como KQ_{ref} , $k_{ref(n)}$ e $E_{A(n)}$ e, conseqüentemente, para a inclusão de mais frutos e hortaliças no modelo.

Para a obtenção de KQ_{ref} é necessário armazenar o produto em temperatura constante e conhecida e verificar qual o tempo até que este se torne inaceitável para consumo.

A obtenção de $k_{ref(n)}$ e $E_{A(n)}$ é um pouco mais complexa. A perda de qualidade de um produto é normalmente medida pela análise de um ou mais parâmetros, que podem ser físicos, químicos, microbiológicos ou sensoriais (TAOUKIS; LABUZA, 1989). A variação com o tempo deste parâmetro, Q , pode ser expresso como:

$$\frac{d[Q]}{dt} = -k[Q]^n \quad (3.8)$$

onde n é a ordem de reação e k é a taxa de reação dada pela relação de Arrhenius apresentada na equação (3.6). Para temperaturas constantes, k pode ser encontrado através de uma relação linear:

$$f(Q) = k.t \quad (3.9)$$

onde $f(Q)$ é a função qualidade do produto. Sua forma, dependendo da ordem de reação, é mostrada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Função qualidade para diferentes reações.

Ordem de reação	Função qualidade $f(Q)_t$
0	$Q_0 - Q_t$
1	$\ln (Q_0 / Q_t)$
$n \neq 1$	$(Q_t^{1-n} - Q_0^{1-n}) / (n-1)$

Fonte: TAOUKIS e LABUZA (1989)

Para encontrar o valor de k deve-se plotar um gráfico de $f(Q)$ versus t e a inclinação da reta obtida é o valor da taxa de reação, como mostrado na figura a seguir.

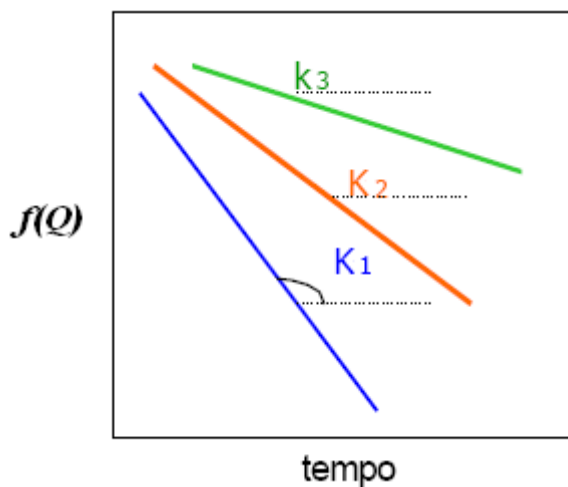


Figura 3.10. $f(Q)$ em função do tempo

Cada uma das retas apresentadas na Figura 3.10 corresponde a um experimento realizado a uma temperatura constante.

A dependência da taxa de reação com a temperatura é descrita pela equação de Arrhenius (equação 3.6). Dessa forma, um gráfico de $\ln(k)$ versus $1/T$ (Figura 3.11) deverá fornecer uma reta, cujo coeficiente angular é $-E_A/RT$.

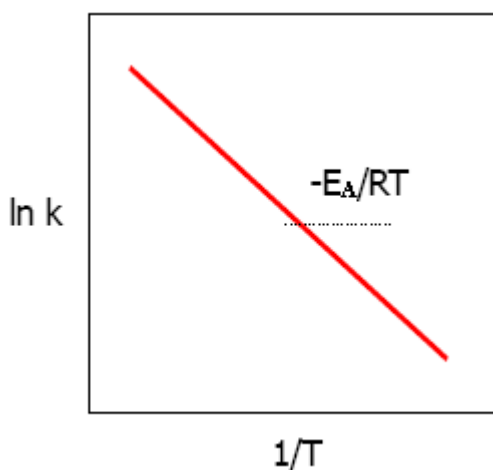


Figura 3.11. $\ln(k)$ versus $1/T$

Dessa maneira obtêm-se os parâmetros KQ_{ref} , $k_{ref(n)}$ e $E_{A(n)}$ necessários para adicionar novos produtos ao modelo.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentadas as análises dos resultados e as discussões referentes aos cálculos realizados com a otimização e as observações efetuadas nos experimentos com os tomates. Como as duas etapas deste trabalho foram realizadas separadamente, primeiramente são apresentados os resultados da otimização e, em seguida os resultados da etapa experimental. Na seqüência é apresentada uma síntese das duas partes.

4.1 OTIMIZAÇÃO UTILIZANDO O MOLDELO MATEMÁTICO

O modelo desenvolvido foi implementado no software GAMS[®] (Ver Apêndice III) e o solver utilizado foi o CPLEX. Foram realizadas otimizações usando a Equação (3.1) juntamente com as restrições representadas pelas Equações (3.2 – 3.4) que levaram em consideração diferentes temperaturas para as zonas, diferentes quantidades dos produtos adquiridos pelo supermercado e variados custos de aquisição para os mesmos. Inicialmente, os valores de $KQ_{ij(real)}$ e $KQ_{i(ideal)}$ foram obtidos pela Equação (3.7) e com os dados estimados por Tijskens e Polderdijk (1996). Os resultados obtidos são apresentados nas Figuras 4.1 a 4.4. O Apêndice IV mostra um exemplo de resultado fornecido pelo programa.

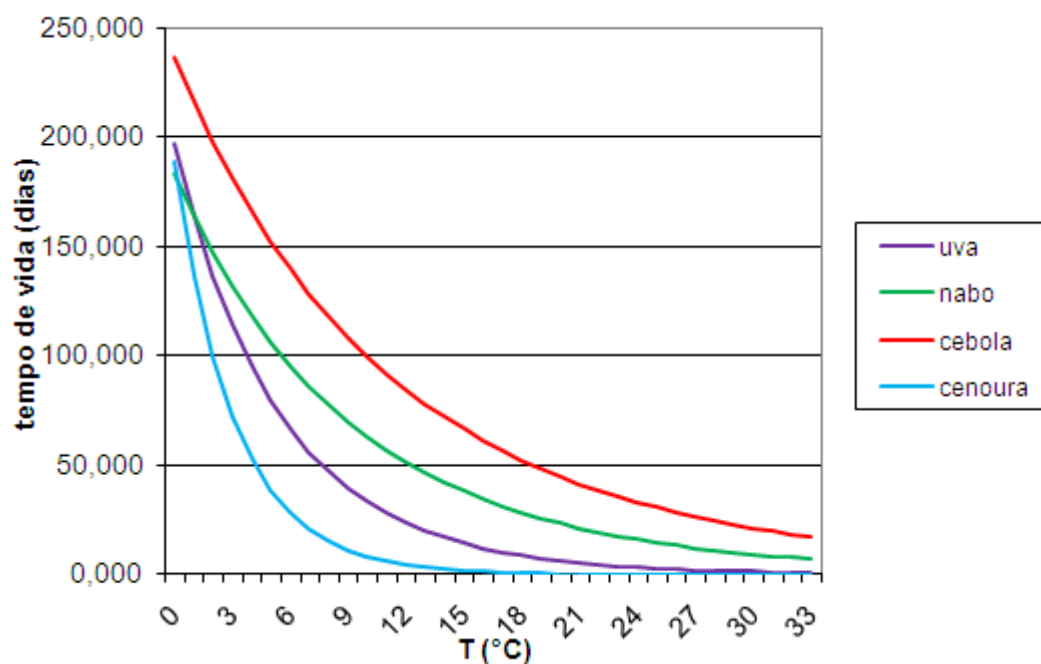


Figura 4.1. Variação do tempo de vida da uva, nabo, cebola e cenoura com a temperatura.

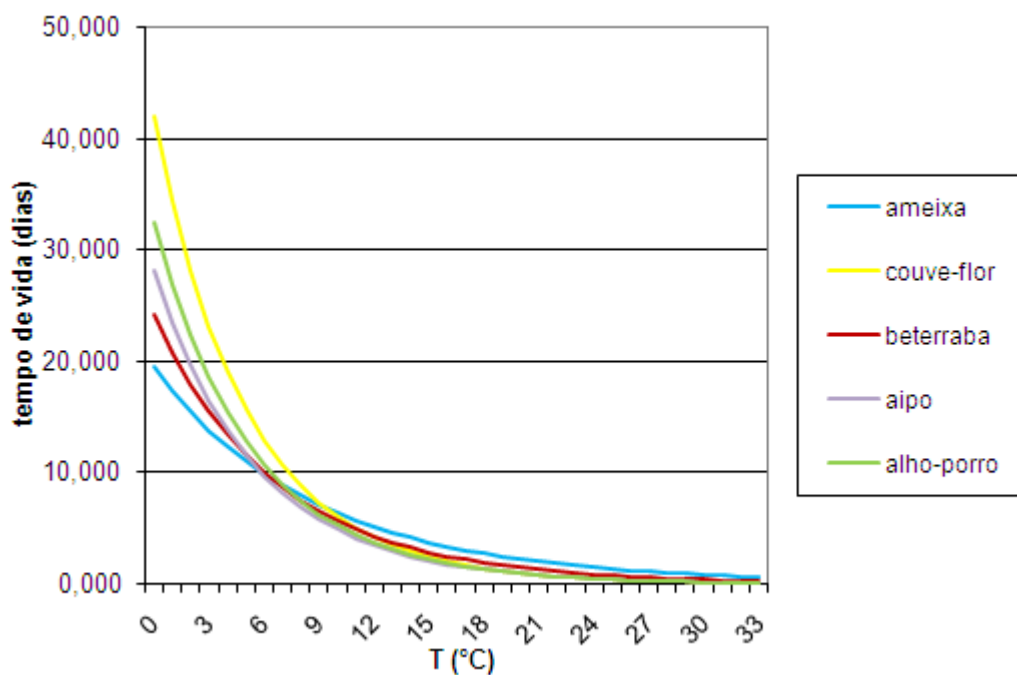


Figura 4.2. Variação do tempo de vida da ameixa, couve-flor, beterraba, aipo e alho-porro com a temperatura.

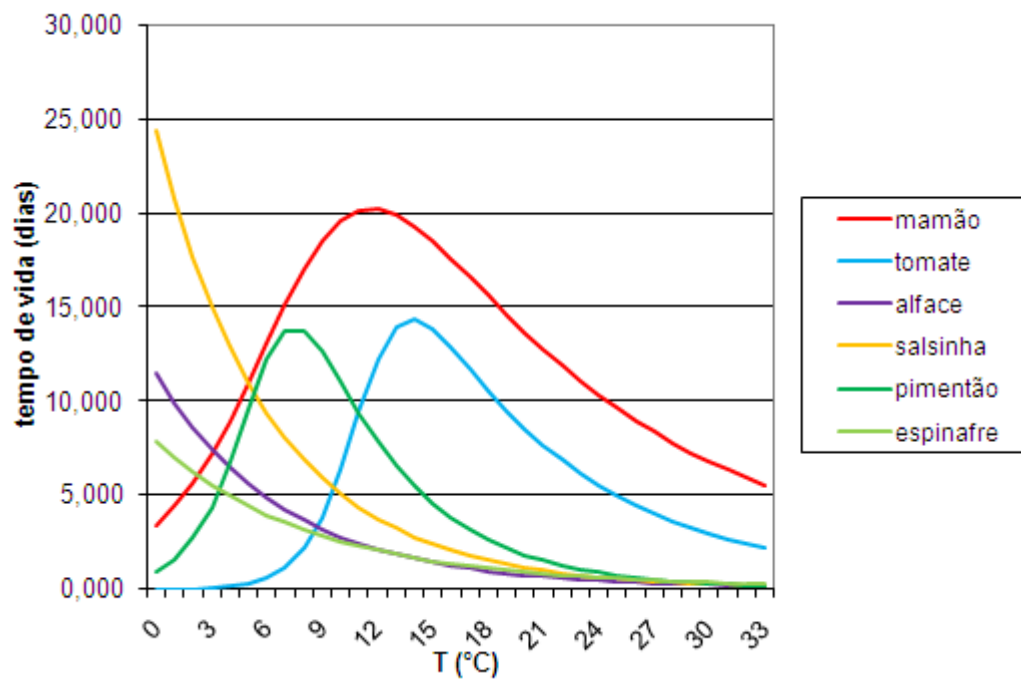


Figura 4.3. Variação do tempo de vida do mamão, tomate, alface, salsa, pimentão e espinafre com a temperatura.

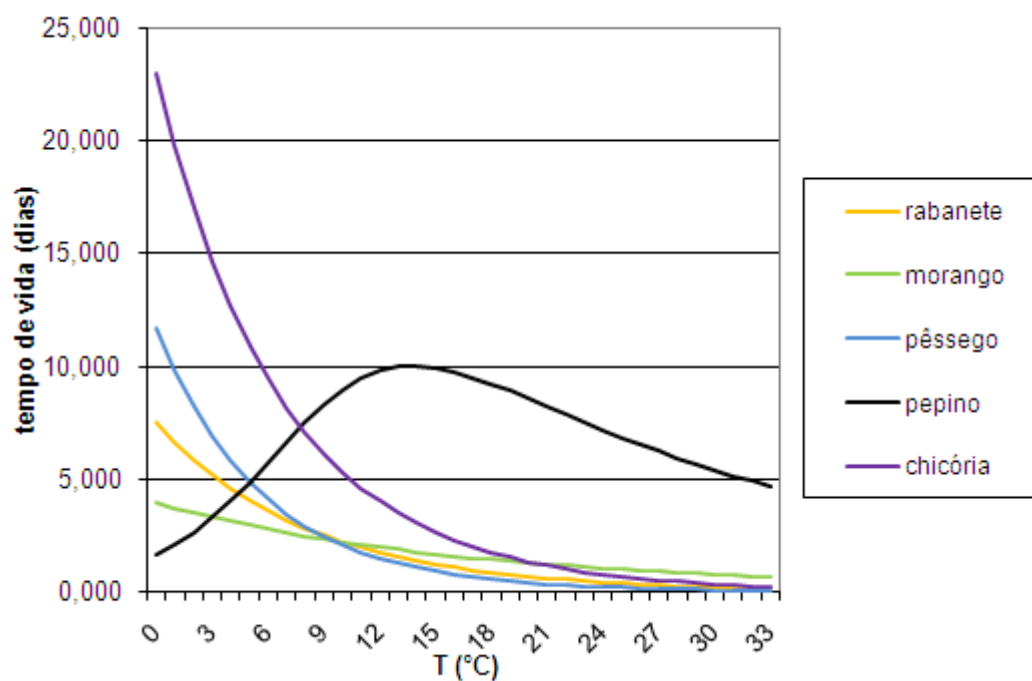


Figura 4.4. Variação do tempo de vida do rabanete, morango, pêssigo, pepino e chicória com a temperatura.

Observa-se pelas Figuras 4.1 a 4.4 que para frutos com número de processos igual a um ($N = 1$) o tempo de vida aumenta conforme a temperatura diminui. No entanto, para frutos com número de processos igual a dois ($N = 2$), tanto em baixas quanto em altas temperaturas, o tempo de vida é pequeno e aumenta conforme se aproxima da temperatura ideal de armazenamento⁶.

A partir dos valores de $KQ_{ij(real)}$ e $KQ_{i(ideal)}$ obtém-se a variação do fator de qualidade, q_{ij} com a temperatura através da Equação (3.5). Os resultados calculados estão representados pelas Figuras 4.5 a 4.8, considerando que a temperatura ideal de armazenamento do mamão é 12 °C, do tomate e pepino é 14 °C, do pimentão é 7,5 °C e dos outros produtos é 0 °C.

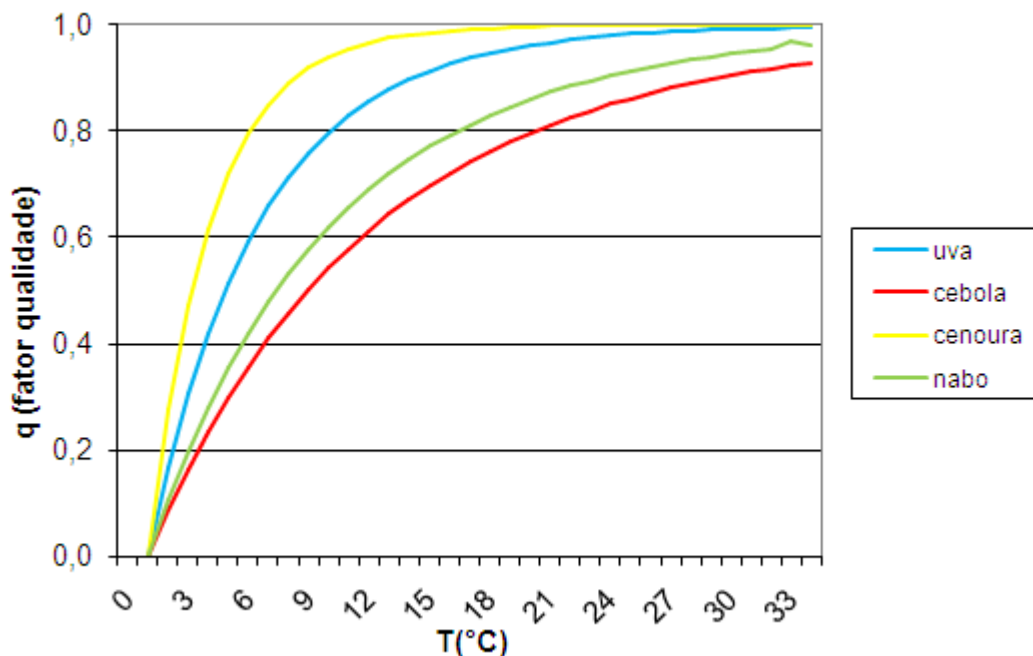


Figura 4.5. Variação do fator qualidade da uva, cebola, cenoura e nabo com a temperatura.

⁶ N é o número de processos que contribuem para o tempo de vida de um produto. $N = 1$ quando há apenas um processo limitando o tempo de vida do produto (normalmente a cor ou a firmeza) e quando $N = 2$, tanto a cor quanto a firmeza limitam a qualidade do produto.

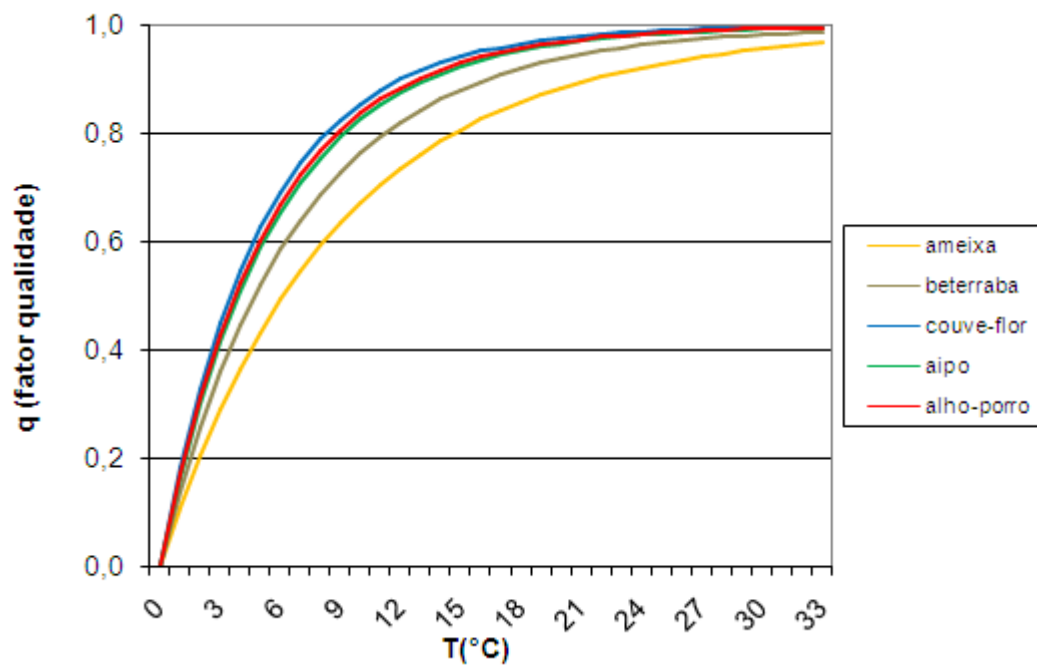


Figura 4.6. Variação do fator qualidade da ameixa, beterraba, couve-flor, aipo e alho-porro com a temperatura.

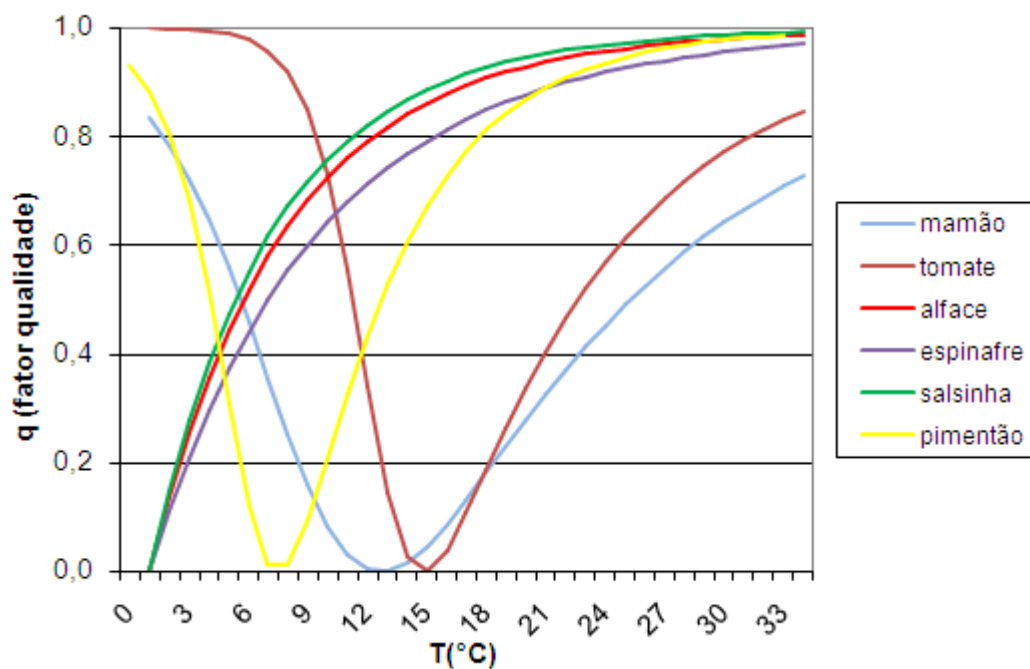


Figura 4.7. Variação do fator qualidade do mamão, tomate, alface, espinafre, salsinha e pimentão com a temperatura.

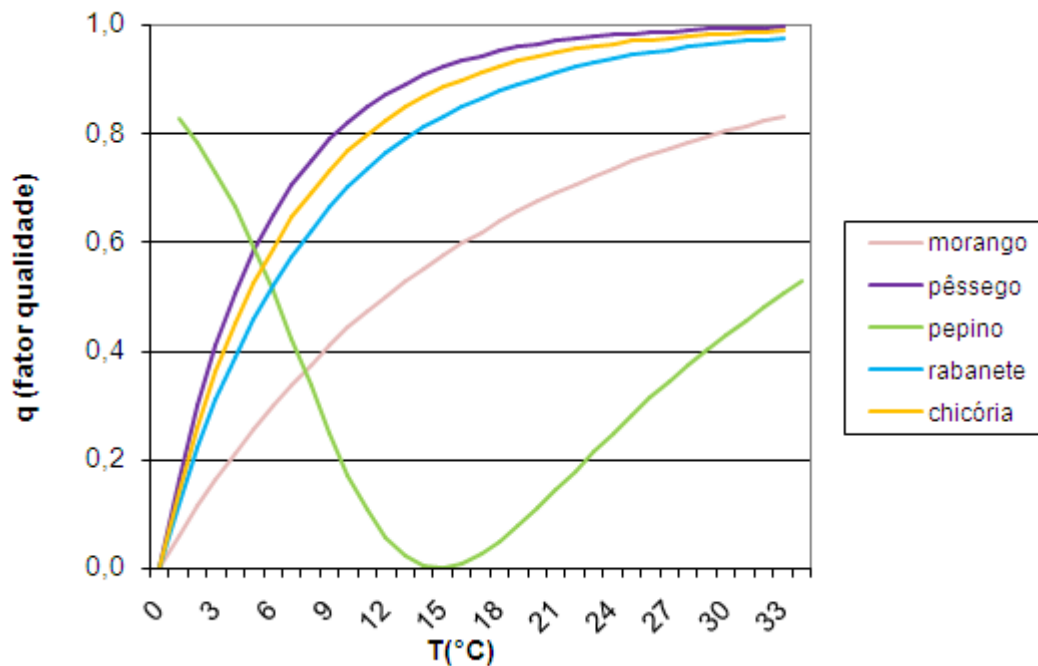


Figura 4.8. Variação do fator qualidade do morango, pêssego, pepino, rabanete e chicória com a temperatura.

A análise dos resultados demonstra que quando a temperatura real de armazenamento de cada fruto é igual à sua temperatura ideal (quando a curva do fator qualidade toca o eixo da temperatura), $q_{ij} = 0$, não há custo com a perda de qualidade deste produto.

O valor máximo que q_{ij} pode assumir é 1, e quanto maior esse valor, mais distante da idealidade o produto está sendo armazenado e maiores serão os custos referentes a sua perda de qualidade.

A ordem de prioridade dos produtos estudados para a permanência na câmara fria também foi avaliada. Para tanto, considerou-se que a quantidade de cada fruto era de uma caixa e aumentou-se a capacidade da câmara de caixa em caixa para observar qual produto entraria primeiro na câmara. Este procedimento foi realizado para várias combinações de temperatura da câmara (T_c) e temperatura do estoque (T_e), além de diferentes preços de aquisição dos produtos, considerando e não considerando a terceira restrição.

Os resultados da ordem de prioridade dos produtos para permanência na câmara fria estão mostrados nas Figuras 4.9 a 4.19. Isso desconsiderando a terceira restrição⁷, com T_c de 5 °C a 15 °C e com T_e de 10 °C a 33 °C, ambos variando de um em um grau. Os custos de aquisição dos produtos utilizados nestas otimizações foram de R\$ 1,00 para todos os produtos.

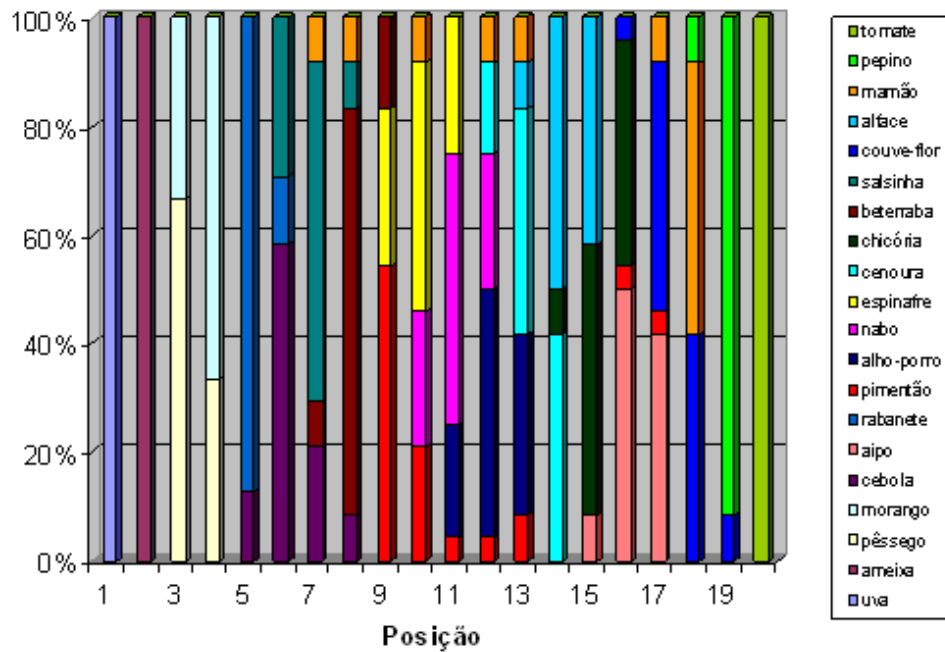


Figura 4.9. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=5^{\circ}\text{C}$ ⁸

⁷ De acordo com a terceira restrição, o tempo de vida de determinado produto em uma zona deve ser maior que o tempo mínimo de vida necessário a esse produto (considerado igual a um dia nas otimizações realizadas) para que não sejam armazenados produtos impróprios para o consumo.

⁸ Cada faixa do eixo x representa uma posição na ordem de prioridade dos frutos para ocuparem a câmara fria. O eixo y mostra a porcentagem de vezes que o produto ocupou cada posição, nessa temperatura para a câmara.

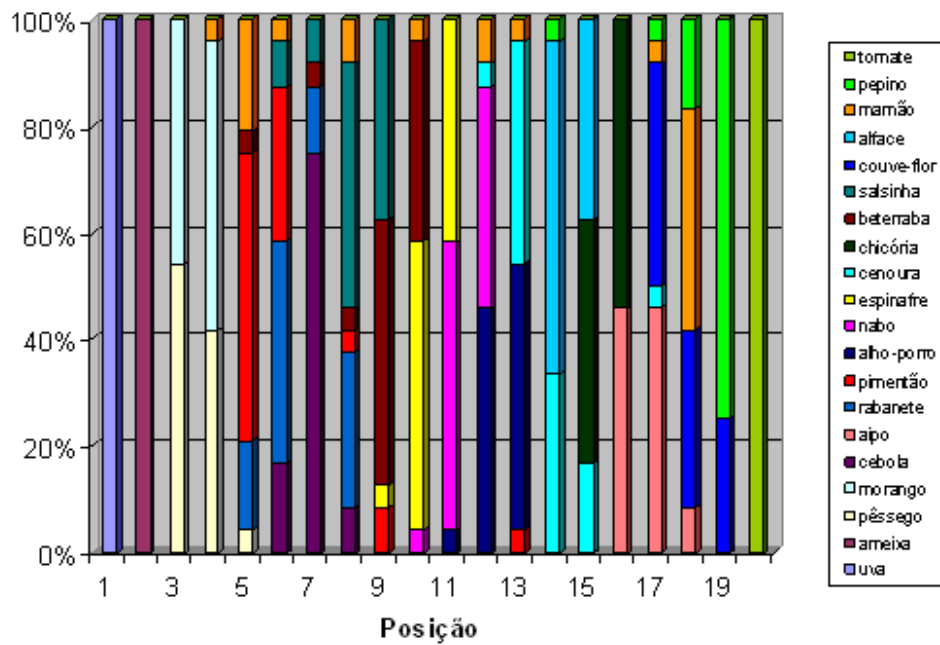


Figura 4.10. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 6^\circ\text{C}$

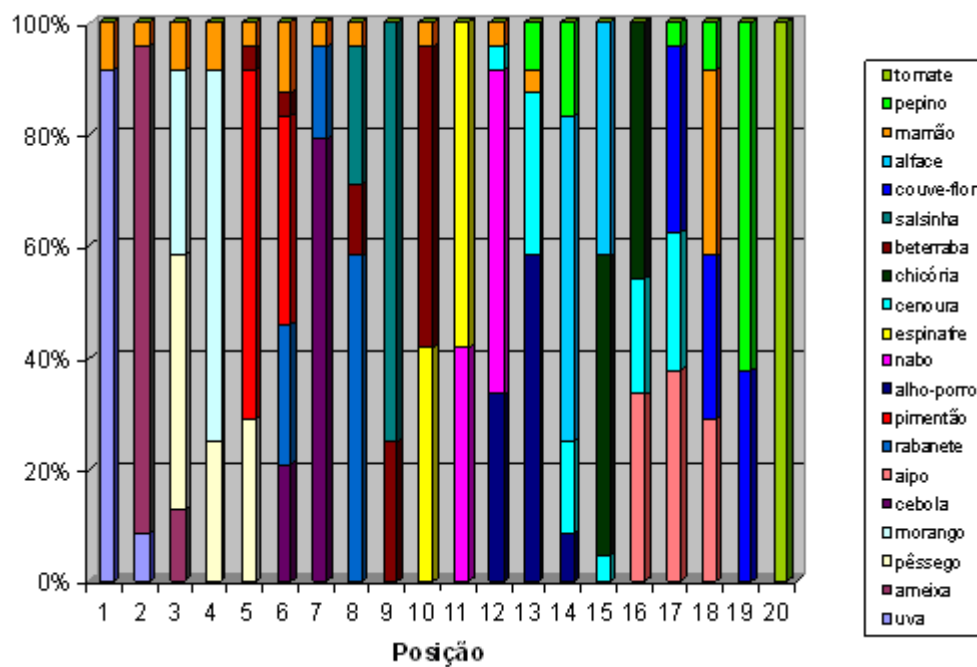


Figura 4.11. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c = 7^\circ\text{C}$

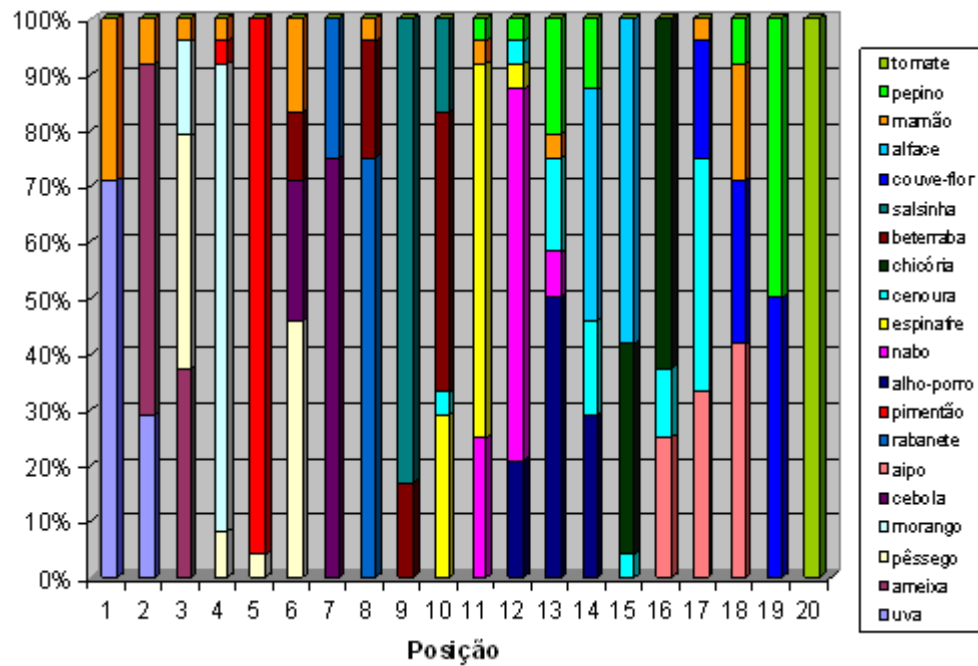


Figura 4.12. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=8^\circ\text{C}$

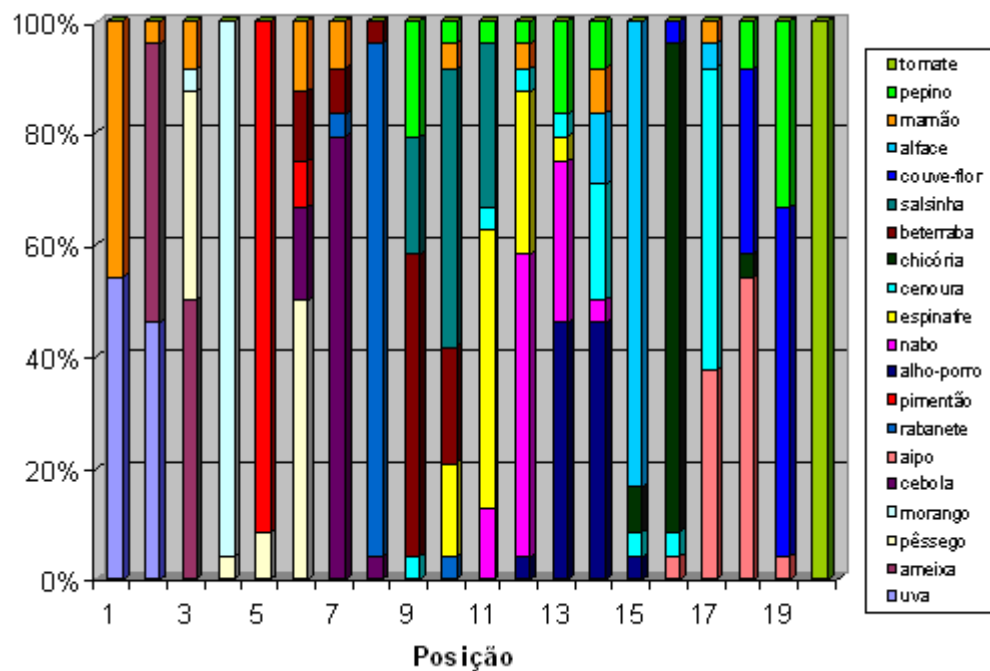


Figura 4.13. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=9^\circ\text{C}$

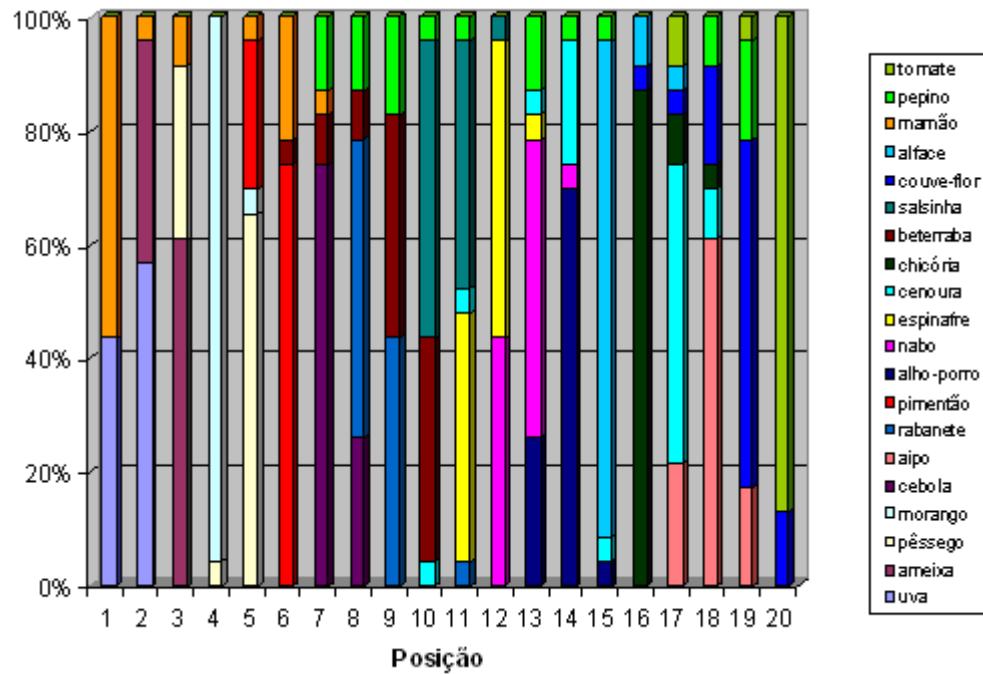


Figura 4.14. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=10^\circ\text{C}$

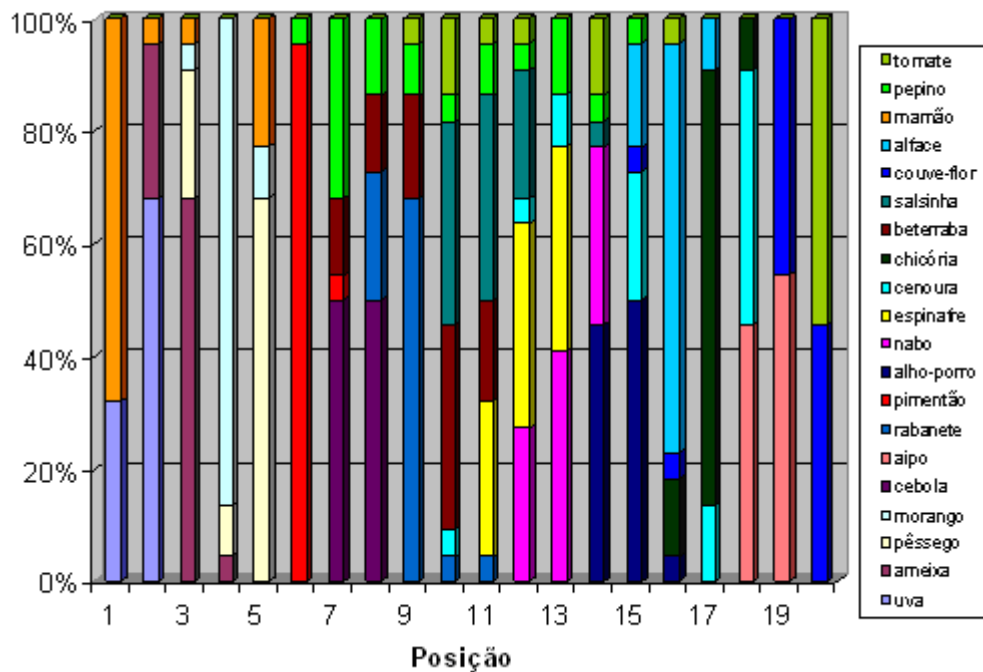


Figura 4.15. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=11^\circ\text{C}$

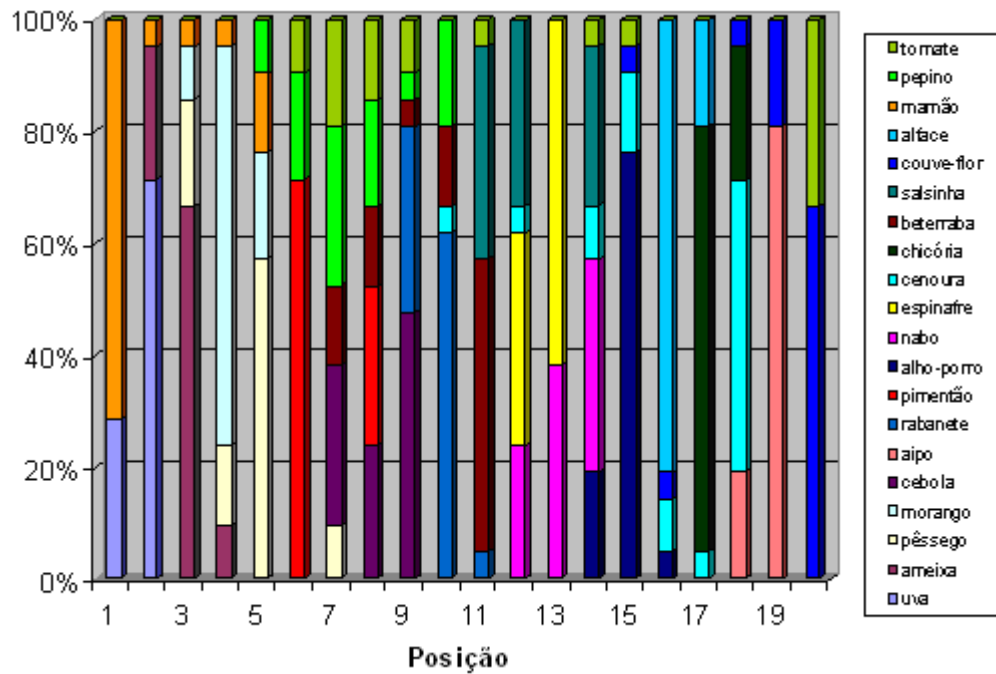


Figura 4.16. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=12^\circ\text{C}$

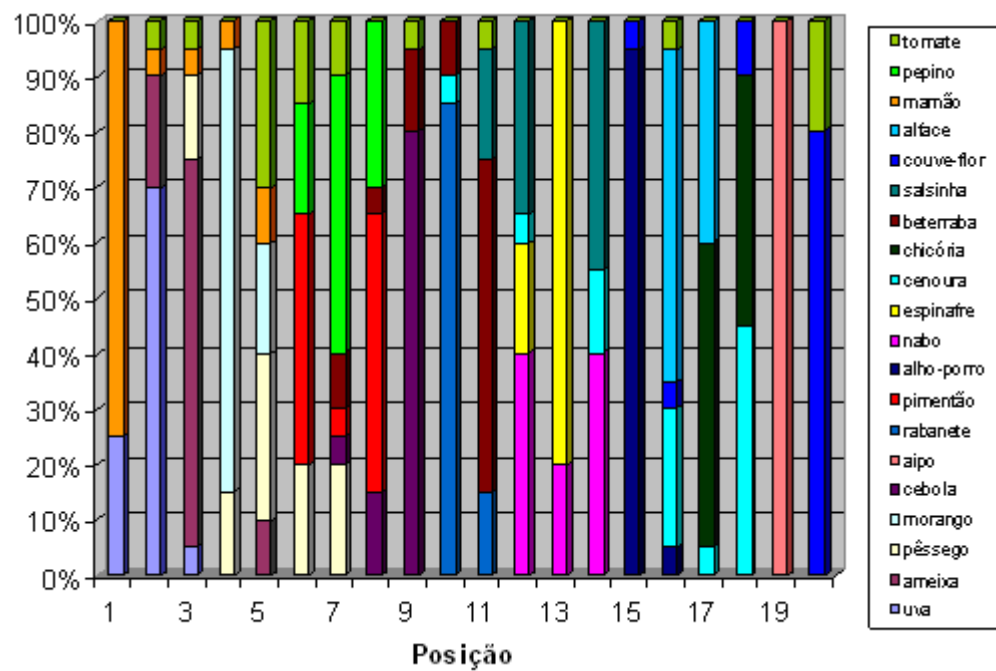


Figura 4.17. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=13^\circ\text{C}$

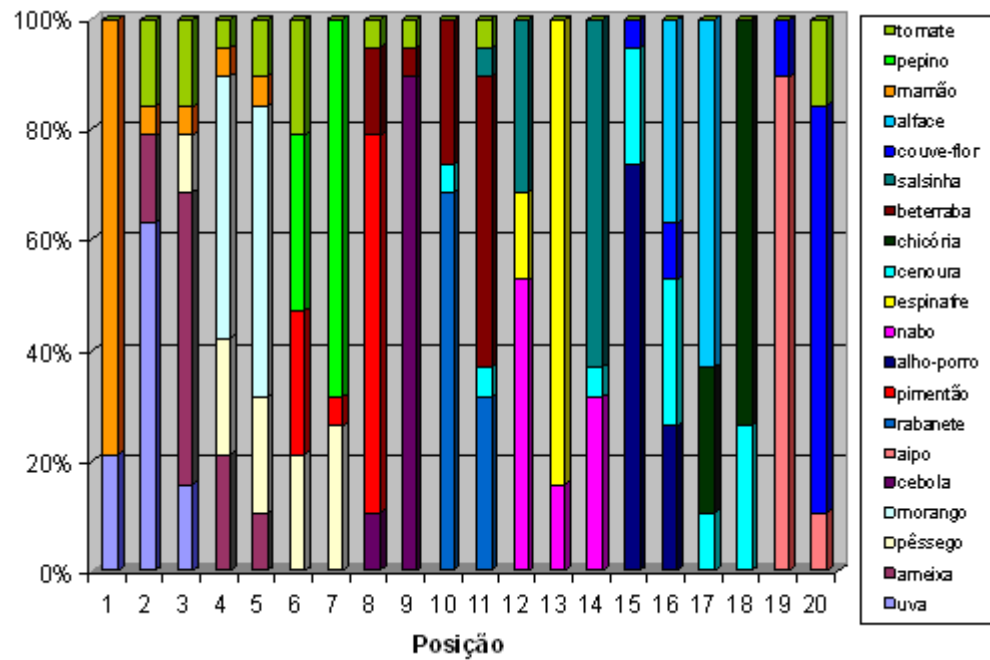


Figura 4.18. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=14^{\circ}\text{C}$

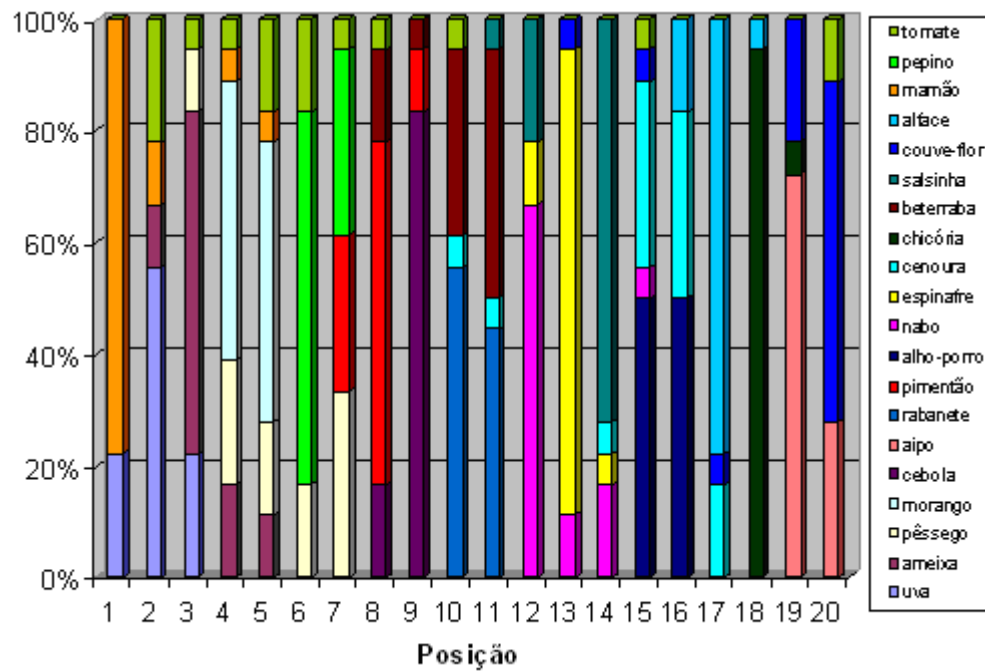


Figura 4.19. Resultados da ordem de prioridade de entrada dos produtos na câmara com $T_c=15^{\circ}\text{C}$

Analisando as Figuras 4.9 a 4.19, observa-se que a uva, primeira em ordem de prioridade em menores T_c , vai perdendo seu lugar para o mamão, conforme T_c aumenta. A ameixa, o morango e o pêssego têm sua prioridade diminuída porque o mamão e o tomate passam a entrar antes na câmara em maiores T_c (T_c vai se aproximando da T_{ideal} desses frutos).

O rabanete perde prioridade para a cebola, o pimentão e o pepino, que passam a entrar antes na câmara com o aumento de T_c . O espinafre perde seu lugar para o nabo e a salsinha para o espinafre, o nabo e a beterraba em maiores T_c .

Os resultados das Figuras 4.9 a 4.42 não levam em consideração a terceira restrição. Segundo esta restrição, o tempo de vida do produto i na zona j deve ser maior que um tempo mínimo de permanência deste produto nesta zona. Portanto, para alguns valores de T_c alguns produtos deveriam obrigatoriamente ser armazenados na câmara fria, pois estragariam muito rapidamente no estoque, tendo seu tempo de vida menor que d_{ij} .

Foram realizadas otimizações levando em conta a terceira restrição. Os resultados mostram que para uma T_c de até 17 °C, independente da T_c , não existe algum produto que fica impedido de permanecer no estoque. Nessas situações, os resultados são muito parecidos com os obtidos nas otimizações que não consideram esta restrição. Para os outros casos os resultados são apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Produtos que devem permanecer na câmara devido à terceira restrição.

T_e	Produtos que devem permanecer na câmara
18	pêssego, alface, cenoura, rabanete
19	pêssego, alface, cenoura, espinafre, rabanete
20	pêssego, alface, cenoura, espinafre, rabanete, aipo, alho-porro
21	pêssego, alface, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, aipo, alho-porro
22	pêssego, alface, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, alho-porro
23	pêssego, alface, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro
24	pêssego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
25	pêssego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
26	morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
27	morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
28	morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
29	ameixa, morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
30	ameixa, morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
31	ameixa, morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
32	ameixa, morango, pêsego, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão
33	ameixa, morango, pêsego, uva, alface, beterraba, cenoura, couve-flor, espinafre, rabanete, salsinha, aipo, chicória, alho-porro, pimentão

Analisando a tabela acima, juntamente com as Figuras 4.9 a 4.19, observa-se que a ordem de entrada dos produtos na câmara é afetada significativamente pela terceira restrição e pelas temperaturas T_c e T_e . A importância da Restrição 3 é percebida, pois caso esta fosse ignorada muitos produtos permaneceriam no estoque, mesmo tendo seu tempo de vida nessa zona ($KQ_{ij(real)}$) menor que o tempo mínimo de vida necessário a este produto (d_{ij}).

Nas otimizações realizadas neste trabalho, o parâmetro d_{ij} foi considerado igual a 1 para todos os produtos, ou seja, o tempo mínimo de permanência de todos os produtos em

qualquer uma das zonas deve ser de um dia. Observa-se, por exemplo, que alface, couve-flor e aipo, que têm o tempo de vida menor que um dia no estoque até mesmo para T_e não muito elevadas, são alguns dos últimos produtos em ordem de prioridade para permanecerem na câmara fria quando realizadas otimizações que desconsideram essa restrição.

As mesmas otimizações acima foram realizadas com outros valores de custos de aquisição dos produtos (Tabela 4.2), para verificar a influência deste na ordem de prioridade dos produtos para permanência na câmara. Os resultados são apresentados nas Figuras 4.20 a 4.39. Os custos c_1 referem-se aos preços praticados por um supermercado no final do ano de 2006. Os custos c_2 são aleatórios.

Tabela 4.2. Custos de aquisição dos produtos utilizados nas otimizações das Figuras (4.20 a 4.39).

Produto	c_1 (R\$)	c_2 (R\$)	c_3 (R\$)
uva	2,53	4,50	1,00
ameixa	2,90	2,90	1,00
pêssego	1,72	1,72	1,00
morango	1,50	3,00	1,00
cebola	0,74	0,40	1,00
aipo	2,50	2,00	1,00
rabanete	0,64	0,80	1,00
pimentão	0,80	0,50	1,00
alho-porro	1,00	2,00	1,00
nabo	0,64	0,64	1,00
espinafre	0,60	0,60	1,00
cenoura	1,06	0,80	1,00
chicória	1,00	1,50	1,00
beterraba	0,37	0,37	1,00
salsinha	0,20	0,30	1,00
couve-flor	1,03	1,03	1,00
alface	0,45	1,00	1,00
mamão	0,55	1,00	1,00
pepino	0,28	0,80	1,00
tomate	0,95	1,50	1,00

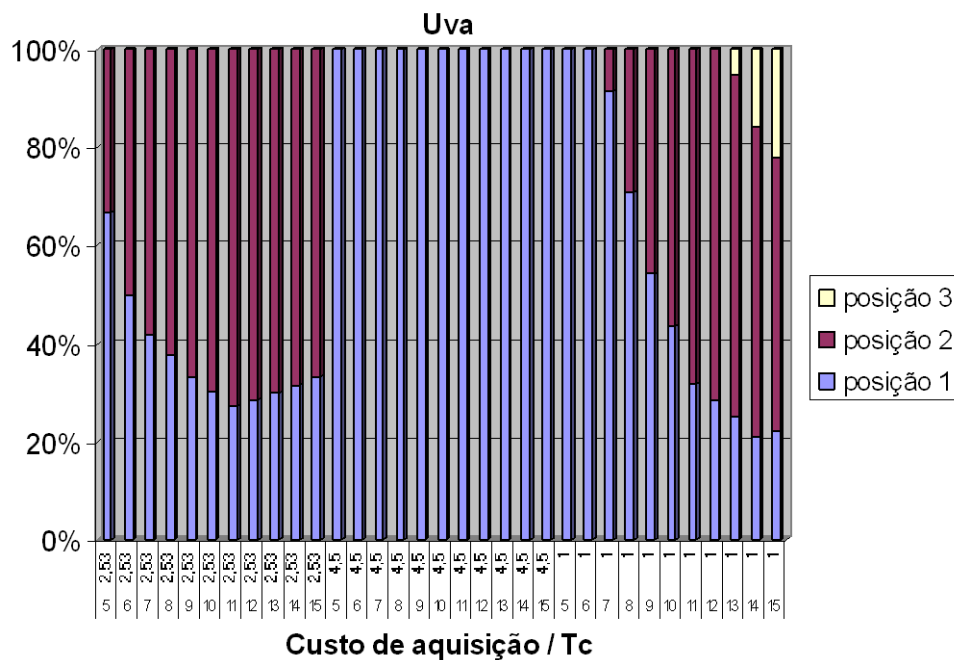


Figura 4.20. Resultados da ordem de prioridade de entrada da uva na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

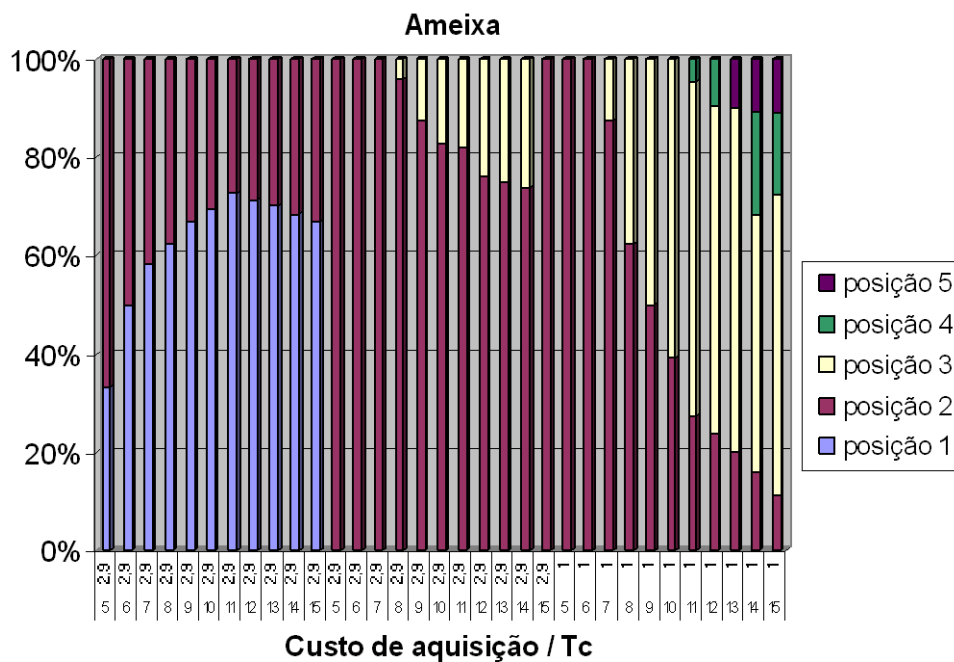


Figura 4.21. Resultados da ordem de prioridade de entrada da ameixa na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

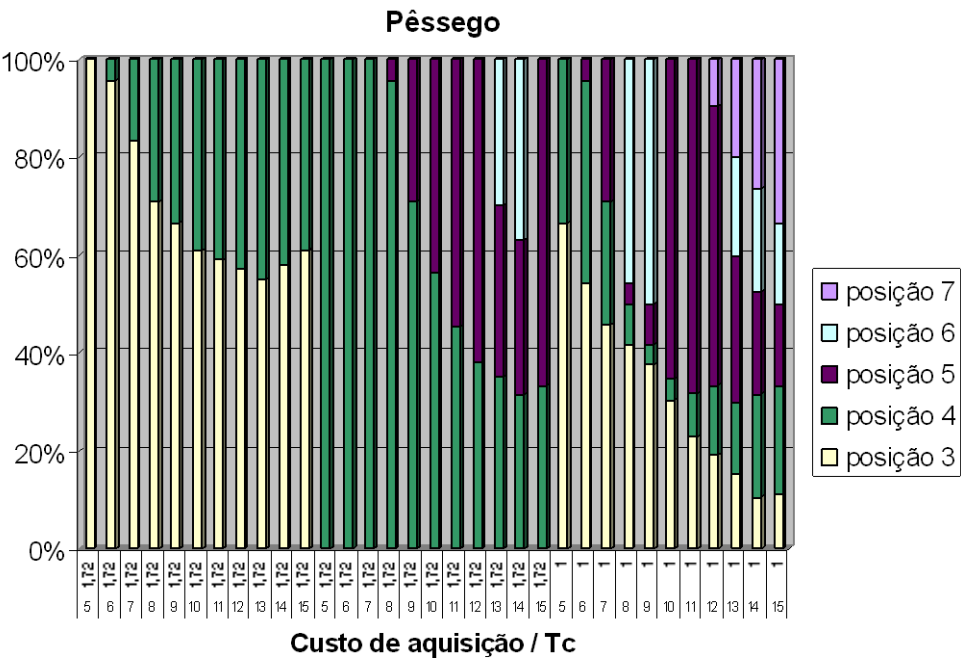


Figura 4.22. Resultados da ordem de prioridade de entrada do pêssego na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

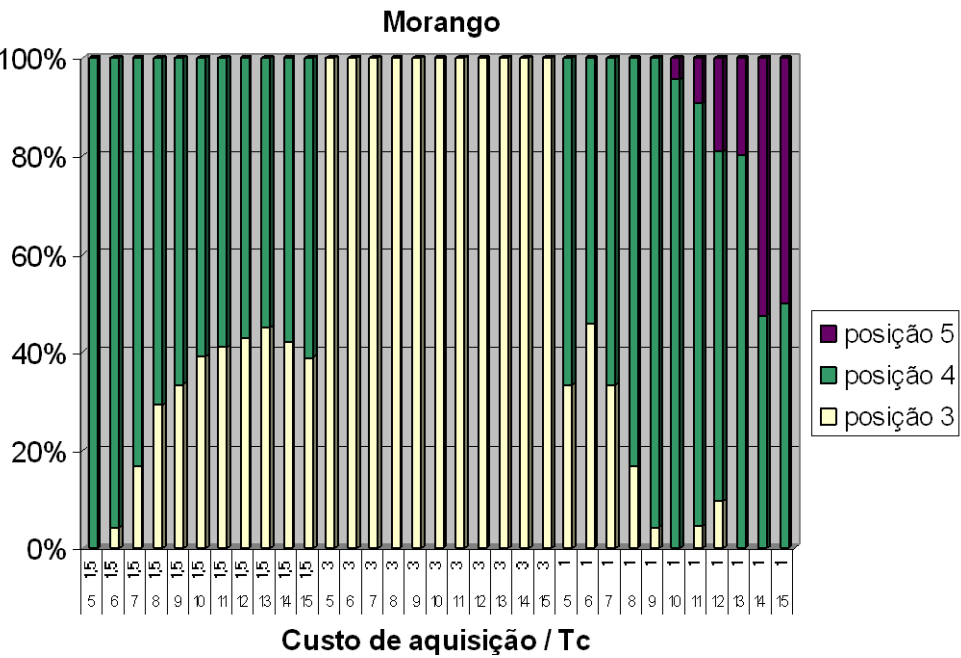


Figura 4.23. Resultados da ordem de prioridade de entrada do morango na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

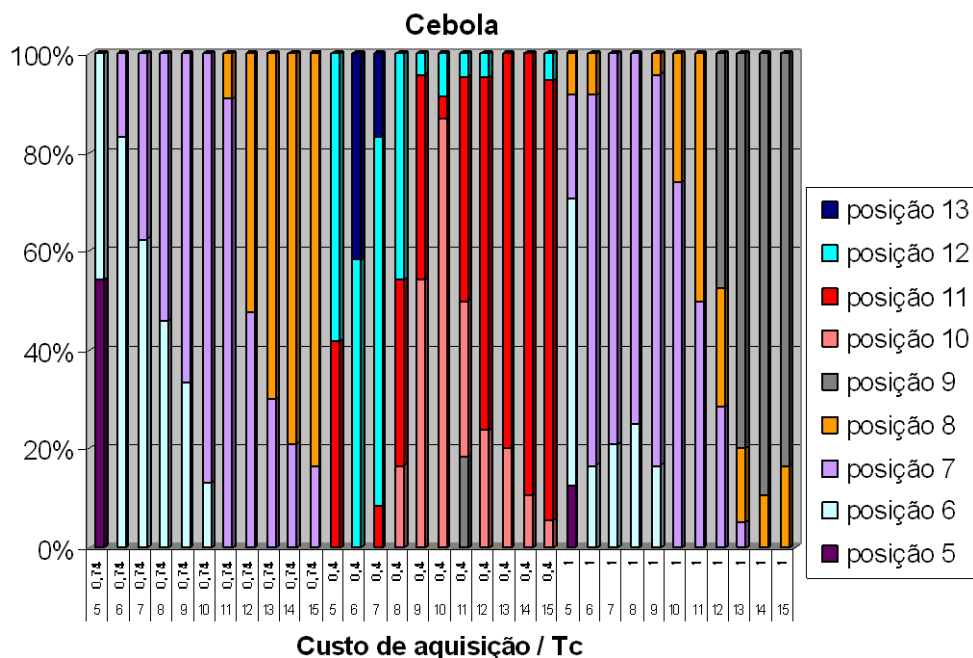


Figura 4.24. Resultados da ordem de prioridade de entrada da cebola na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

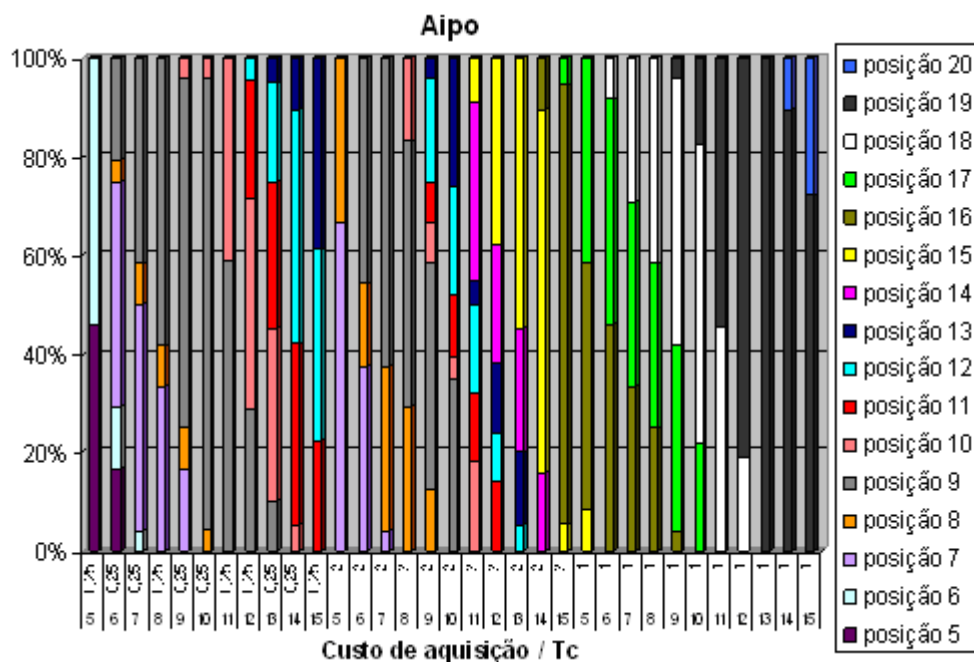


Figura 4.25. Resultados da ordem de prioridade de entrada do aipo na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

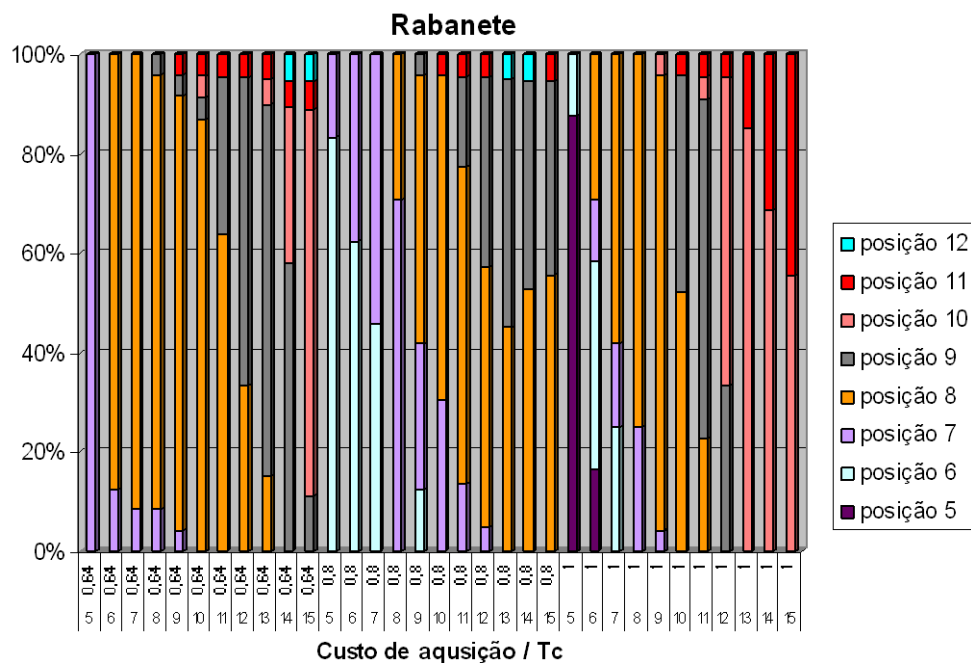


Figura 4.26. Resultados da ordem de prioridade de entrada do rabanete na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

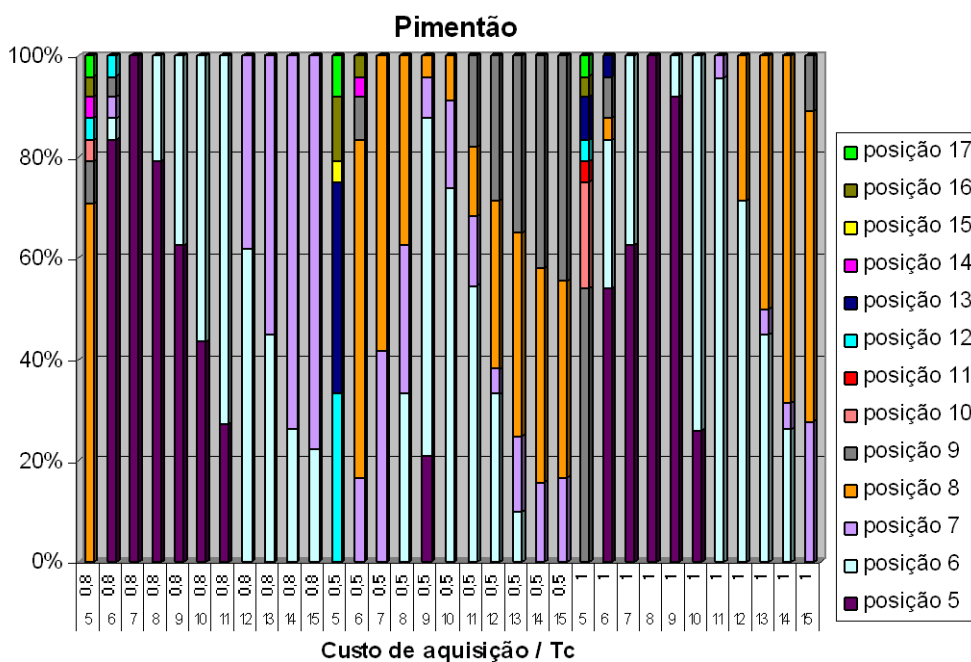


Figura 4.27. Resultados da ordem de prioridade de entrada do pimentão na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

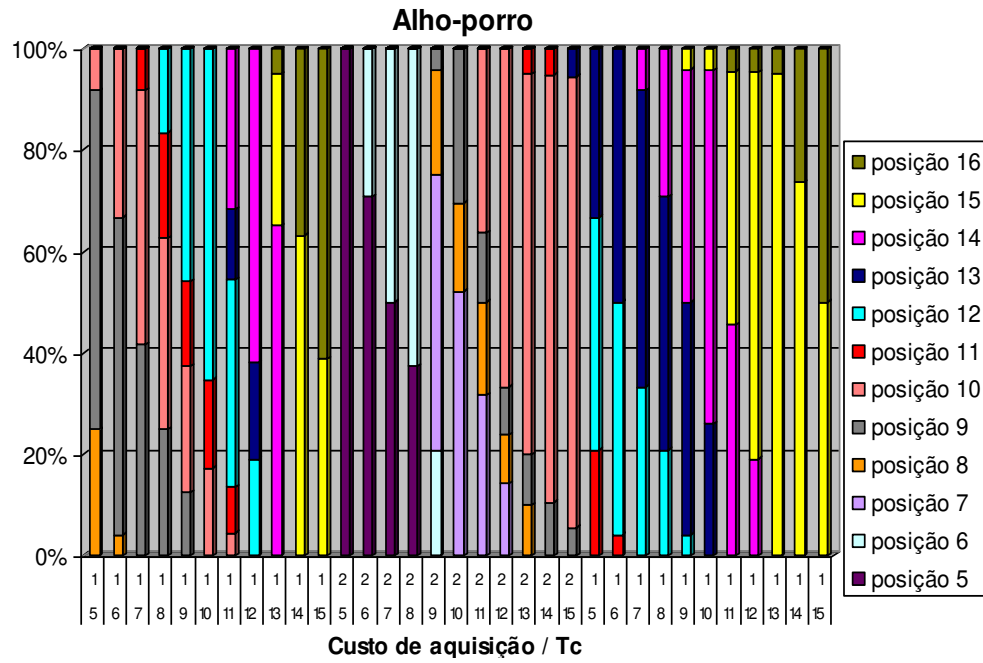


Figura 4.28. Resultados da ordem de prioridade de entrada do alho-porro na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

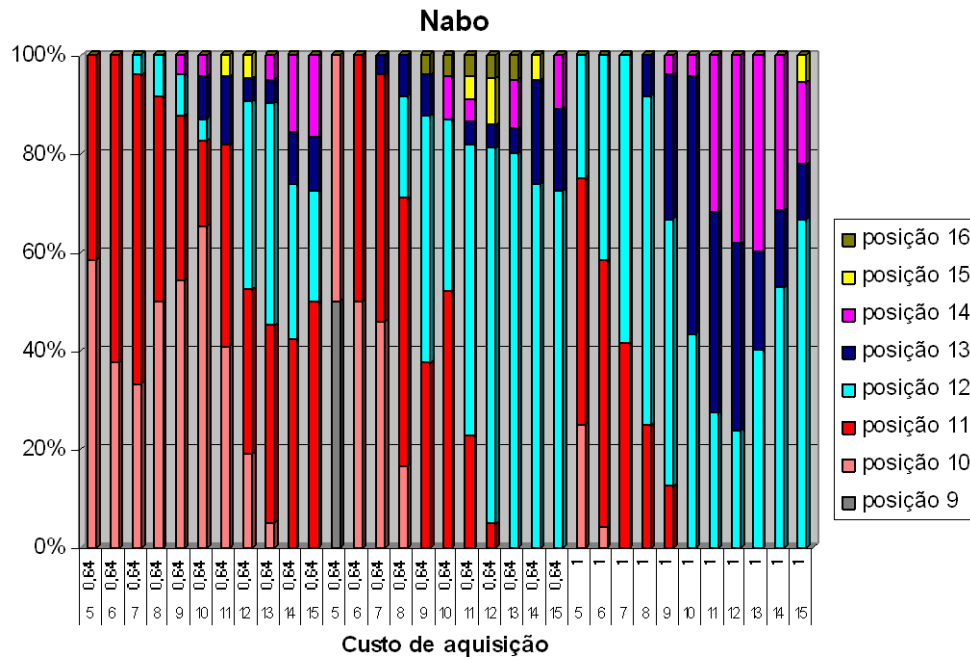


Figura 4.29. Resultados da ordem de prioridade de entrada do nabo na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

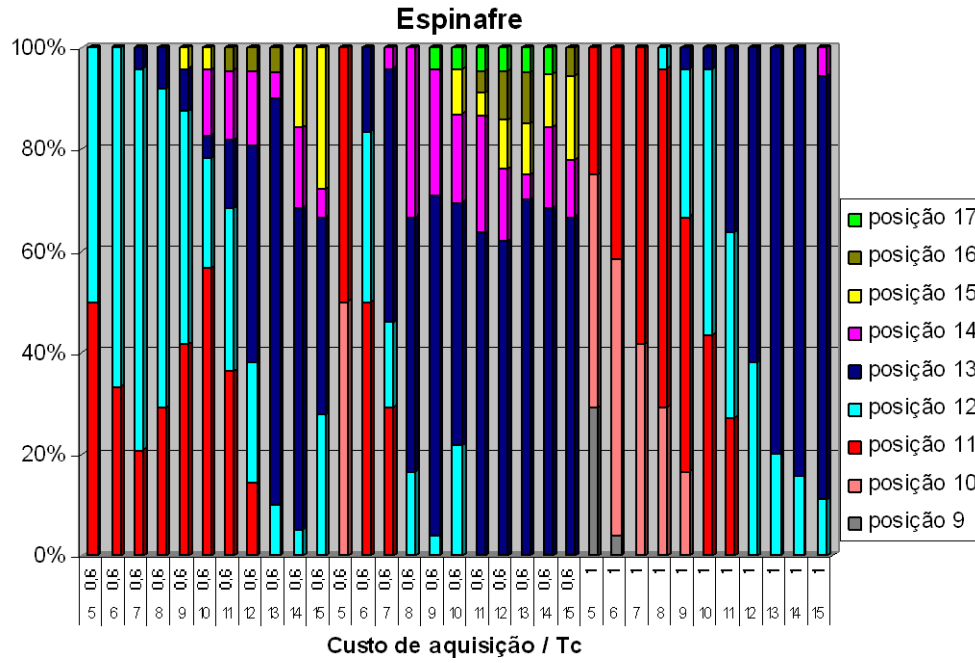


Figura 4.30. Resultados da ordem de prioridade de entrada do espinafre na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

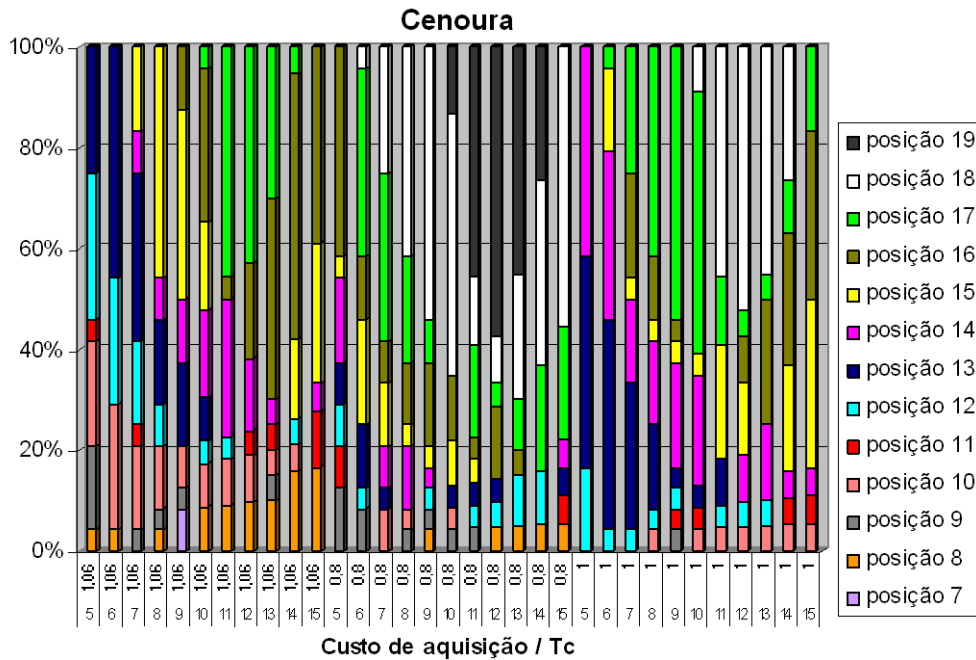


Figura 4.31. Resultados da ordem de prioridade de entrada da cenoura na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

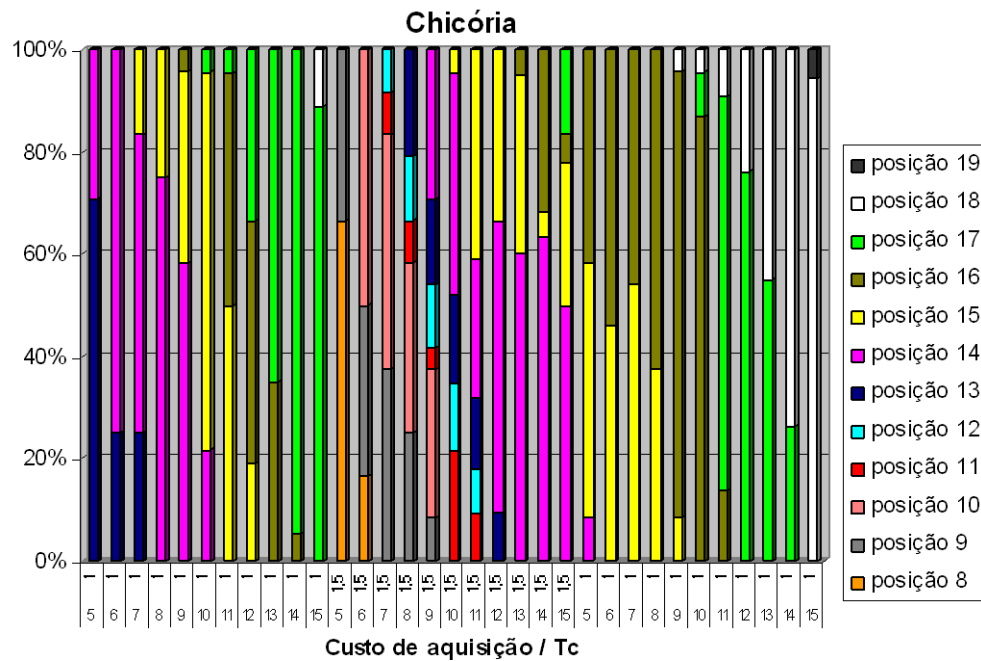


Figura 4.32. Resultados da ordem de prioridade de entrada da chicória na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

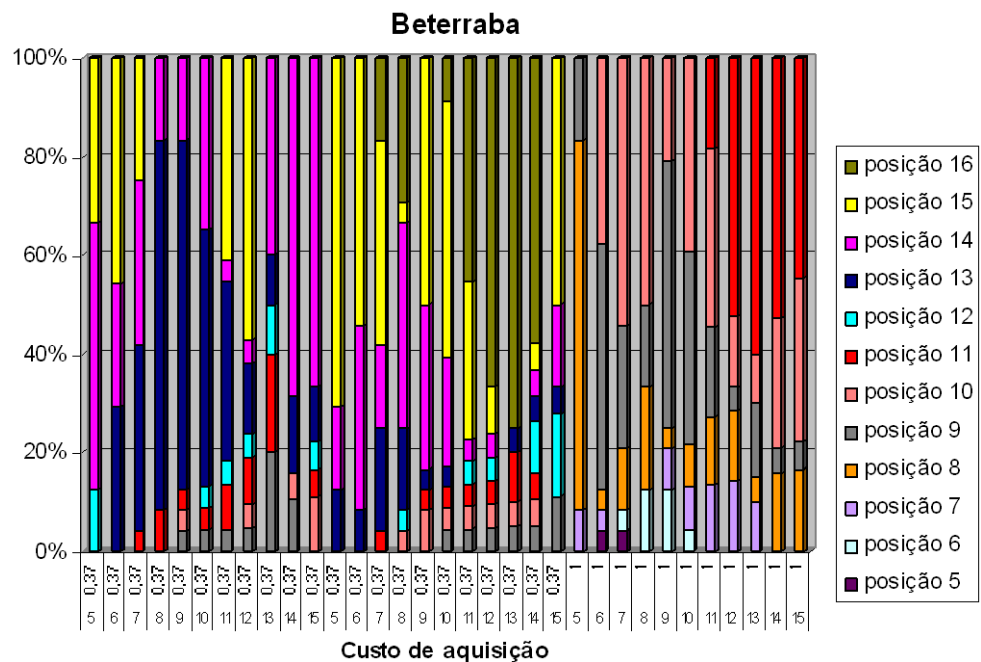


Figura 4.33. Resultados da ordem de prioridade de entrada da beterraba na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

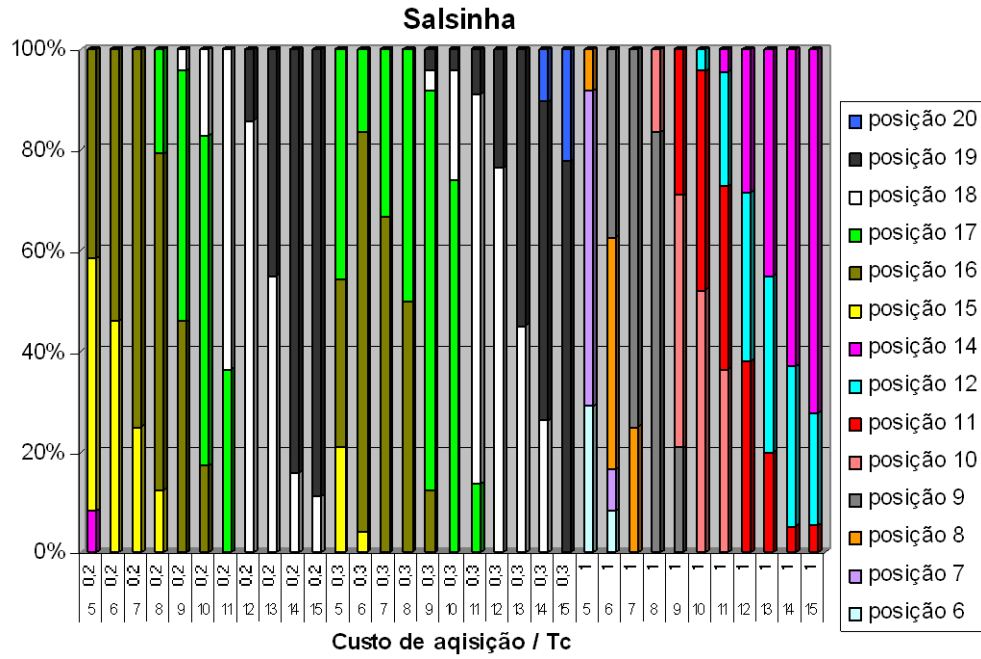


Figura 4.34. Resultados da ordem de prioridade de entrada da salsinha na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

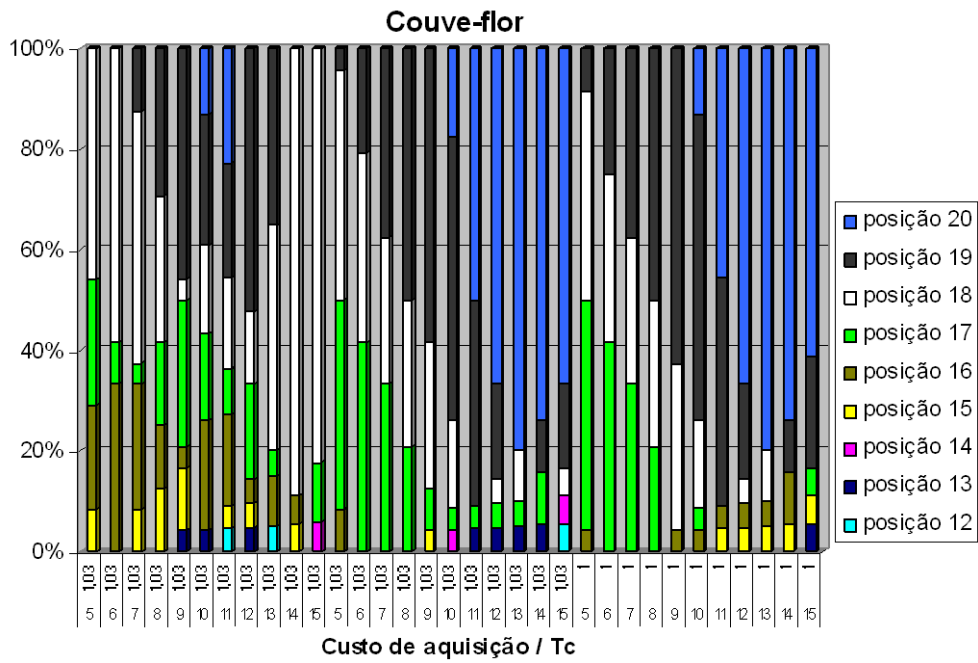


Figura 4.35. Resultados da ordem de prioridade de entrada da couve-flor na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

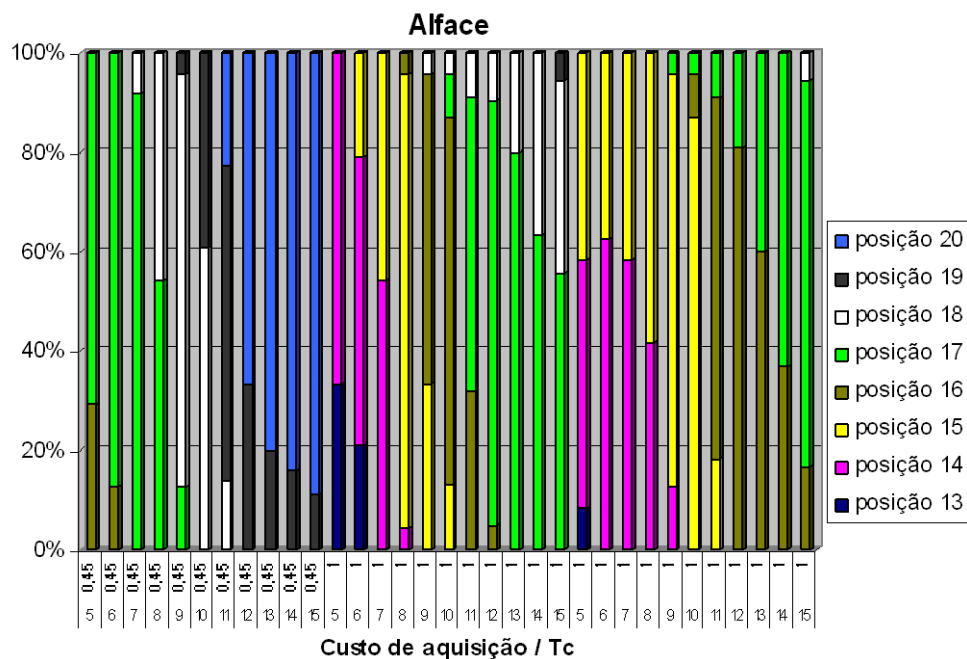


Figura 4.36. Resultados da ordem de prioridade de entrada da alface na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

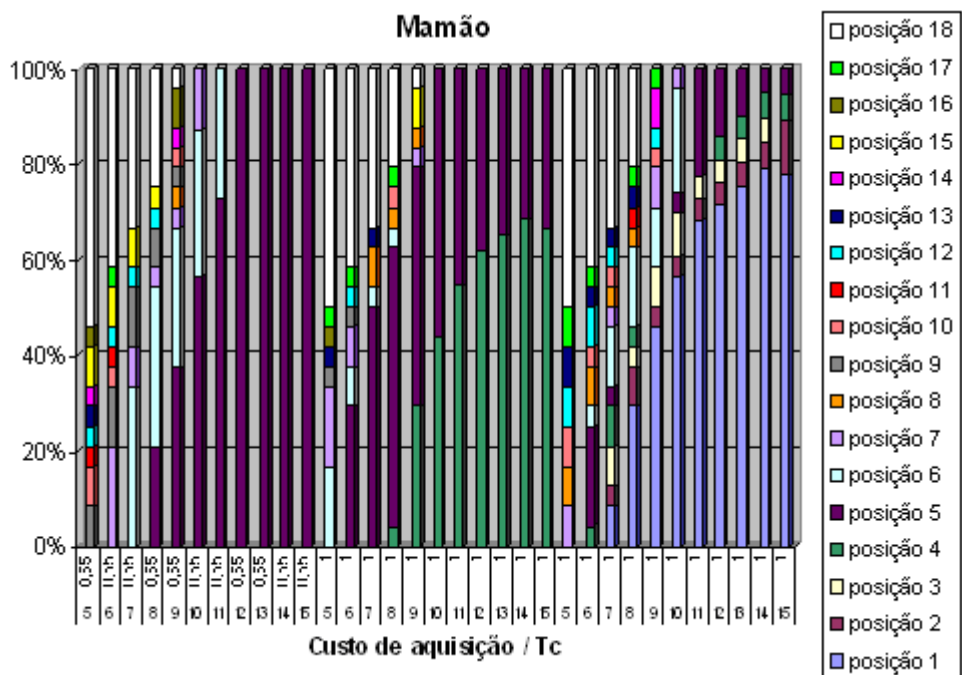


Figura 4.37. Resultados da ordem de prioridade de entrada do mamão na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

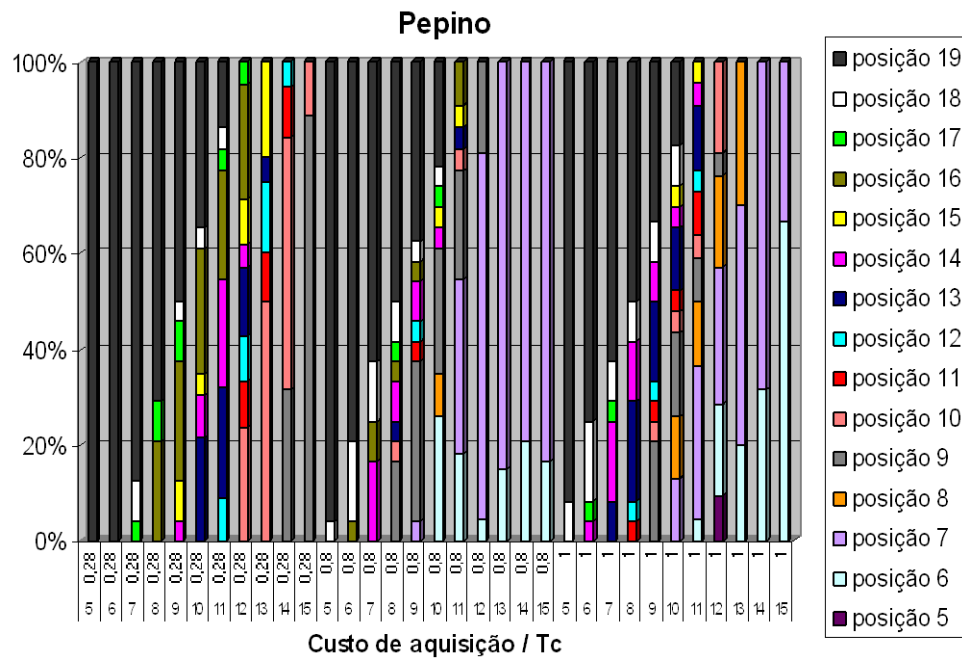


Figura 4.38. Resultados da ordem de prioridade de entrada do pepino na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

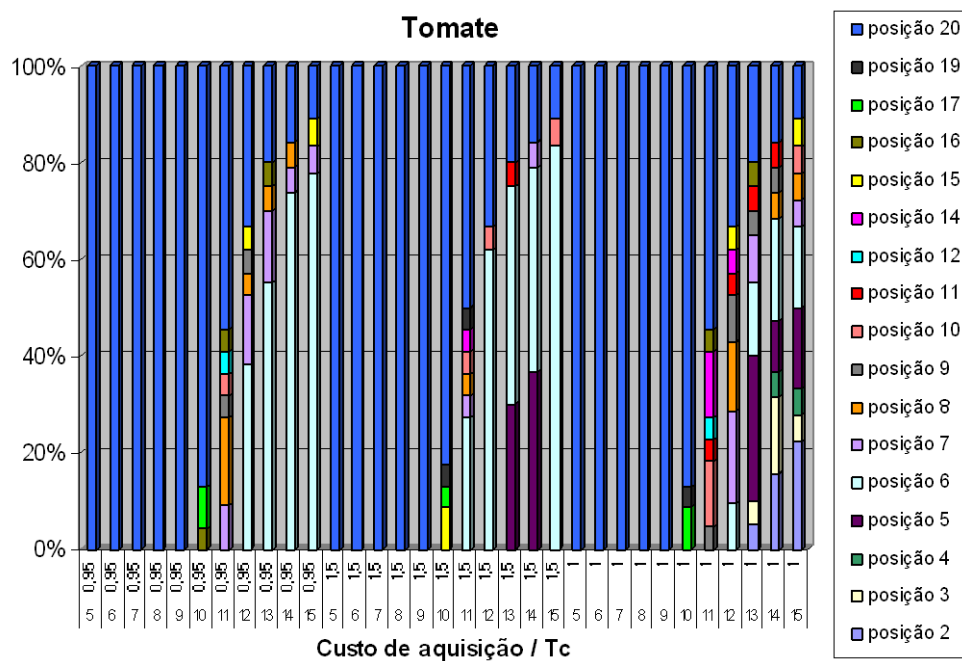


Figura 4.39. Resultados da ordem de prioridade de entrada do tomate na câmara com os preços c_1 , c_2 e c_3 para T_c de 5 a 15 °C

Pela análise das Figuras 4.20 a 4.39, nota-se que a uva, para c_2 (maior valor entre seus custos analisados) é sempre a primeira em ordem de prioridade para ocupar a câmara fria. Já para c_1 e c_3 , essa fruta perde prioridade com o aumento de T_c .

A ameixa tem c_1 igual a c_2 . Para c_1 , na maior parte das combinações de temperaturas, ela possui a maior prioridade, entre todos os produtos, na câmara fria. Em c_2 , ocupa, na maioria das vezes, a segunda posição, o que mostra que o valor do custo de aquisição de todos os produtos também é determinante na prioridade das outras culturas.

O pêssago também possui c_1 igual a c_2 . Em c_2 , ele tem menor prioridade que em c_1 . Em todas as combinações de temperaturas, ele perde prioridade conforme T_c aumenta.

O morango, que para c_1 ganha prioridade com o aumento de T_c , possui sempre a mesma prioridade para c_2 . Mas, perde conforme T_c aumenta para c_3 .

Para a cebola, na combinação de temperaturas de c_1 e c_3 , sua prioridade é diminuída com o aumento de T_c . Para c_2 sua prioridade é bastante variada com o aumento da temperatura. Assim, às vezes perde e outras, ganha prioridade.

O aipo, assim como rabanete, alho-porro, chicória, salsinha, couve-flor e alface, perdem prioridade conforme T_c aumenta para todas as combinações de preços simuladas.

Já o pimentão, para c_1 , perde prioridade com o aumento de T_c . Porém, para c_2 e c_3 , ganha em temperaturas intermediárias (próximas a sua temperatura ideal de armazenamento) e perde, tanto em baixas, quanto em altas T_c .

O nabo perde prioridade em c_1 e c_2 (que são iguais). Em c_3 também há diminuição da prioridade. Mas, conforme T_c aumenta, há aumento de prioridade.

O espinafre, por sua vez, para c_1 perde um pouco de prioridade, para c_2 mantém sua posição e para c_3 perde prioridade com o aumento de T_c .

A cenoura varia bastante de prioridade em todas as combinações de preços. A beterraba, para c_1 , diminui de prioridade e depois aumenta. Para c_2 e c_3 , varia bastante.

O mamão, o pepino e o tomate variam bastante de posição e aumentam de prioridade com o aumento da T_c , conforme esta se aproxima de sua temperatura ideal de armazenamento.

Dessa forma, é possível perceber que a ordem de entrada dos produtos na câmara é afetada significativamente pelas temperaturas da câmara e do estoque e pelos custos de aquisição dos produtos.

As variações dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos (na equação 3.1 é o termo $\sum_{i \in P} \sum_{j \in Z} \frac{q_{ij} \cdot c_i \cdot s_i}{d_{ij}} \cdot x_{ij}$) estão apresentadas nas Figuras 4.40 a 4.42. A Figura 4.40 se refere aos custos de aquisição c_1 , a Figura 4.41 aos custos c_2 e a Figura 4.42 aos custos c_3 .

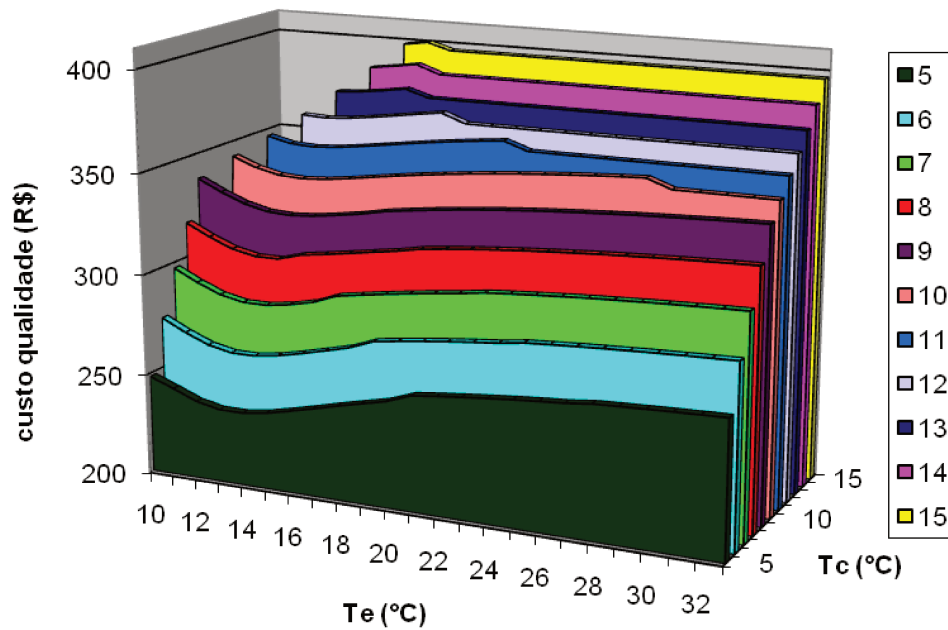


Figura 4.40. Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_1

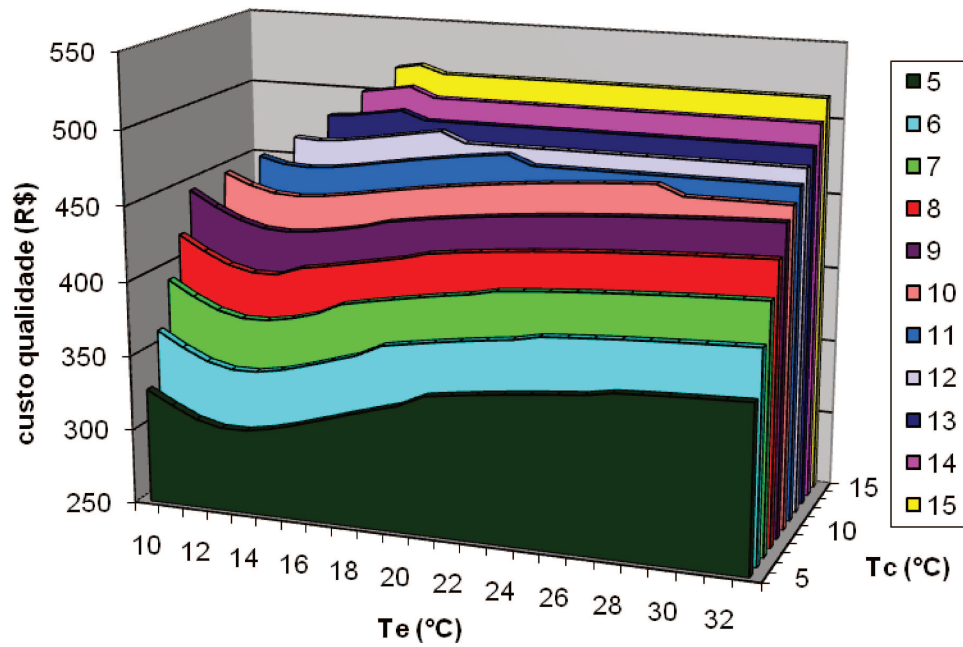


Figura 4.41. Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_2

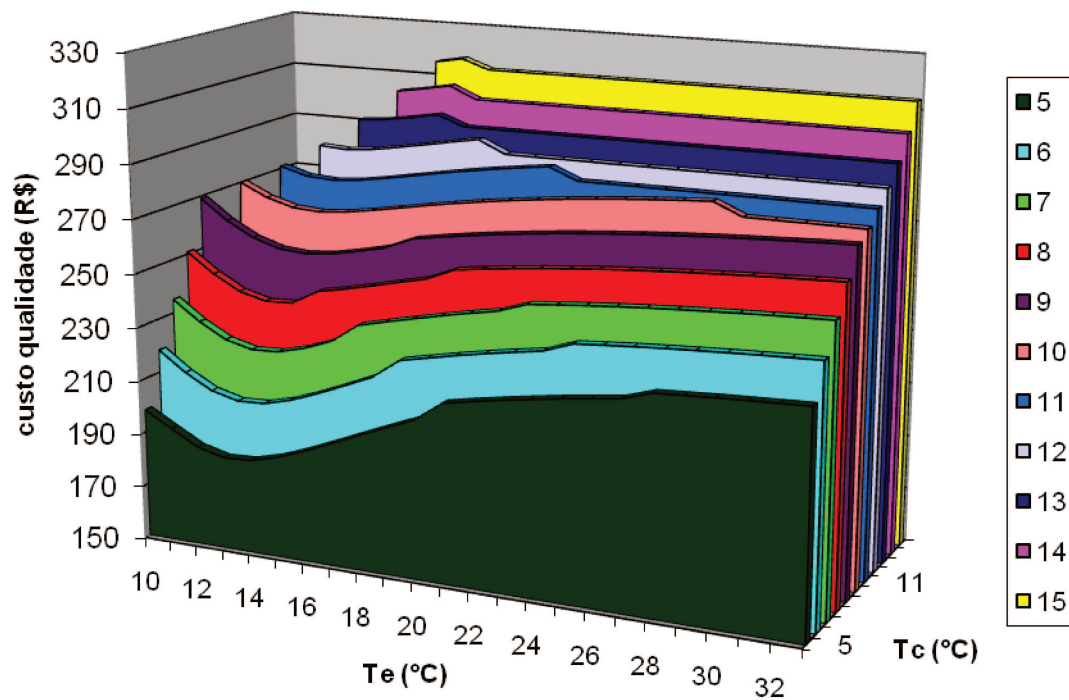


Figura 4.42. Variação dos custos envolvidos com a perda de qualidade dos produtos com o aumento de T_c e T_e para c_3

Analizando as Figuras 4.40 a 4.42, nota-se que, em geral, quanto maior T_c e T_e , maiores os custos referentes à perda de qualidade dos produtos. As exceções ocorrem quando T_e está por volta de 10 a 13 °C, quando os custos diminuem com o aumento de T_e . Isto se dá devido a alguns produtos possuírem temperaturas ideais de armazenamento mais elevadas, e quanto mais T_e se aproxima da temperatura ideal desses produtos, menores são os custos.

Além disso, observa-se que para algumas combinações de temperaturas há uma queda nos custos e depois estes se mantêm constantes. Este fato ocorre porque a partir daquela T_e , o aumento nesta temperatura não altera mais a distribuição dos produtos no depósito. Dessa forma, os custos permanecem constantes a partir deste momento, para uma mesma T_c .

4.2 MEDIDA DA FIRMEZA, pH, SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL

Os dados obtidos com a realização dos experimentos descritos no item 3.2 (obtenção de dados experimentais: firmeza, pH, sólidos solúveis e acidez titulável) deste trabalho foram submetidos à ANOVA (análise de variância) e as médias foram comparadas através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional Statistica versão 5.0 (as médias e desvio padrão das análises estão apresentados no Apêndice I).

4.2.1 Variação da Firmeza

Os resultados relativos à variação da firmeza dos tomates durante o período de armazenamento são apresentados nas Figuras 4.43 a 4.54.

4.2.1.1 Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento

As Figuras 4.43 a 4.50 mostram a variação da firmeza (análises de compressão e punção) dos tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento nas diferentes temperaturas.

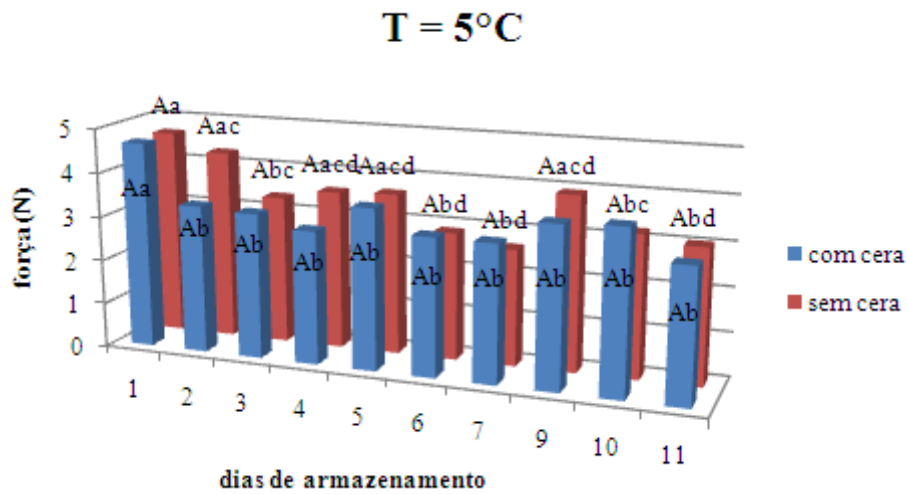


Figura 4.43. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

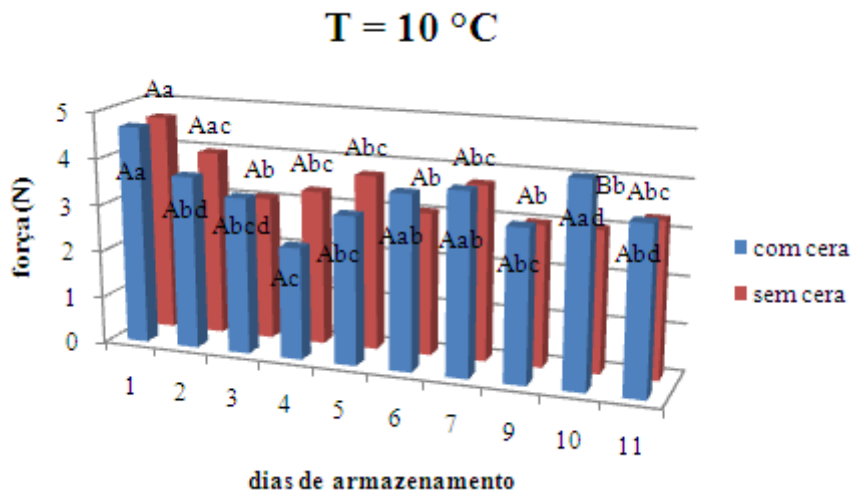


Figura 4.44. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

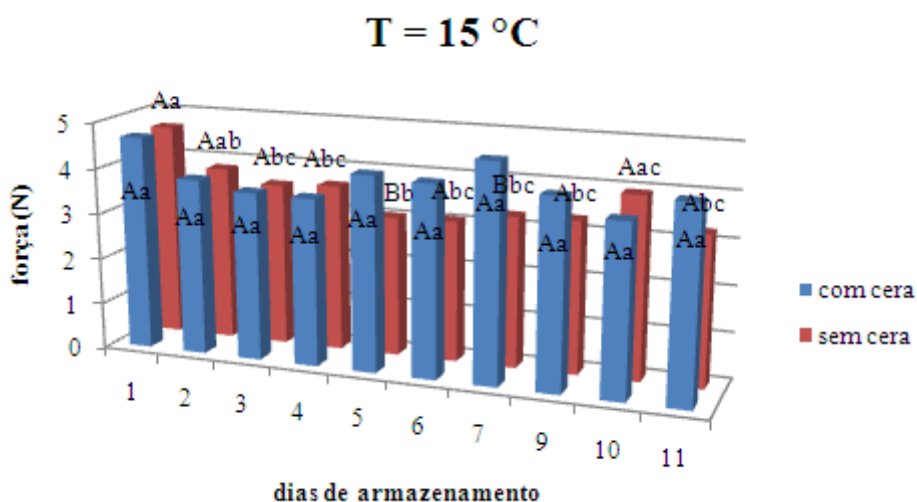


Figura 4.45. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

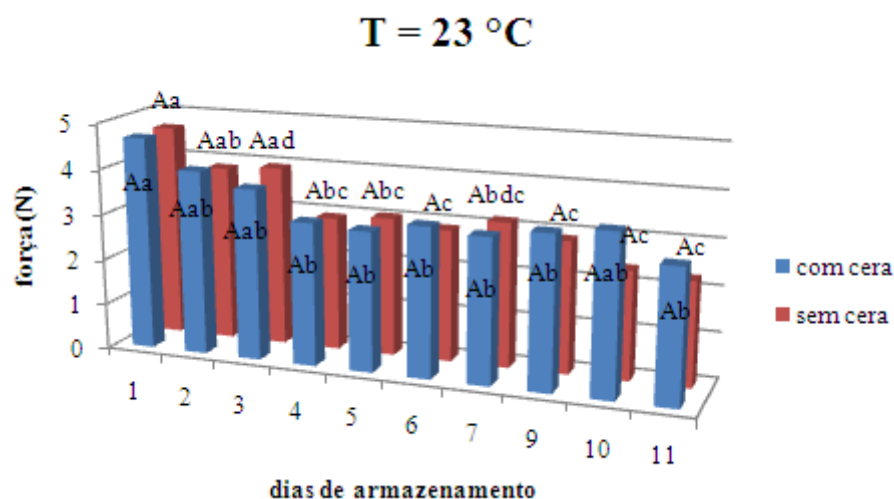


Figura 4.46. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

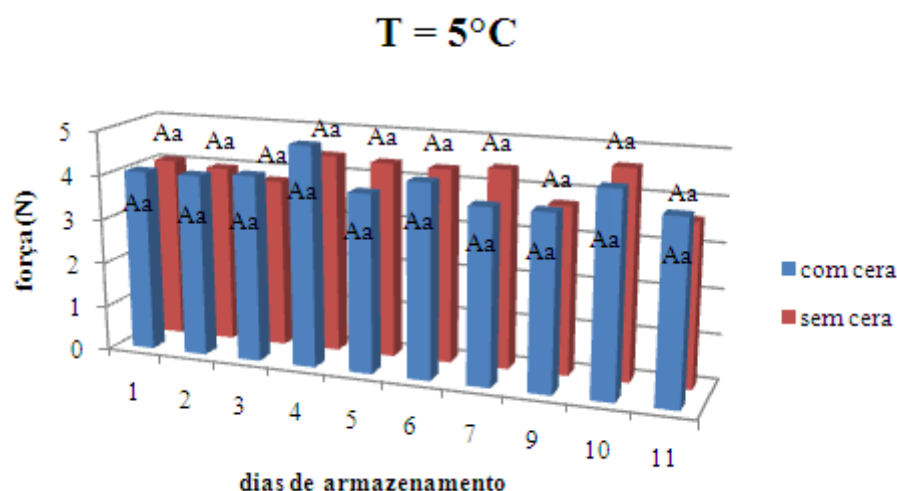


Figura 4.47. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 5 ± 1 °C, com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

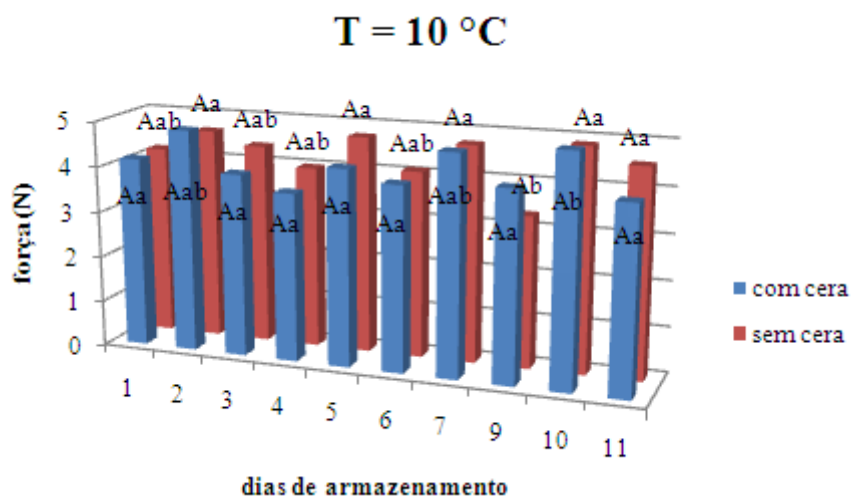


Figura 4.48. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

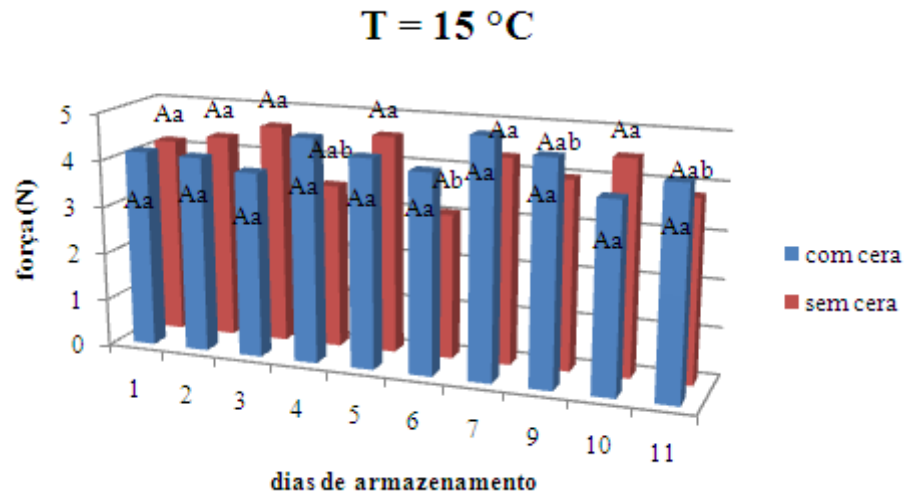


Figura 4.49. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

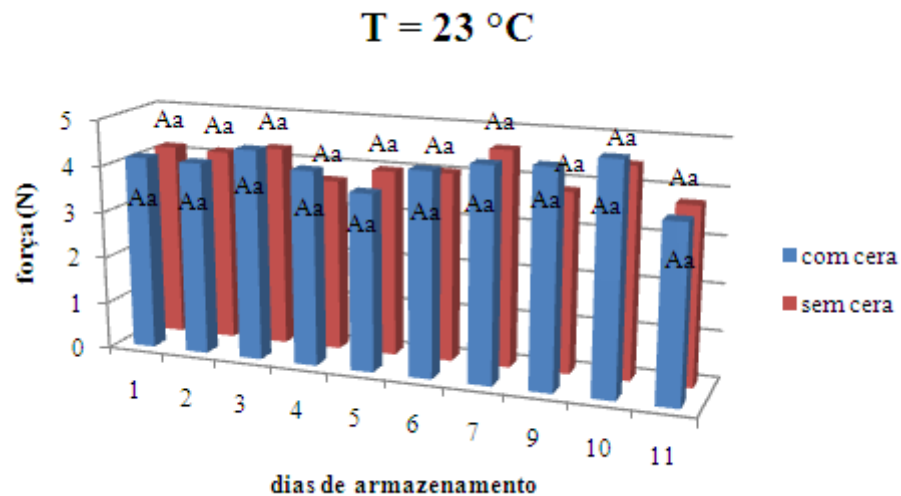


Figura 4.50. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

4.2.1.2 Comparação entre as temperaturas de armazenamento

As Figuras 4.51 a 4.54 mostram as variações da firmeza (compressão e punção) dos tomates, comparando os valores obtidos nas diferentes temperaturas de armazenamento, com aplicação de cera (Figuras 4.51 e 4.53) e sem aplicação de cera (Figuras 4.52 e 4.54).

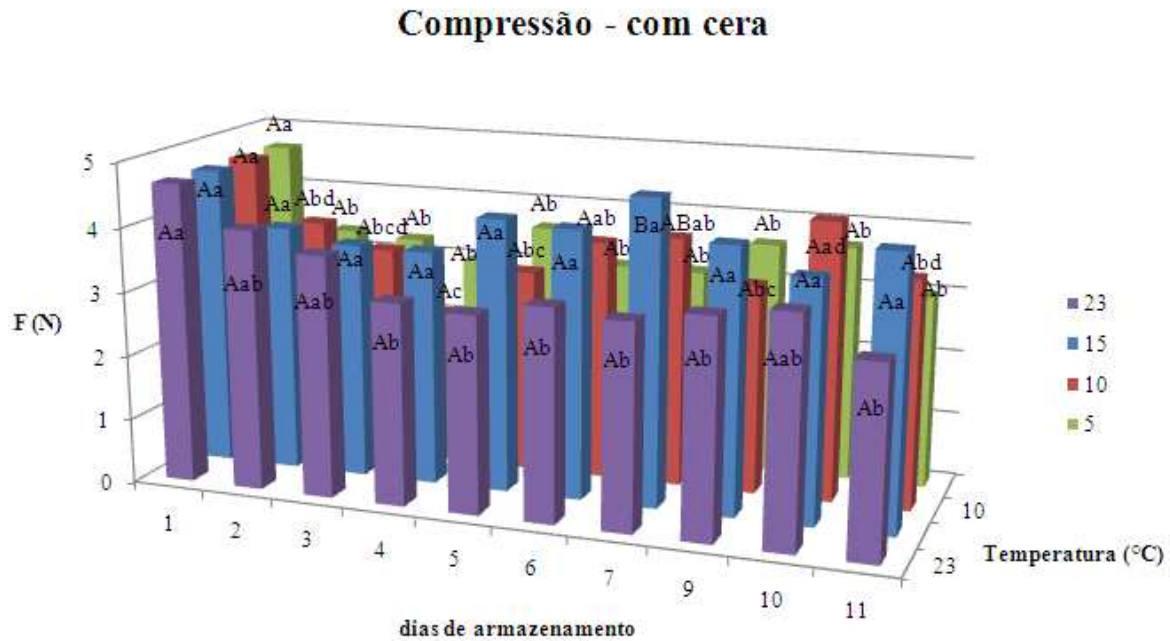


Figura 4.51. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

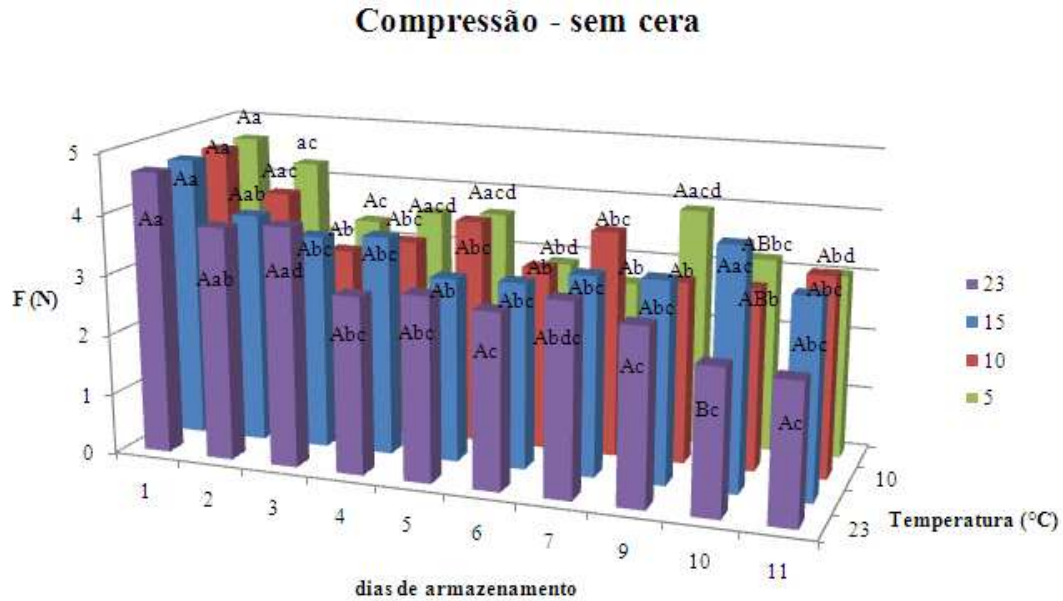


Figura 4.52. Variação da firmeza (força em compressão (N)) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

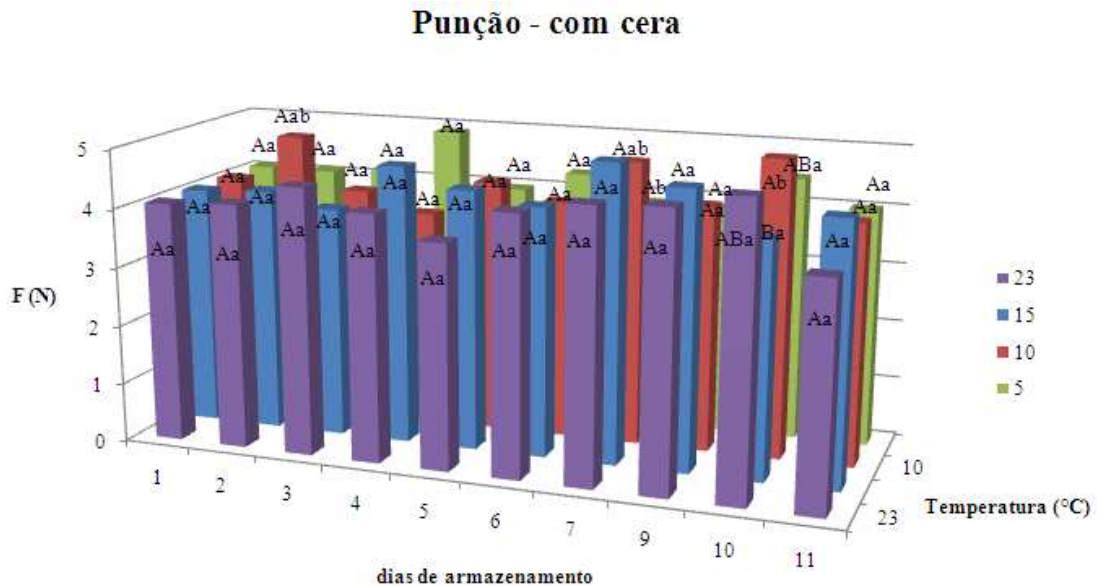


Figura 4.53. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

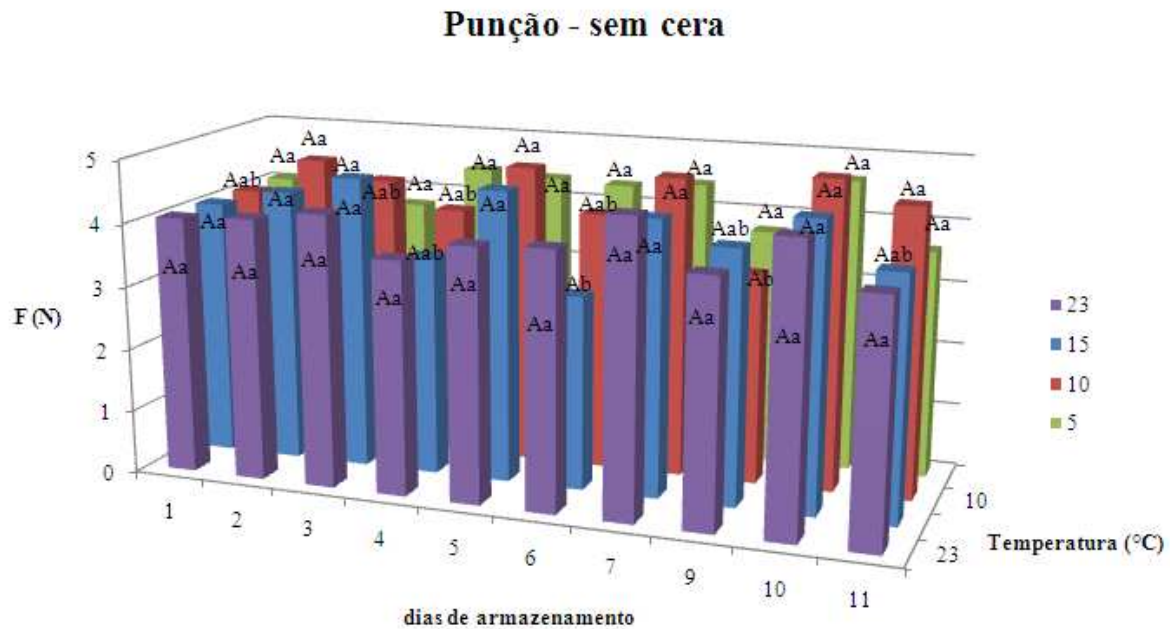


Figura 4.54. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

De acordo com Schouten e outros (2007a), o tempo de vida do tomate é limitado pela cor e pela firmeza quando ainda estão verdes, e pela firmeza quando maduros. Dessa forma, as medidas da firmeza desses frutos se mostram necessárias para a análise de sua qualidade.

Através das análises das Figuras 4.43 a 4.50, observa-se que não houve diferenças estatísticas significativas ao nível estabelecido entre os tratamentos (com cera e sem cera) para as temperaturas de armazenamento. Porém houve diferença significativa nos períodos de armazenamento para algumas das temperaturas de armazenamento analisadas. Em geral, os valores observados ao final do período foram menores que no início.

Pelas Figuras 4.51 a 4.54, pode-se verificar que basicamente não houve diferenças significativas entre as temperaturas avaliadas durante o período de armazenamento.

Schouten e outros (2007a) analisaram o comportamento da firmeza de tomates (*Lycopersicon esculentum* cv. ‘Bonavista’) durante o armazenamento no escuro em

diferentes temperaturas e observaram que há um decréscimo na firmeza dos frutos com o tempo.

Foi possível notar que, mesmo não havendo diferenças entre os tratamentos, as frutas com aplicação de cera apresentaram melhor aparência e mais brilho que as frutas sem cera. Resultados semelhantes foram obtidos por Damasceno e outros (2003) para tomates de (*Lycopersicon esculentum* Mill) com recobrimento com película de fécula de mandioca.

4.2.2 Variação do pH

Os resultados relativos às análises de pH realizadas nos tomates durante o período de armazenamento são apresentados nas Figuras 4.55 a 4.60.

4.2.2.1 Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento

As Figuras 4.55 a 4.58 mostram os valores de pH dos tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento nas diferentes temperaturas.

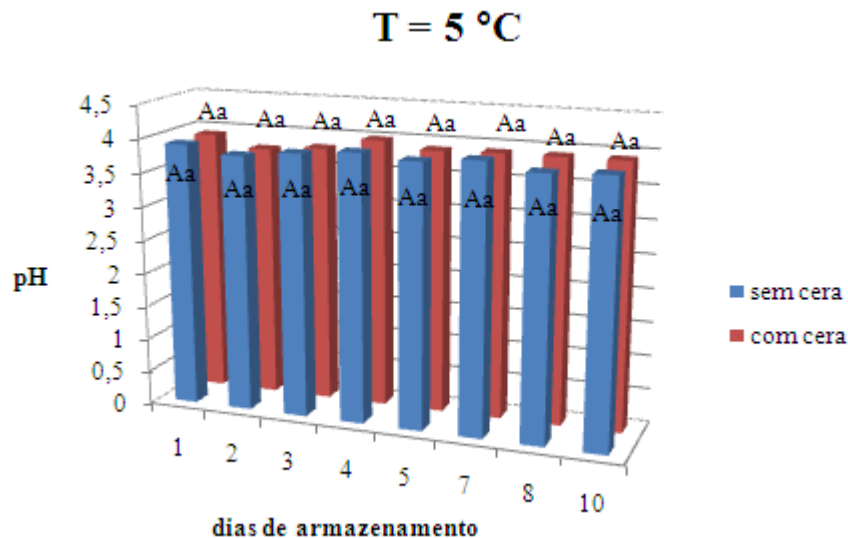


Figura 4.55. Variação do pH durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

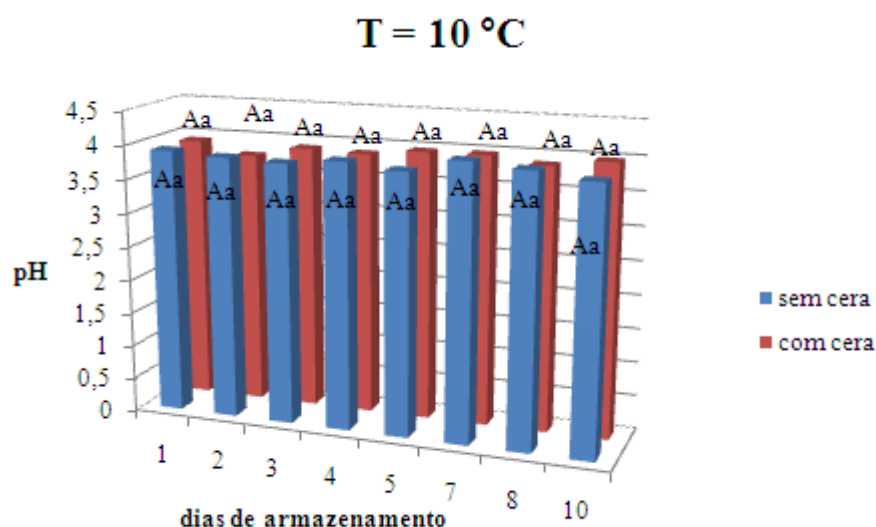


Figura 4.56. Variação do pH durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

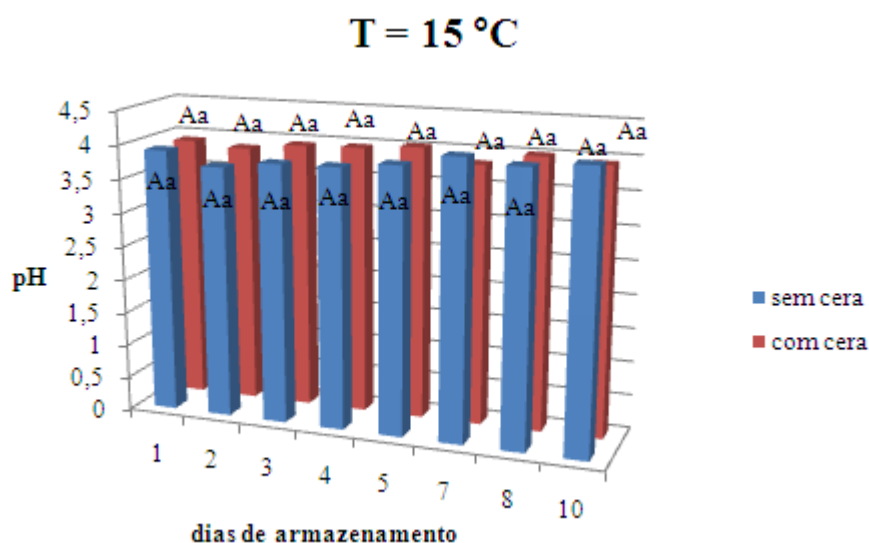


Figura 4.57. Variação do pH durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

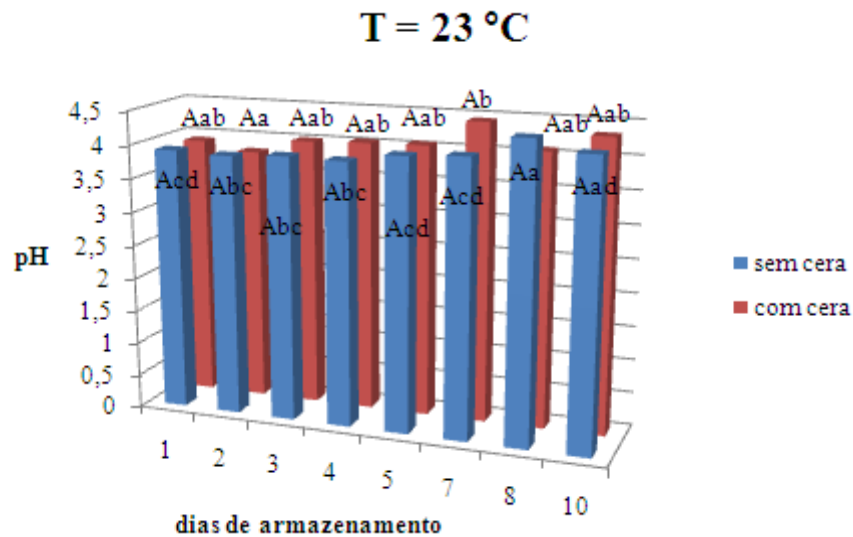


Figura 4.58. Variação do pH durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

4.2.2.2 Comparação entre as temperaturas de armazenamento

As Figuras 4.59 e 4.60 mostram os valores de pH dos tomates, comparando os valores obtidos nas diferentes temperaturas de armazenamento, com aplicação de cera (Figura 4.59) e sem aplicação de cera (Figura 4.60).

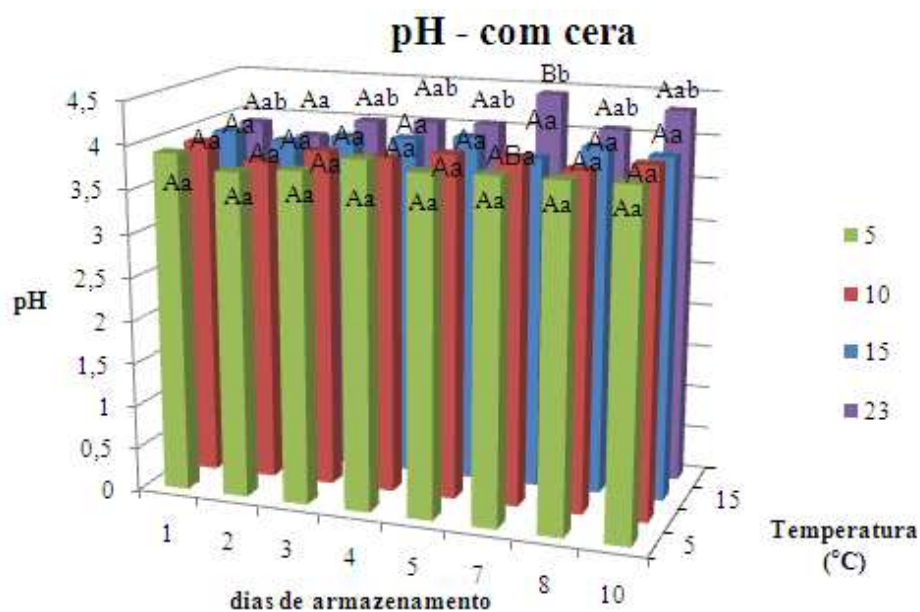


Figura 4.59. Variação do pH durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

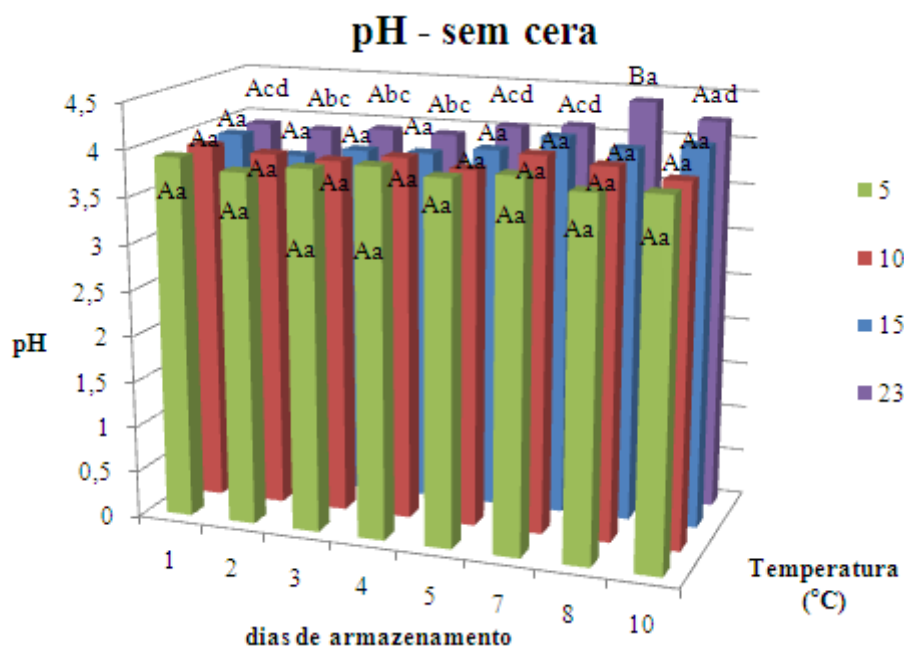


Figura 4.60. Variação do pH durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

Observa-se, pela análise das Figuras 4.55 a 4.58, que não houve diferenças estatísticas significativas ao nível estabelecido entre os tratamentos em nenhuma das temperaturas avaliadas. Porém, entre os dias de armazenamento houve diferenças significativas para a temperatura de 23 ± 3 °C.

Pelas Figuras 4.59 e 4.60 nota-se que para tomates com aplicação de cera e para os sem esse tratamento, houve diferença significativa apenas para os dias 7 e 8, respectivamente, que apresentaram maiores valores para a temperatura de 23 ± 3 °C que para as outras temperaturas de armazenamento. A tendência seria que o pH aumentasse com o amadurecimento do fruto, pois há uma diminuição da acidez dos frutos durante esse processo (CHITARRA e CHITARRA, 2005), o que foi observado apenas na temperatura de 23 ± 3 °C. Essa tendência de aumento do pH com o amadurecimento também foi observada em tomates de mesa por Damasceno e outros (2003).

4.2.3 Variação de Sólidos Solúveis

Os resultados relativos às variações de sólidos solúveis nos tomates durante o período de armazenamento são apresentados nas Figuras 4.61 a 4.66.

4.2.3.1 Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento

As Figuras 4.61 a 4.64 mostram os valores de sólidos solúveis dos tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento nas diferentes temperaturas avaliadas.

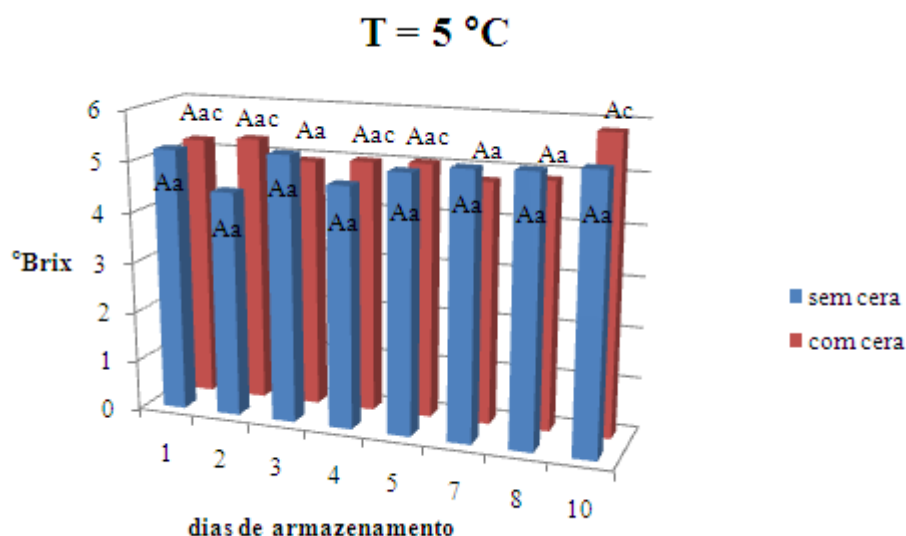


Figura 4.61. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 5 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

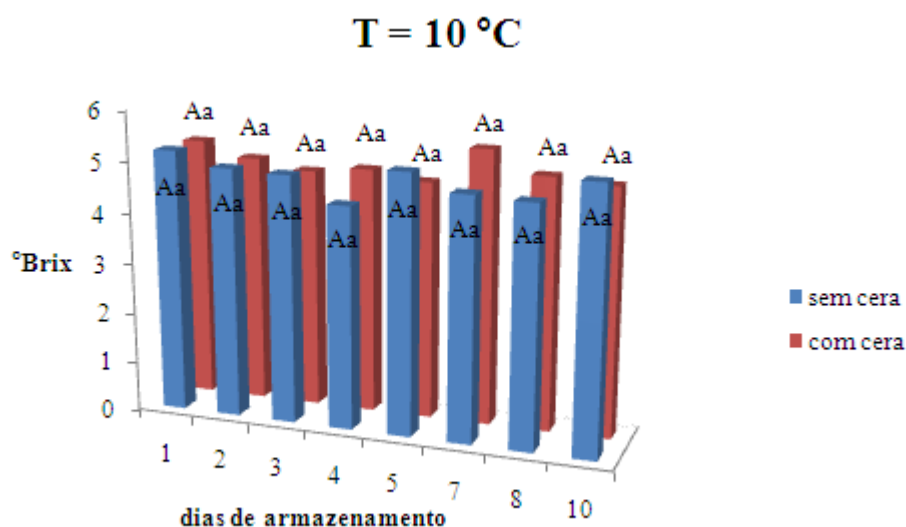


Figura 4.62. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

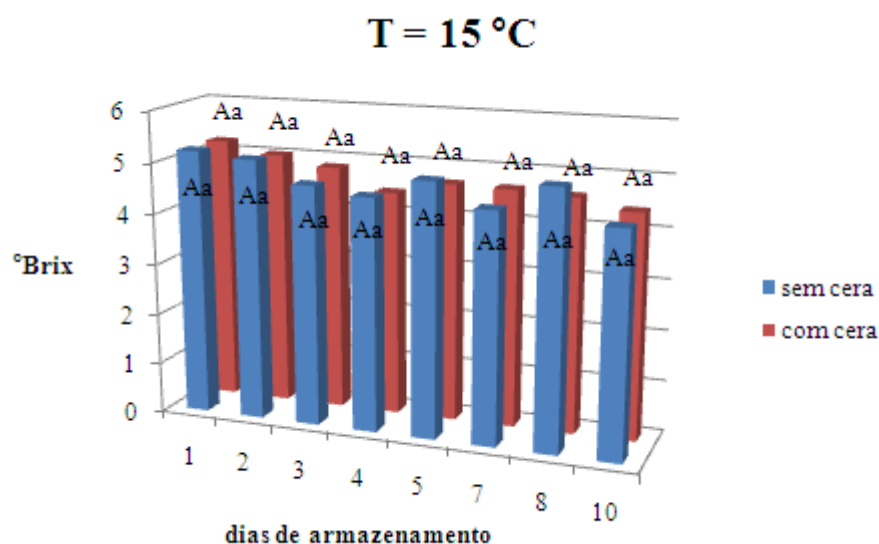


Figura 4.63. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

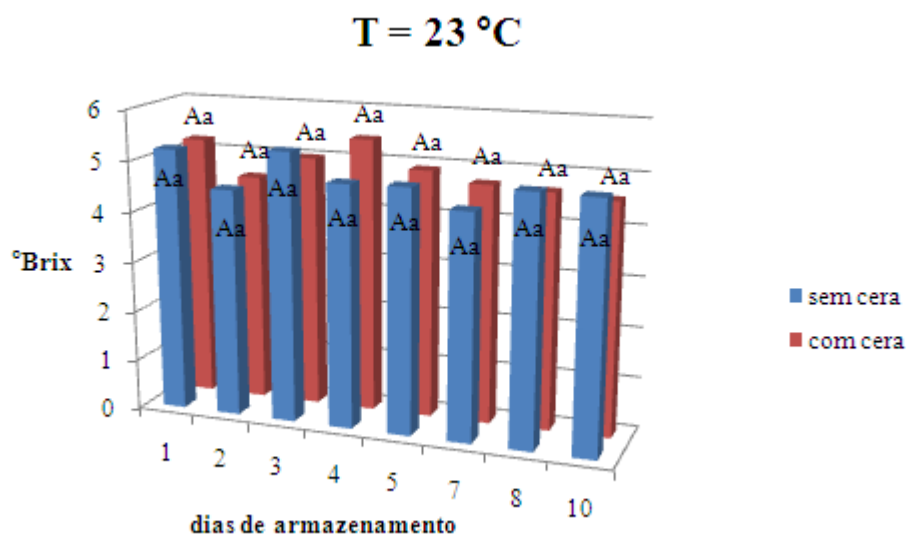


Figura 4.64. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

4.2.3.2 Comparação entre as temperaturas de armazenamento

As Figuras 4.65 e 4.66 mostram os valores de sólidos solúveis dos tomates, comparando os valores obtidos nas diferentes temperaturas de armazenamento, com aplicação de cera (Figura 4.65) e sem aplicação de cera (Figura 4.66).

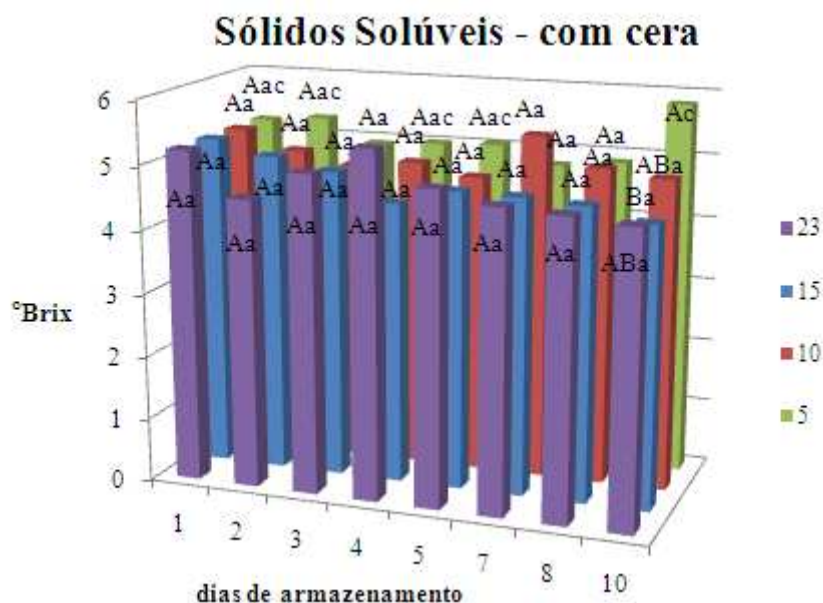


Figura 4.65. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

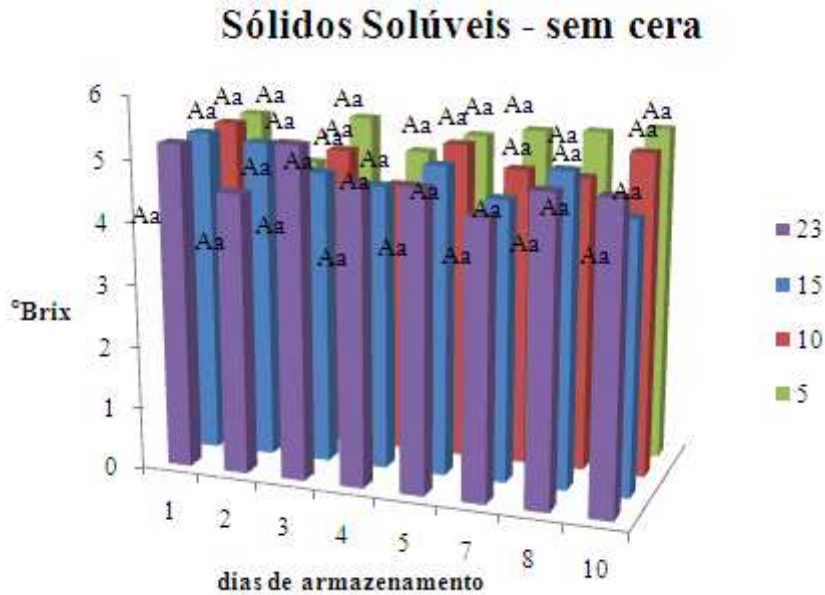


Figura 4.66. Variação de sólidos solúveis durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

Pode-se observar pela análise das Figuras 4.61 a 4.64 que, para os sólidos solúveis, não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância, para os tratamentos utilizados em nenhuma das temperaturas de armazenamento analisadas. Para os períodos de armazenamento, foi observada diferença significativa apenas para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 ± 1 °C.

Analizando as Figuras 4.65 e 4.66, nota-se que apenas para o último dia de armazenamento nos tomates com aplicação de cera houve diferença significativa nos valores de sólidos solúveis e somente entre a armazenagem a 5 ± 1 °C e 15 ± 1 °C. Normalmente, com o amadurecimento, segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis aumenta. Um fato que geralmente favorece essa elevação de sólidos solúveis é a perda de peso dos frutos, que faz concentrar os teores de açúcares no interior dos tecidos (KLUGE; MINAMI, 1997).

Os resultados mostram que não houve aumento nos teores de sólidos solúveis, resultado semelhante ao encontrado por Kluge e Minami (1997) em tomates ‘Santa Clara’. Esses autores explicam que isso ocorre, possivelmente, devido às perdas de açúcares na

respiração, já que estes constituem um dos substratos para o processo respiratório que ocorre nos frutos e hortaliças, mesmo depois que os mesmos foram colhidos. Além disso, Damasceno e outros (2003), verificaram uma diminuição do teor de sólidos solúveis durante o armazenamento em tomates de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill).

4.2.4 Variação de Acidez Titulável

Os resultados relativos às variações de acidez titulável nos tomates durante o período de armazenamento são apresentados nas Figuras 4.67 a 4.72.

4.2.4.1 Comparação entre tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento

As Figuras 4.67 a 4.70 mostram os valores de acidez titulável dos tomates com e sem aplicação de cera durante o período de armazenamento nas diferentes temperaturas avaliadas.

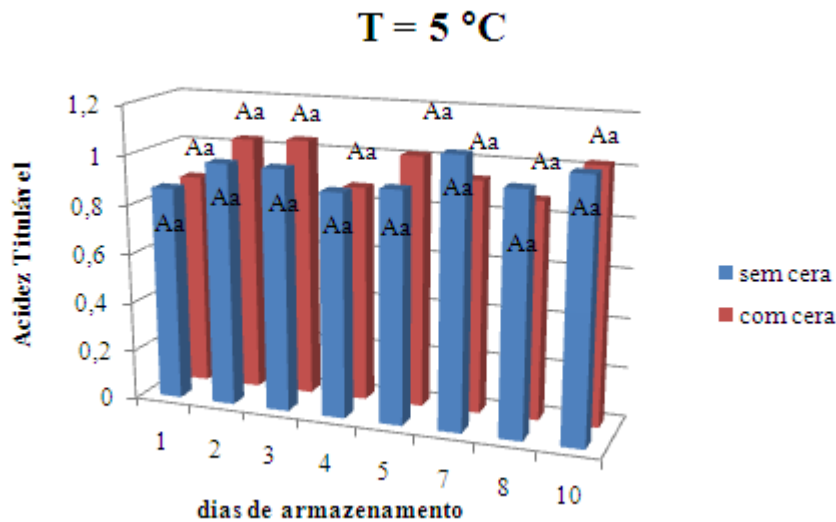


Figura 4.67. Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 5±1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo (p<0,05). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

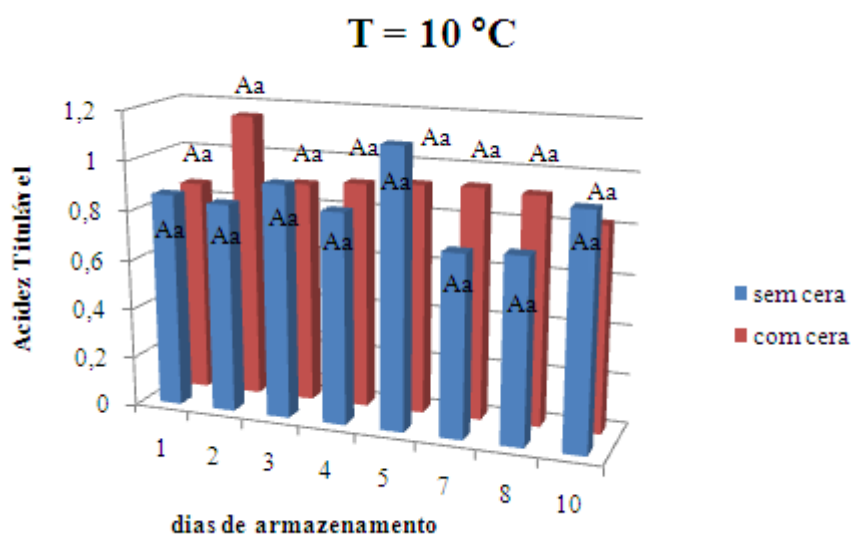


Figura 4.68. Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 10 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

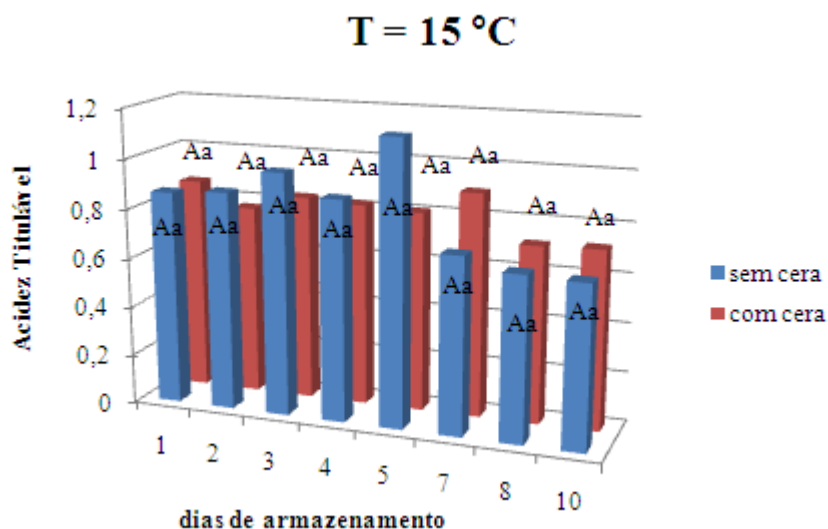


Figura 4.69. Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 15 ± 1 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

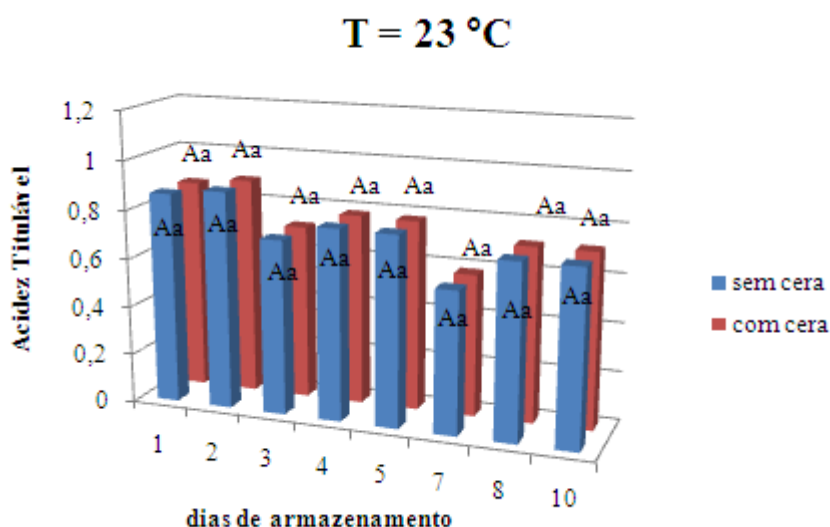


Figura 4.70. Variação de acidez titulável durante o armazenamento a 23 ± 3 °C com e sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre a aplicação ou não de cera.

4.2.4.2 Comparação entre as temperaturas de armazenamento

As Figuras 4.71 e 4.72 mostram os valores de acidez titulável dos tomates, comparando os valores obtidos nas diferentes temperaturas de armazenamento, com aplicação de cera (Figura 4.71) e sem aplicação de cera (Figura 4.72).

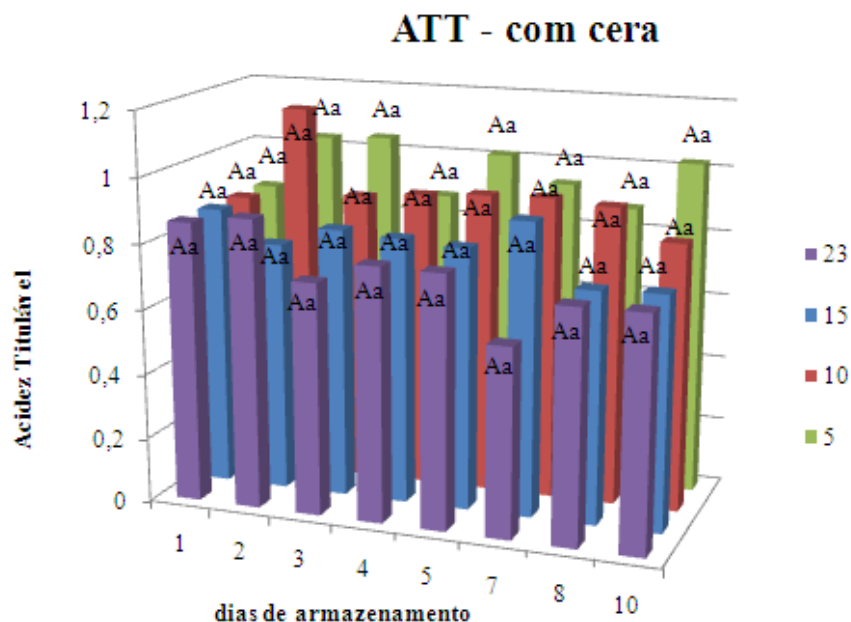


Figura 4.71. Variação de acidez titulável durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos com a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

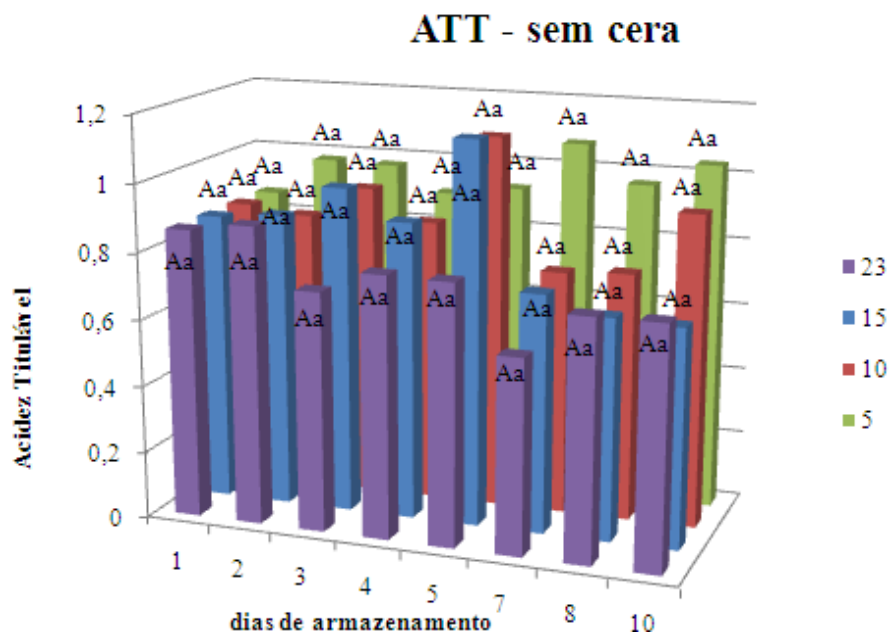


Figura 4.72. Variação de acidez titulável durante o armazenamento em todas as temperaturas analisadas para frutos sem a aplicação de cera. Letras diferentes apresentam diferenças significativas entre as médias no mesmo eixo ($p < 0,05$). Letras minúsculas: diferenças entre os dias. Letras maiúsculas: diferença entre as temperaturas.

Pela análise das Figuras 4.67 a 4.72, observa-se que não houve diferenças estatísticas significativas ao nível estabelecido entre os tratamentos, os períodos de armazenamento e todas as temperaturas de armazenamento. A tendência, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), seria que a acidez titulável diminuisse com o amadurecimento do fruto, uma vez que o conteúdo de ácidos orgânicos diminui devido à utilização desses ácidos no processo respiratório ou na sua conversão em açúcares. Essa tendência de diminuição da acidez titulável com o amadurecimento foi observada por Damasceno e outros (2003) em tomates de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Avaliando todos os resultados das análises de firmeza, pH, quantidade de sólidos solúveis e acidez titulável, pode-se dizer que não foram verificadas grandes variações, principalmente com a aplicação de cera nos tomates, o que era esperado. Provavelmente isso se deve ao fato da metodologia utilizada para a aplicação da cera na superfície dos tomates não ter sido focada na inserção do pedúnculo⁹ dos frutos. Segundo Luengo e Calbo (2001), a aplicação de uma fina camada de selantes comestíveis nessa região do fruto atrasa o amadurecimento em pelo menos 4 dias a 20 °C. Isso ocorre pois há uma redução em até 80% da entrada de oxigênio, atrasando o amadurecimento do fruto.

⁹ Haste de sustentação de uma flor ou um fruto.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

O modelo proposto apresenta-se como um instrumento que auxilia na redução dos custos totais do estabelecimento com armazenagem de frutos e hortaliças.

A equação proposta por Tijskens e Polderdijk (1996) foi uma ferramenta útil para prever o tempo de vida dos produtos em diferentes temperaturas de armazenamento.

Verificou-se que a temperatura da câmara, a temperatura do estoque e o custo de aquisição dos produtos afetam significativamente a ordem de prioridade para determinado produto estar na câmara fria e que é muito importante considerar o tempo de vida de cada produto em determinada temperatura antes de tomar uma decisão quanto à logística destes dentro das alocações do depósito.

Observou-se que a utilização de cera de carnaúba no recobrimento dos frutos de tomate do grupo cereja não melhorou sua conservação pós-colheita, mas também não foi prejudicial. A cera não melhorou significativamente a variação da firmeza, do pH, dos sólidos solúveis e da acidez titulável, embora esta tenha dado ao fruto de tomate um aspecto melhor de aparência, tornando o produto um pouco mais atraente. Além disso, a temperatura de armazenamento também não influenciou estatisticamente ao nível estabelecido os atributos de qualidade do tomate analisados neste trabalho.

O método desenvolvido é genérico e pode ser utilizado, portanto, como uma ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisões relacionadas à logística de armazenamento dos frutos e hortaliças nos depósitos de supermercados.

Para trabalhos futuros, sugere-se estender o modelo para outros casos, por exemplo, considerando mais de uma câmara fria para armazenamento dos produtos. Além disso, sugere-se que experimentos sejam realizados com frutos que não foram analisados neste trabalho, para a obtenção dos parâmetros KQ_{ref} , $k_{ref(n)}$ e $E_{A(n)}$ para que novos produtos possam ser incluídos no modelo.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, J. A. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, p. 207–225, 1999.

ALVARENGA, C. A.; NORAES, N. *Logística Aplicada: Suprimentos e Distribuição Física*, Edgard Blucher Ltda – 3. ed., 2000.

ASHRAE – *Refrigeration Systems and Applications Handbook*. Atlanta, 2002. Cap. 23.

BACHMANN, J.; EARLES, R.; Postharvest handling of fruits and vegetables. *ATTRA*, 2000.

BILLY, L. et al. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 47, p. 315–324, 2008.

BRENNAN, J. G.; BUTTERS, N. D. COWELL; LILLEY, A. E. V. *Food Engineering Operations*. Elsevier Applied Science – London and New York – 3. Ed., 1990.

BROEKMEULEN, R. A. C. M. Operations Management of Distribution Centers for Vegetables and Fruits. *International Transactions in Operational Research*. v. 5, n. 6, p. 501-508, 1998.

CAMARGO, R. J.; TADINI, C. C.; SABATO S. F. Physical–chemical analyses of irradiated papayas (*Carica papaya* L.). *Radiation Physics and Chemistry*, v. 76, p. 1866–1868, 2007.

CHAVES A. L. et al. Ciclo de maturação e produção de etileno de tomates (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) transgênicos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 1, p. 116–120, 1998.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

CORTEZ, L. A. B.; JORGE, J. T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 1, p. 26–33, 2001.

DAMASCENO, S. et al. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 3, p. 377–380, 2003.

DARVAS, J. M.; KOTZE, J. M.; WEHNER, F. C. Effect of treatment after picking on the incidence of post-harvest fruit diseases of avocado. *Phytophylactica*, v. 22, n. 1, p. 93–96, 1990.

DE MARCHI, R. et al. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 3, p. 381–387, 2000.

FERREIRA NETO, Josué et al. Avaliação das câmaras frias usadas para o armazenamento de frutas e hortaliças no entreposto terminal de São Paulo (CEAGESP). *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 832–839, 2006.

FU, B.; LABUZA, T. P. Shelf-life Prediction: Theory and Application. *Food Control*, Butterworth-Heinemann, v. 4, n. 3, 1993, p. 125–133.

GUPTA, S. K.; GUPTA, G., K. Role of pre-harvest fungicidal sprays and post-harvest wax coating against sooty blotch, fly speck and storage rots of apple. *Plant Disease Research*, v. 7, n. 2, p. 161–164, 1992.

GUTIERREZ, A. S. D. A cadeia de produção de hortícolas frescos e a embalagem de madeira. *Sociedade Brasileira de Silvicultura*, 2001. Disponível em: http://www.sbs.org.br/atualidades_single.php?id=4. Acesso em 11/08/2008.

_____. Perfil do comprador de frutas e hortaliças frescas no entreposto terminal de São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=11468. Acesso em 11/08/2008.

HARKER, F. R. et al. Sensory interpretation of instrumental measurements 1: texture of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 24, p. 225–239, 2002.

HERTOG, M. L. A. T. M.; NICHOLSON, S. E.; BANKS, N. H. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in ‘Braeburn’ apples. *Postharvest Biology and Technology*, v. 23, p. 175–184, 2001.

HERTOG, M. L. A.T. M. et al. The impact of biological variation on postharvest behaviour: The case of dynamic temperature conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 43, p. 183–192, 2007.

ISMAIL, B. et al. Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT*, v. 41, p. 896–904, 2008.

JACOMINO, A. P. et al. Conservação de Goiabas Tratadas com Emulsões de Cera de Carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 3, p. 401–405, 2003.

JHA, S.N.; KINGSLY, A.R.P.; CHOPRA, S. Physical and mechanical properties of mango during growth and storage for determination of maturity. *Journal of Food Engineering*, v. 72, p. 73–76, 2006.

KETELAERE, B. D. et al. Tomato cultivar grouping based on firmness change, shelf life and variance during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 34, n.2, p. 187–201, 2004.

KLUGE, R.A.; MINAMI, K. Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates ‘Santa Clara’. *Sci. agric.*, Piracicaba, v. 54, n. 1–2, 1997.

LABUZA, T. P. Application of Chemical Kinetics to Deterioration of Foods. *Journal of Chemical Education*, v. 61, n. 4, 1984.

LANA, M. M.; TIJSKENS, L. M. M.; VAN KOOTEN, O. Effects of storage temperature and fruit ripening on firmness of fresh cut tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 35, p. 87–95, 2005.

LUCENA, E. M. P. *Desenvolvimento e maturidade fisiológica de manga ‘Tommy Atkins’ no vale do São Francisco*. Universidade Federal do Ceará, 2005. Tese (Doutorado em Agronomia).

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. *Armazenamento de hortaliças*. Embrapa Hortaliças, 2001.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas na firmeza e coloração de goiabas das cultivares paluma e pedro sato. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 23, n. 2, p. 277–281, 2001

MEHINAGIC, E. et al. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest Biology and Technology*, v. 34, p. 257–269, 2004.

MITCHAM, B.; CANTWELL, M.; KADER, A. Methods for Determining Quality of Fresh Commodities. *Perishables Handling Newsletter Issue*, n. 85, 1996.

MORETTI, C. L.; PINELI, L. L. O. Qualidade química e física de berinjelas submetidas a diferentes tratamentos pós-colheita. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 2, p. 339–344, 2005.

MUSKOVICS, G. et al. Changes in physical properties during fruit ripening of Hungarian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, v. 40, p. 56–63, 2006.

NILSSON, T., Postharvest handling and storage of vegetables. In: SHEWFELT, R. L.; BRÜCKNER, B. *Fruit and vegetables quality: an integrated view*. CRC Press, 2000.

PAULL, R. E.; Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, p. 263–277, 1999.

PELAYO, C.; EBELER, S.E.; KADER, A.A.; Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 °C in air or air +20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, v. 27, p. 171–183, 2003.

PINTO, L. C. B., *Qualidade e conservação de pêssegos com utilização de 1-mcp e resfriamento rápido*. Universidade Estadual de Campinas, 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola).

PRE-AYMARD, C. et al. Sensory analysis and instrumental measurements of ‘Anna’ apples treated with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*, v. 36, p. 135–142, 2005.

PRUSSIA, S. E., SHEWFELT, R. L., Systems approach to postharvest handling. In: SHEWFELT, R. L., PRUSSIA, S. E., *Postharvest handling: a systems approach*. Academic Press, 1993.

RIBEIRO, V. G. et al. Armazenamento de goiabas ‘paluma’ sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 27, n. 2, p. 203–206, 2005.

SAFTNER, R. et al. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, v. 49, p. 19–26, 2008.

SAKAMOTO, N. M. *Sazonalidade, refrigeração e diferentes tipos de recobrimento na conservação pós-colheita de estacas de cordilíne (Cordyline rubra Hügel)*. Universidade de São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

SCHOUTEN, R. E. et al. Keeping quality of cucumber fruits predicted by biological age. *Postharvest Biology and Technology*, v. 12, p. 175–181, 1997.

_____. Modelling quality attributes of truss tomatoes: Linking colour and firmness maturity. *Postharvest Biology and Technology*, v. 45, p. 298–306, 2007a.

_____. Modelling the acceptance period of truss tomato batches. *Postharvest Biology and Technology*, v. 45, p. 307–316, 2007b.

SHEWFELT, R. L. Stress physiology: a cellular approach to quality. In: SHEWFELT, R. L.; PRUSSIA, S. E., *Postharvest handling: a system approach*. Academic Press, 1993.

_____. What is quality? *Postharvest biology and technology*, v. 15, p. 197–200, 1999.

SOUZA, R. M.; HENZ, G. P.; PEIXOTO, J. R. Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia de pós-colheita. *Hortic. Bras.*, v. 21, n. 4, 2003.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P. Applicability of time-temperature indicators as shelf-life monitors of food products. *Journal of Food Science*, v. 54, n. 4, p. 783–788, 1989.

TIJSKENS, L. M. M.; POLDERDIJK, J. J. A Generic Model for Keeping Quality of Vegetable Produce During Storage and Distribution. *Agricultural Systems*, v. 51, n. 4, p. 431–452, 1996.

USDA – United States Department of Agriculture. *United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes*, Washington, 1991.

VALERO, C.; CRISOSTO, C. H.; SLAUGHTER, D.; Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology*, v. 44, p. 248–253, 2007.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.17, n.1, p.71–89, 2000.

VILELA, N. J. et al . O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 21, n. 2, 2003.

APÊNDICE I

Médias e desvio padrão dos dados experimentais obtidos com as análises de firmeza, pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável realizadas em tomates do grupo cereja, com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba, armazenados em câmaras frias em quatro diferentes temperaturas (5 ± 1 °C, 10 ± 1 °C, 15 ± 1 °C e 23 ± 3 °C).

APÊNDICE I

Médias e desvio padrão das análises de firmeza (compressão e punção), pH, sólidos solúveis e acidez titulável realizadas nos tomates.

Tabela A1.1. Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.

Firmeza Compressão	sem cera		com cera	
	Média (N)	Desvio Padrão (N)	Média (N)	Desvio Padrão (N)
1	4,6613	0,5985	4,6613	0,5985
5-2	4,2863	0,8230	3,3375	0,3711
5-3	3,3513	0,7403	3,2738	0,4257
5-4	3,5775	0,6636	3,0013	0,5750
5-5	3,6313	0,7215	3,6213	0,7376
5-6	2,8713	0,7291	3,1025	0,4630
5-7	2,6288	0,5578	3,0900	0,6740
5-9	3,9300	0,7189	3,6138	0,5604
5-10	3,2100	0,7427	3,6713	0,4320
5-11	3,0400	0,8128	2,9925	0,4842
10-2	3,9688	0,3712	3,6938	0,4948
10-3	3,0688	0,5931	3,3350	0,3511
10-4	3,3063	0,5478	2,3850	0,4070
10-5	3,7350	0,6978	3,1613	0,5477
10-6	3,0463	0,7026	3,7163	0,6206
10-7	3,7313	0,4423	3,8725	0,6084
10-9	3,0100	0,5916	3,2338	0,3216
10-10	3,0050	0,2594	4,2875	1,0502
10-11	3,3013	0,3967	3,5238	0,5369
15-2	3,8125	0,4900	3,8325	0,6922
15-3	3,5450	0,3970	3,6513	0,5665
15-4	3,6250	0,5829	3,6300	0,5340
15-5	3,0375	0,4474	4,2225	0,6468
15-6	3,0638	0,3618	4,1488	0,5294
15-7	3,2800	0,4878	4,7063	1,3800

Tabela A1.1. Continuação.

Firmeza	sem cera		com cera	
Compressão	Média (N)	Desvio Padrão (N)	Média (N)	Desvio Padrão (N)
15-9	3,3075	0,6804	4,0913	0,5638
15-10	3,9413	0,6547	3,7025	0,7303
15-11	3,2475	0,6698	4,1788	0,9504
23-2	3,8425	0,6984	4,0325	1,0358
23-3	3,9400	0,6249	3,7363	1,3427
23-4	2,9238	0,3862	3,1175	0,4591
23-5	3,0325	0,4656	3,0438	0,8352
23-6	2,8850	0,4233	3,2613	0,3584
23-7	3,1588	0,6964	3,1563	0,4369
23-9	2,8800	0,7172	3,3400	0,4445
23-10	2,3700	0,3328	3,4913	0,5693
23-11	2,2775	0,3236	2,9063	0,3830

Tabela A1.2. Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.

Firmeza	sem cera		com cera	
Punção	Média (N)	Desvio Padrão (N)	Média (N)	Desvio Padrão (N)
1	4,0685	0,6977	4,0685	0,6977
5-2	3,9775	0,5537	4,0675	0,3729
5-3	3,7775	0,2948	4,1600	0,7198
5-4	4,4375	1,0985	4,9050	0,5921
5-5	4,3675	0,3487	3,9725	0,1130
5-6	4,3275	0,3396	4,3075	0,7006
5-7	4,4200	0,4966	3,8925	0,7900
5-9	3,7375	0,8118	3,8850	0,2704
5-10	4,6350	0,4582	4,4725	0,2524
5-11	3,6125	0,3344	4,0150	0,4052
10-2	4,6450	0,7224	4,8700	0,2917
10-3	4,3850	0,1997	3,9975	0,4698
10-4	3,9850	0,5795	3,6800	0,4735
10-5	4,7425	0,4430	4,2950	0,6729

Tabela A1.2. Continuação.

Firmeza	sem cera		com cera	
Punção	Média (N)	Desvio Padrão (N)	Média (N)	Desvio Padrão (N)
10-6	4,0825	0,4112	4,0450	0,7380
10-7	4,7325	0,4982	4,8000	0,4956
10-9	3,3200	0,2362	4,1550	0,2437
10-10	4,8750	0,4125	5,7425	0,5043
10-11	4,5400	0,3935	4,0550	0,3747
15-2	4,3300	0,2445	4,1300	0,8491
15-3	4,6300	0,2540	3,9050	0,2599
15-4	3,4650	0,3012	4,7100	0,1971
15-5	4,5950	1,0331	4,3900	0,2473
15-6	3,0575	0,4341	4,2000	0,3092
15-7	4,3350	0,4083	5,1475	0,9328
15-9	3,9875	0,5632	4,6750	0,4843
15-10	4,5025	0,1218	3,9625	0,3090
15-11	3,8150	0,2798	4,3750	0,2933
23-2	4,1350	0,4556	4,1350	0,7245
23-3	4,2925	0,1955	4,5025	0,6663
23-4	3,6850	0,1471	4,1575	0,4231
23-5	3,9850	0,3975	3,7825	0,6378
23-6	4,0400	0,2736	4,3425	0,2410
23-7	4,6125	0,8607	4,5525	0,4020
23-9	3,8450	0,2956	4,6025	0,2595
23-10	4,4725	0,3499	4,8475	0,1654
23-11	3,7725	0,4335	3,7325	0,8910

Tabela A1.3. Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.

pH	sem cera		com cera	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
1	3,9150	0,0212	3,9150	0,0212
5-2	3,8033	0,1290	3,7500	0,0954
5-3	3,8900	0,0500	3,8133	0,1286
5-4	3,9600	0,0608	3,9867	0,0839
5-5	3,8933	0,0153	3,8900	0,0721
5-7	3,9633	0,0924	3,9100	0,2117
5-8	3,8500	0,0889	3,9133	0,1501
5-10	3,8833	0,1021	3,9200	0,0557
10-2	3,8667	0,1550	3,7433	0,1270
10-3	3,8400	0,0400	3,9000	0,0985
10-4	3,9233	0,1457	3,8733	0,0404
10-5	3,8433	0,1704	3,9600	0,2081
10-7	4,0400	0,0600	3,9700	0,1908
10-8	3,9730	0,0894	3,8767	0,0289
10-10	3,8767	0,0950	3,9833	0,1021
15-2	3,7233	0,0862	3,8500	0,0889
15-3	3,8267	0,1716	3,9433	0,0379
15-4	3,8400	0,0100	3,9633	0,1365
15-5	3,9233	0,0737	4,0233	0,0751
15-7	4,0967	0,3650	3,8333	0,0611
15-8	4,0167	0,0513	4,0033	0,1124
15-10	4,0933	0,0702	3,9400	0,0700
23-2	3,8867	0,1401	3,7933	0,1137
23-3	3,9333	0,0702	4,0067	0,1250
23-4	3,9200	0,0624	4,0367	0,1002
23-5	4,0500	0,0100	4,0533	0,0902
23-7	4,0967	0,1266	4,4400	0,5782
23-8	4,4000	0,0964	4,0767	0,0473
23-10	4,2350	0,0919	4,3300	0,0990

Tabela A1.4. Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.

Sólidos Solúveis	sem cera		com cera	
	Média (°Brix)	Desvio Padrão (°Brix)	Média (°Brix)	Desvio Padrão (°Brix)
1	5,2200	0,0283	5,2200	0,0283
5-2	4,4633	0,2026	5,3000	0,1000
5-3	5,2633	0,8193	4,9333	0,5405
5-4	4,7600	0,2646	5,0000	0,1572
5-5	5,0867	0,3786	5,0400	0,2339
5-7	5,2267	0,5701	4,7767	0,4509
5-8	5,2633	0,3258	4,8767	0,1069
5-10	5,3700	0,6222	5,8367	0,2517
10-2	4,9433	0,4215	4,9333	0,2665
10-3	4,8967	0,2616	4,7567	0,3066
10-4	4,3933	0,2517	4,8667	0,3050
10-5	5,1133	0,2702	4,7000	0,3751
10-7	4,7767	0,1986	5,4067	0,1528
10-8	4,7167	0,2050	4,9700	0,5511
10-10	5,1667	0,5000	4,8700	0,6083
15-2	5,1200	0,2563	5,0100	0,8448
15-3	4,7100	0,1732	4,8367	0,1582
15-4	4,5700	0,4888	4,4233	0,7649
15-5	4,9567	0,5950	4,6733	0,2665
15-7	4,5067	0,1528	4,6533	0,1790
15-8	5,0167	0,3470	4,5967	0,1484
15-10	4,3633	0,3661	4,4000	0,2464
23-2	4,5067	0,5284	4,5333	0,6506
23-3	5,3200	0,1127	4,9900	0,3143
23-4	4,7867	0,4594	5,4267	0,2281
23-5	4,8100	0,2858	4,9033	0,1097
23-7	4,4467	0,3272	4,7100	0,5568
23-8	4,8933	0,5916	4,6533	0,0577
23-10	4,8750	0,0354	4,5750	0,0354

Tabela A1.5. Média e desvio padrão das análises de firmeza em compressão para tomates com e sem aplicação de cera de carnaúba.

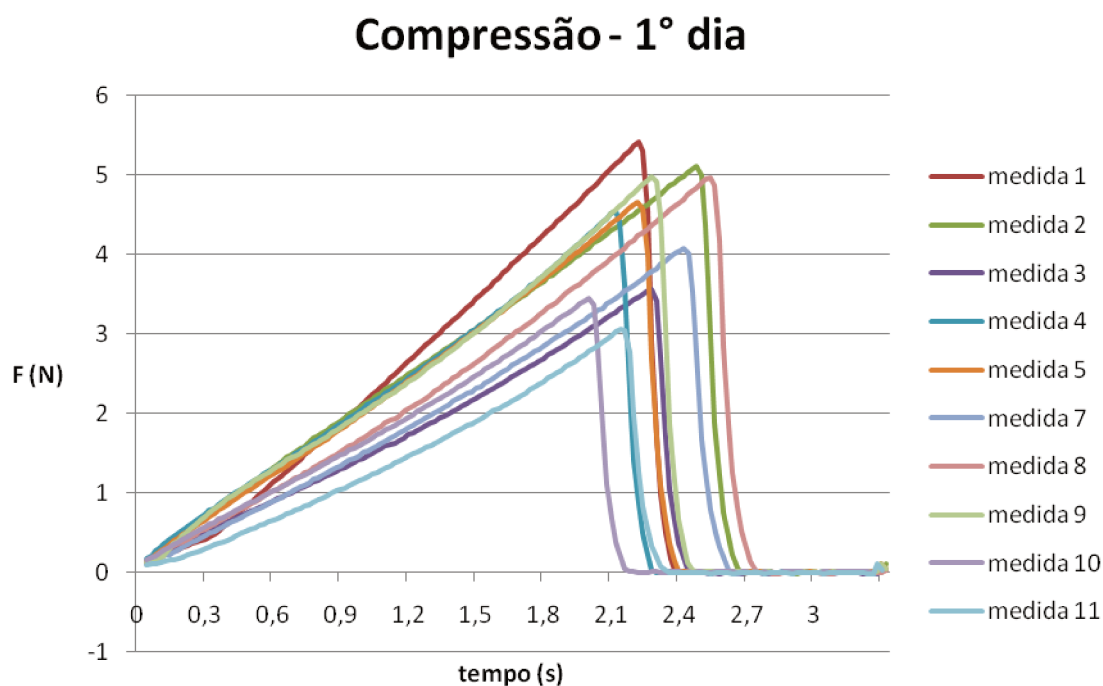
Acidez Titulável	sem cera		com cera	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
1	0,8645	0,0078	0,8645	0,0078
5-2	0,9790	0,2456	1,0343	0,1059
5-3	0,9743	0,1790	1,0443	0,1616
5-4	0,9000	0,0586	0,8727	0,0399
5-5	0,9277	0,0468	1,0130	0,0572
5-7	1,0747	0,1763	0,9350	0,3137
5-8	0,9643	0,1198	0,8733	0,2486
5-10	1,0350	0,2286	1,0230	0,1511
10-2	0,8427	0,2631	1,1530	0,1256
10-3	0,9383	0,1535	0,8940	0,1812
10-4	0,8487	0,2404	0,9123	0,1036
10-5	1,1163	0,1695	0,9250	0,3231
10-7	0,7303	0,0957	0,9303	0,3185
10-8	0,7417	0,0974	0,9170	0,0355
10-10	0,9310	0,2306	0,8237	0,0975
15-2	0,8810	0,2270	0,7700	0,0898
15-3	0,9757	0,2599	0,8303	0,1281
15-4	0,8887	0,1252	0,8183	0,0459
15-5	1,1413	0,1002	0,8063	0,0787
15-7	0,7127	0,2674	0,9007	0,0491
15-8	0,6627	0,0263	0,7133	0,1406
15-10	0,6530	0,1159	0,7197	0,1070
23-2	0,8897	0,1273	0,8897	0,1273
23-3	0,7150	0,0946	0,7150	0,0946
23-4	0,7807	0,2512	0,7807	0,2512
23-5	0,7770	0,0437	0,7770	0,0437
23-7	0,5817	0,2789	0,5817	0,2789
23-8	0,7147	0,1030	0,7147	0,1030
23-10	0,7155	0,0431	0,7155	0,0431

APÊNDICE II

Gráficos da variação da firmeza (compressão e punção) com o tempo para tomates com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba em todas as temperaturas e dias de armazenamento.

APÊNDICE II

A seguir são apresentados os gráficos da variação da firmeza (compressão e punção) com o tempo para tomates com e sem aplicação superficial de cera de carnaúba em todas as temperaturas e dias de armazenamento. Nas análises de compressão, as medidas 1 e 2 (assim como as medidas 3 e 4, 5 e 6, 7 e 8 e 9 e 10) foram realizadas com os mesmos tomates, em pontos opostos do fruto. Nas análises de punção, uma única medida era realizada em cada fruto.



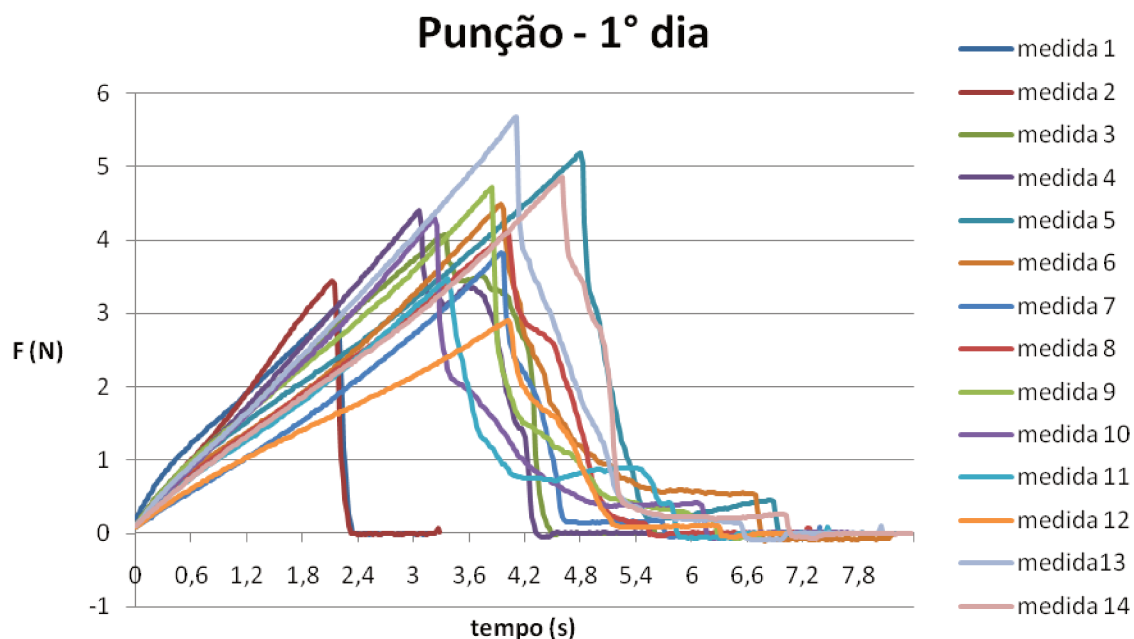


Figura A2.2. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates no primeiro dia (logo depois de colhidos).

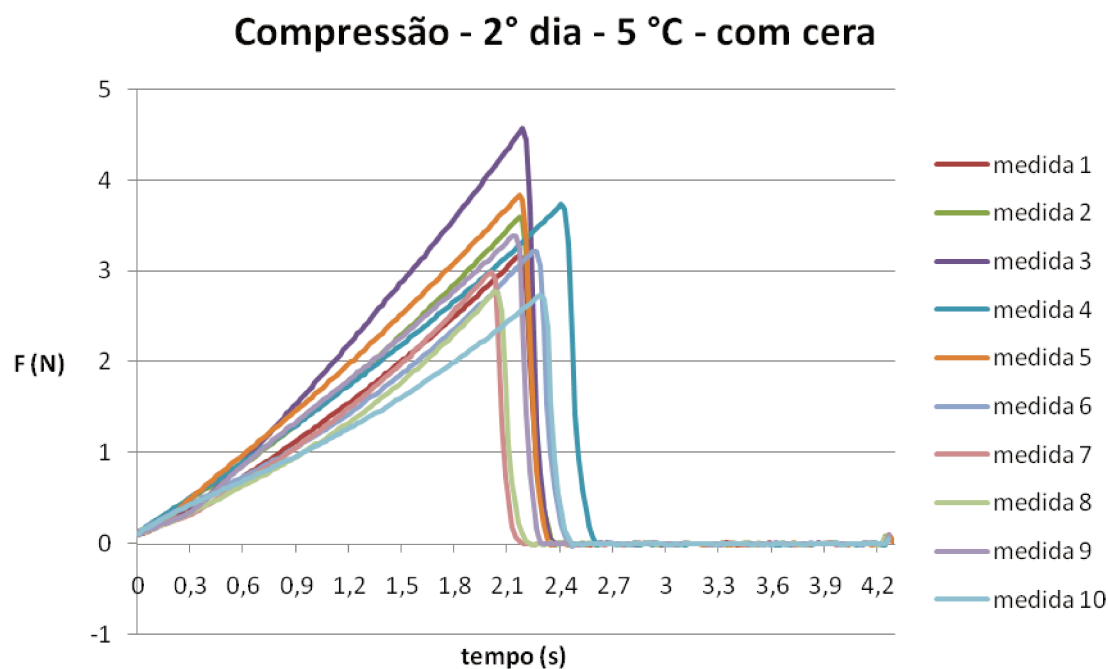


Figura A2.3. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.

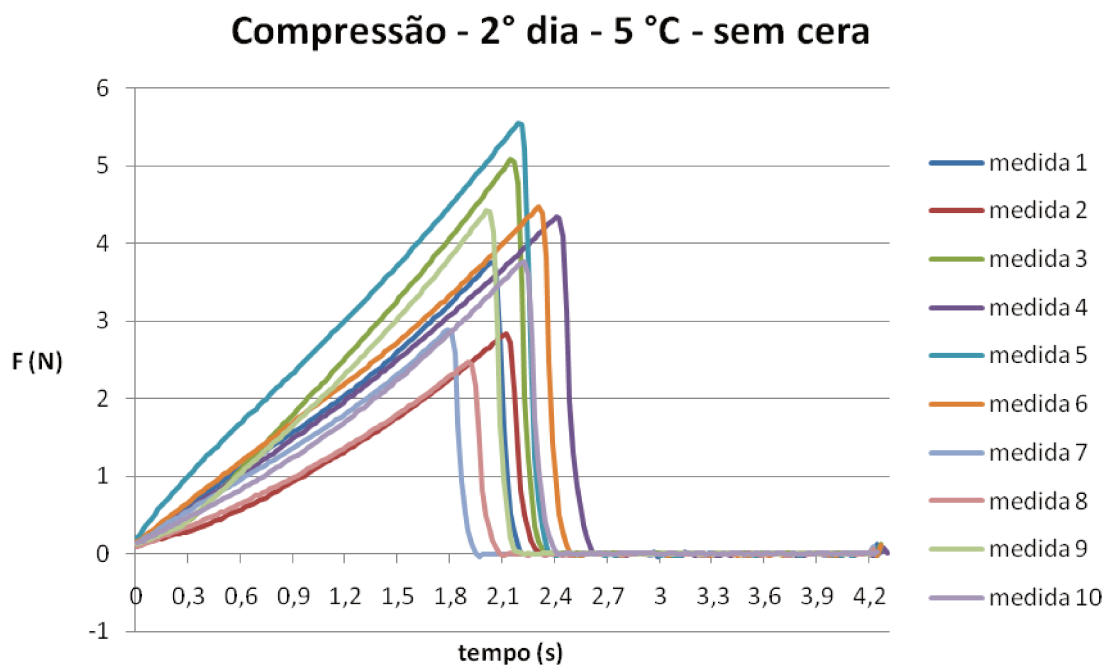


Figura A2.4. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.

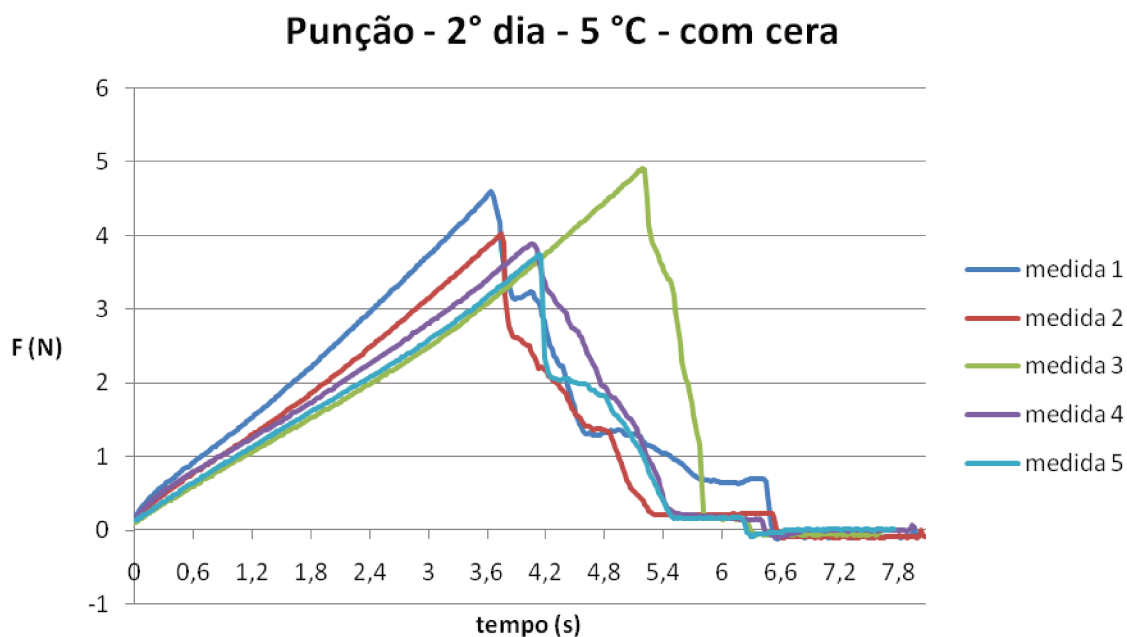


Figura A2.5. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.

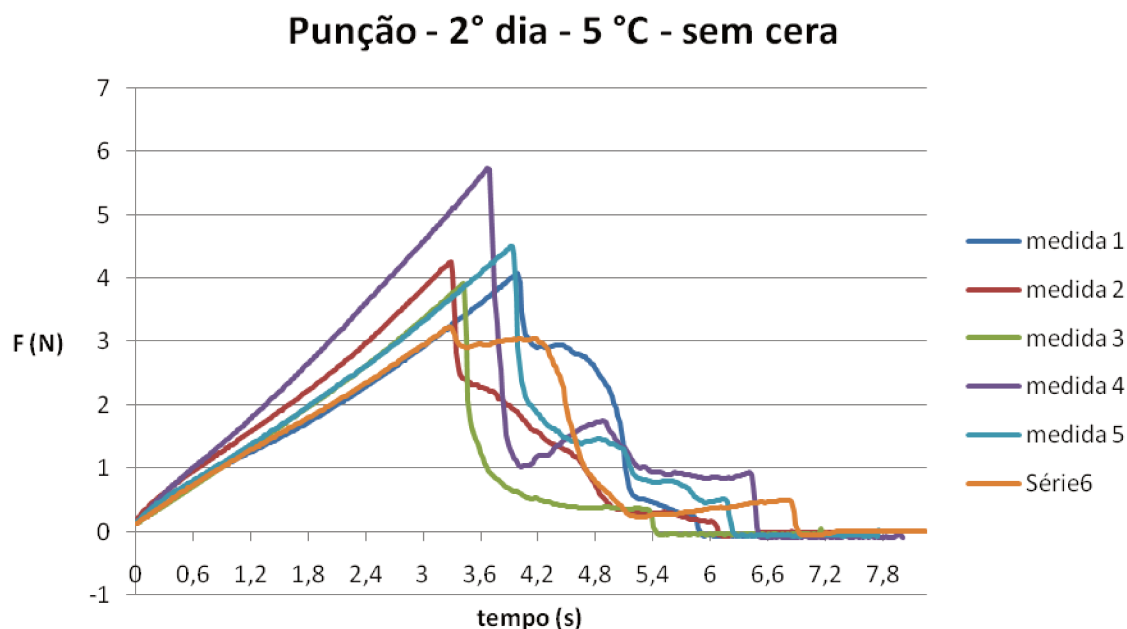


Figura A2.6. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no segundo dia de armazenamento.

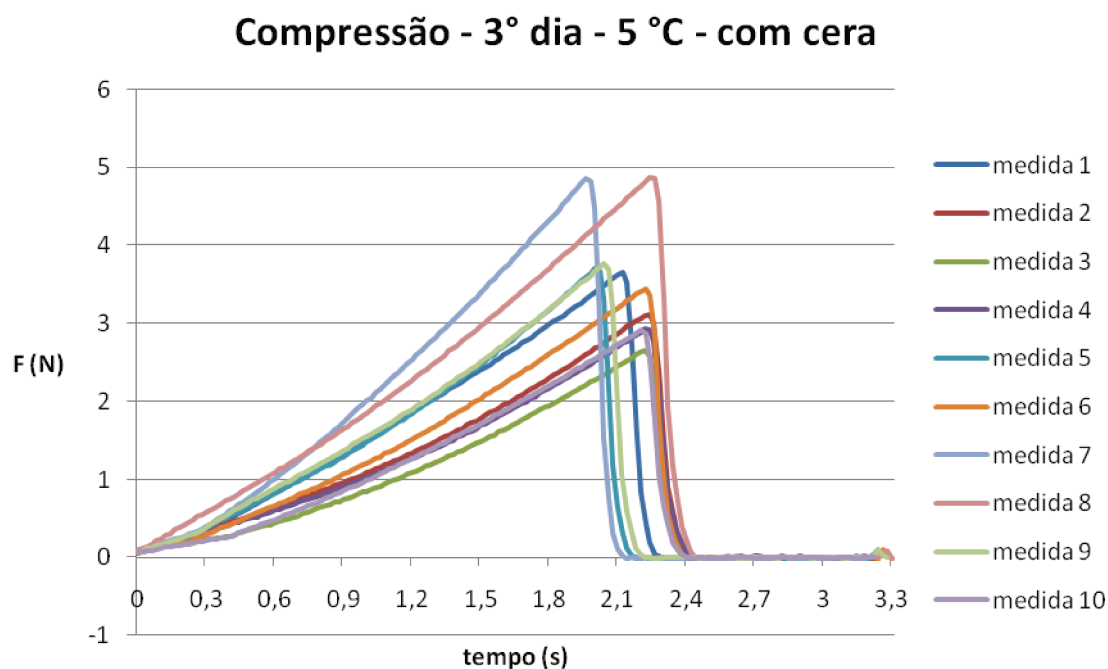


Figura A2.7. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.

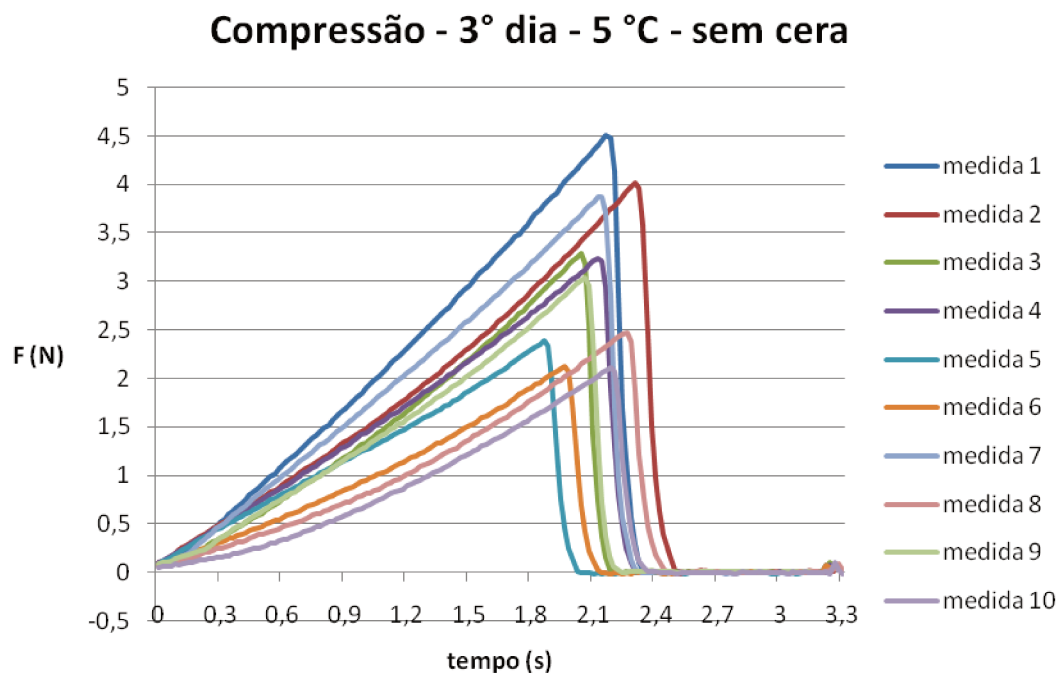


Figura A2.8. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.

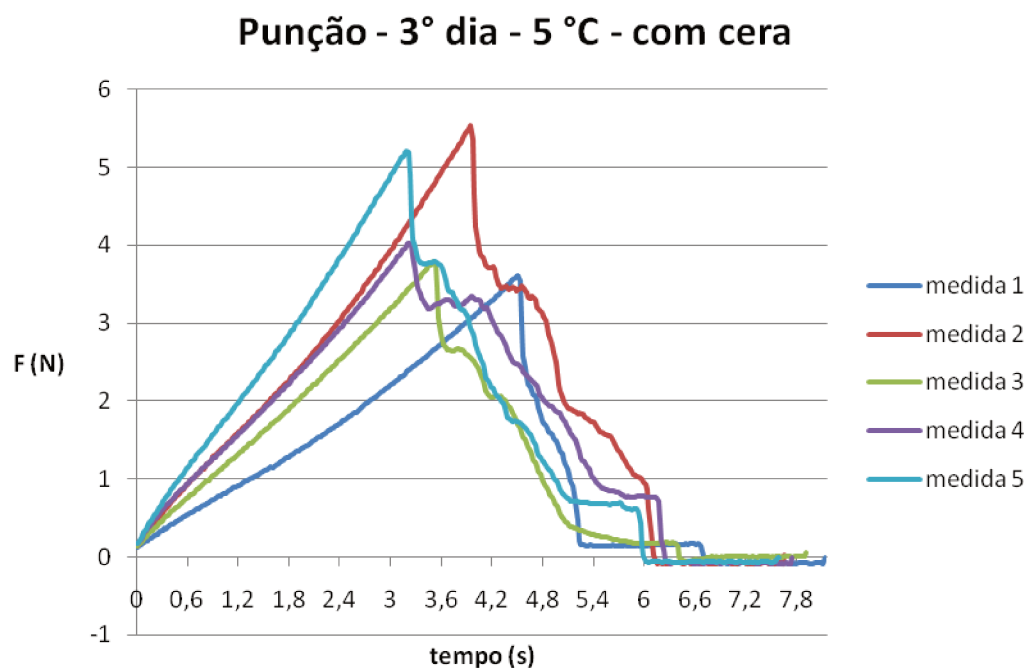


Figura A2.9. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.

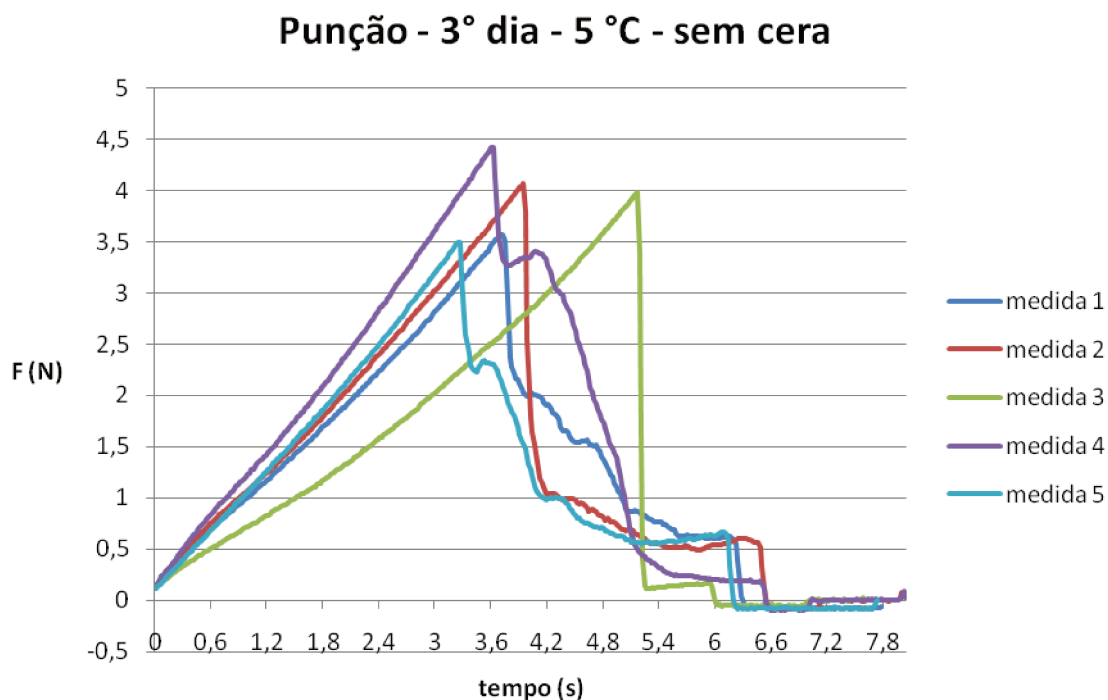


Figura A2.10. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no terceiro dia de armazenamento.

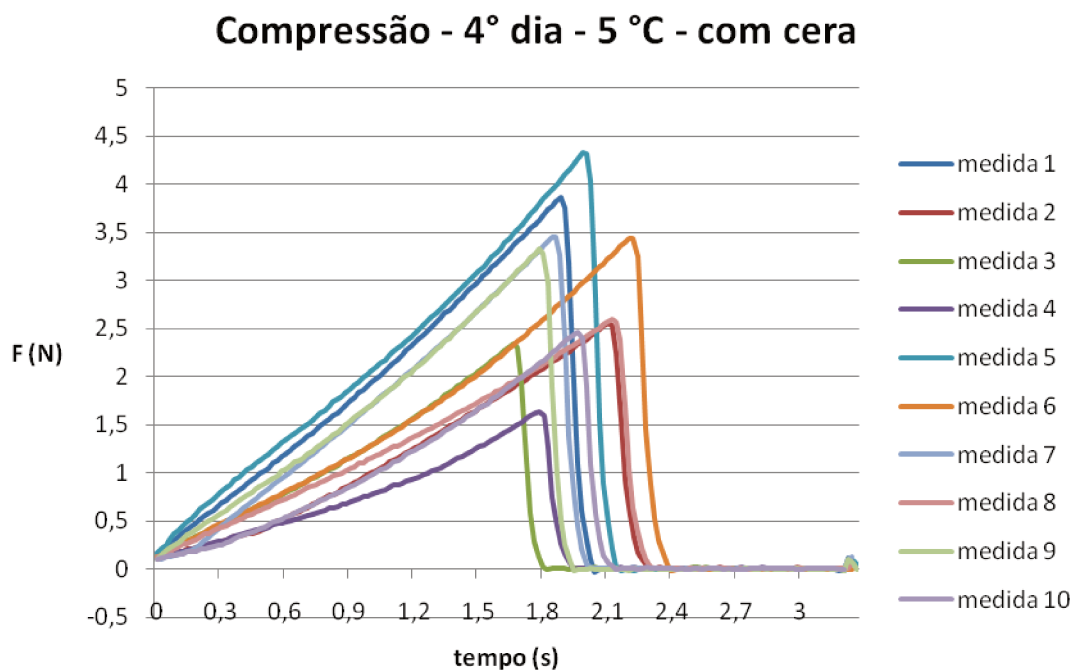


Figura A2.11. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.

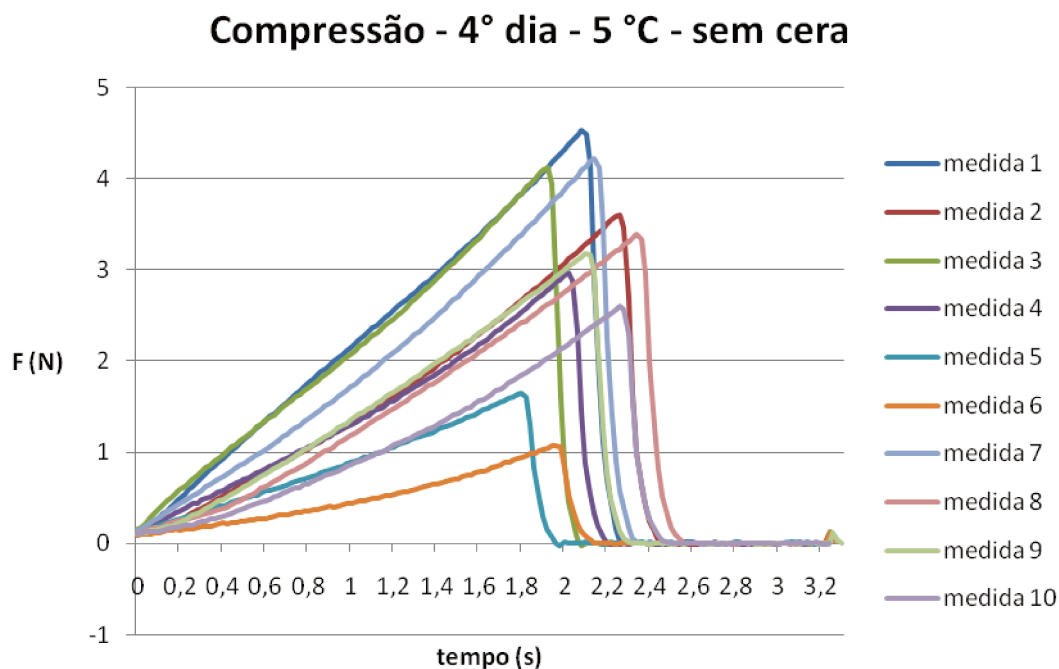


Figura A2.12. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.

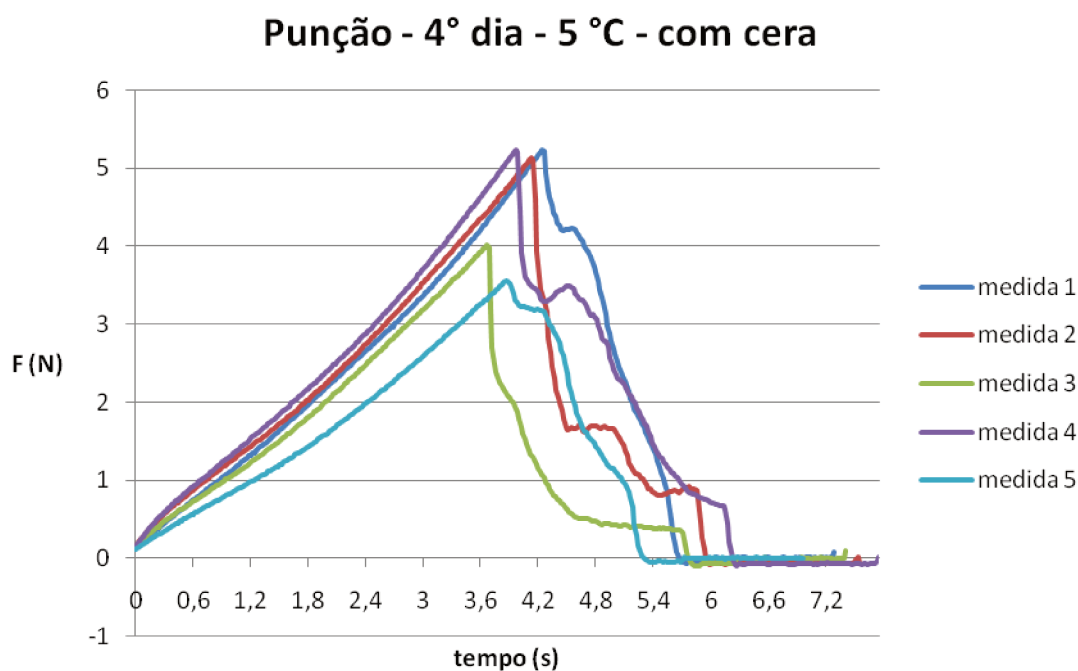


Figura A2.13. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.

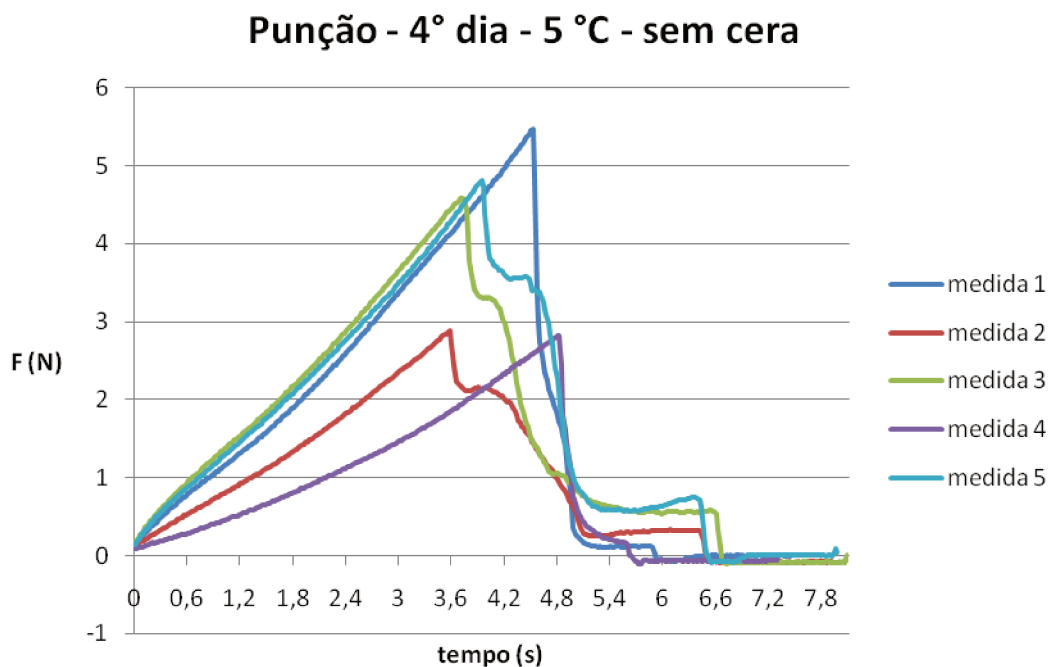


Figura A2.14. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quarto dia de armazenamento.

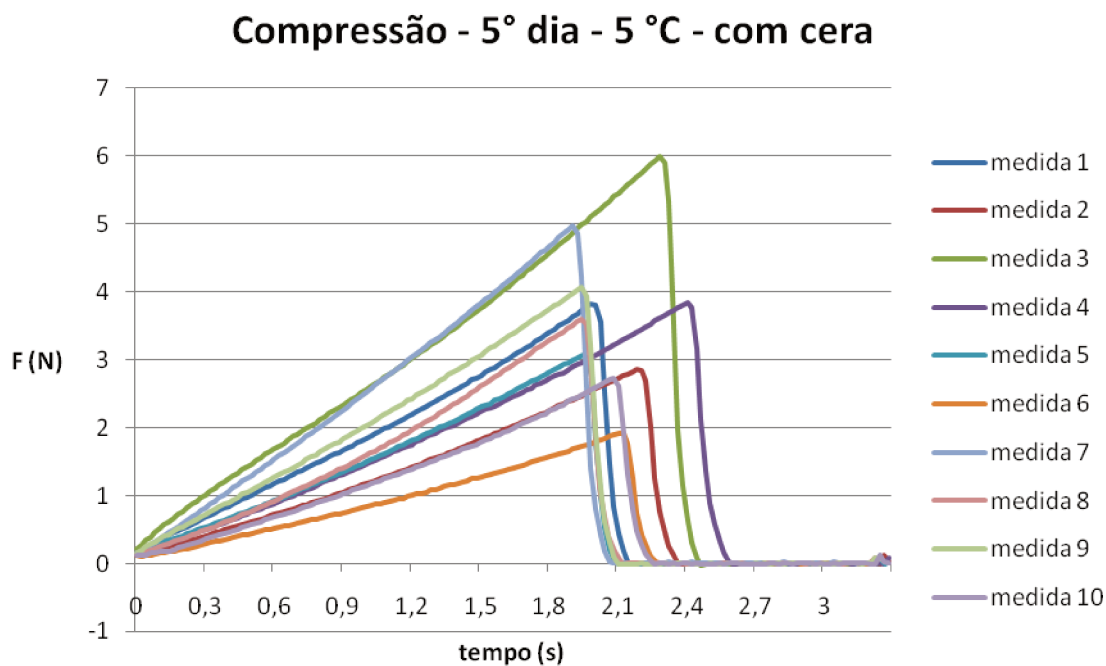


Figura A2.15. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.

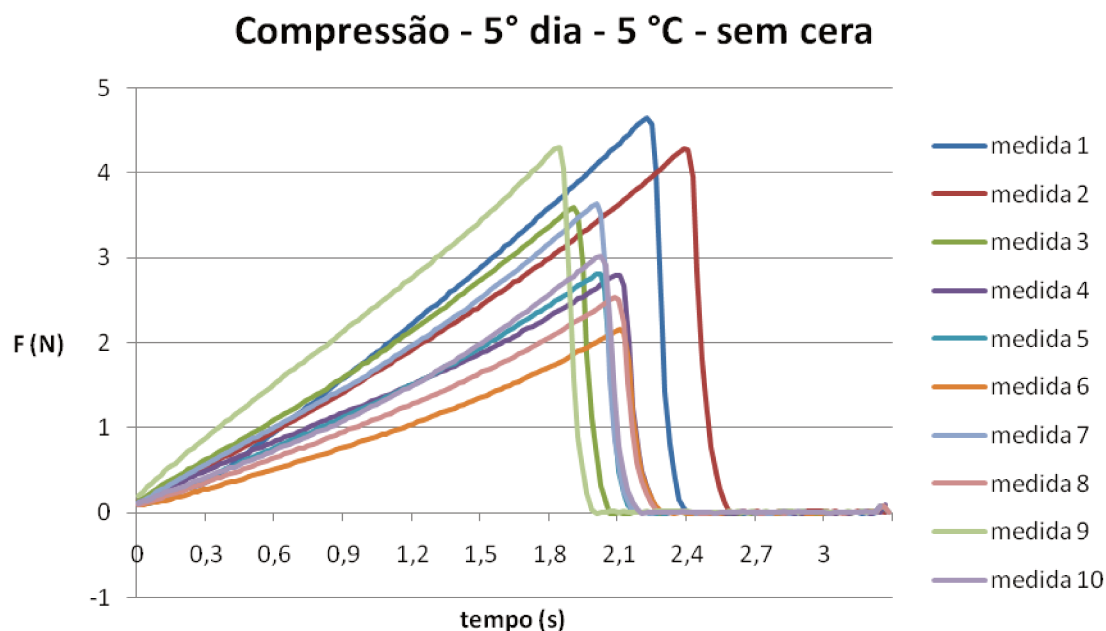


Figura A2.16. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.

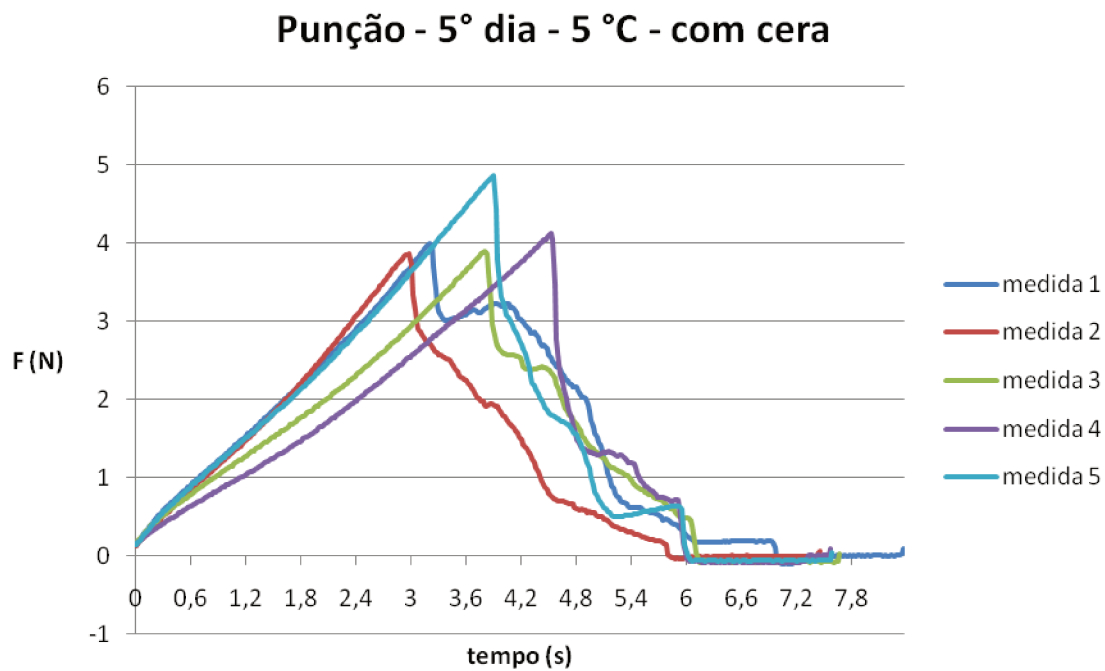


Figura A2.17. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.

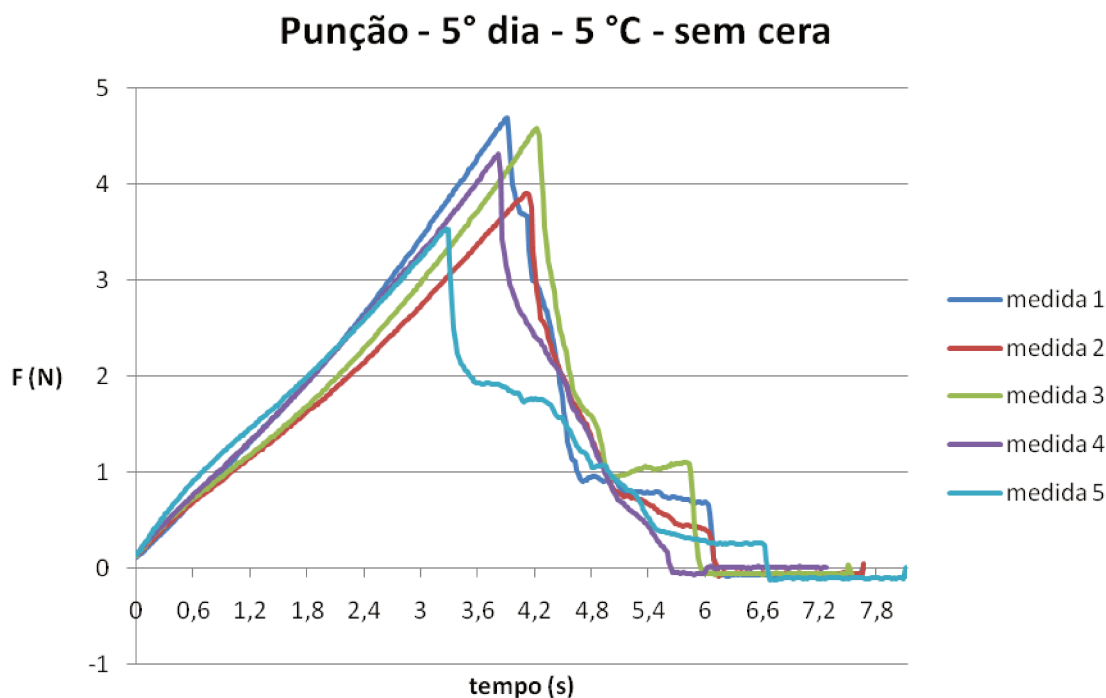


Figura A2.18. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no quinto dia de armazenamento.

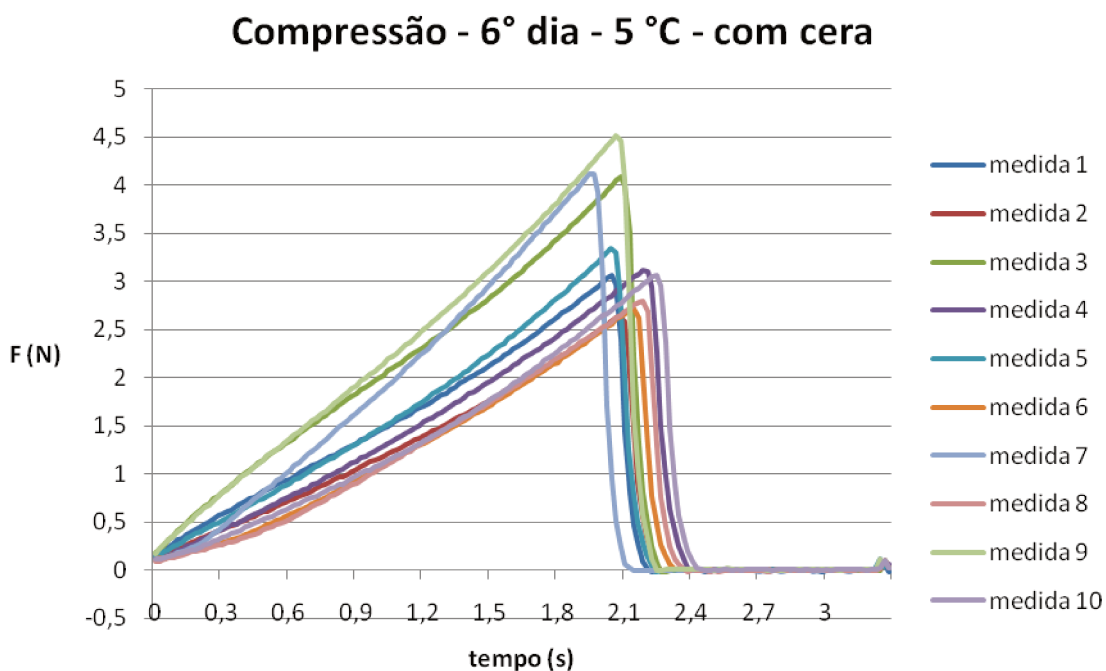


Figura A2.19. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.

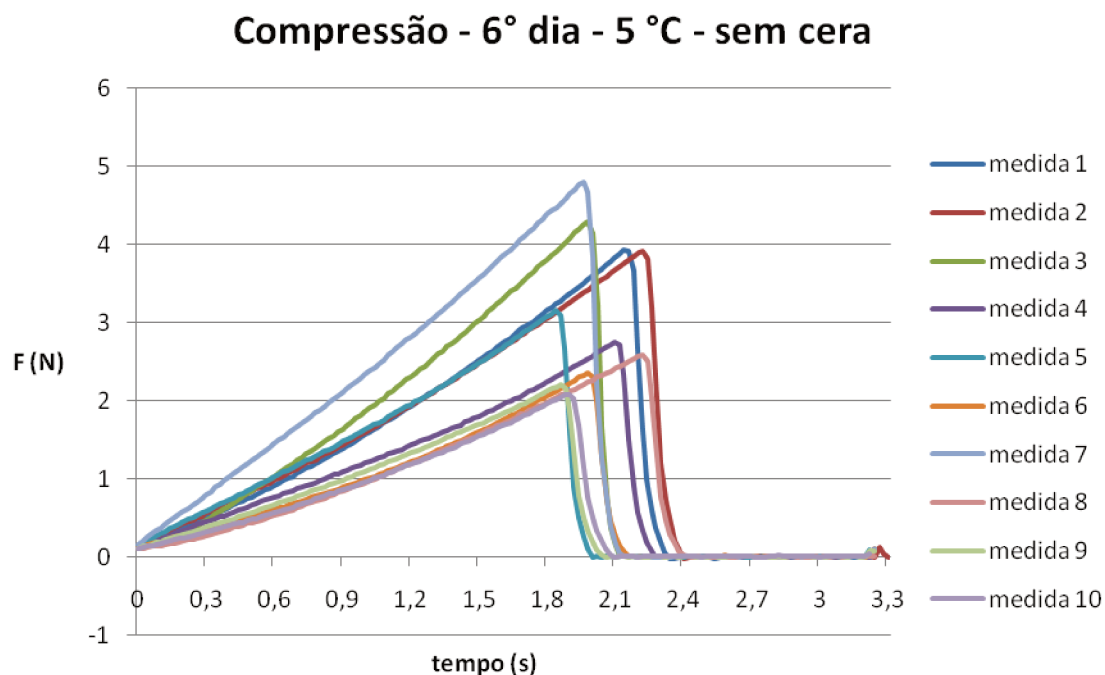


Figura A2.20. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.

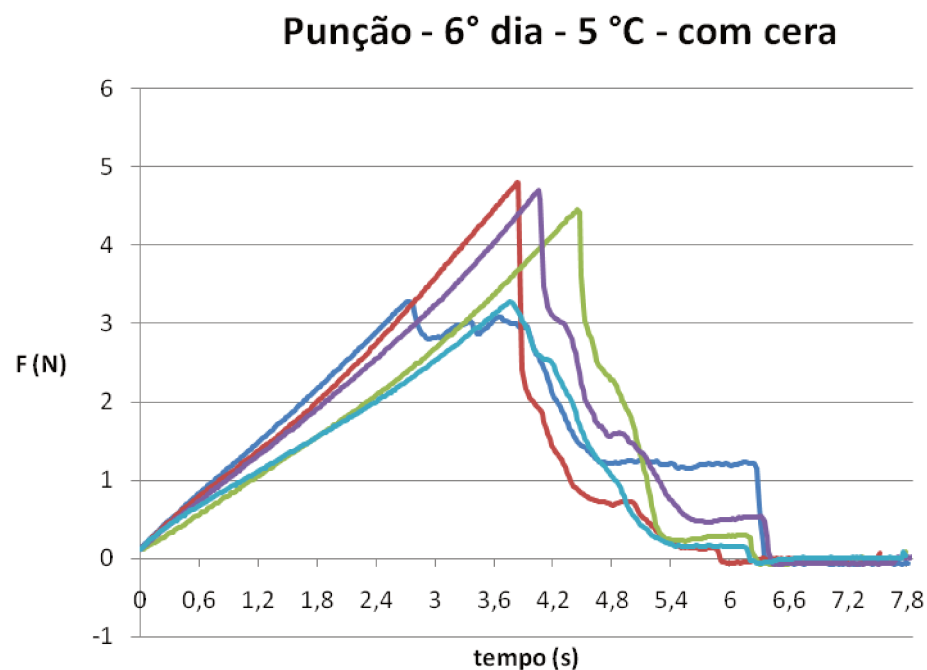


Figura A2.21. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.

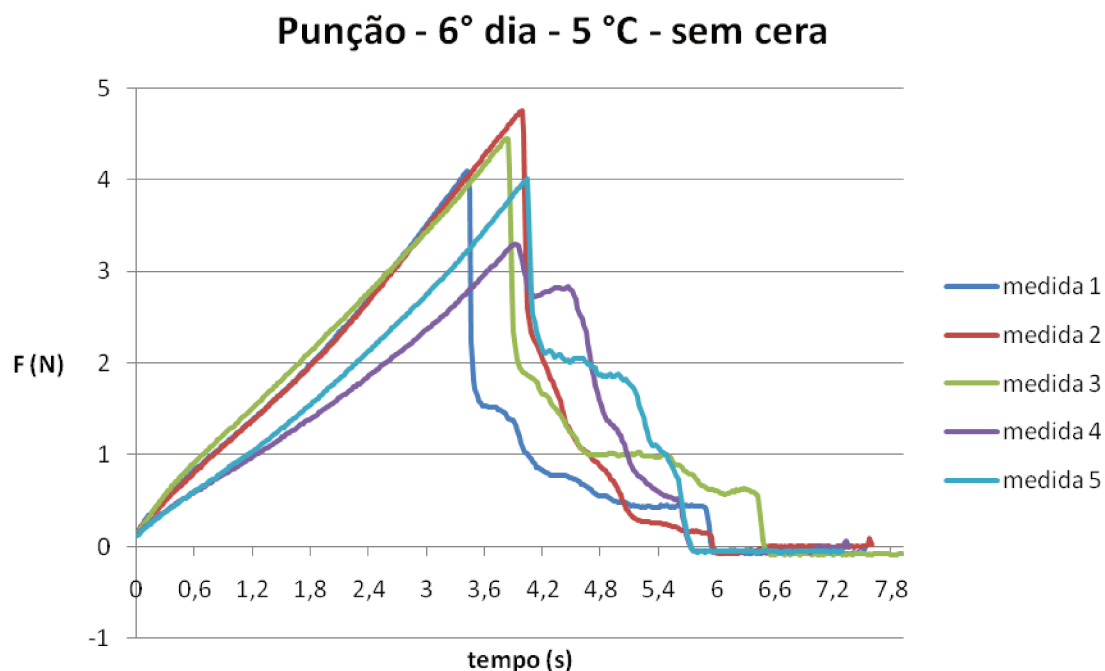


Figura A2.22. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sexto dia de armazenamento.

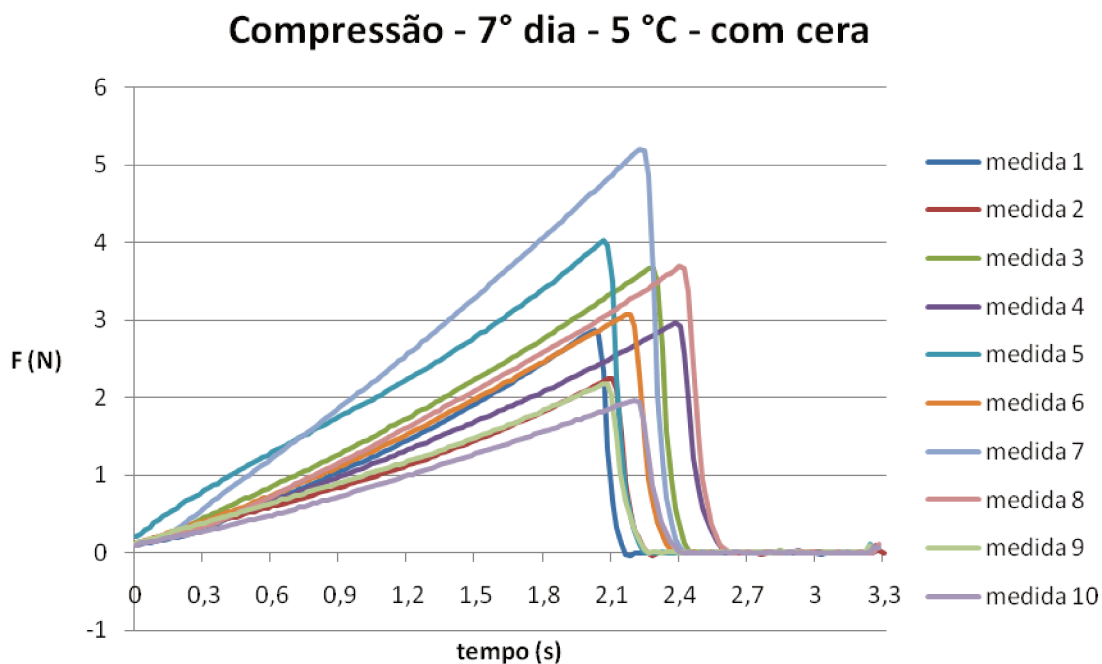


Figura A2.23. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.

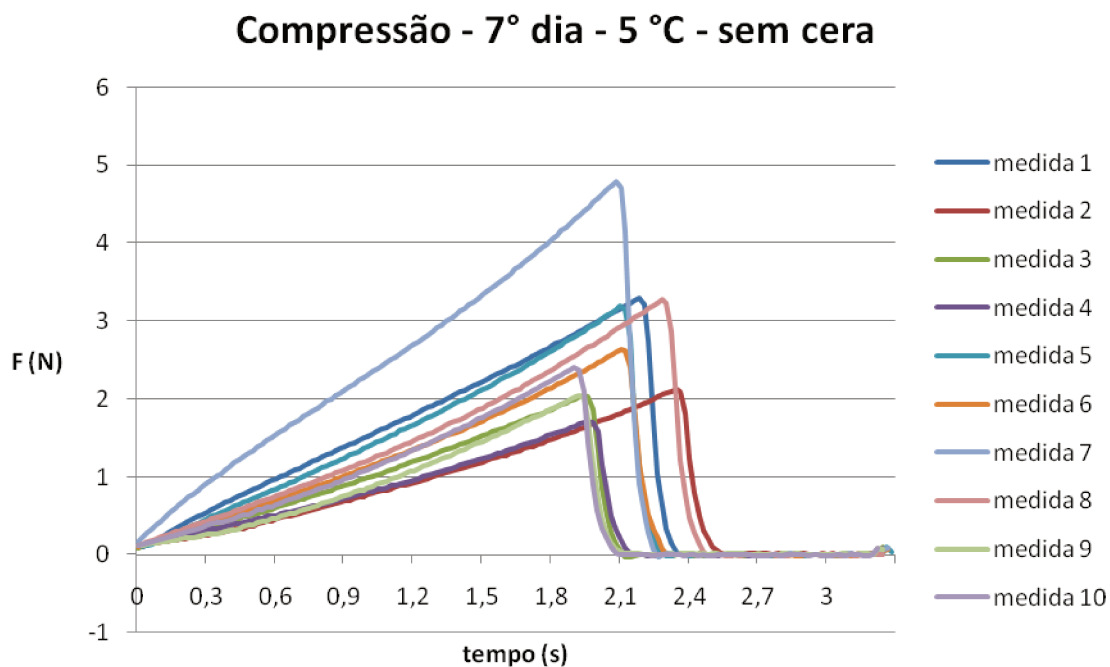


Figura A2.24. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.

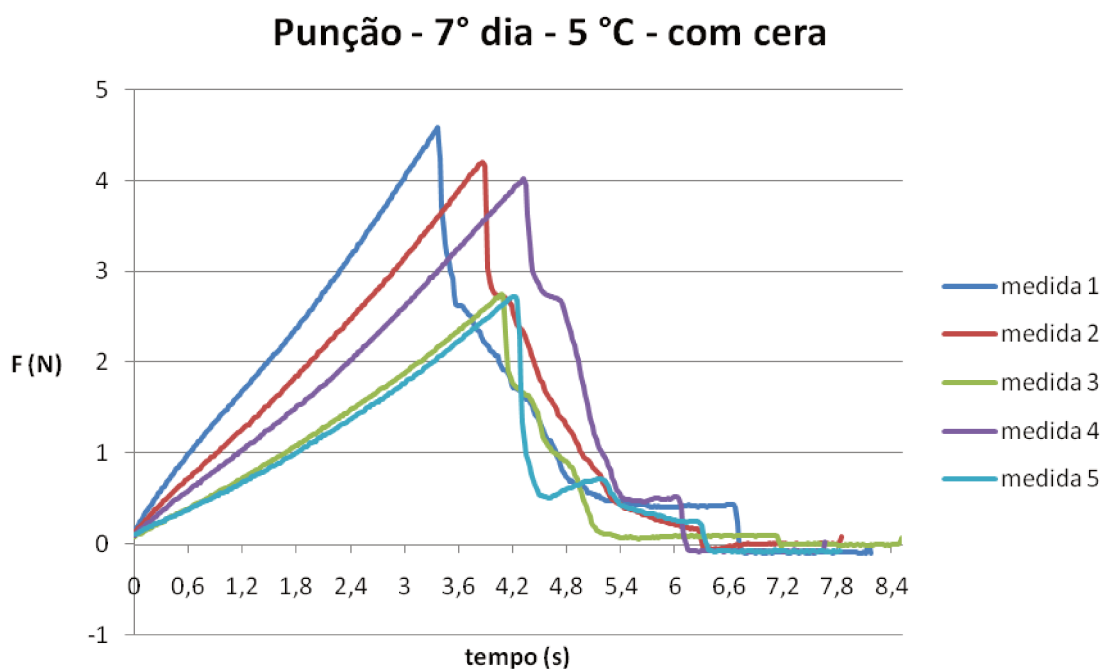


Figura A2.25. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.

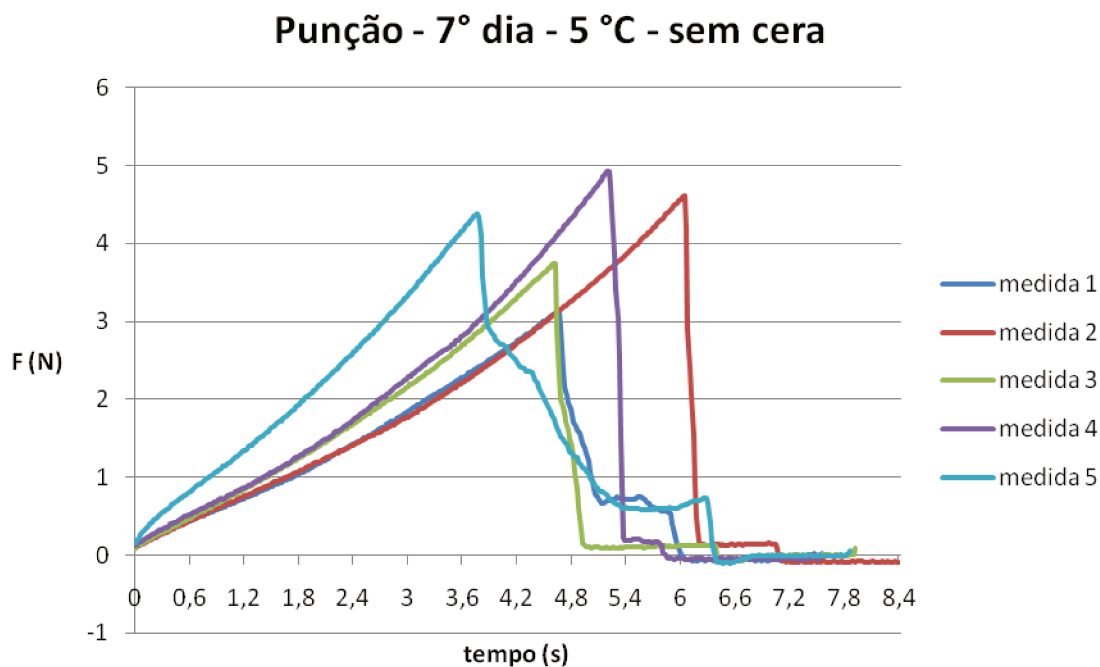


Figura A2.26. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no sétimo dia de armazenamento.

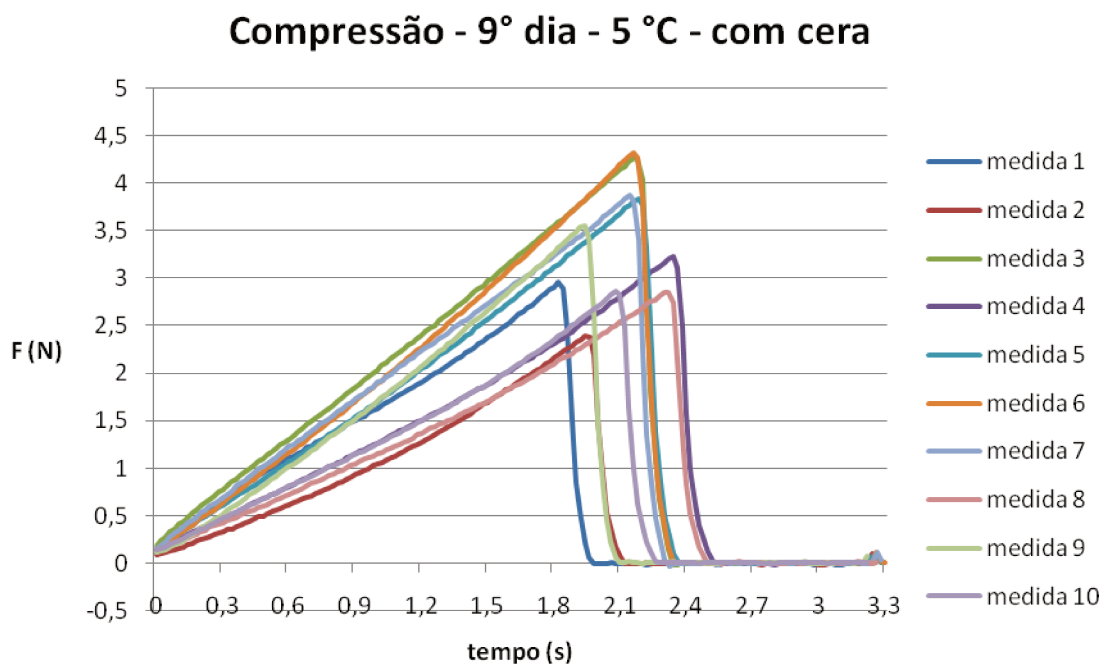


Figura A2.27. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.

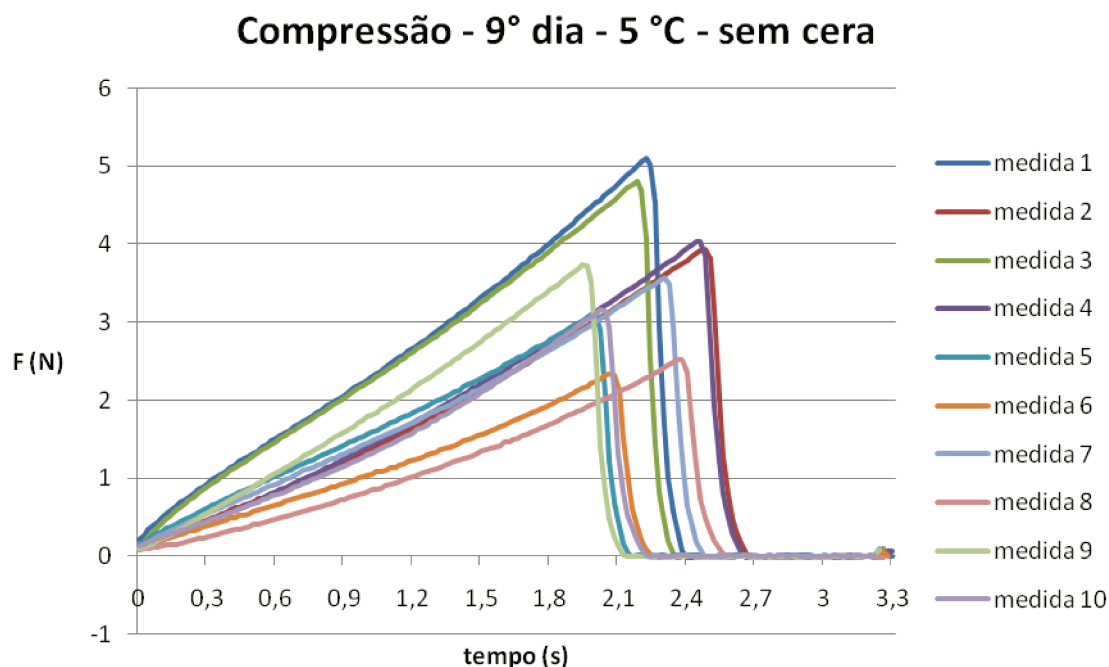


Figura A2.28. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.

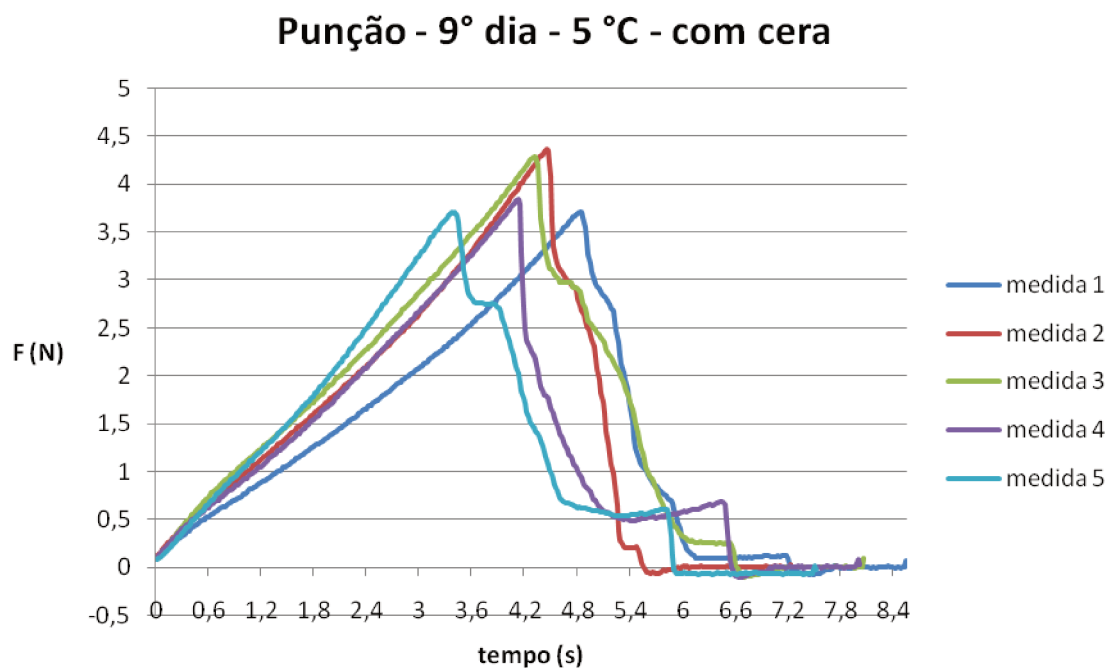


Figura A2.29. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.

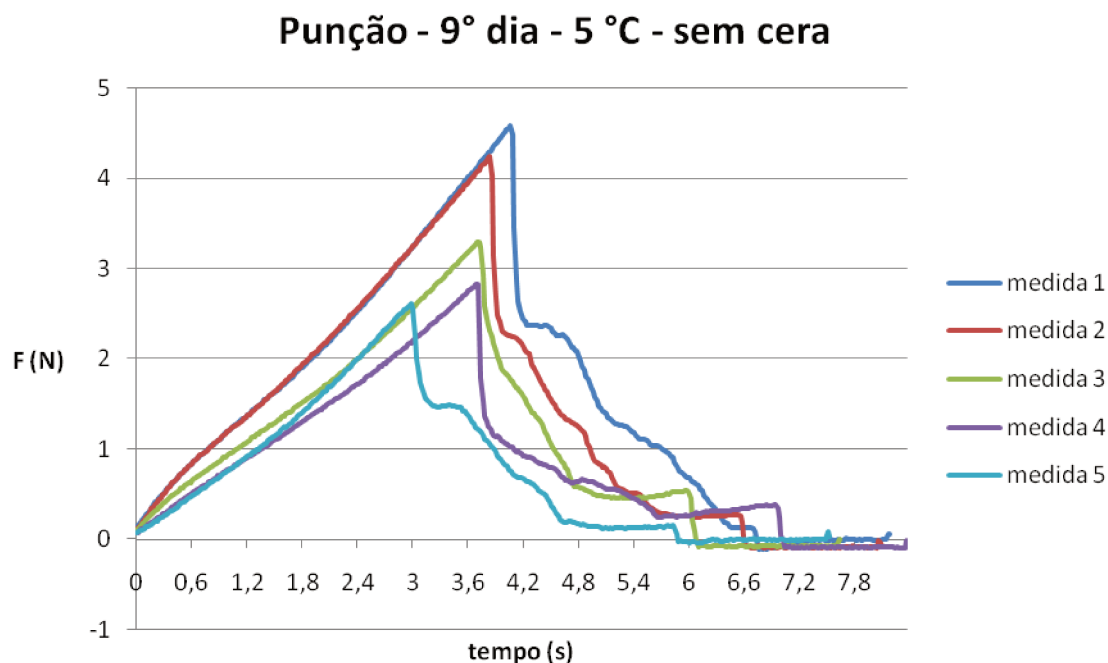


Figura A2.30. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no nono dia de armazenamento.

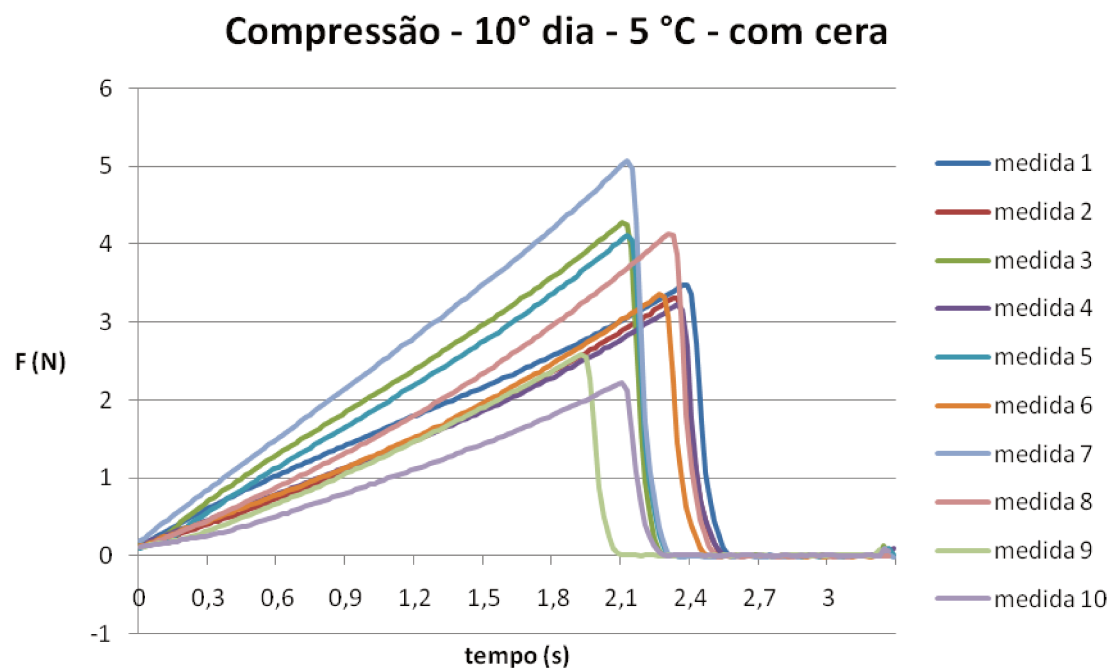


Figura A2.31. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.

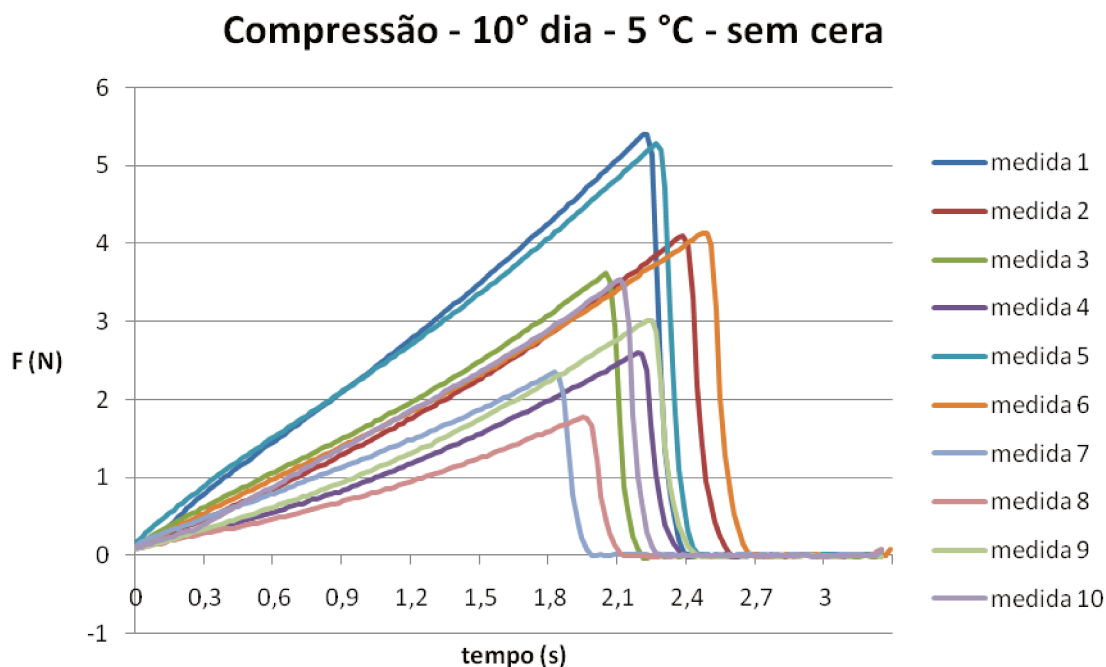


Figura A2.32. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.

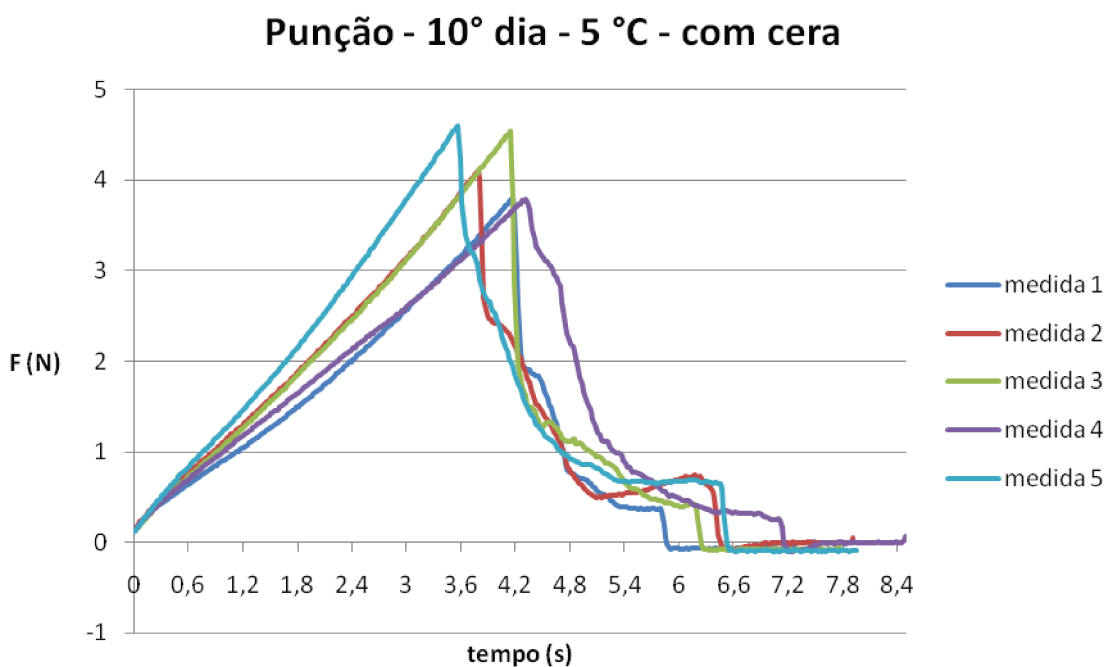


Figura A2.33. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.

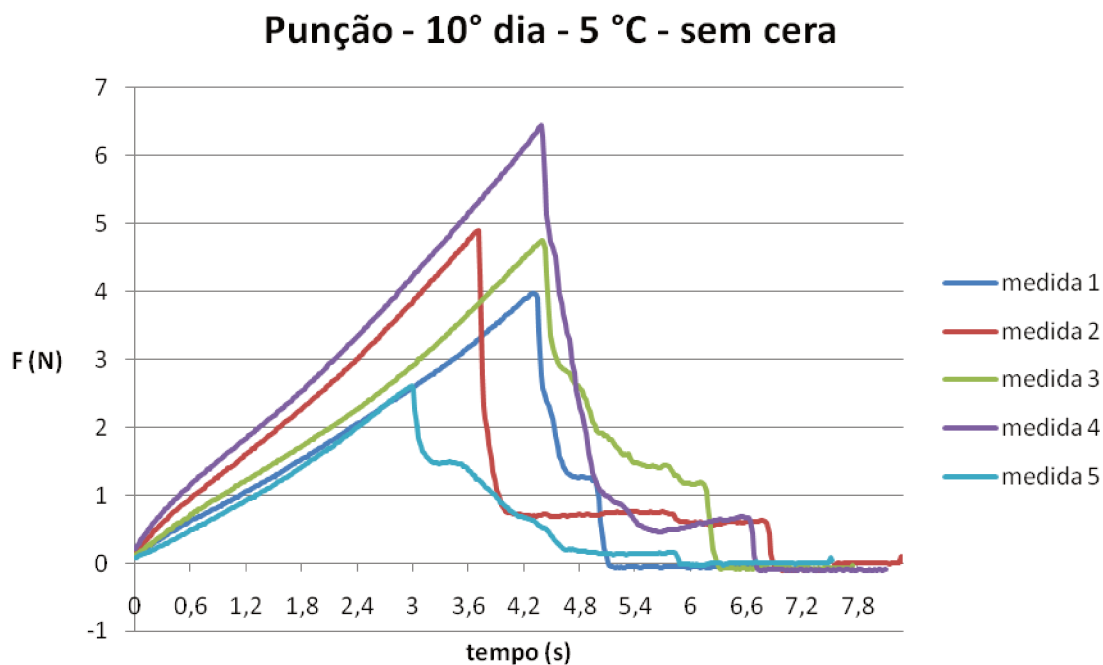


Figura A2.34. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo dia de armazenamento.

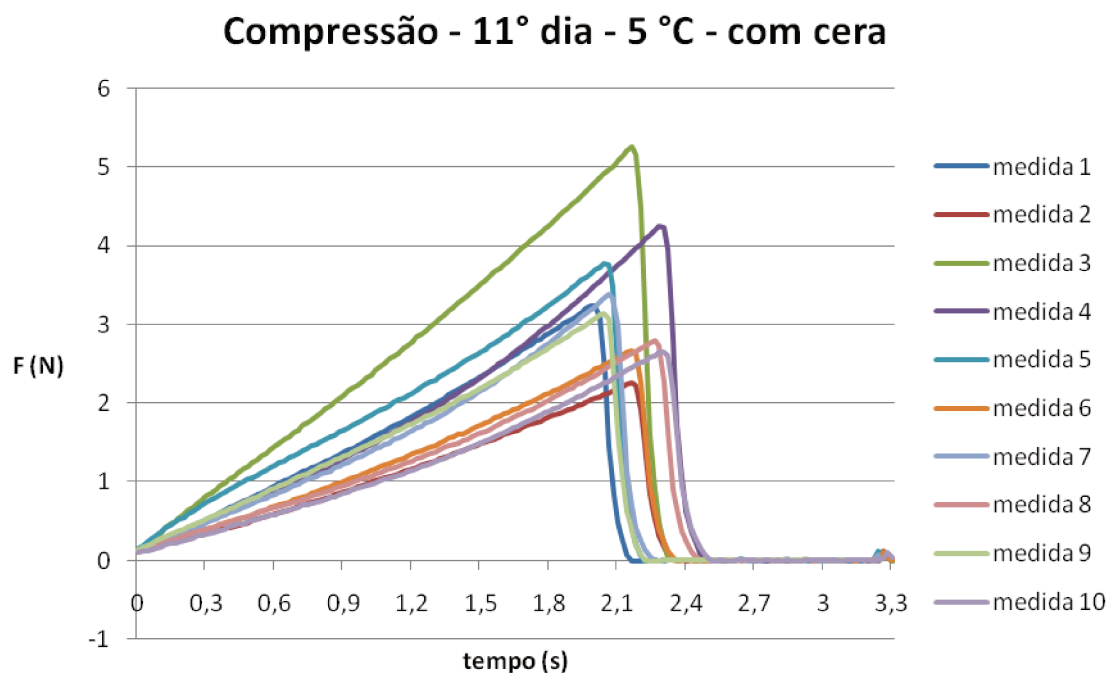


Figura A2.35. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

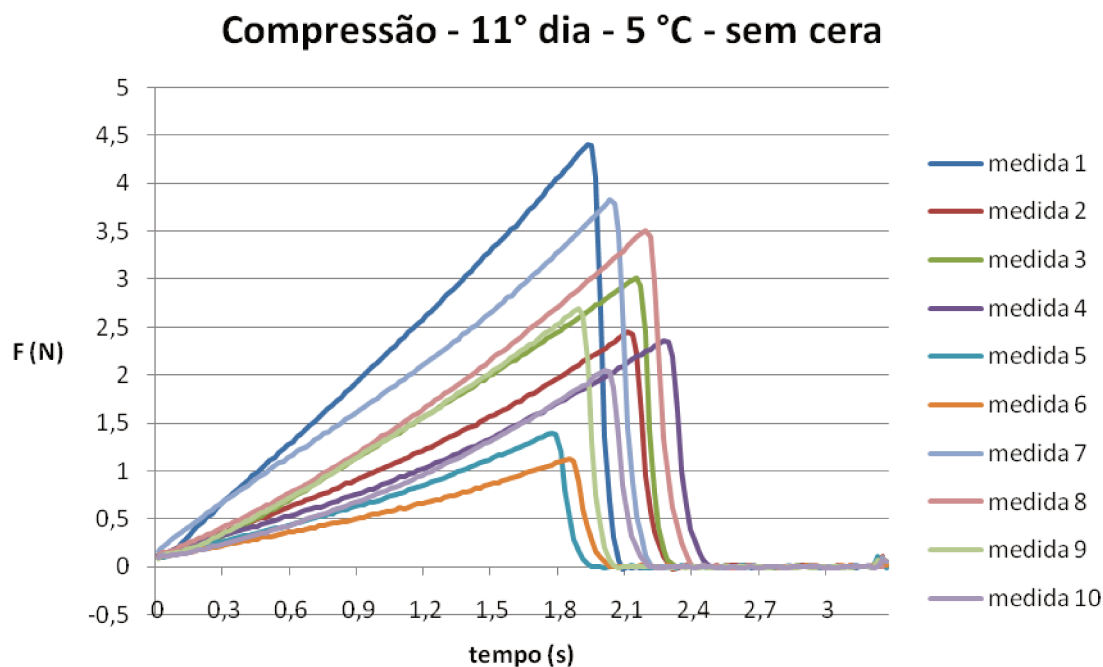


Figura A2.36. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

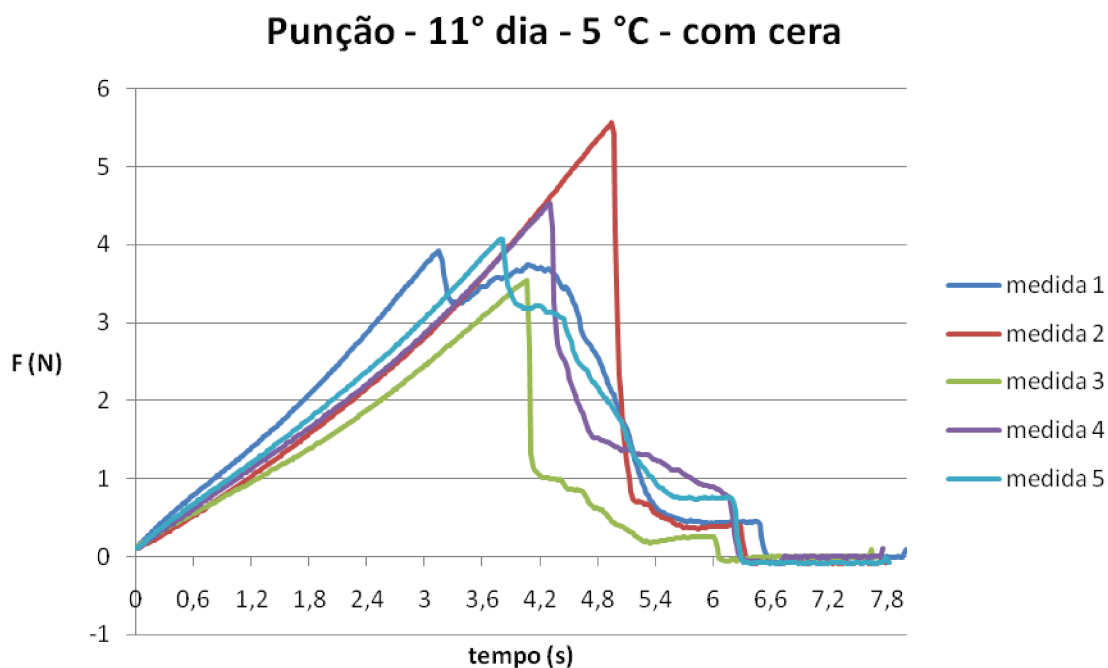


Figura A2.37. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

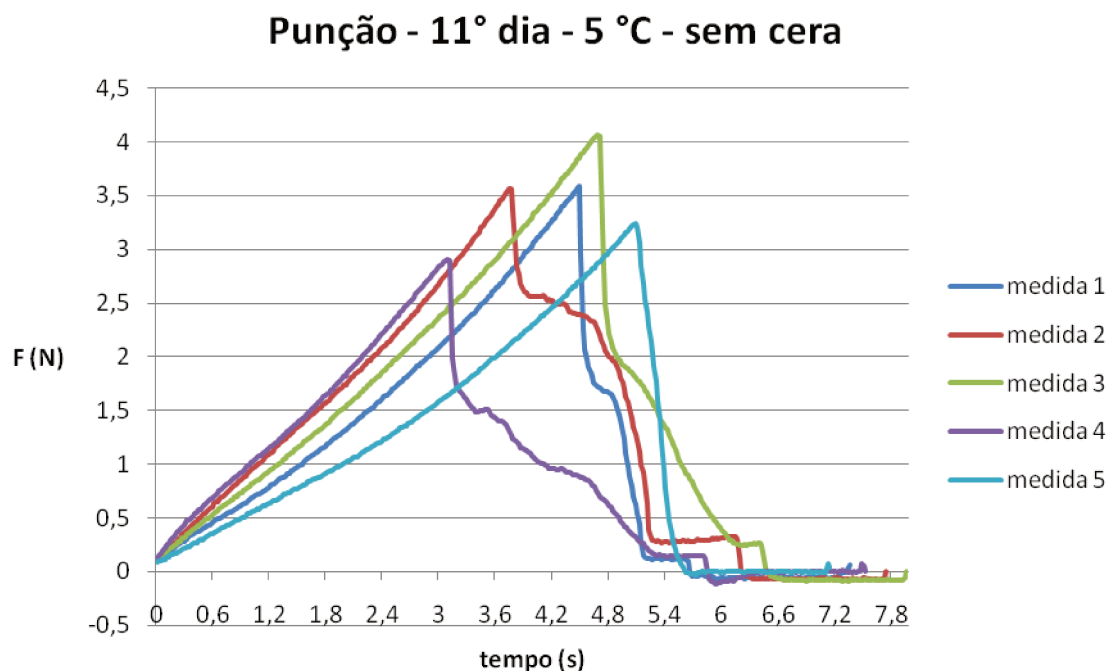


Figura A2.38. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 5 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

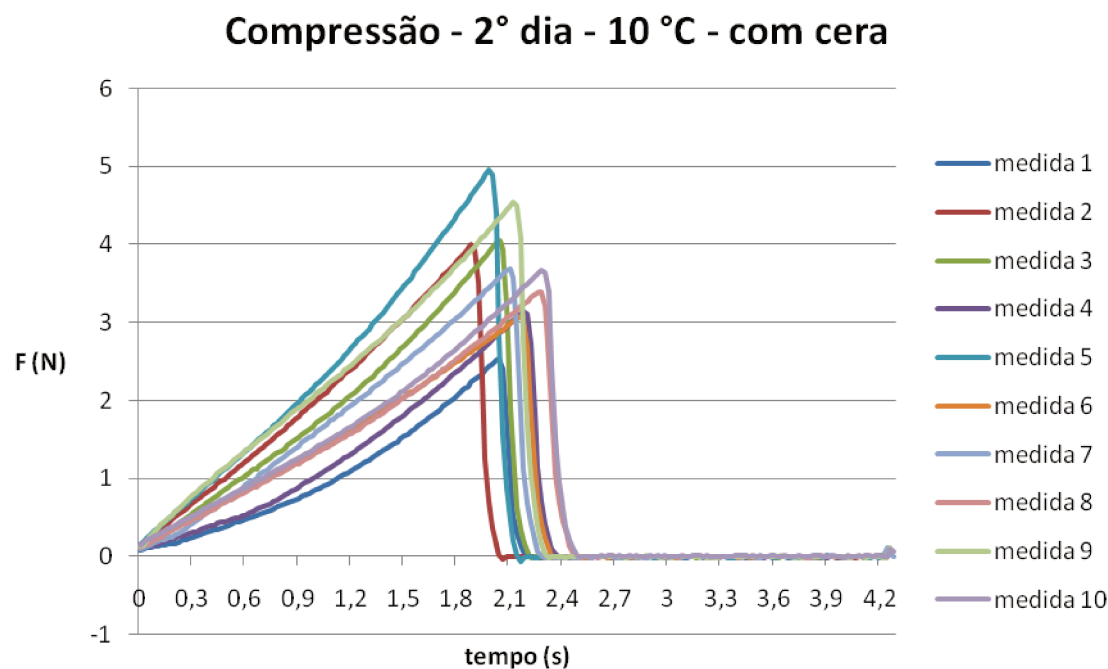


Figura A2.39. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.

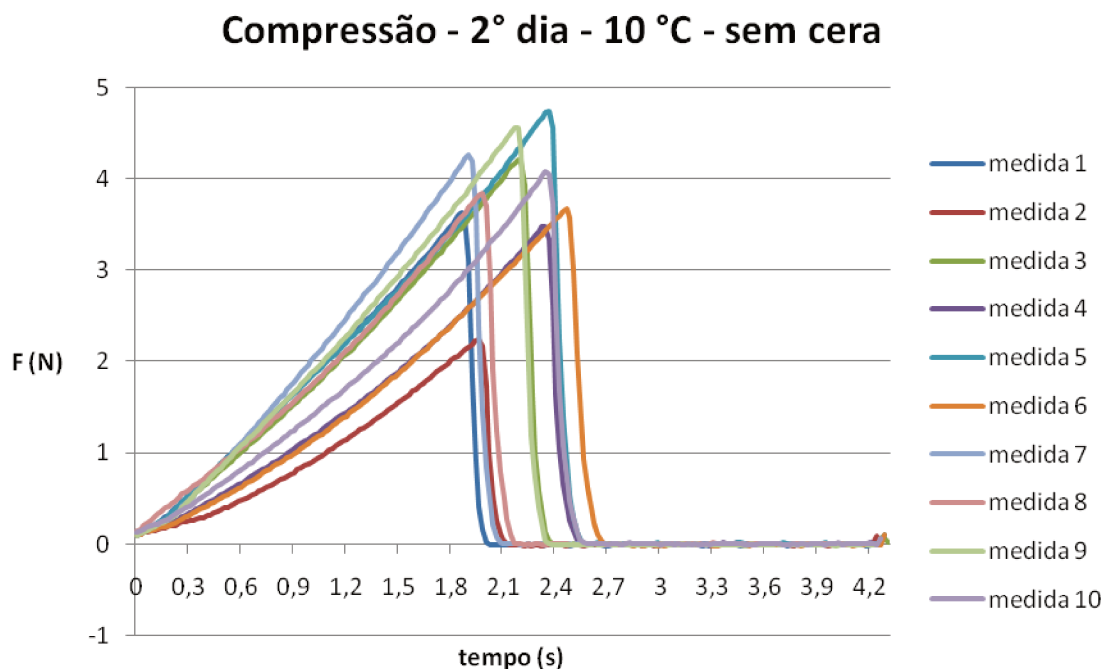


Figura A2.40. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.

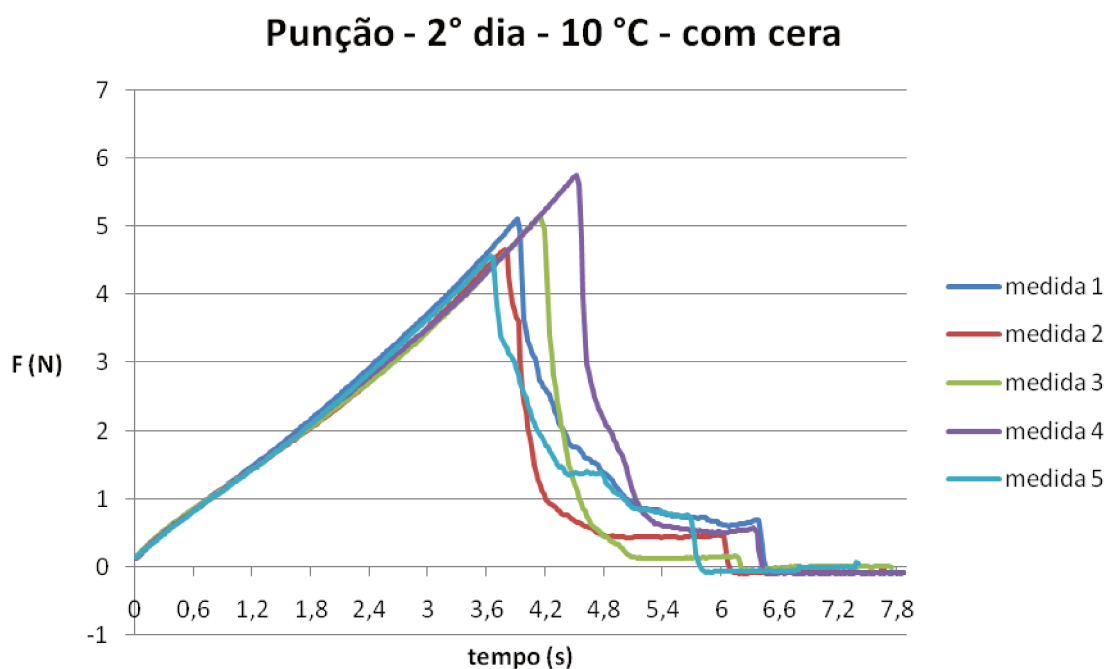


Figura A2.41. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.

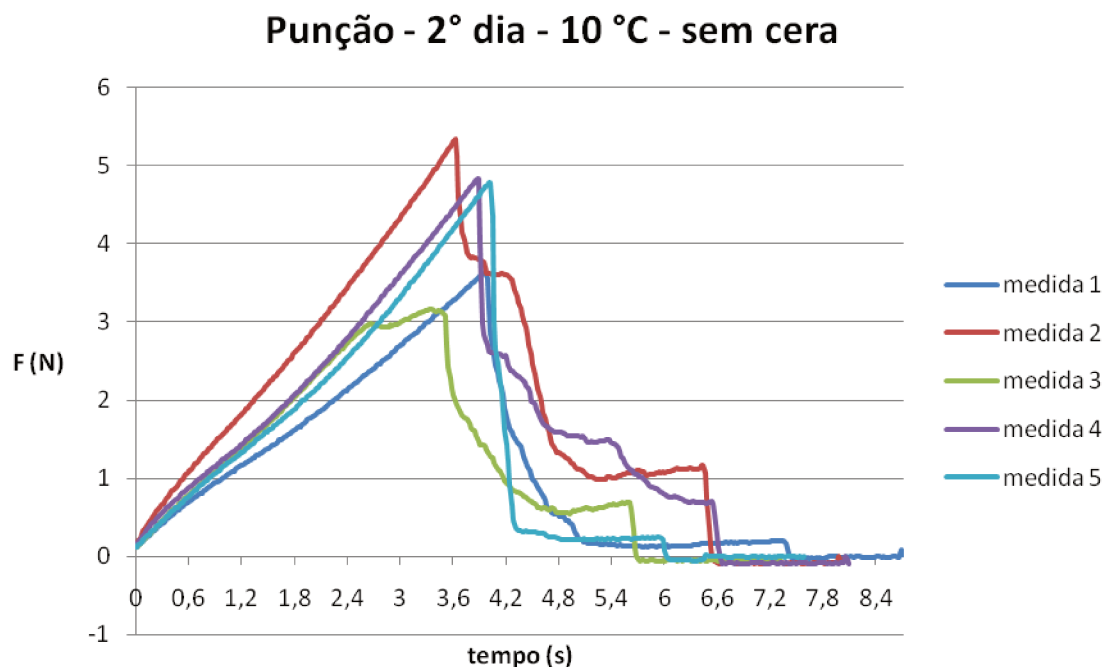


Figura A2.42. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no segundo dia de armazenamento.

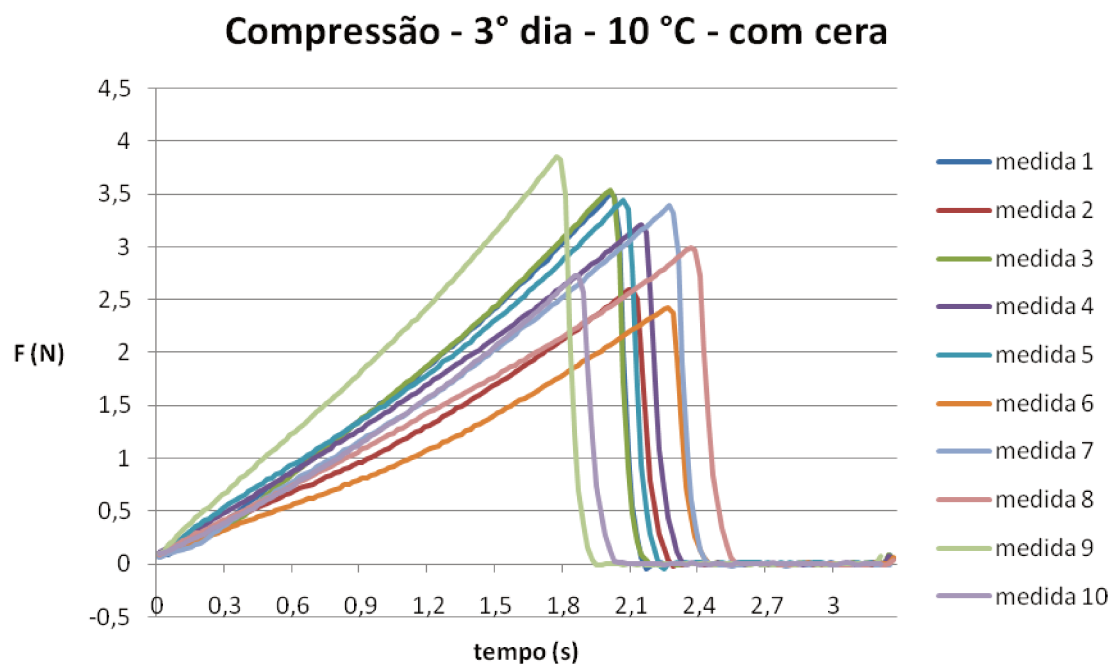


Figura A2.43. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.

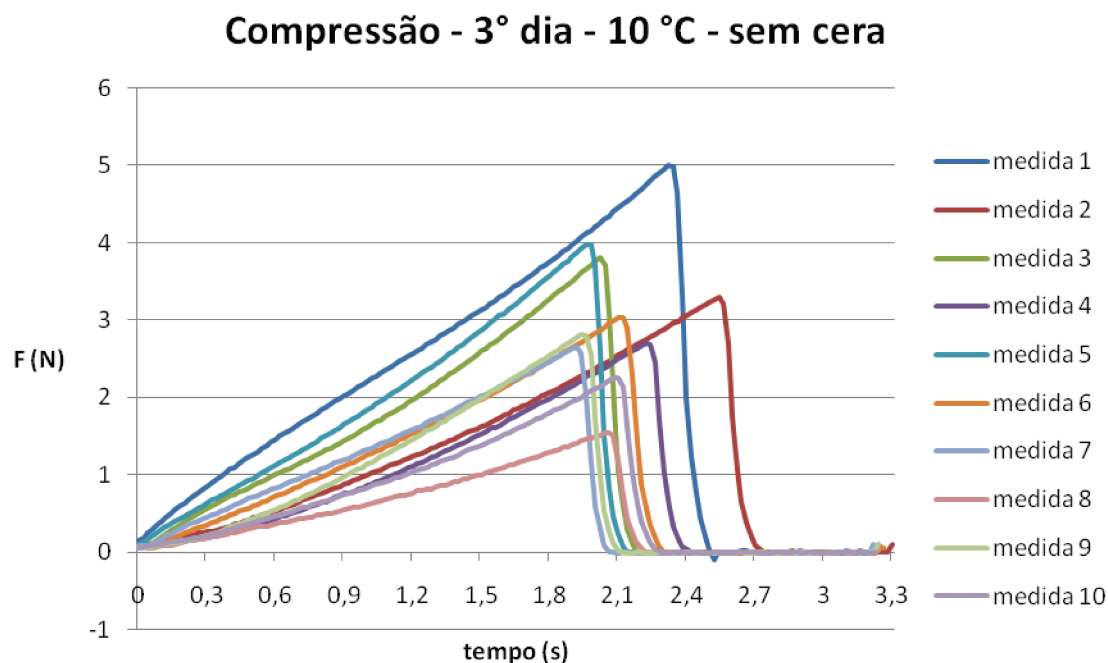


Figura A2.44. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.

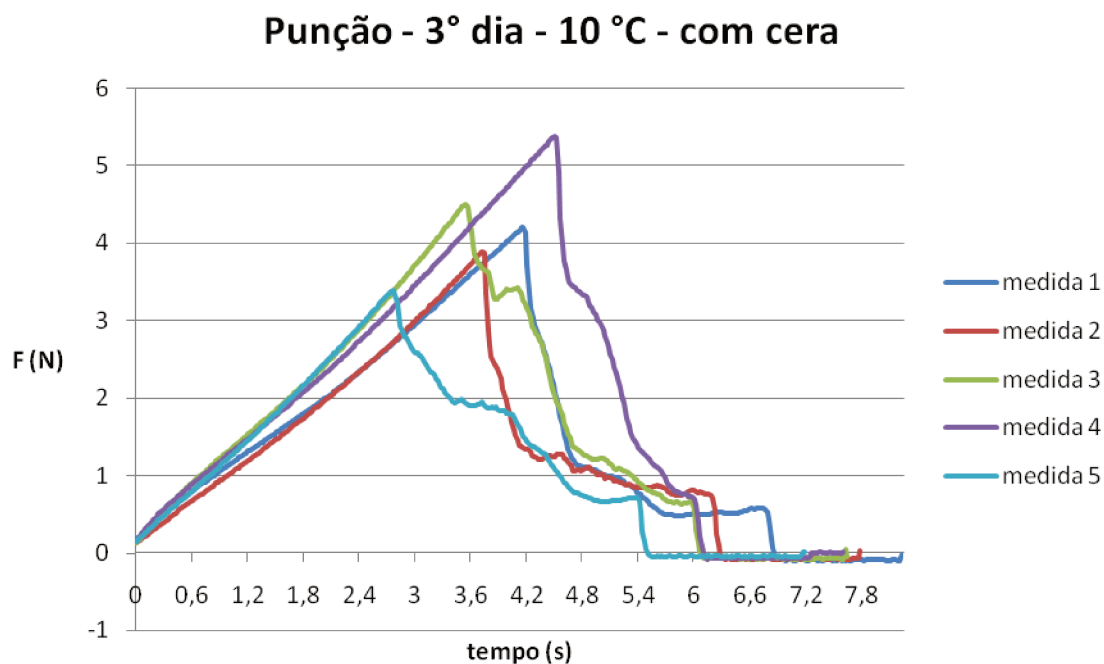


Figura A2.45. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.

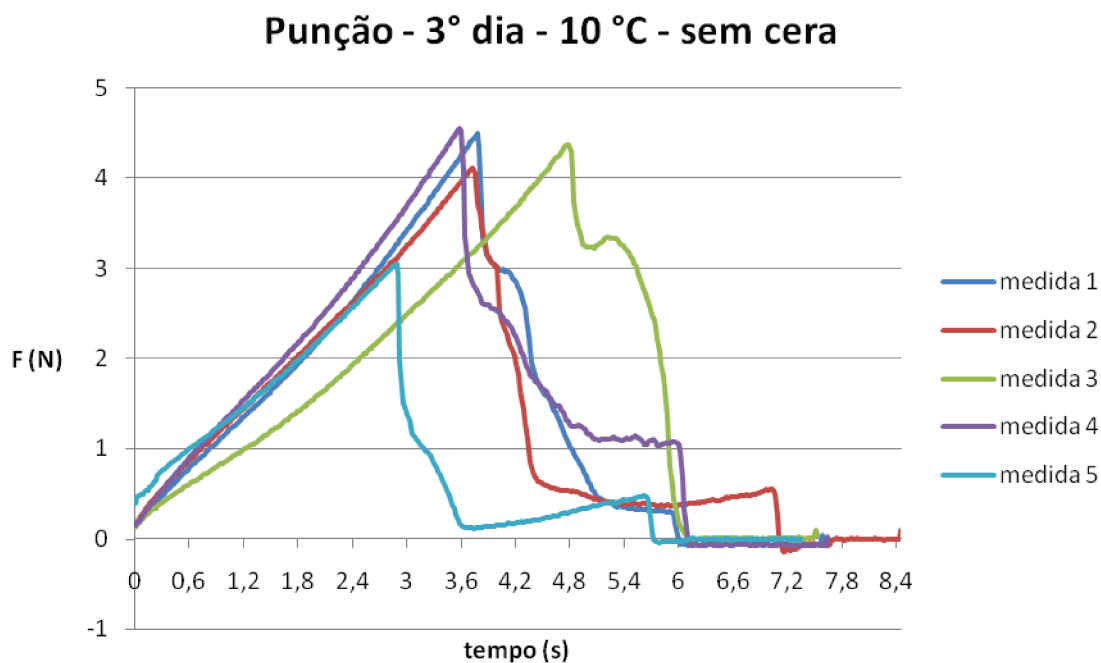


Figura A2.46. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no terceiro dia de armazenamento.

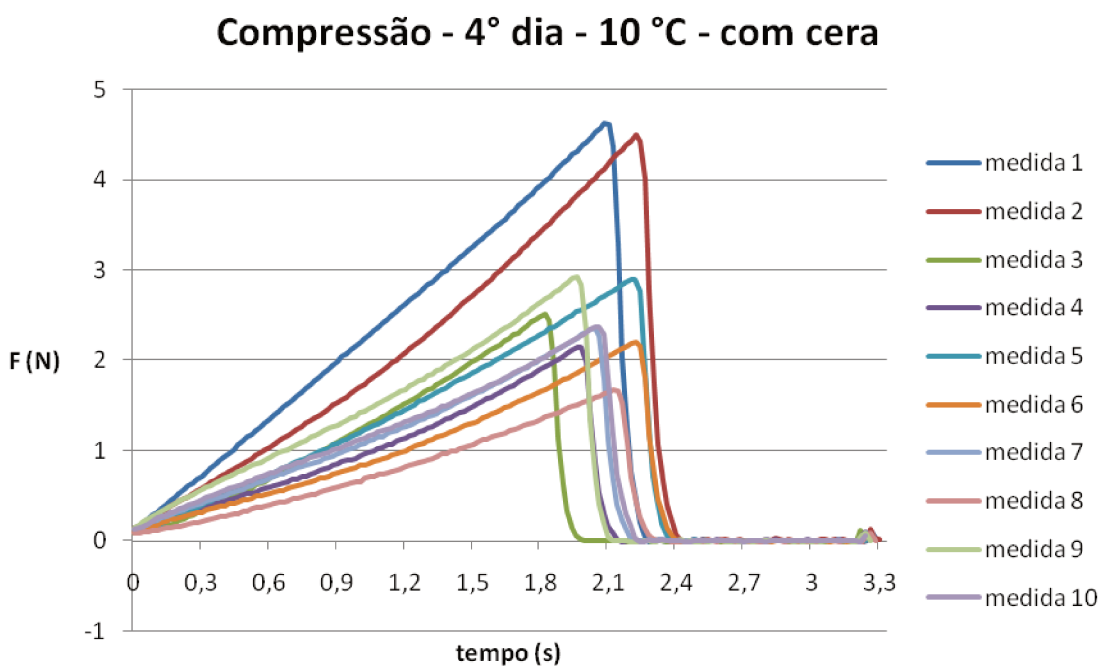


Figura A2.47. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.

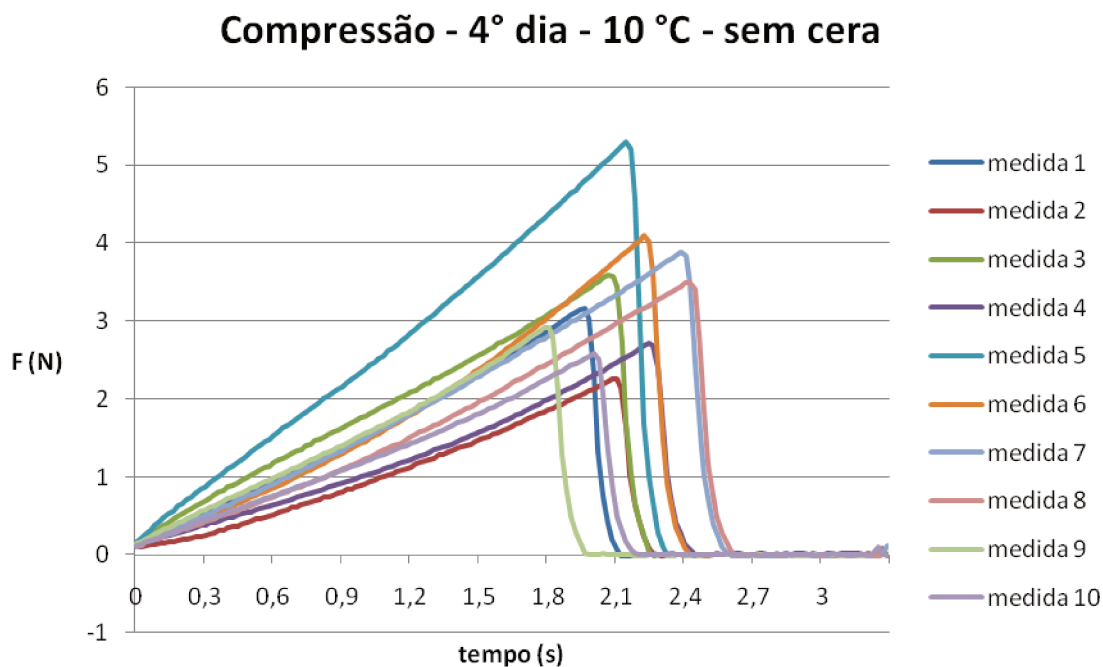


Figura A2.48. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.

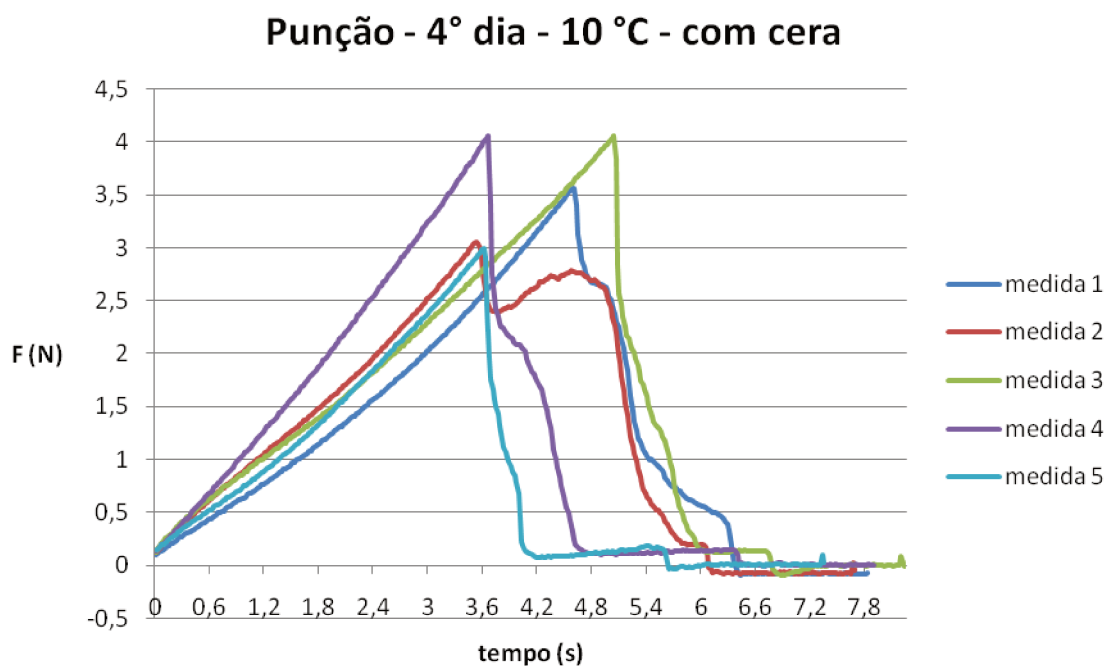


Figura A2.49. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.

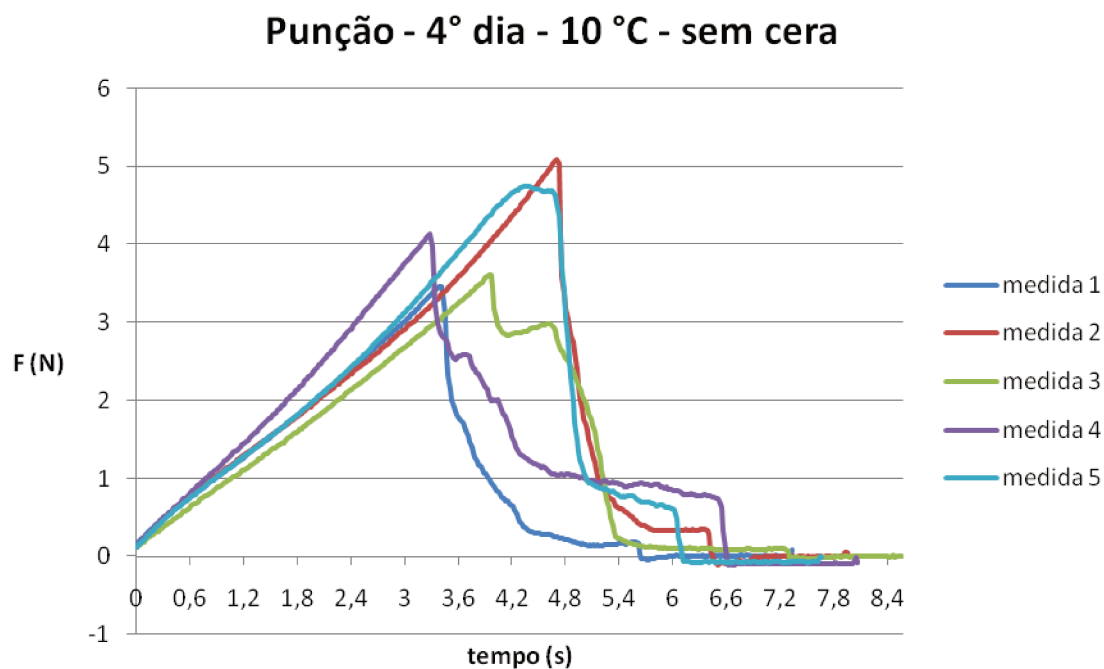


Figura A2.50. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quarto dia de armazenamento.

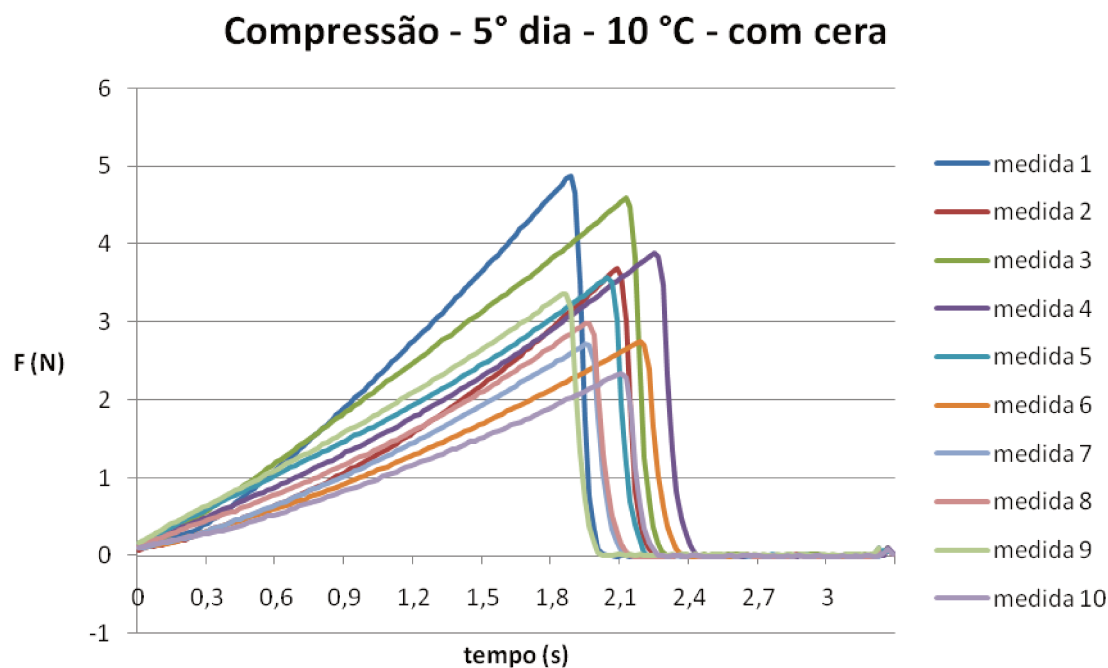


Figura A2.51. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.

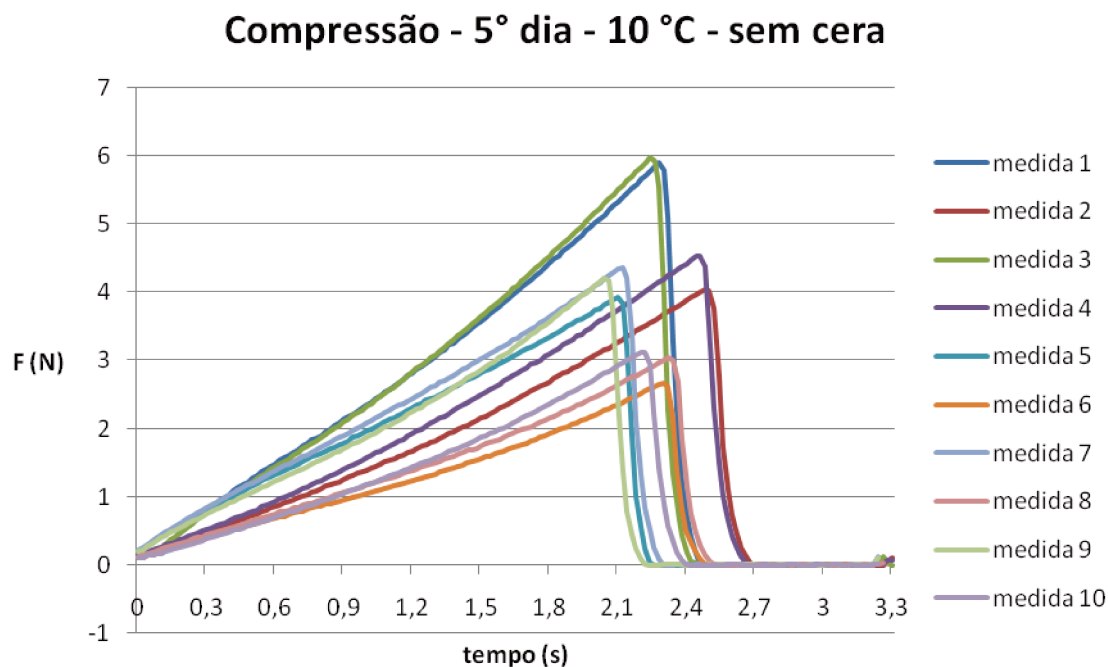


Figura A2.52. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.

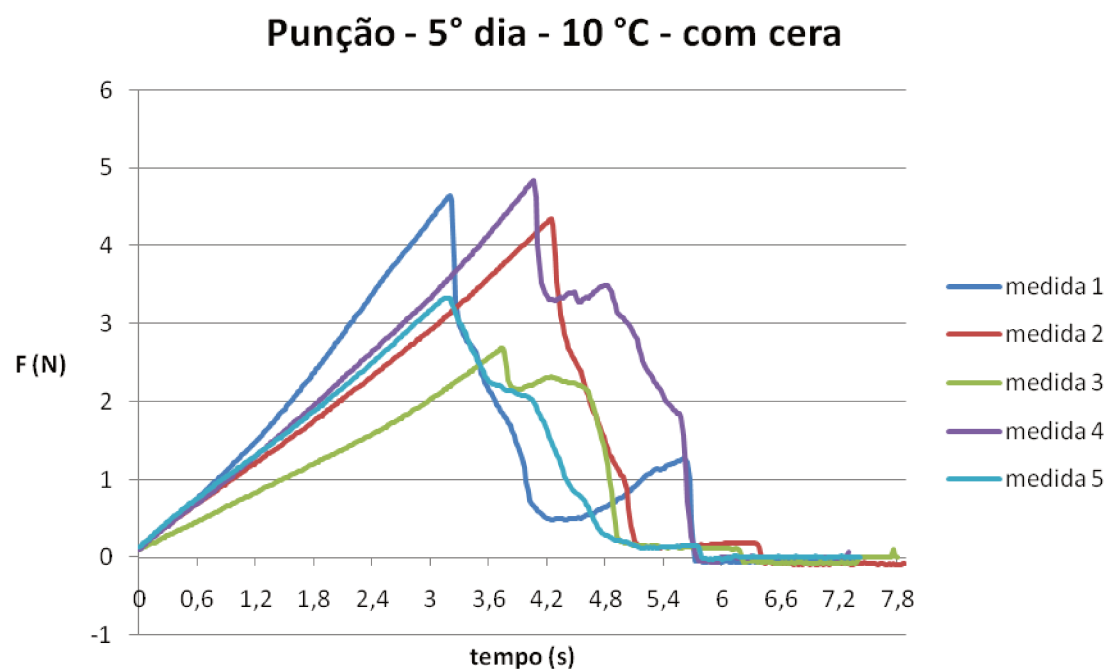


Figura A2.53. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.

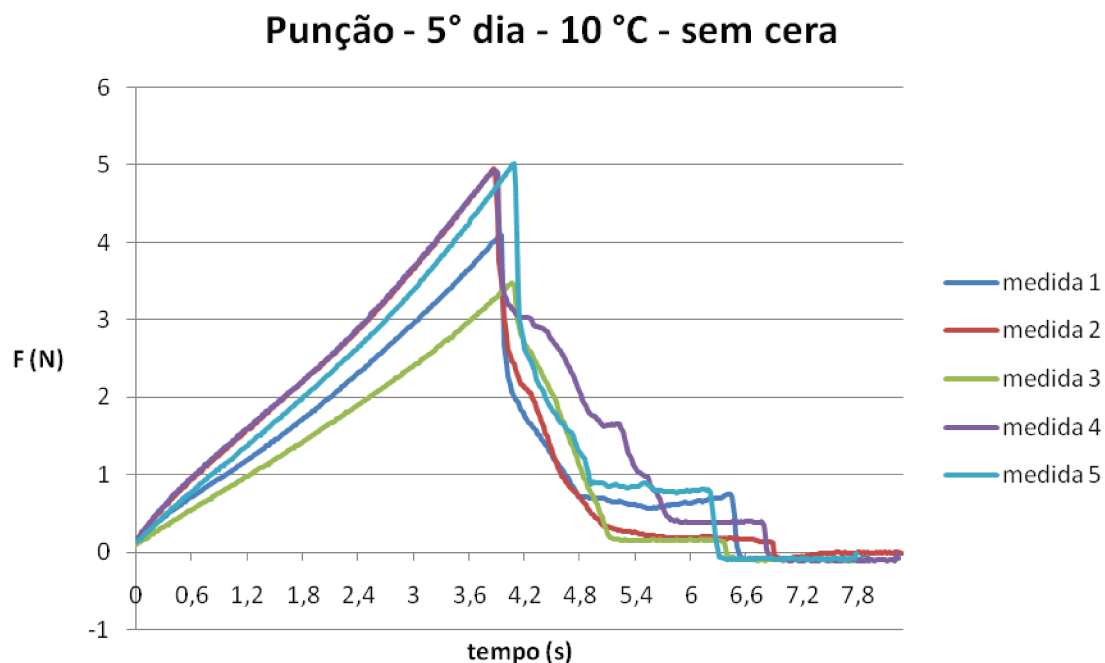


Figura A2.54. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no quinto dia de armazenamento.

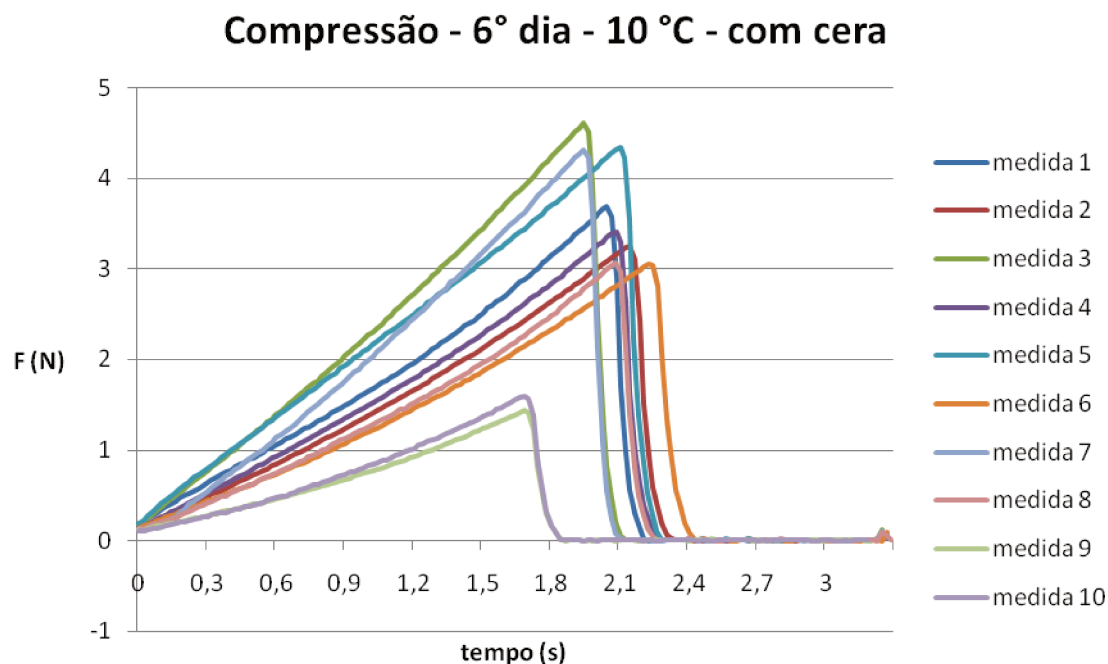


Figura A2.55. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.

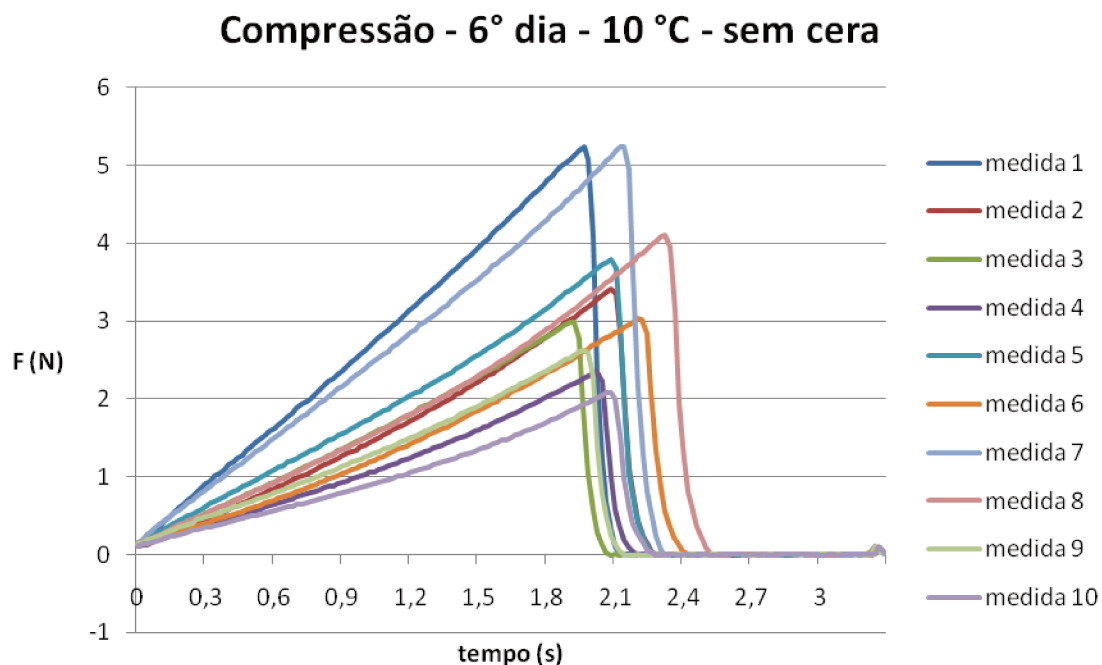


Figura A2.56. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.

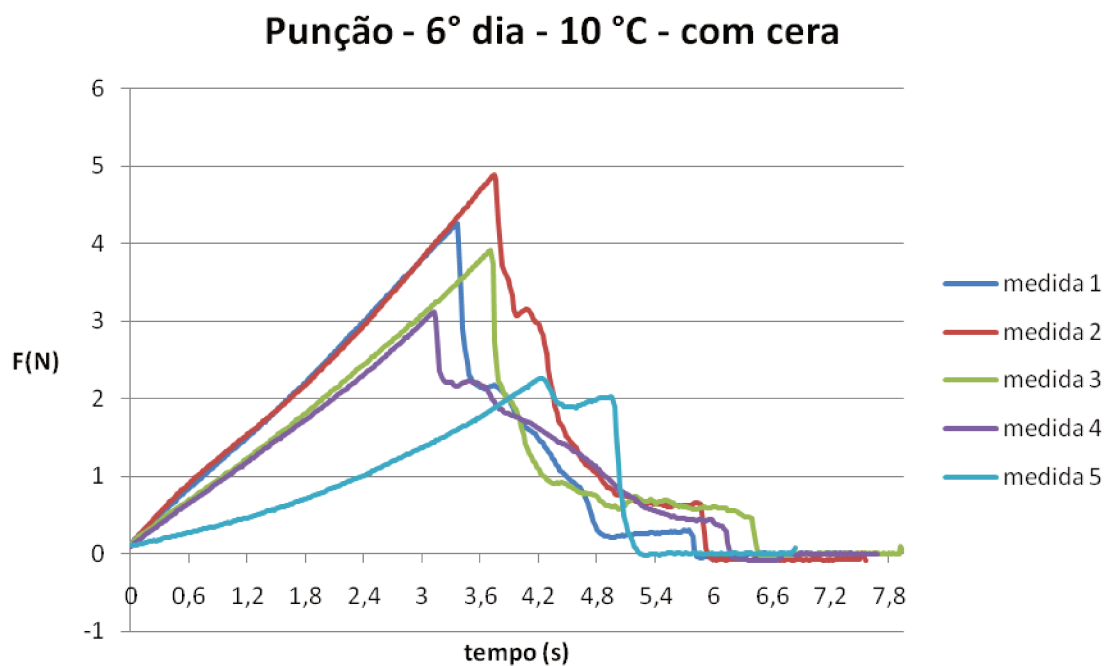


Figura A2.57. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.

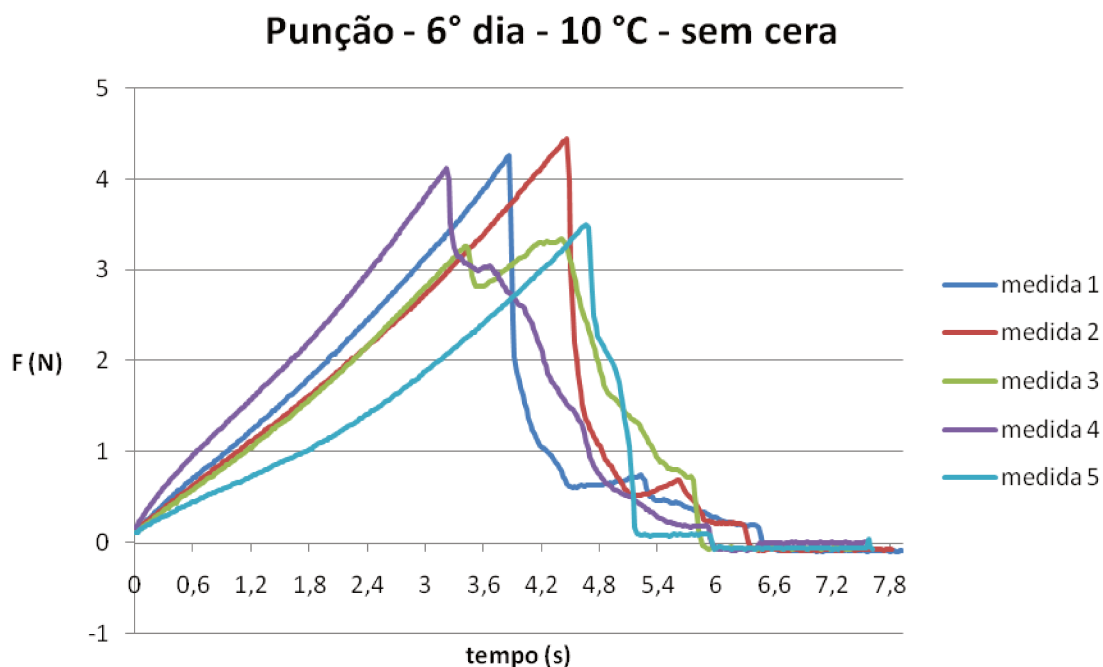


Figura A2.58. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sexto dia de armazenamento.

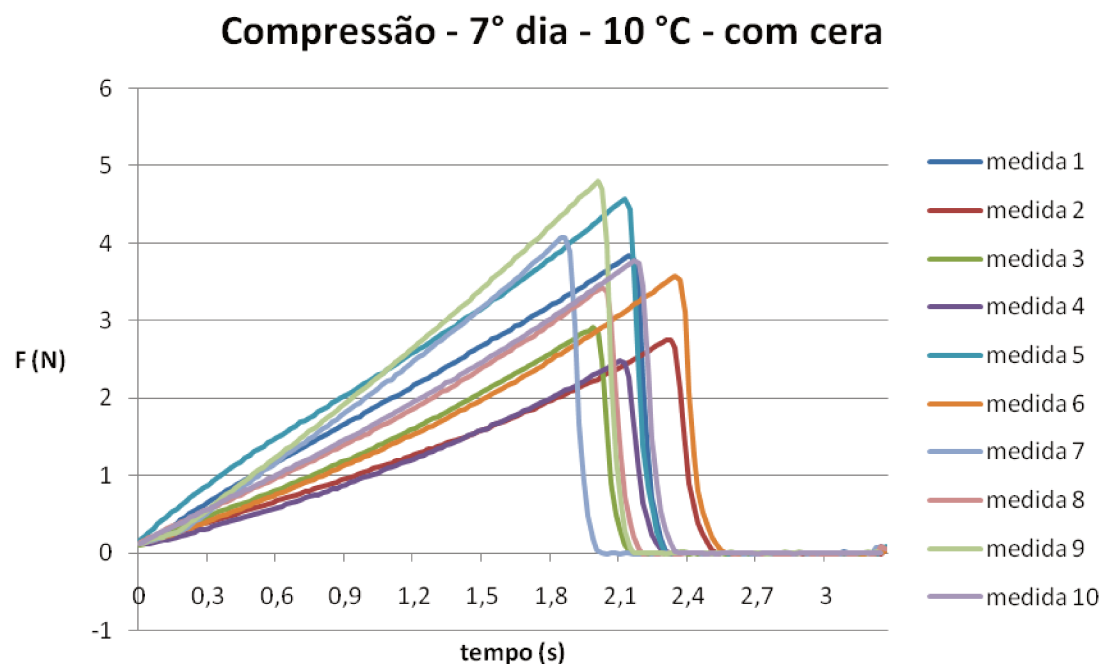


Figura A2.59. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.

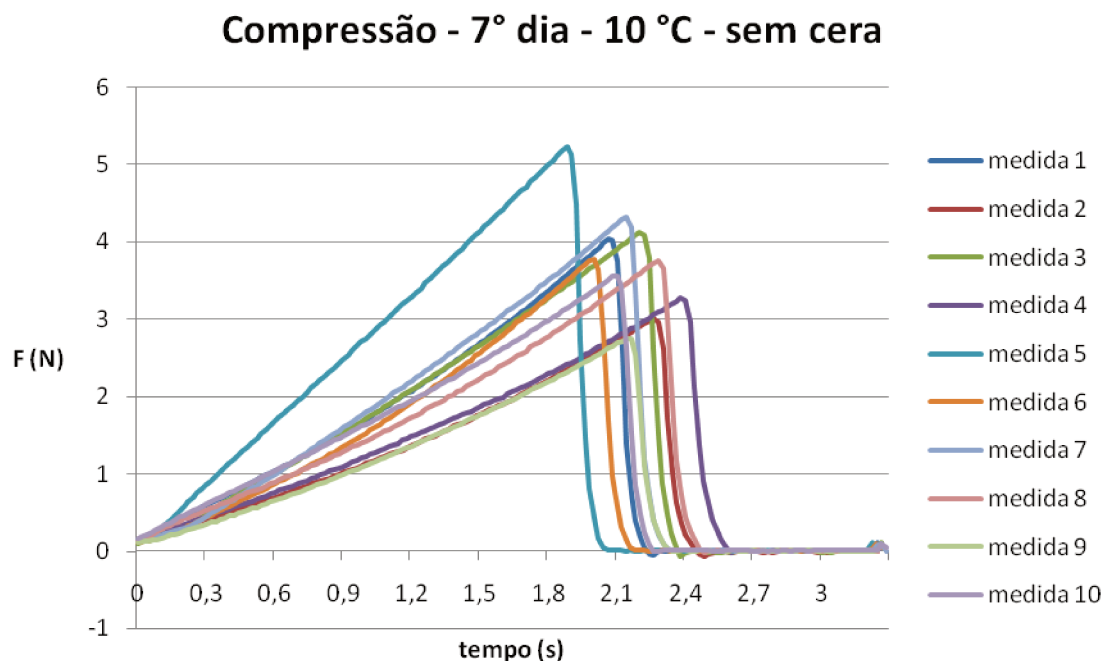


Figura A2.60. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.

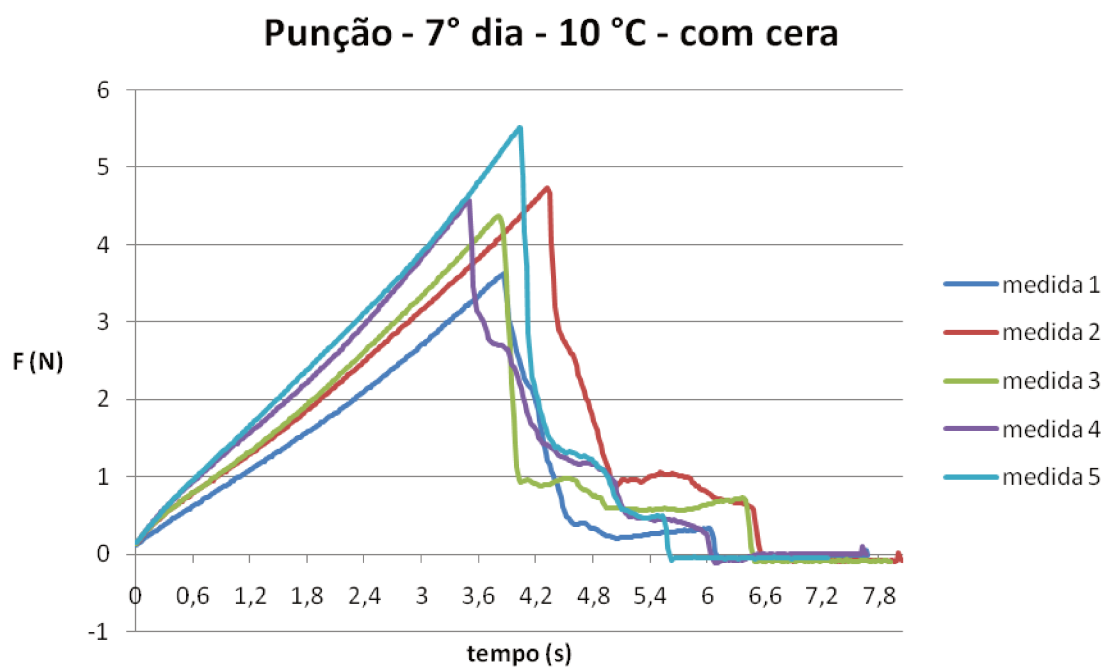


Figura A2.61. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.

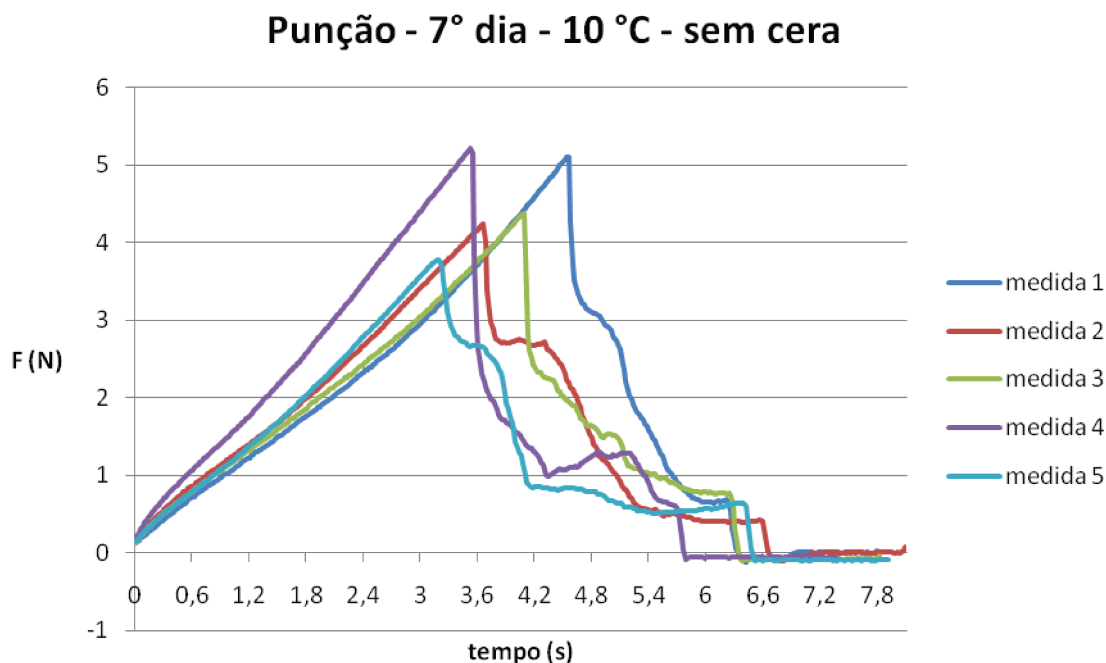


Figura A2.62. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no sétimo dia de armazenamento.

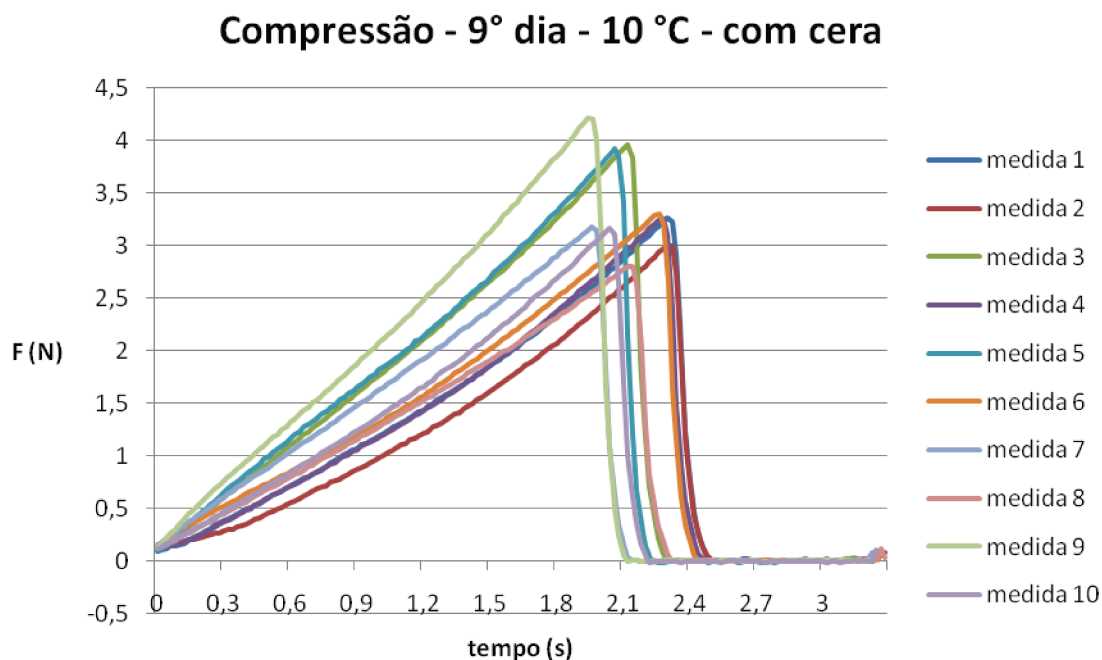


Figura A2.63. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.

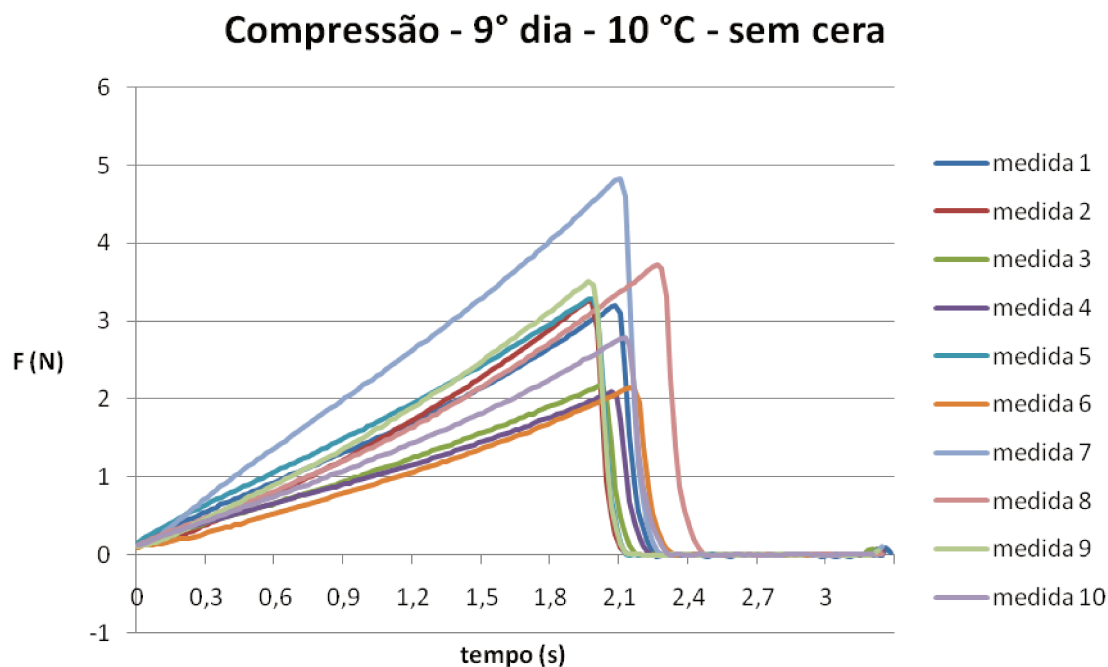


Figura A2.64. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.

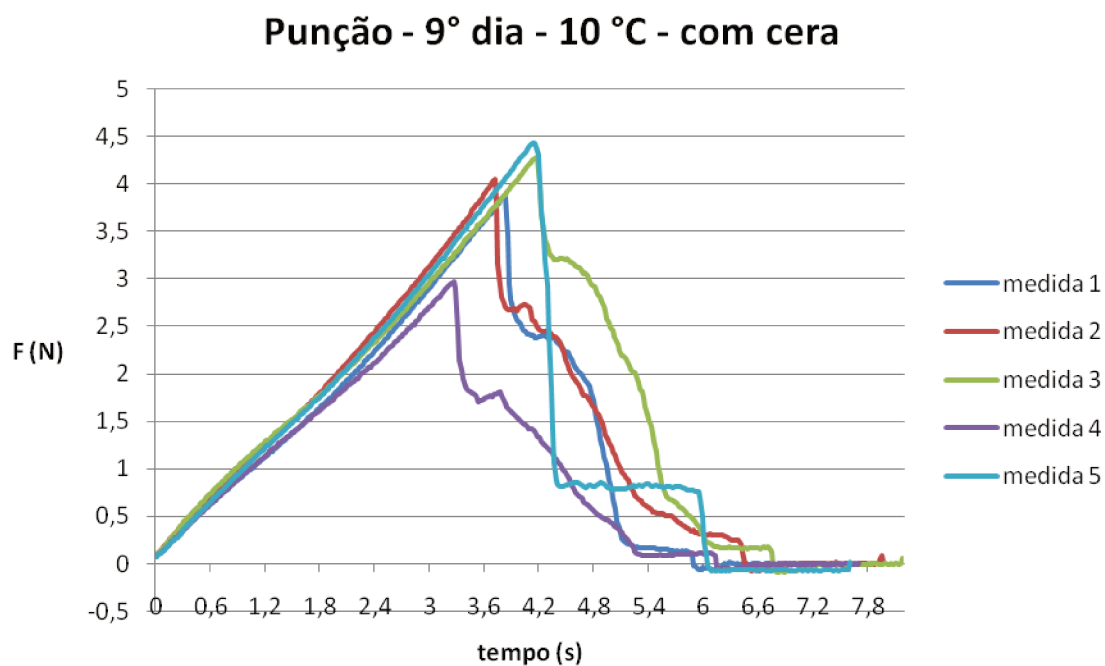


Figura A2.65. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.

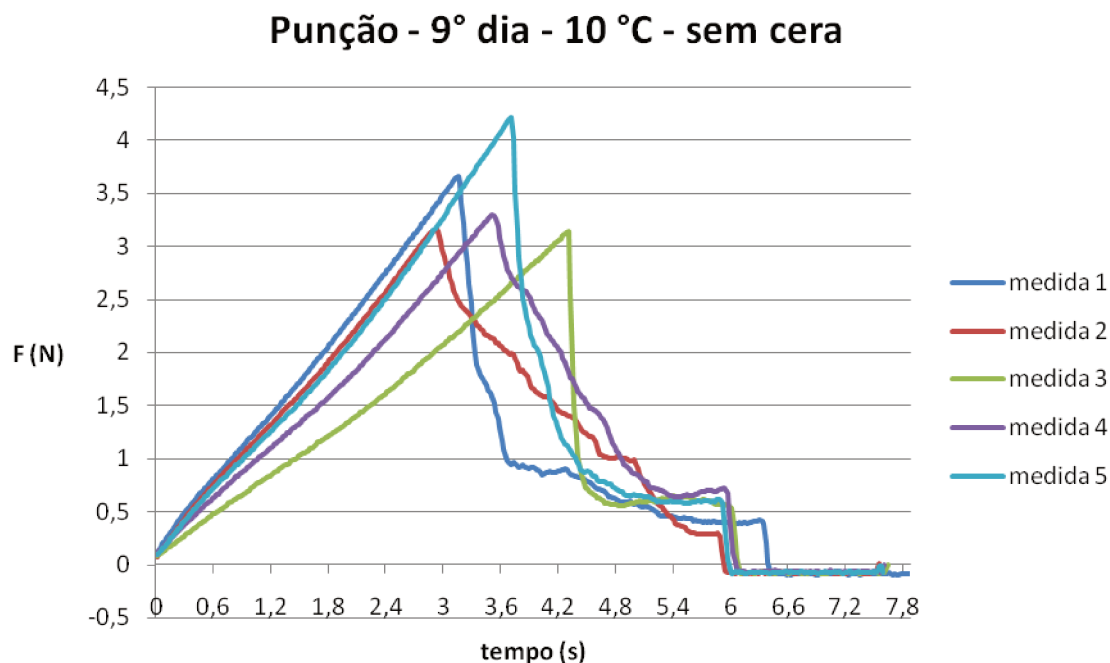


Figura A2.66. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no nono dia de armazenamento.

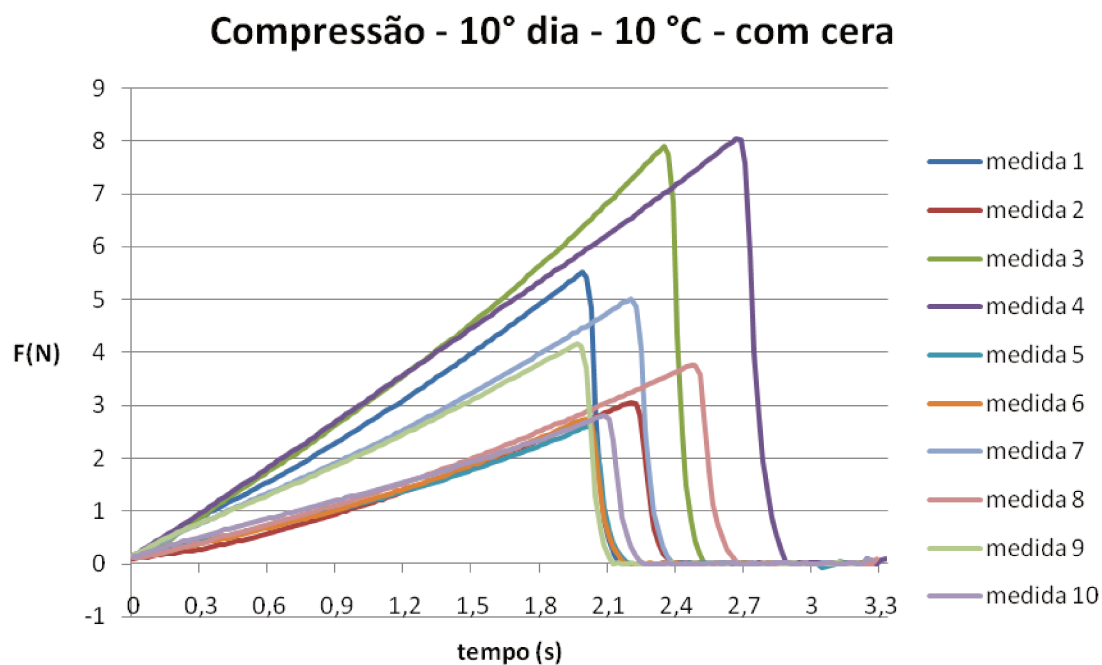


Figura A2.67. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.

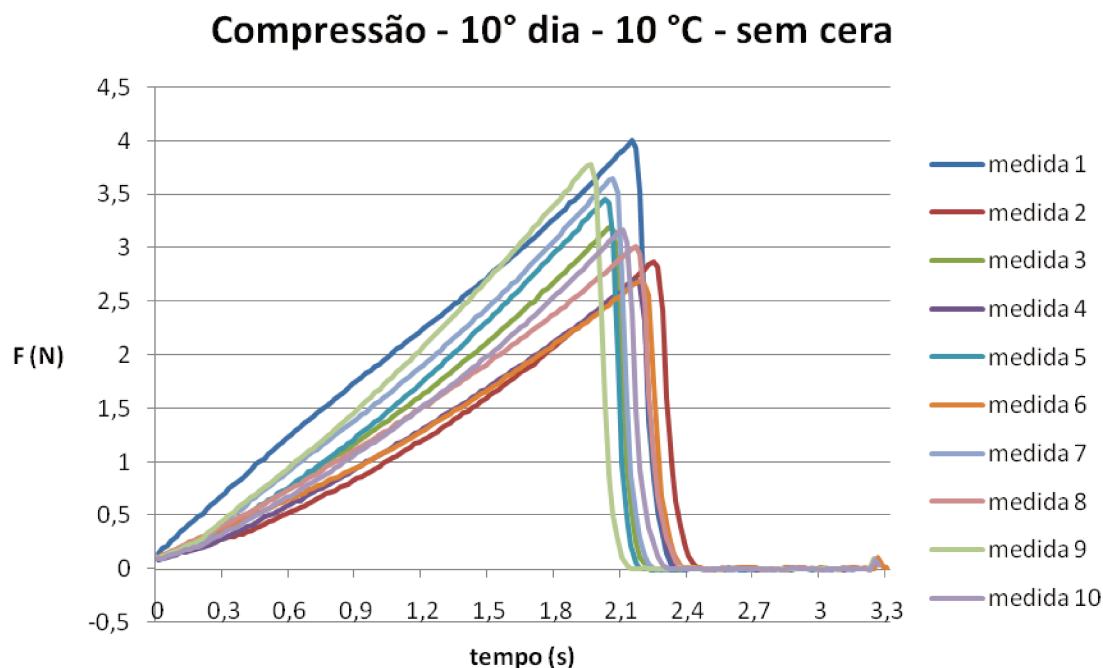


Figura A2.68. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.

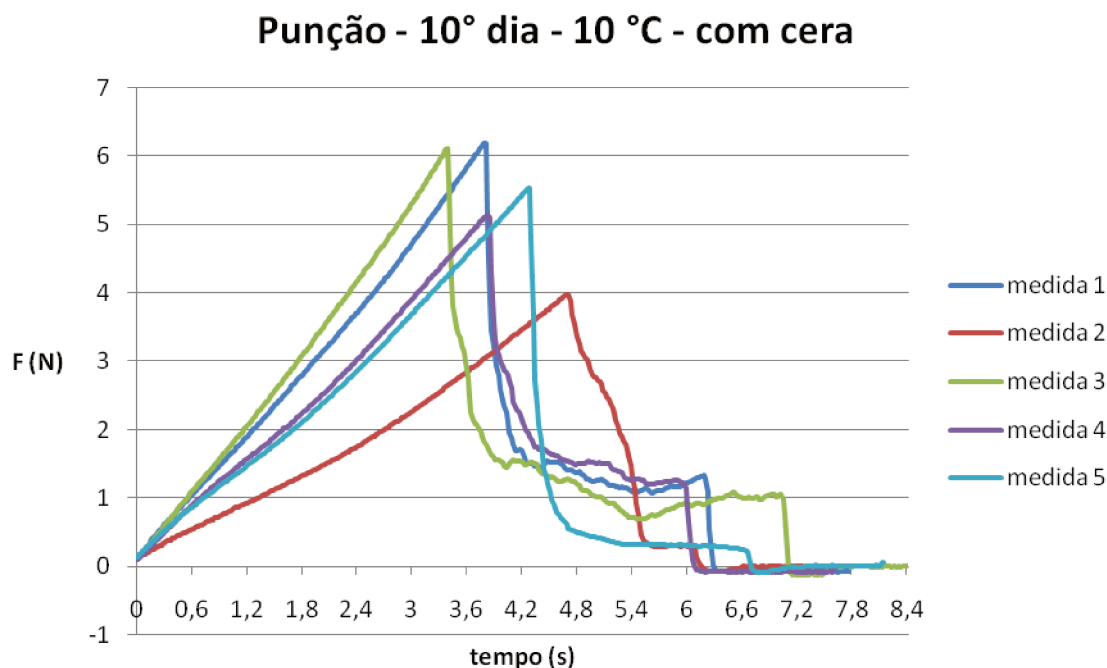


Figura A2.69. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.

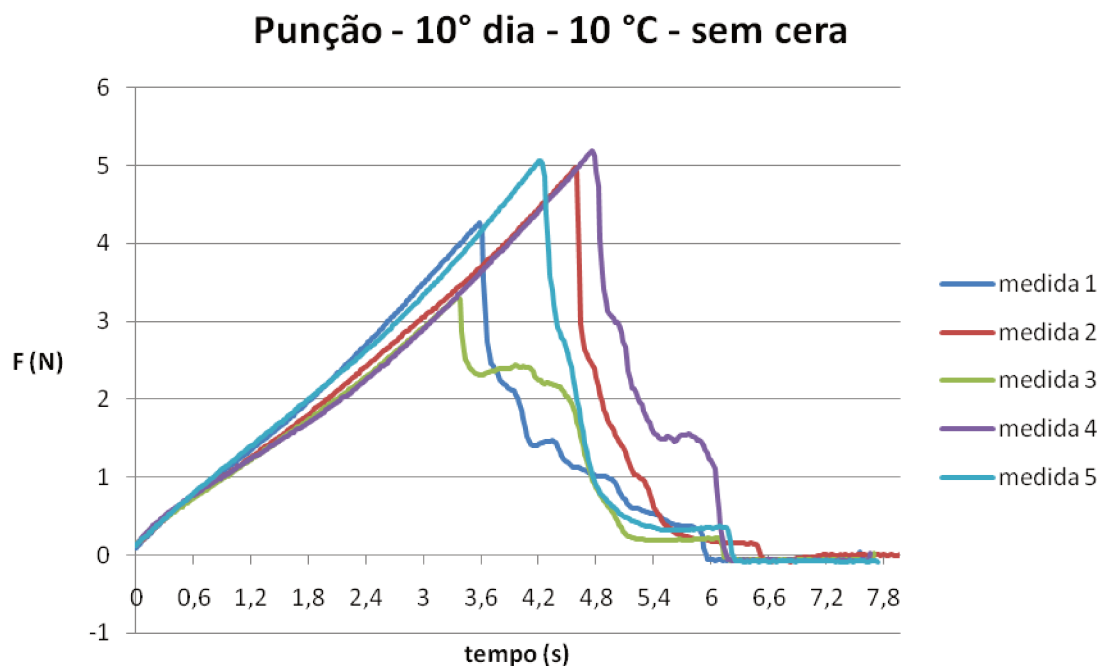


Figura A2.70. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo dia de armazenamento.

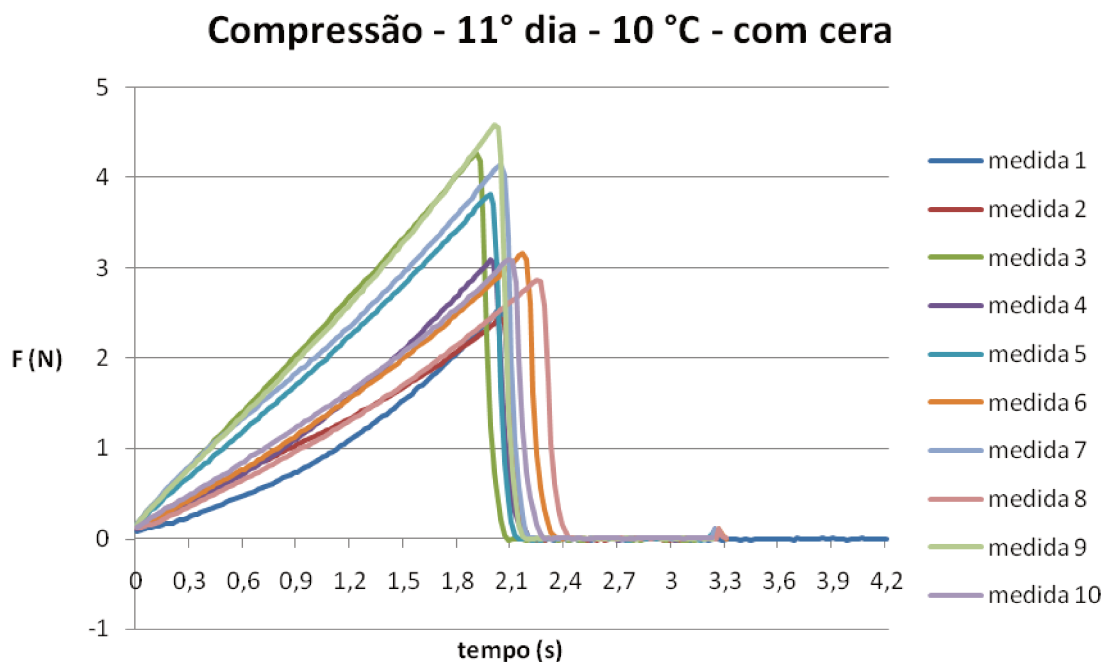


Figura A2.71. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

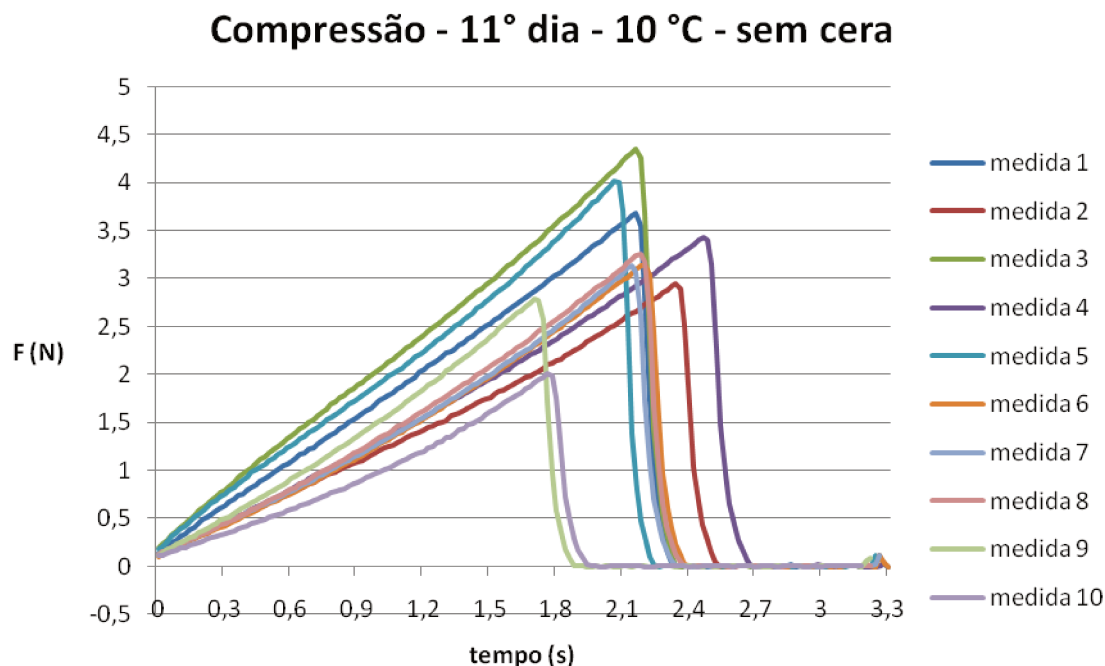


Figura A2.72. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

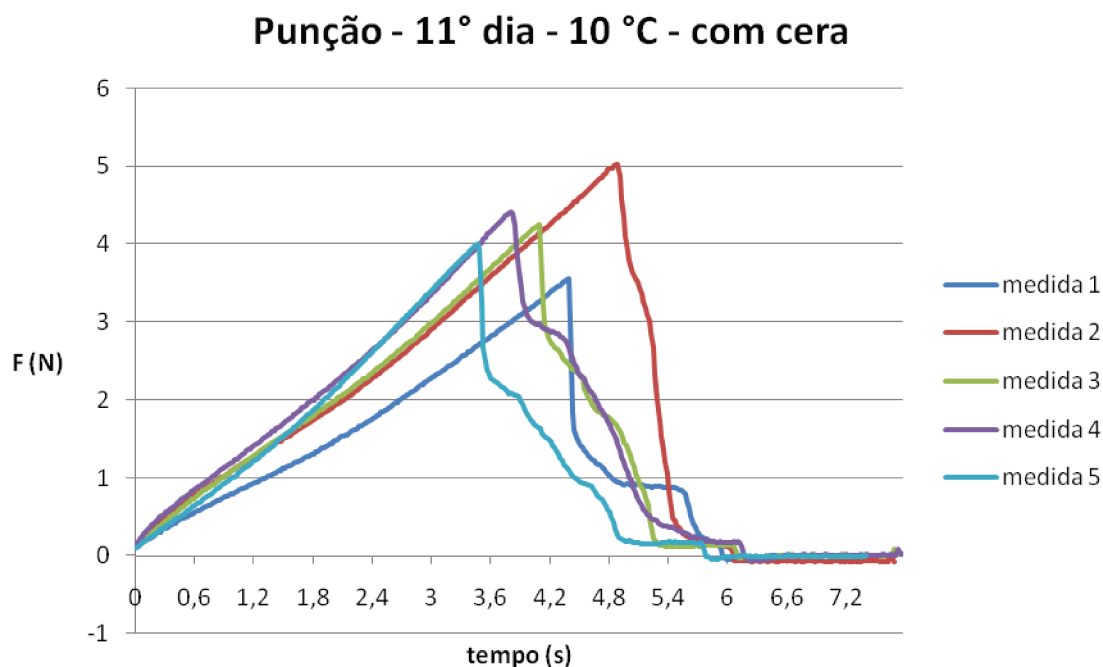


Figura A2.73. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

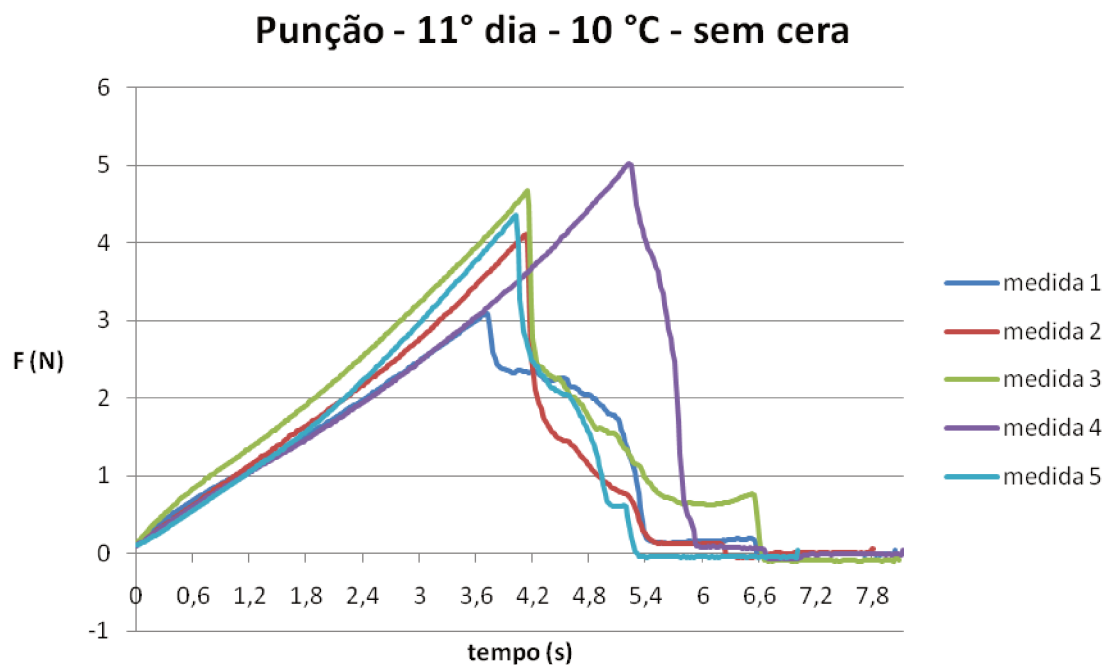


Figura A2.74. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 10 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

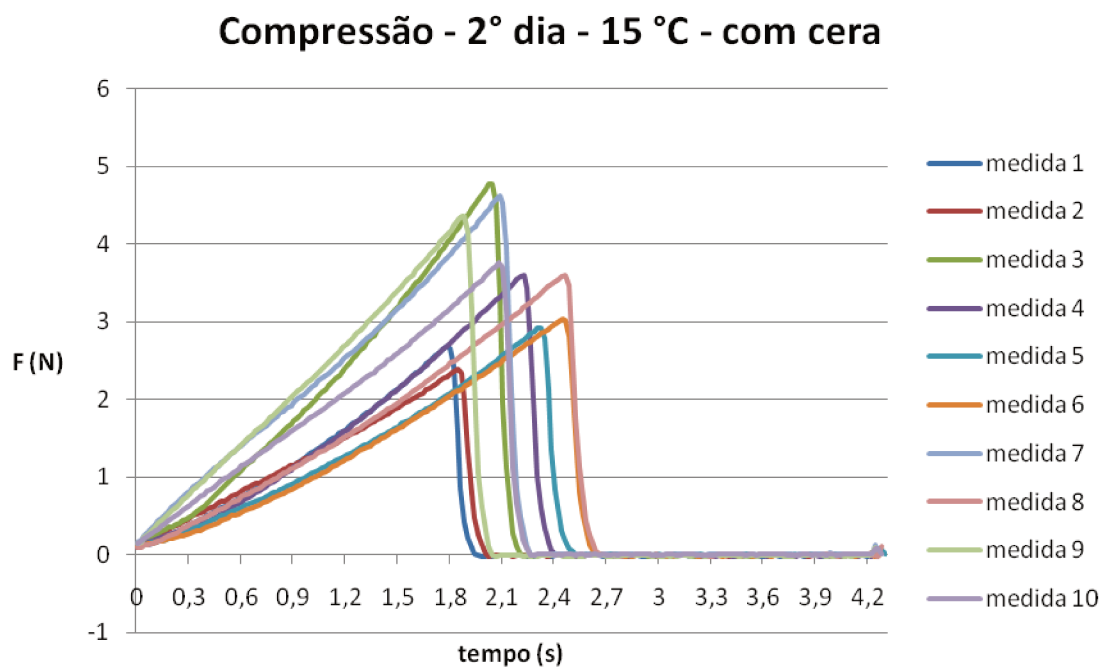


Figura A2.75. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.

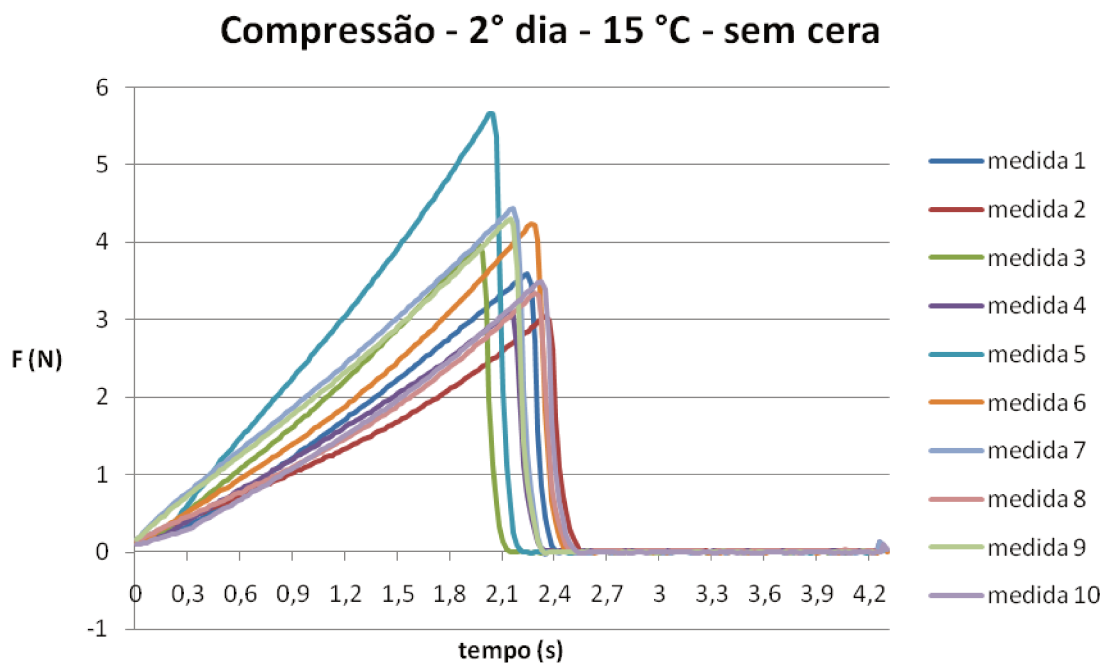


Figura A2.76. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.

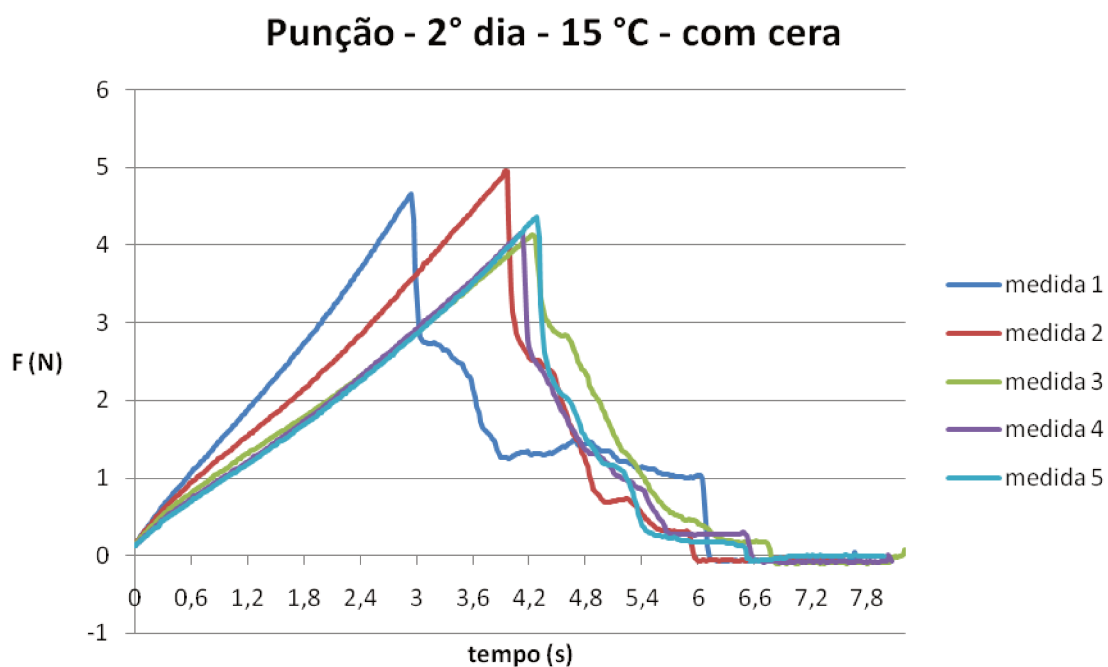


Figura A2.77. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.

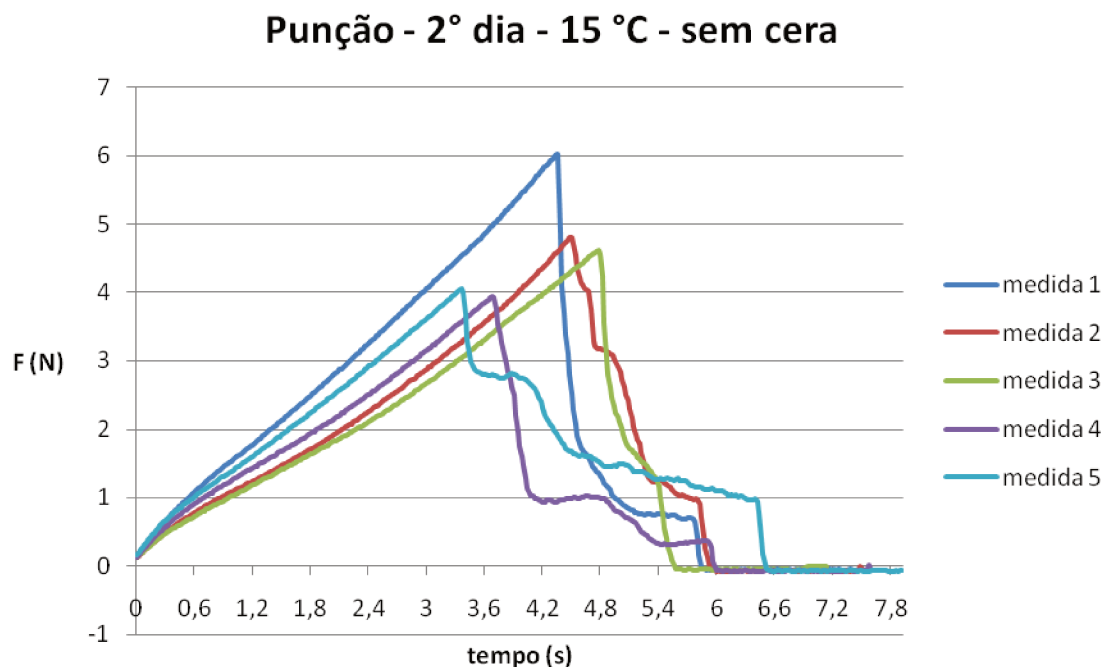


Figura A2.78. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no segundo dia de armazenamento.

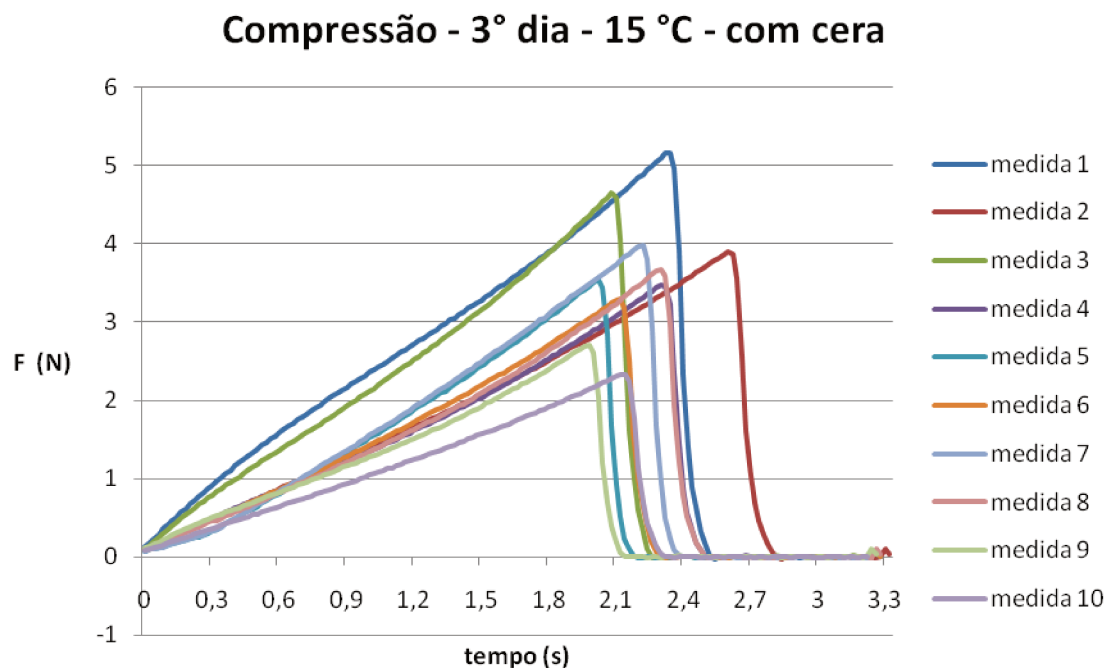


Figura A2.79. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.

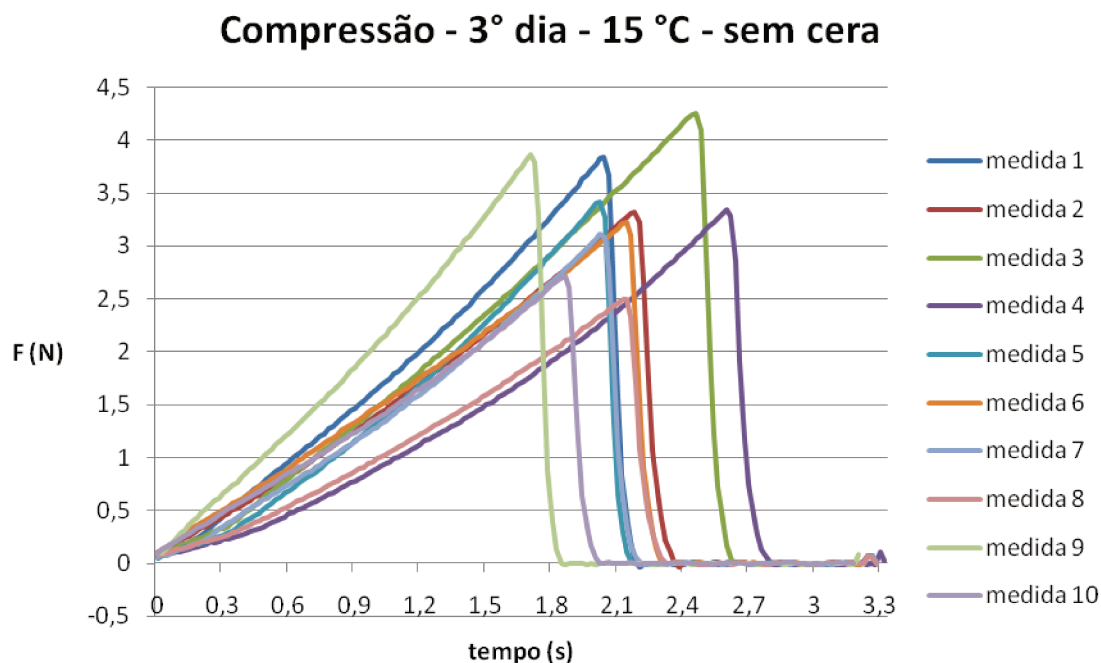


Figura A2.80. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.

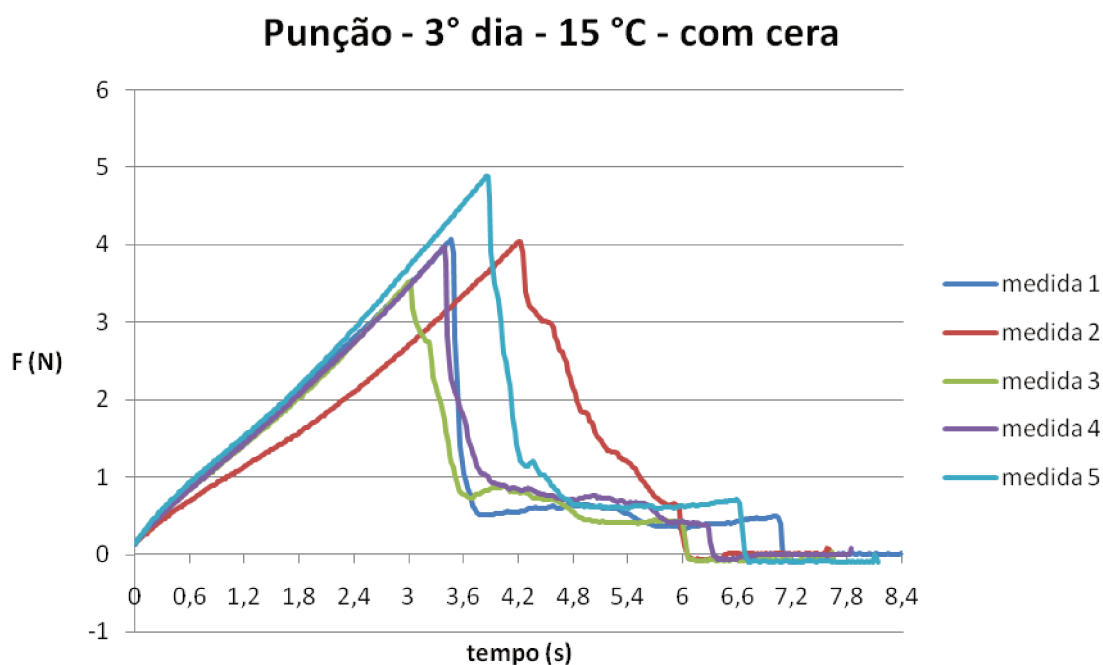


Figura A2.81. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.

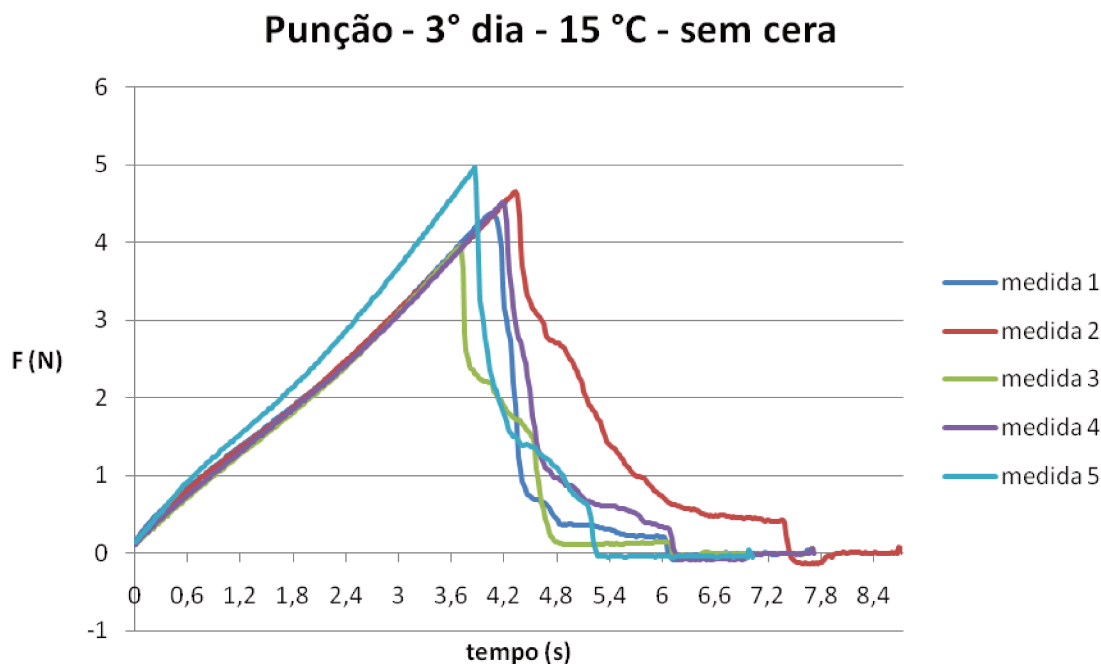


Figura A2.82. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no terceiro dia de armazenamento.

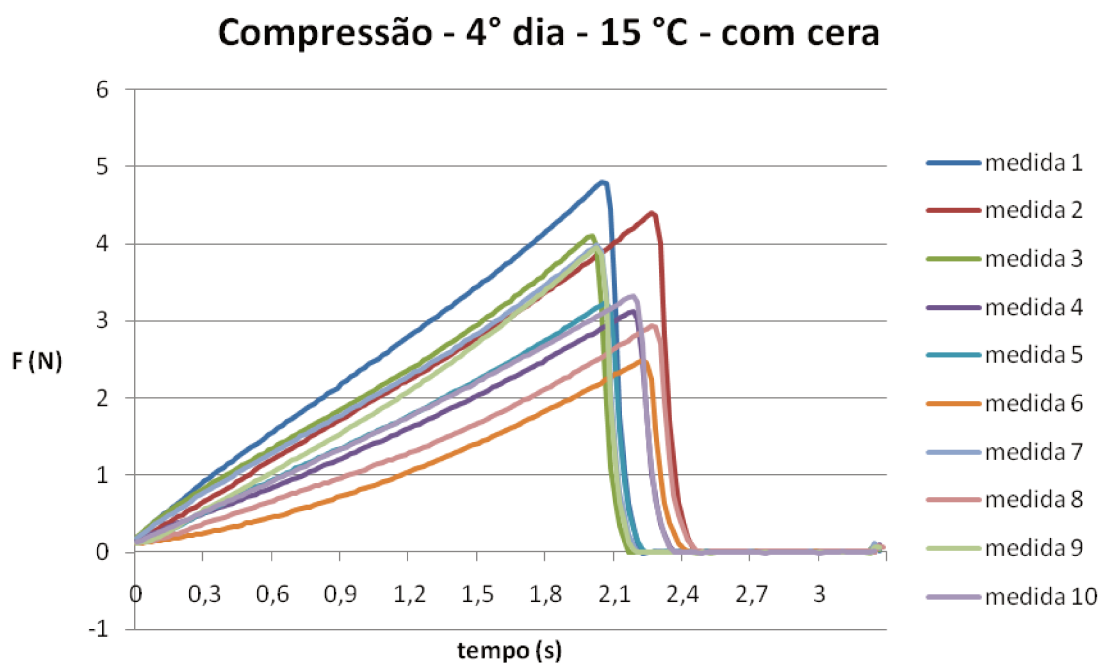


Figura A2.83. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.

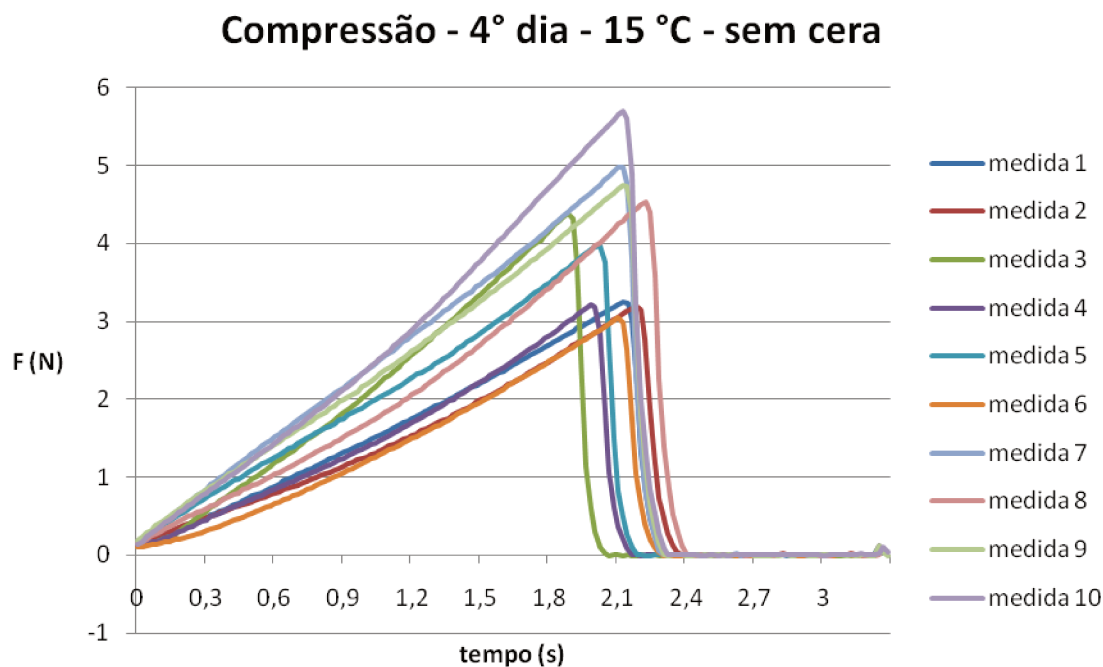


Figura A2.84. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.

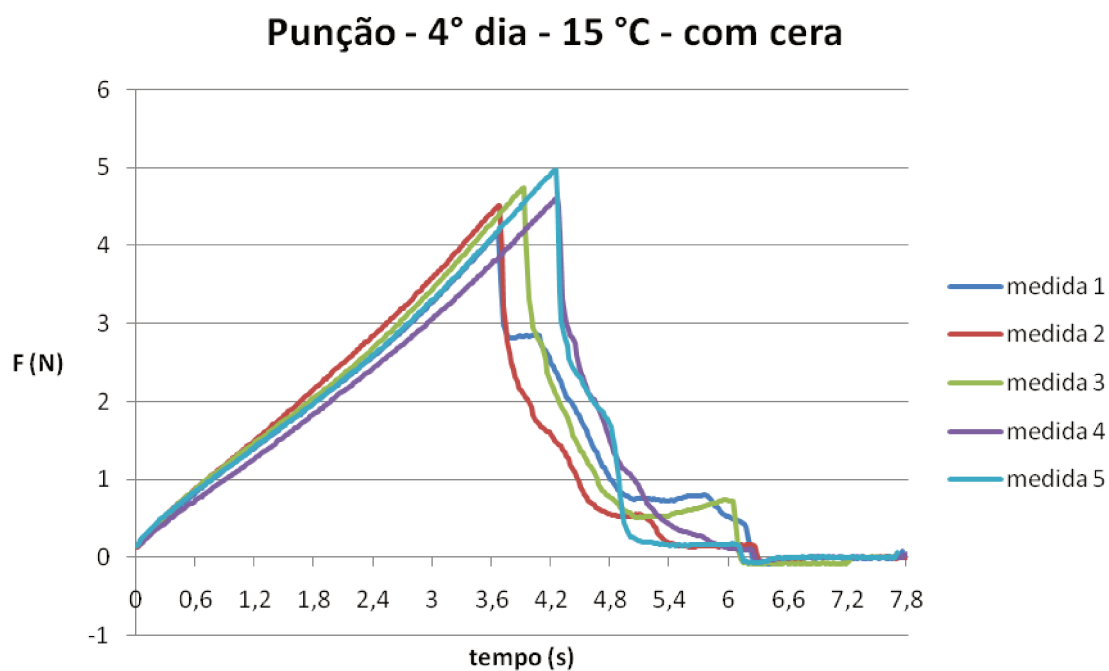


Figura A2.85. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.

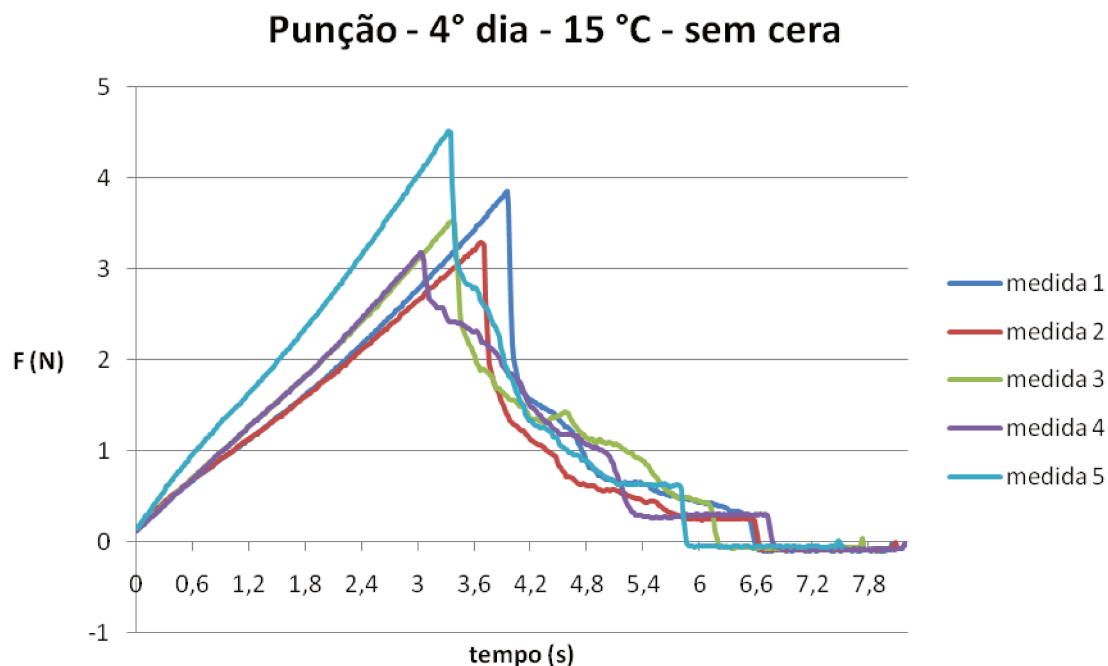


Figura A2.86. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quarto dia de armazenamento.

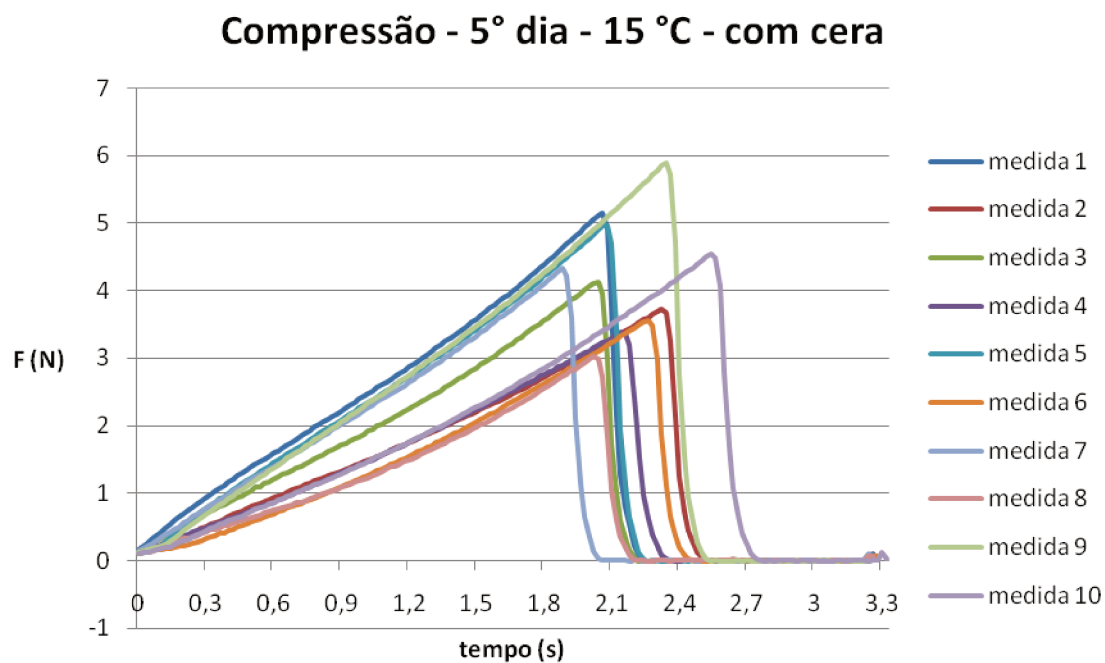


Figura A2.87. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.

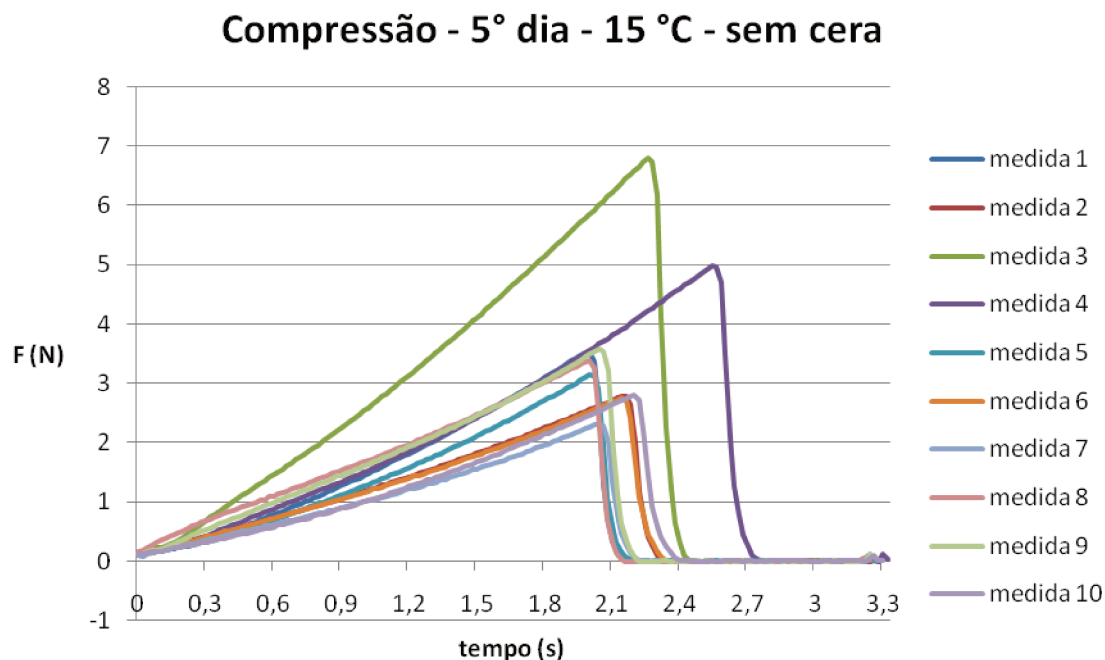


Figura A2.88. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.

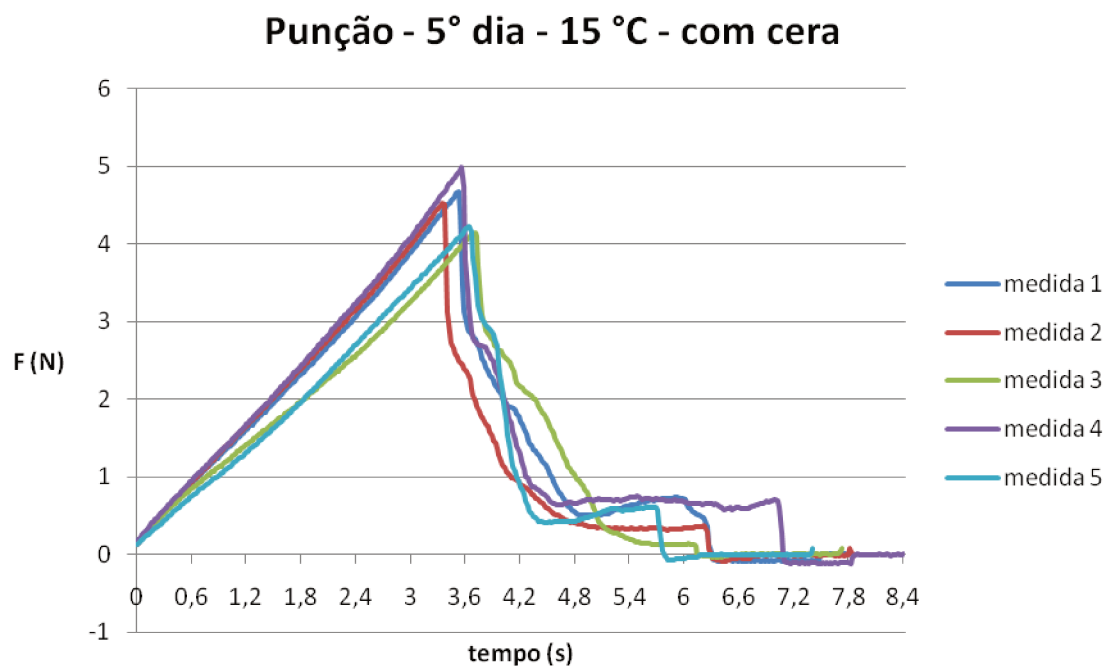
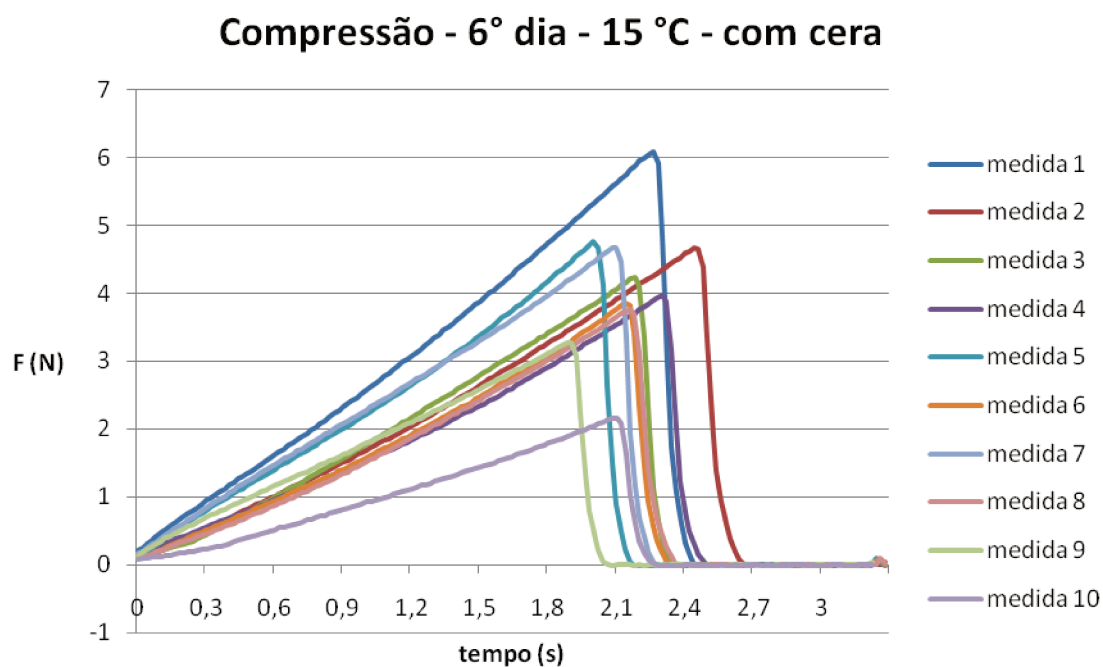
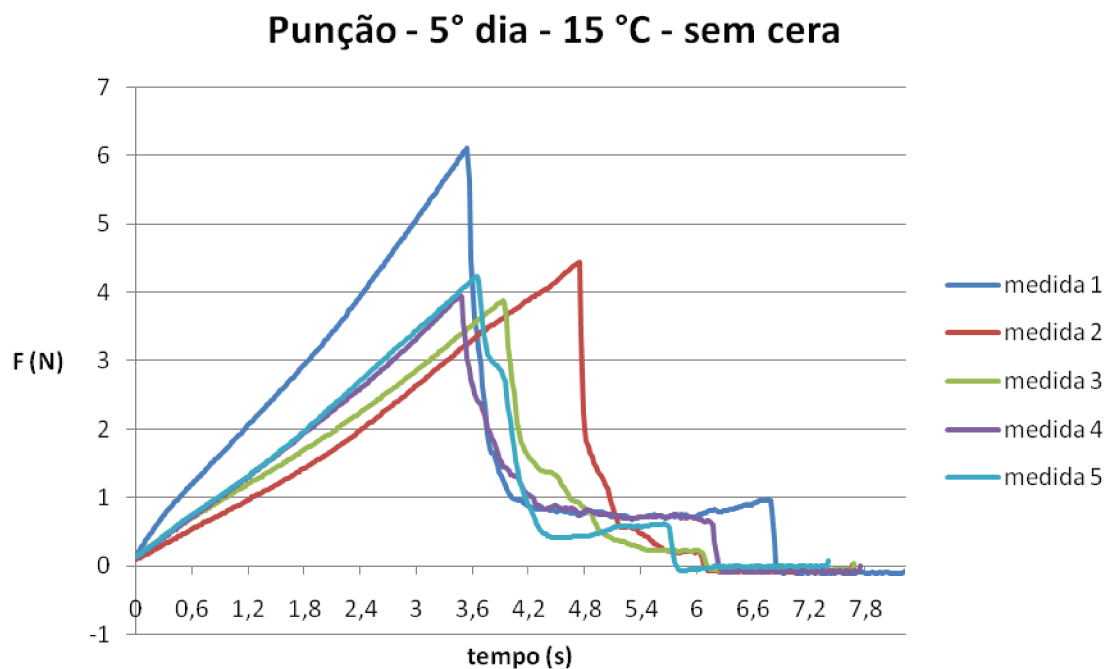


Figura A2.89. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no quinto dia de armazenamento.



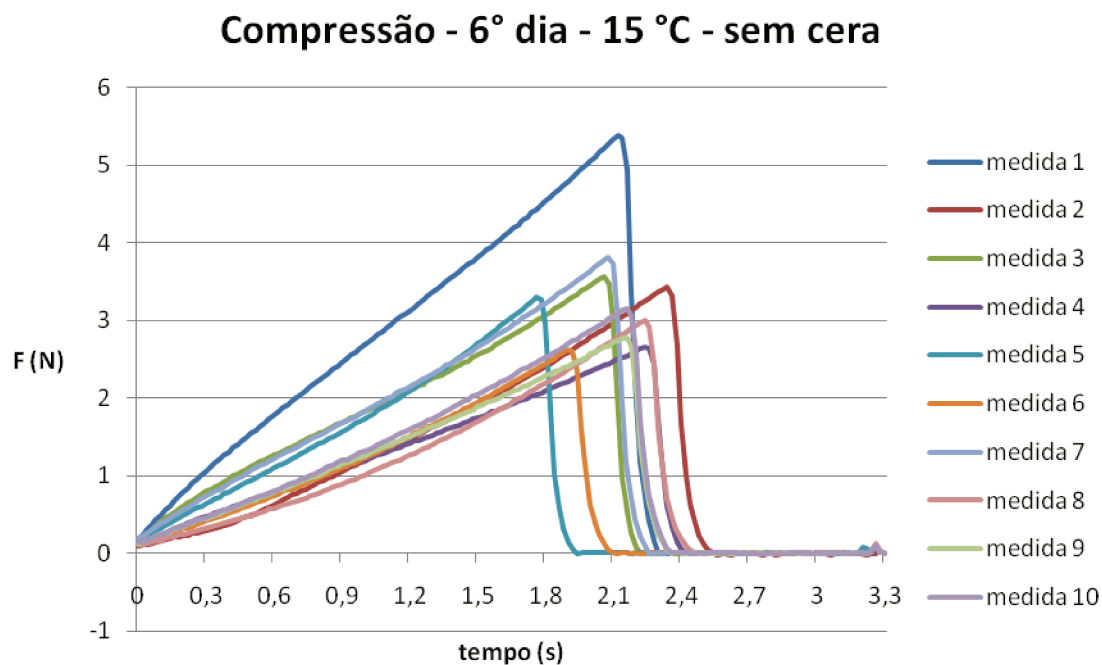


Figura A2.92. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.

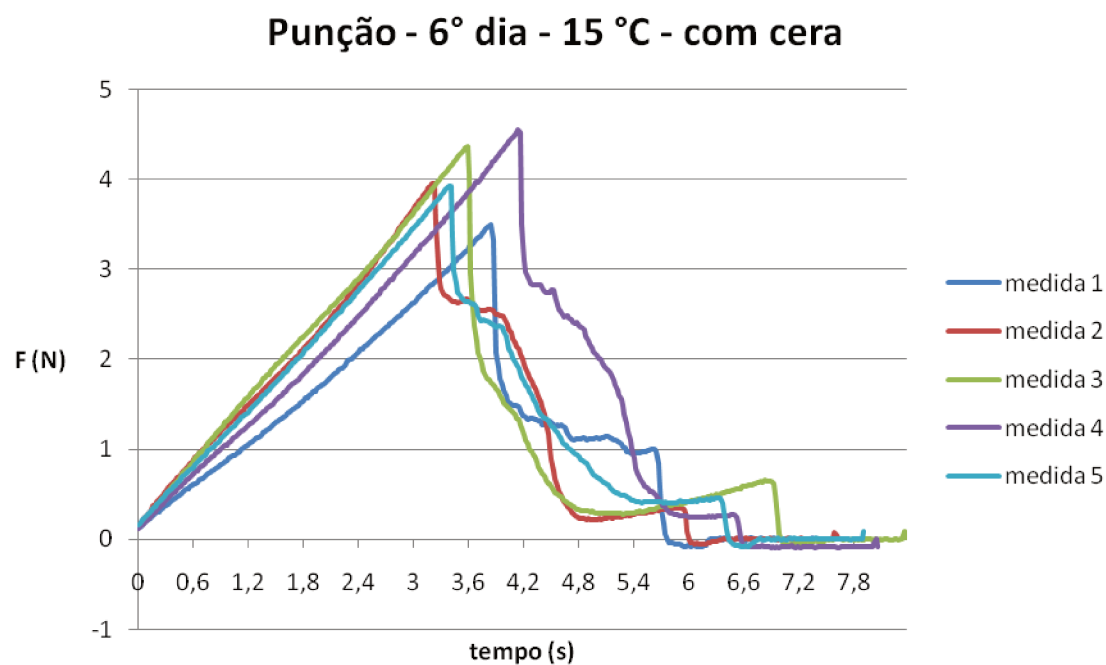


Figura A2.93. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.

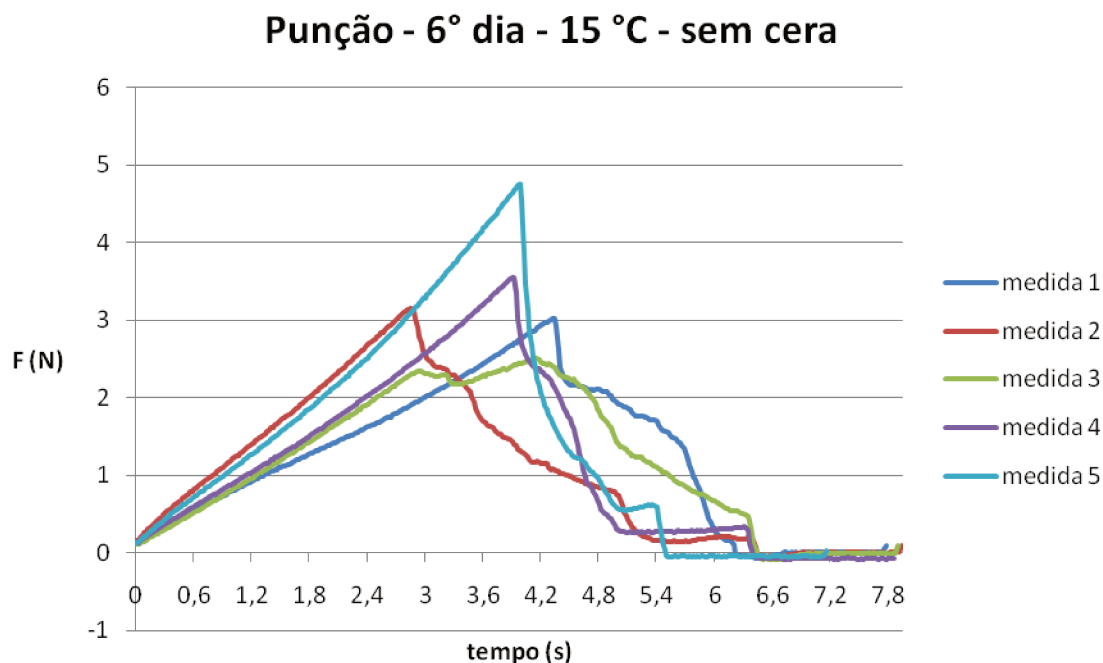


Figura A2.94. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sexto dia de armazenamento.

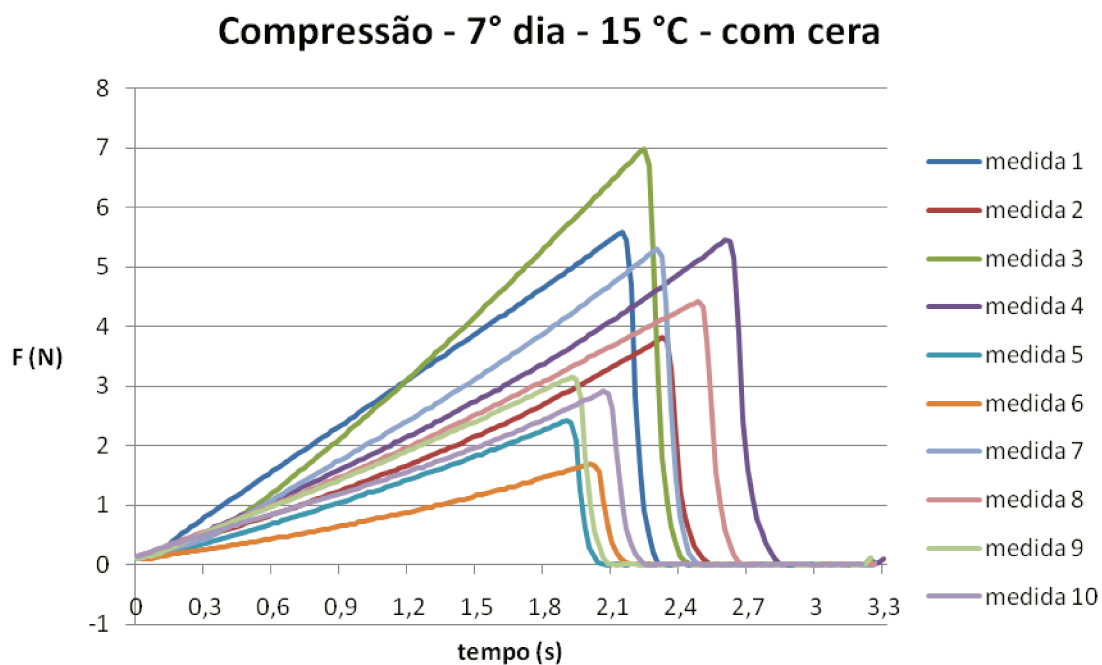


Figura A2.95. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.

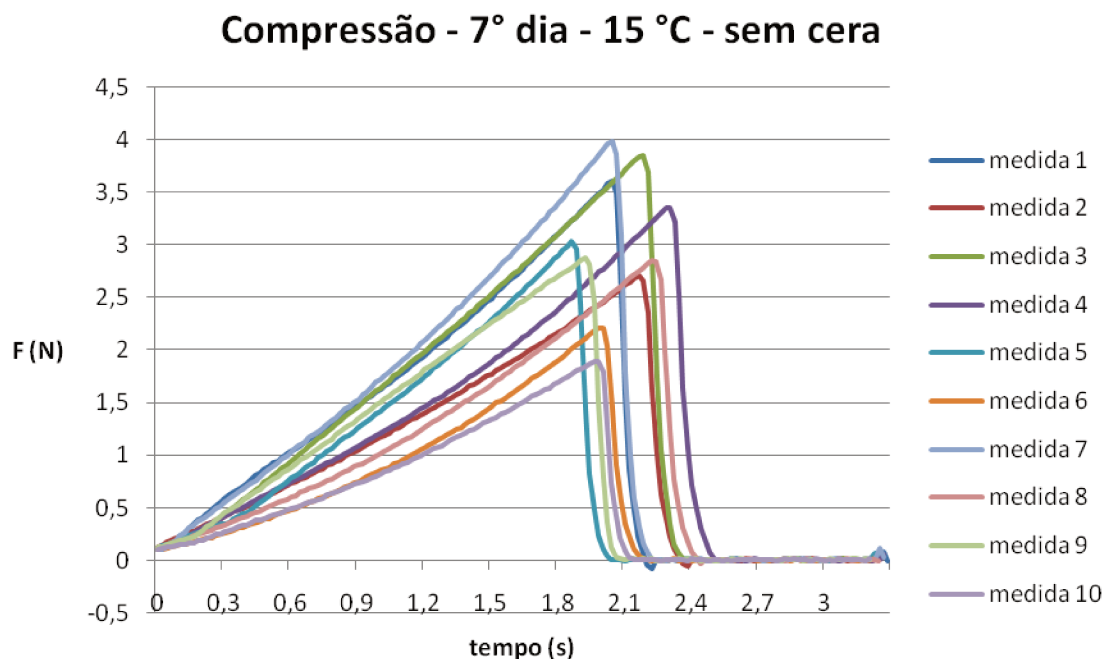


Figura A2.96. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.

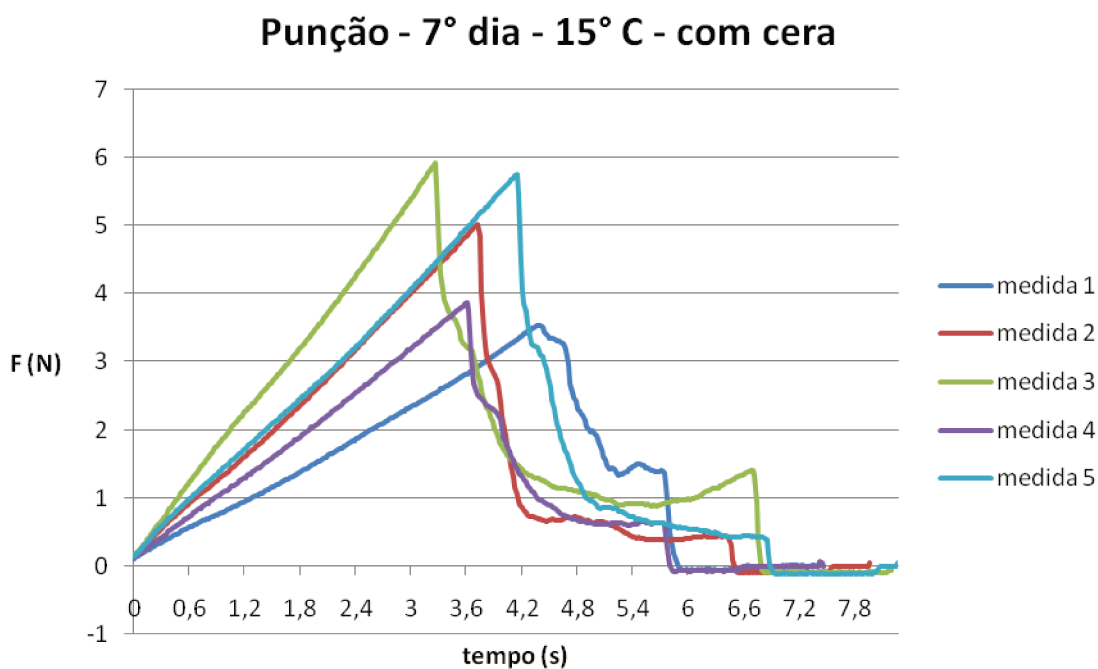


Figura A2.97. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.

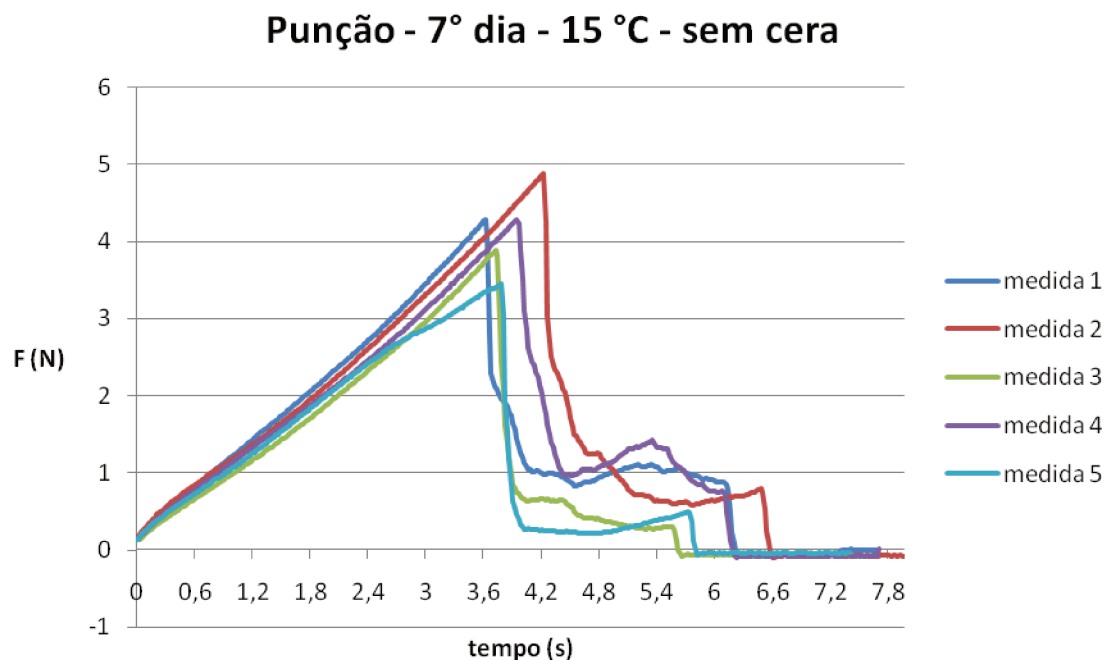


Figura A2.98. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no sétimo dia de armazenamento.

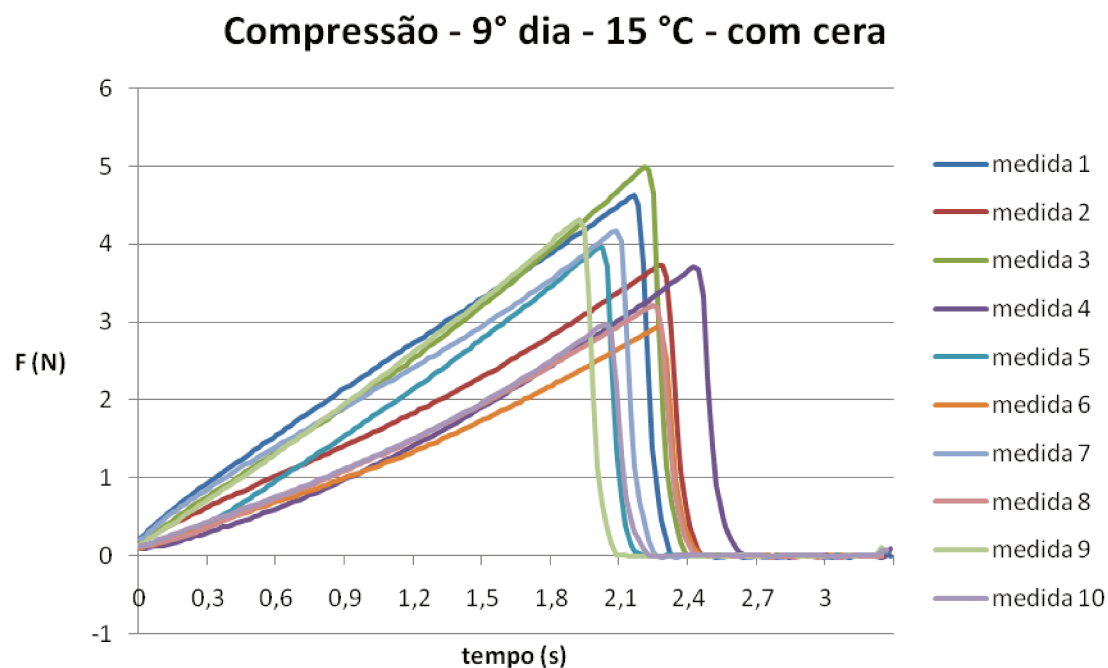
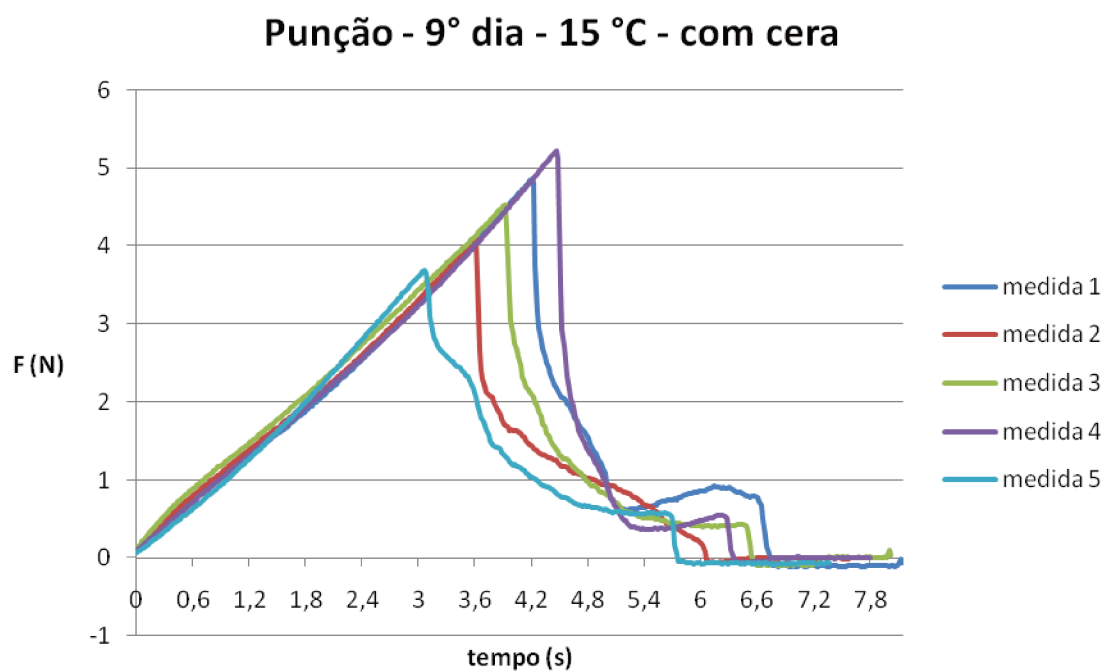
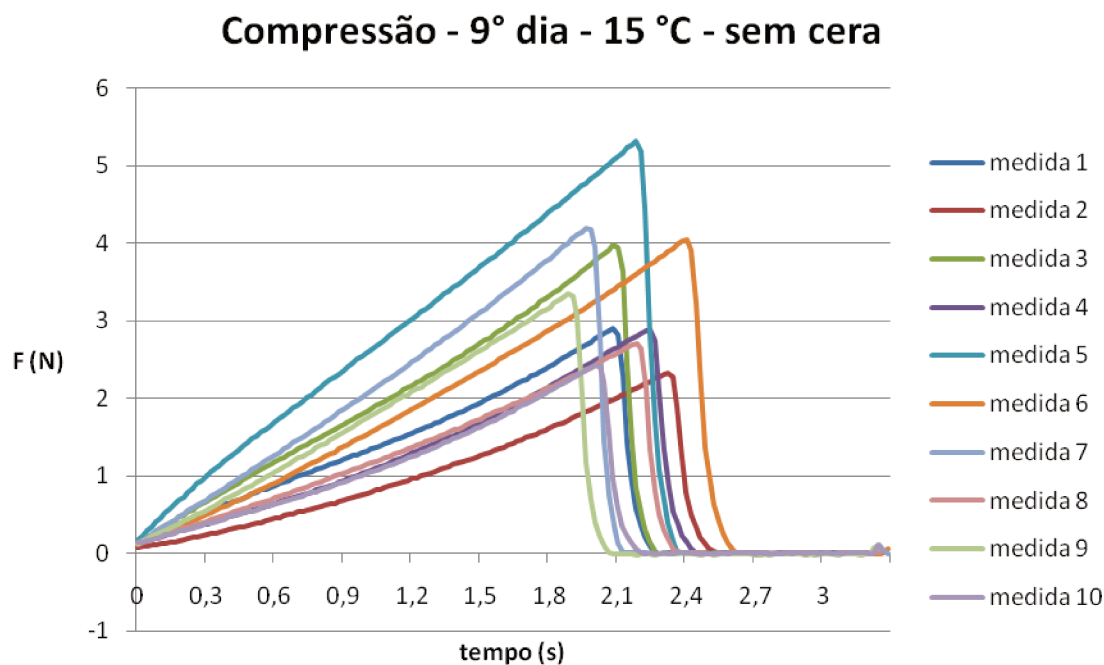


Figura A2.99. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.



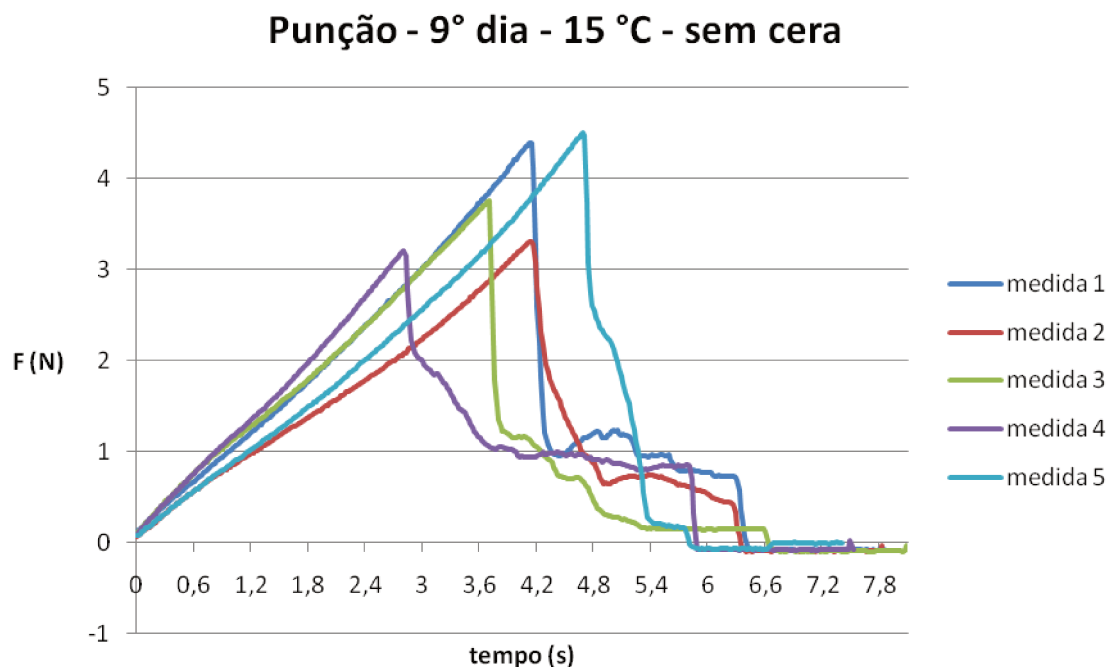


Figura A2.102. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no nono dia de armazenamento.

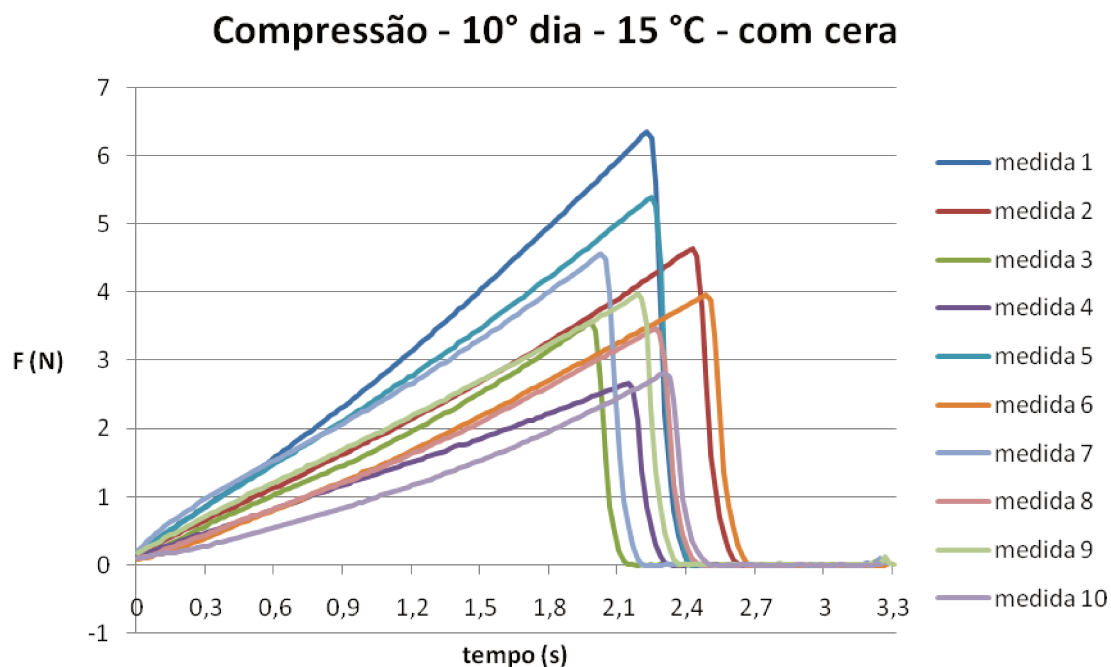


Figura A2.103. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.

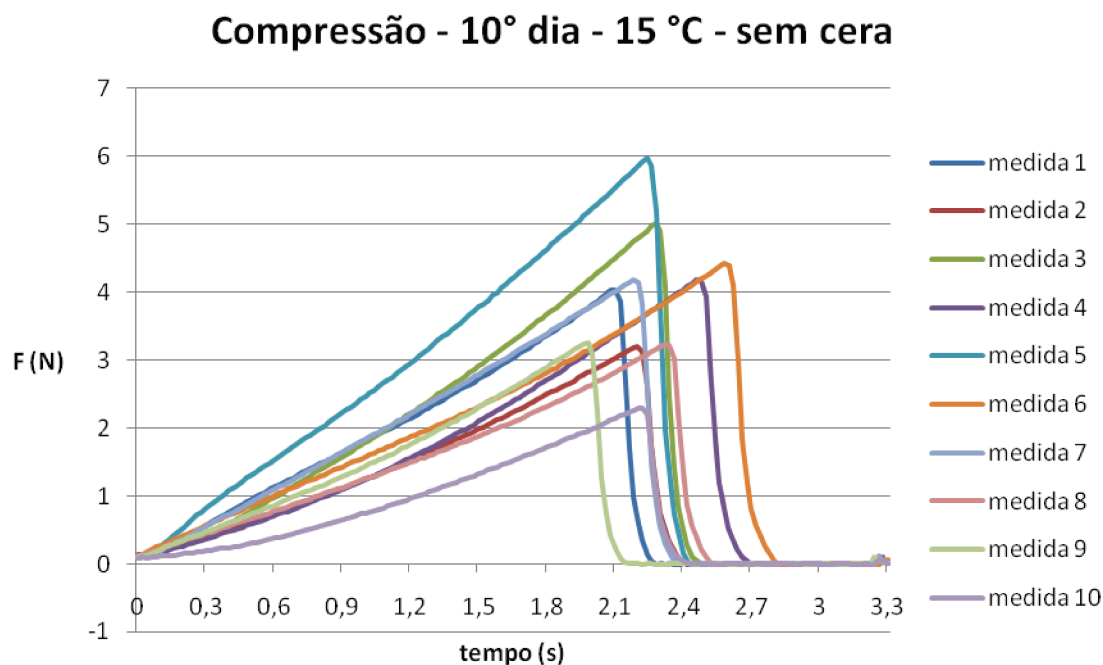


Figura A2.104. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.

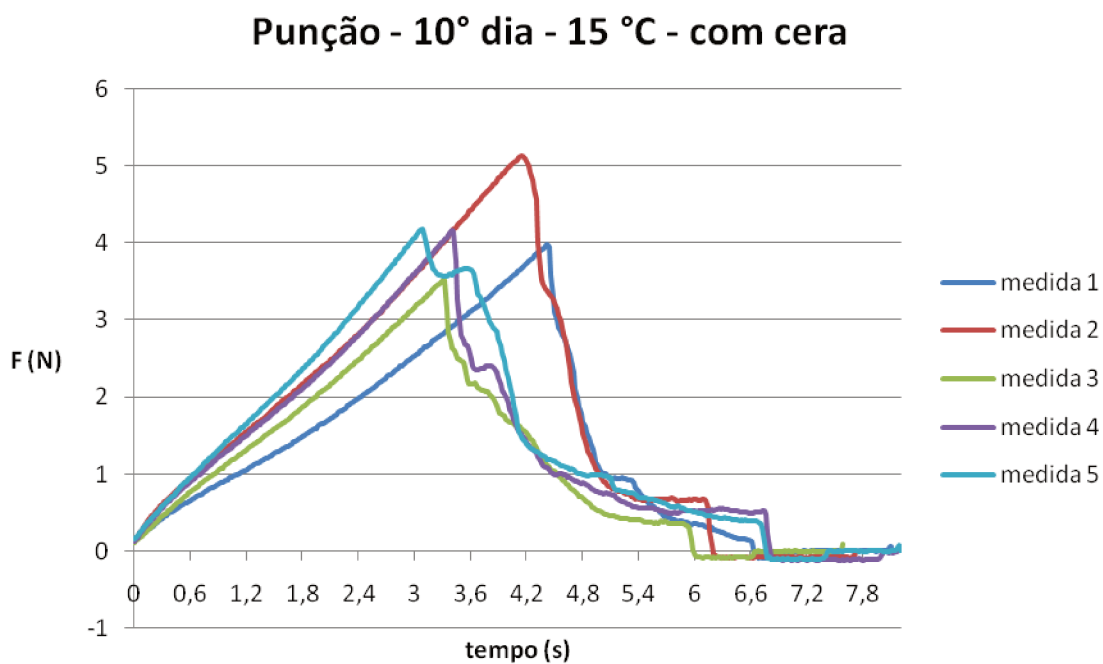


Figura A2.105. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.

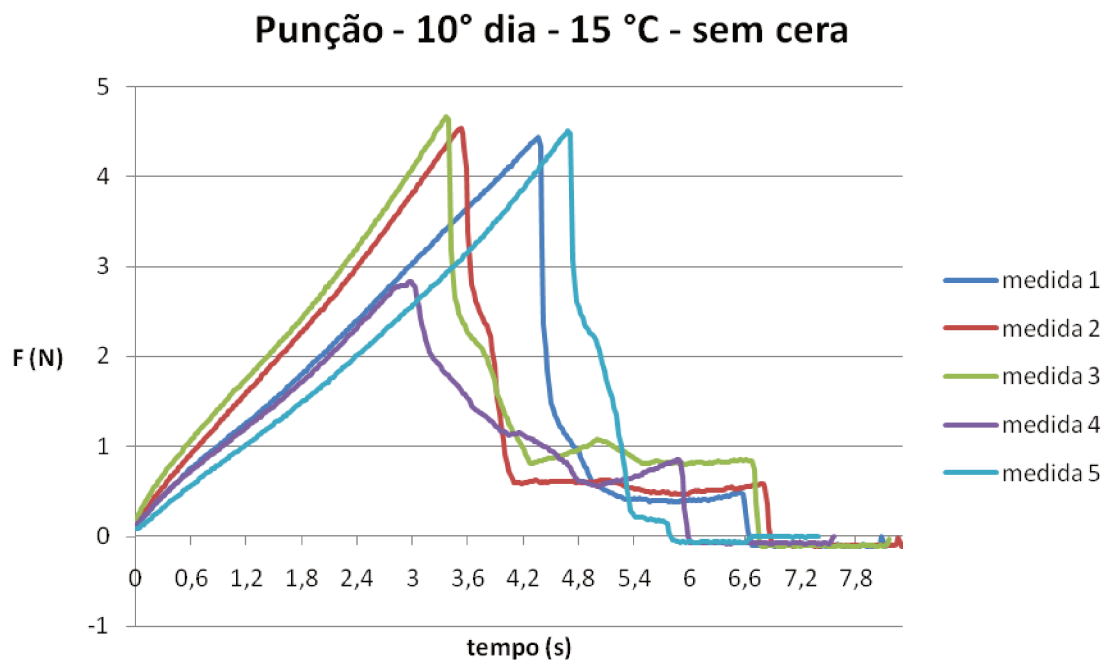


Figura A2.106. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo dia de armazenamento.

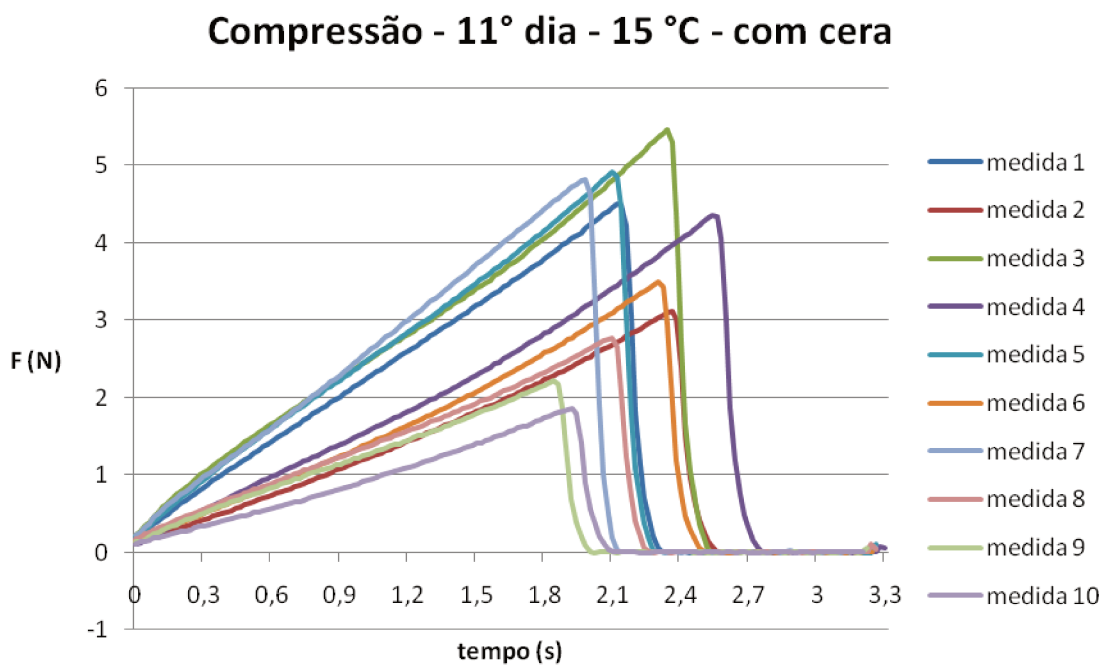


Figura A2.107. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

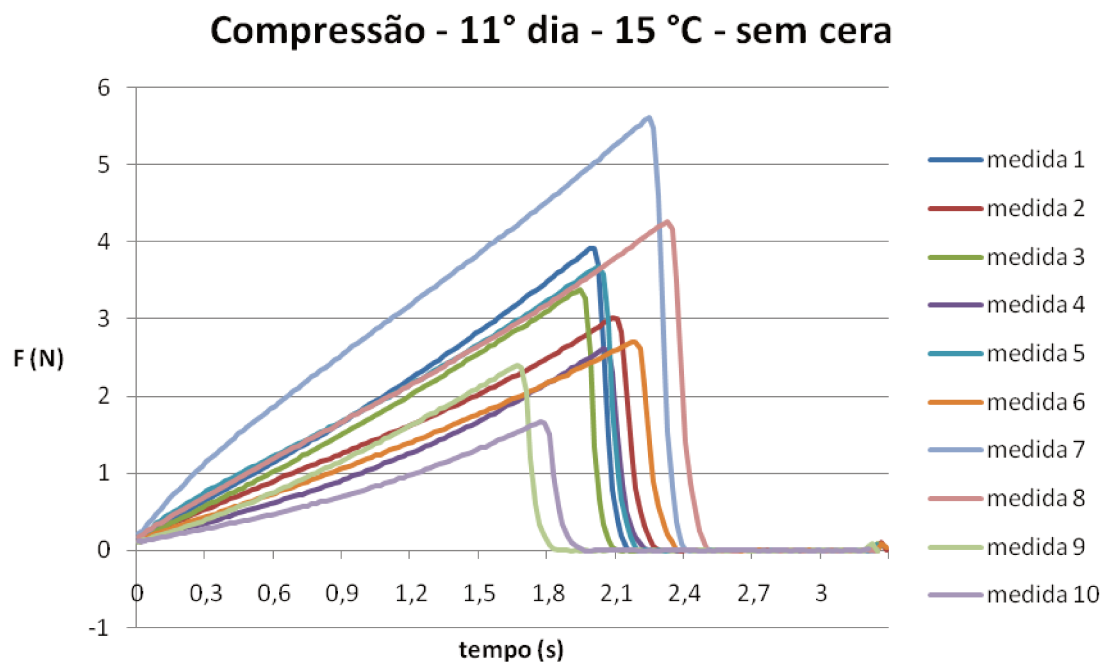


Figura A2.108. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

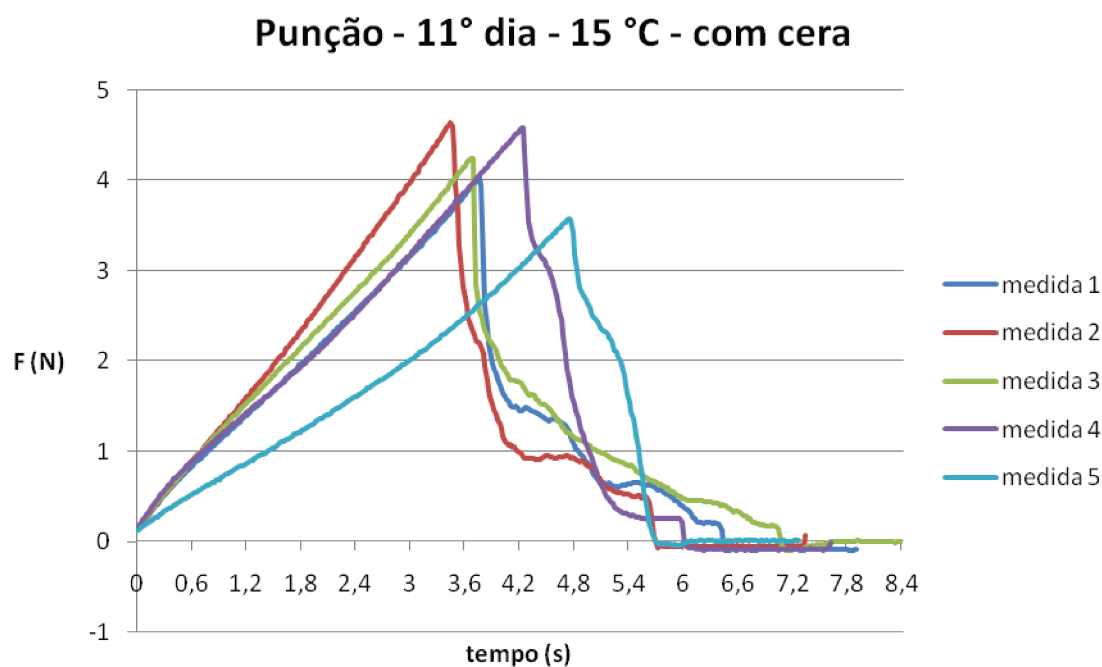


Figura A2.109. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

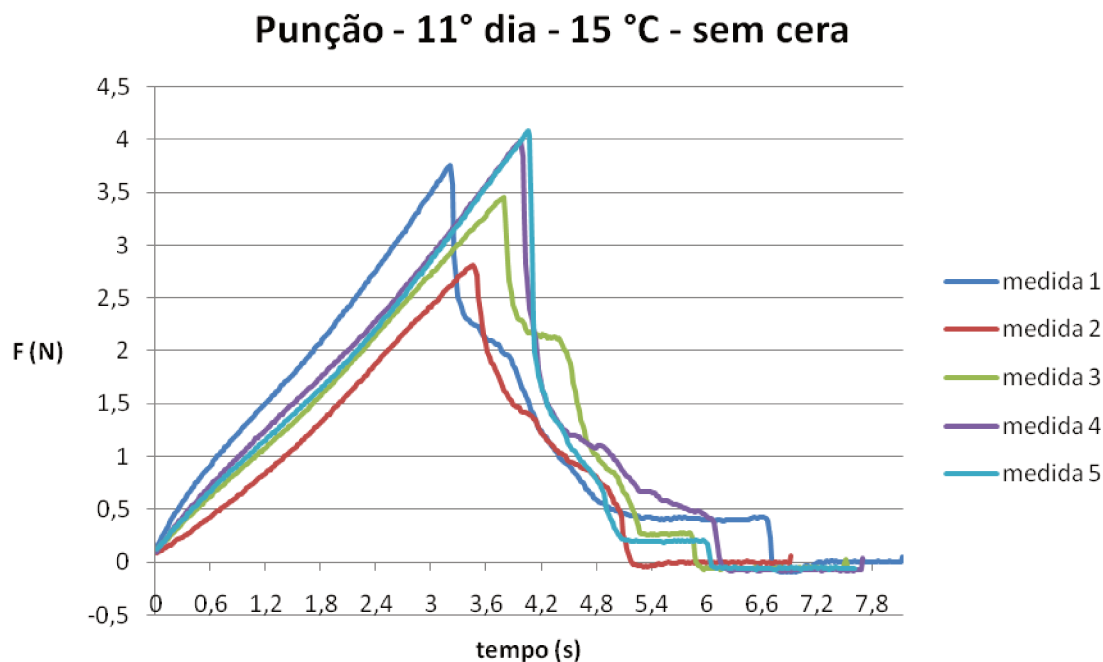


Figura A2.110. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 15 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

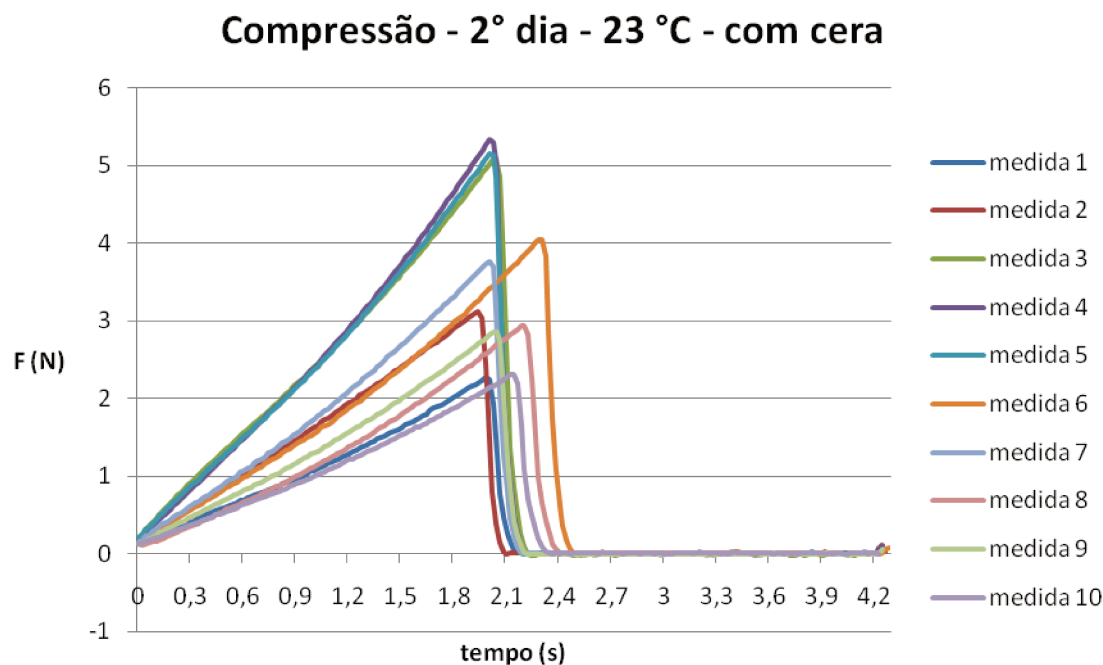


Figura A2.111. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.

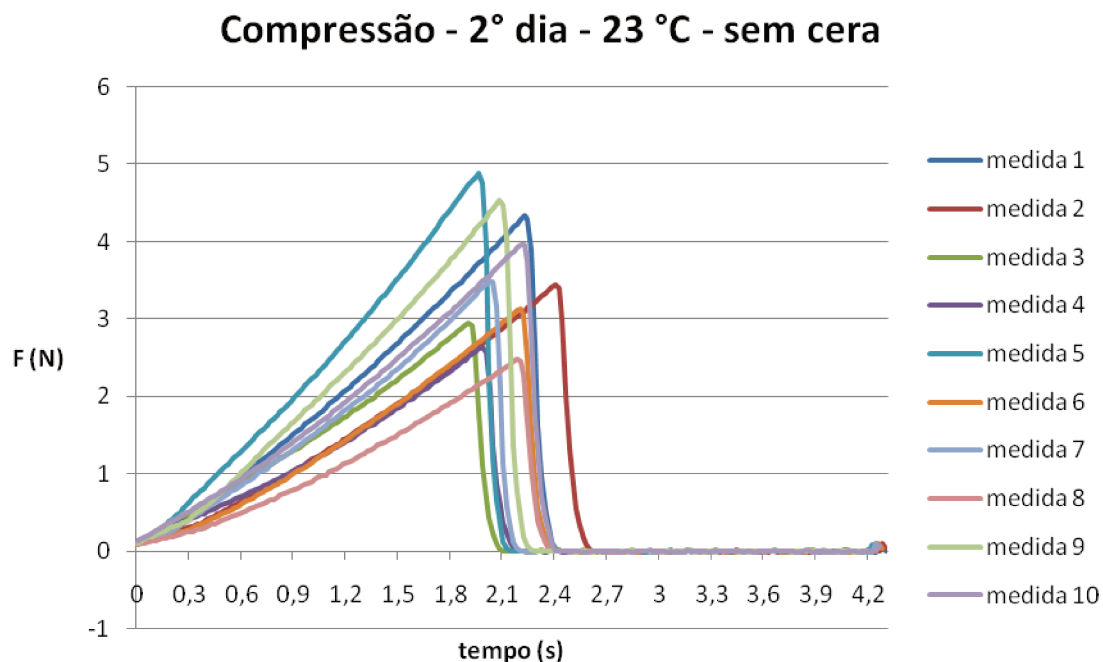


Figura A2.112. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.

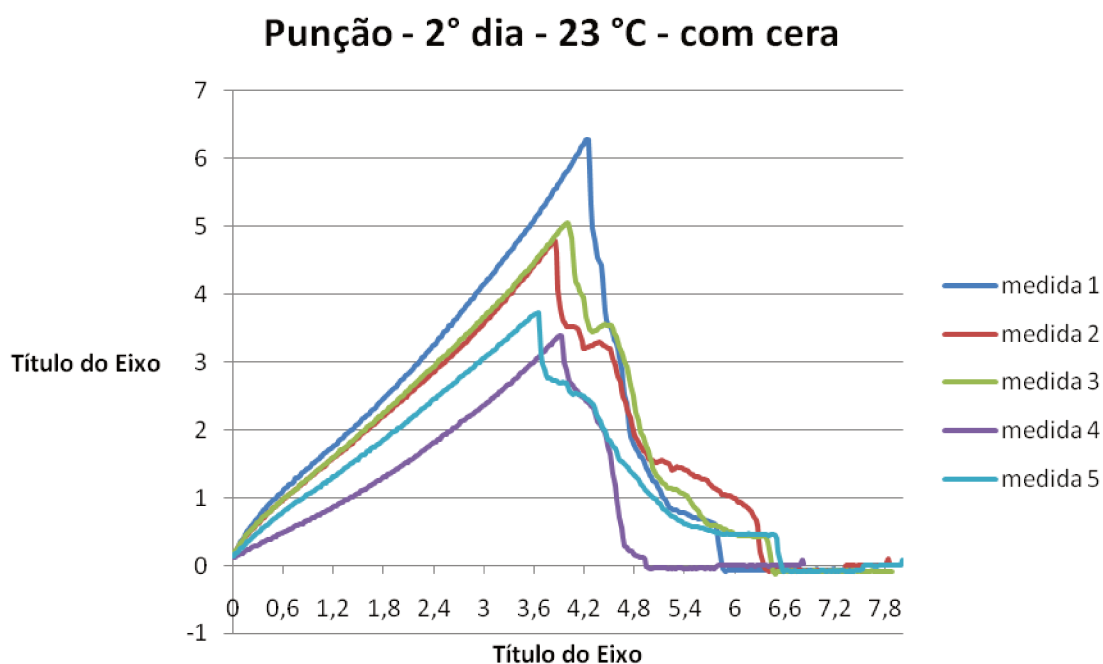


Figura A2.113. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.

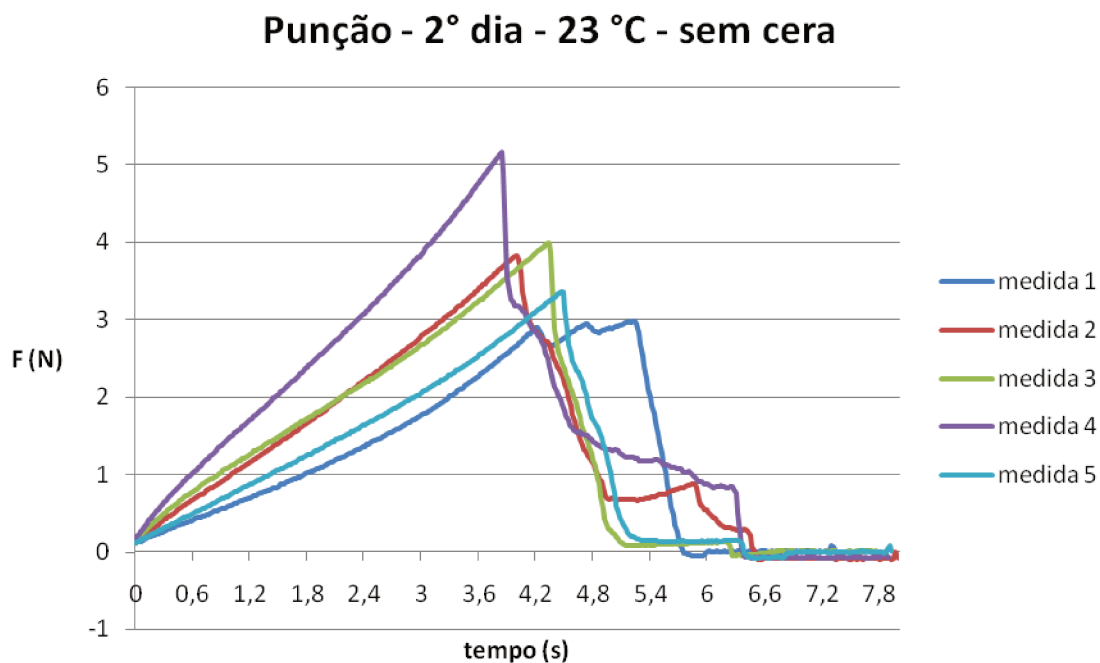


Figura A2.114. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no segundo dia de armazenamento.

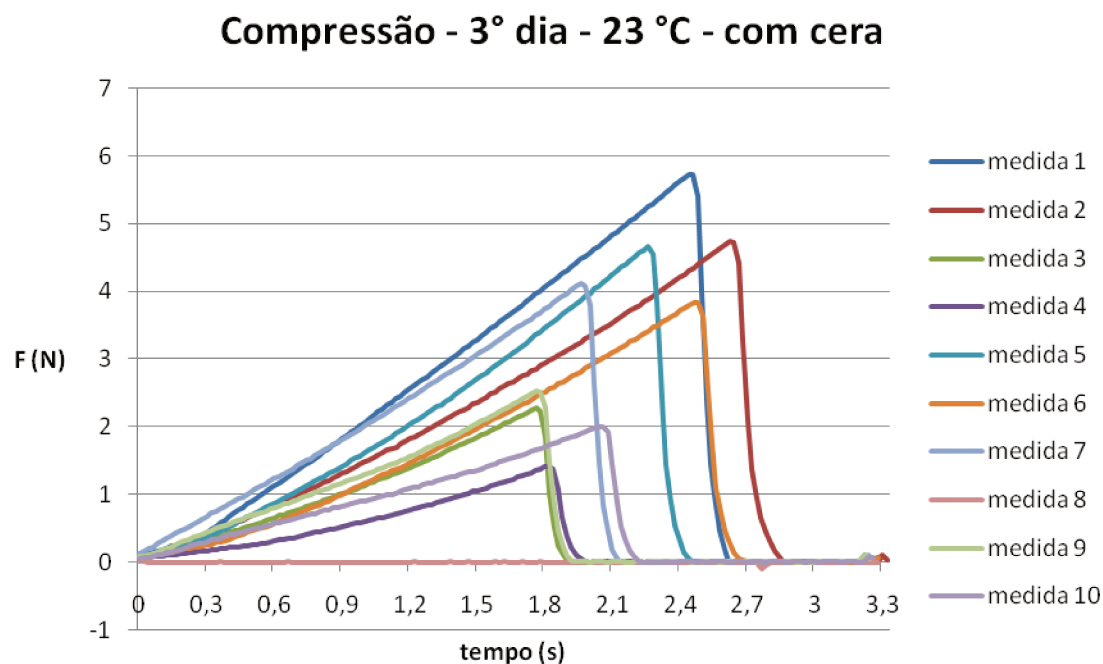


Figura A2.115. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.

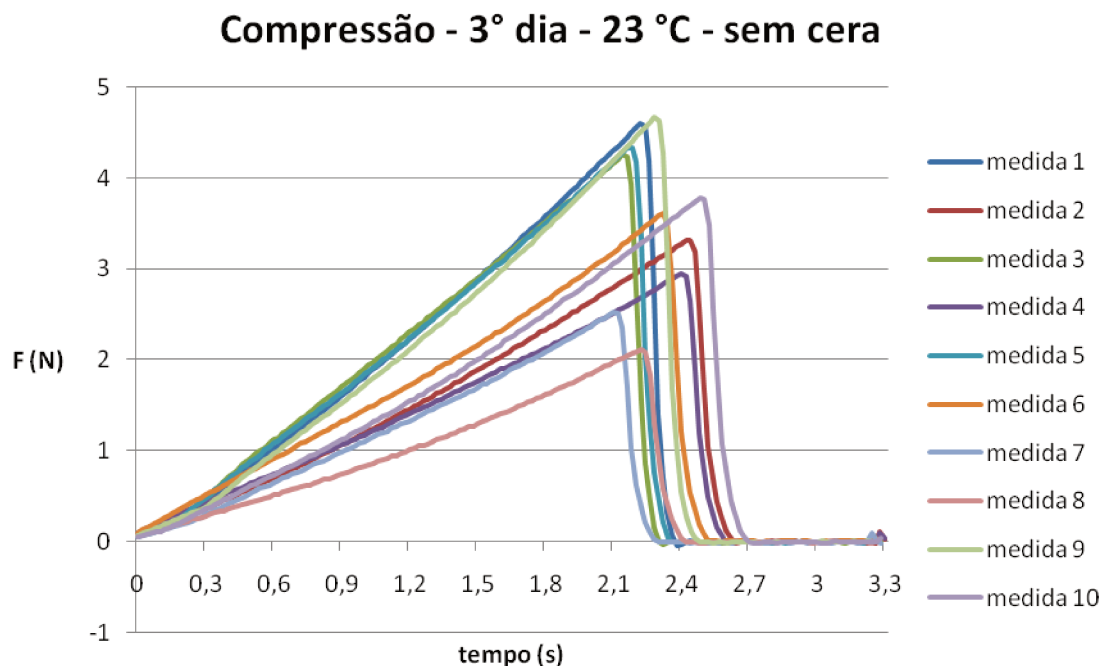


Figura A2.116. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.

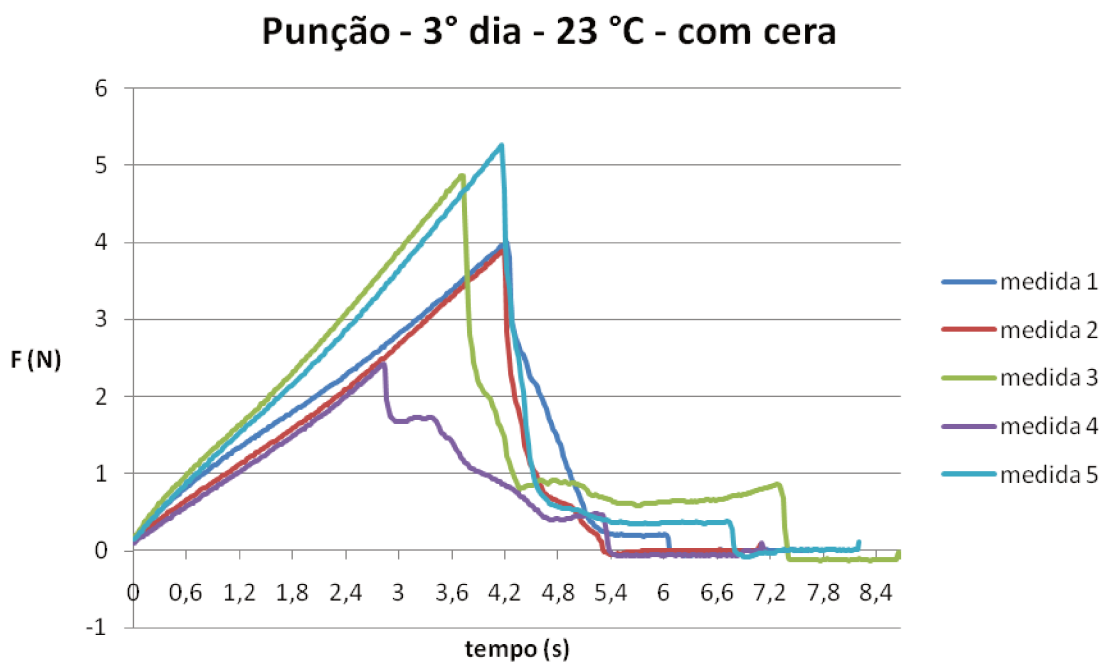


Figura A2.117. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.

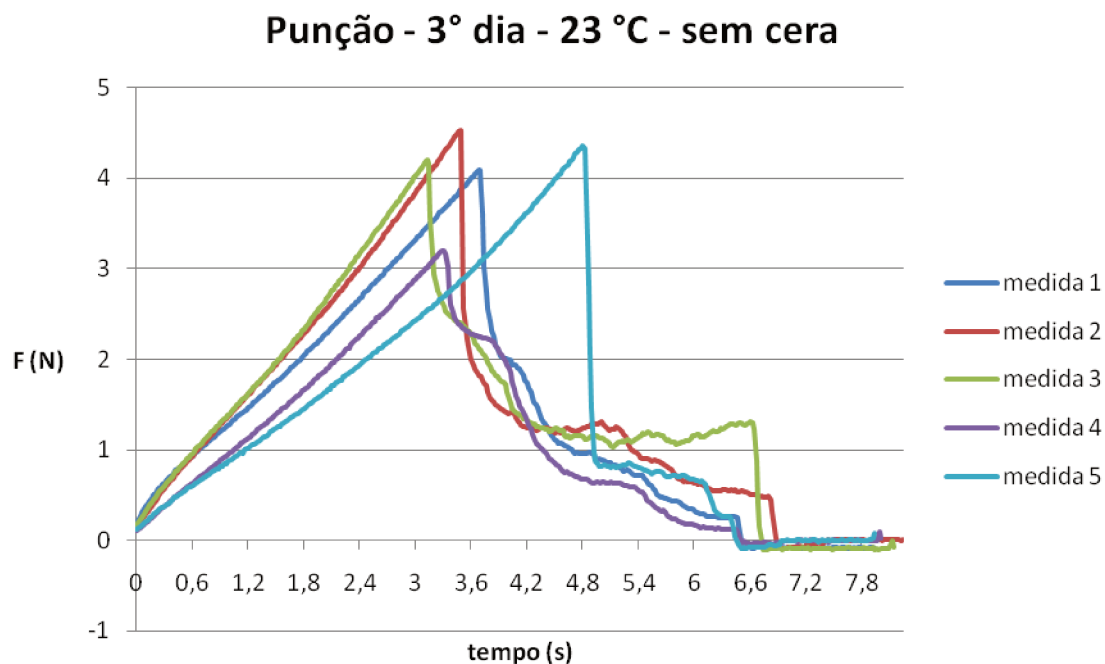


Figura A2.118. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no terceiro dia de armazenamento.

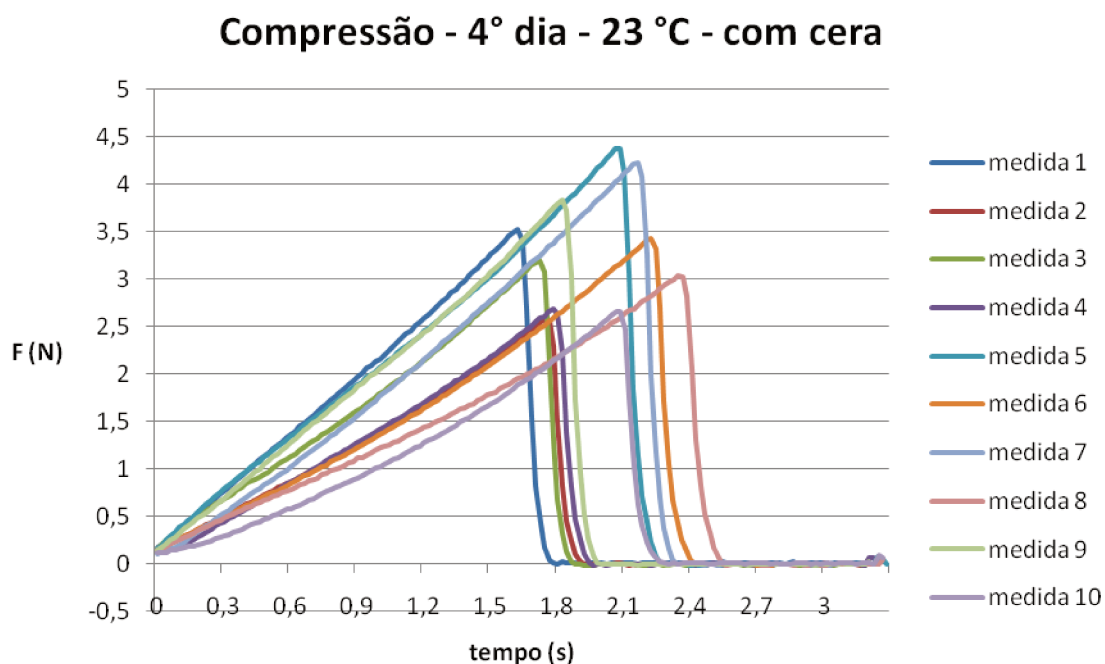


Figura A2.119. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.

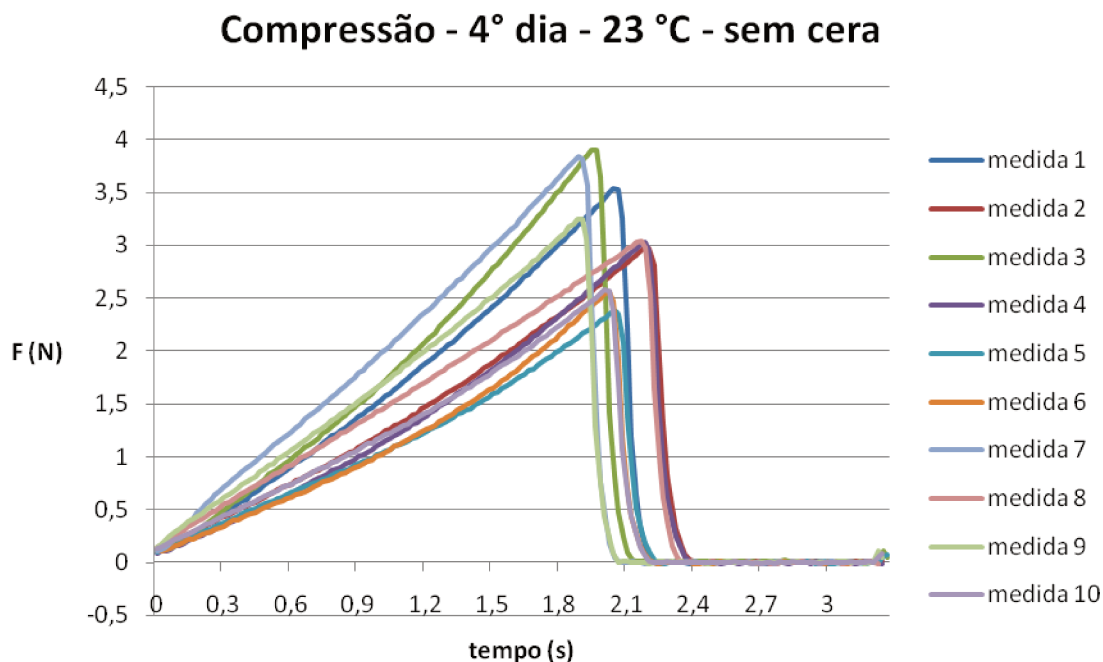


Figura A2.120. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.

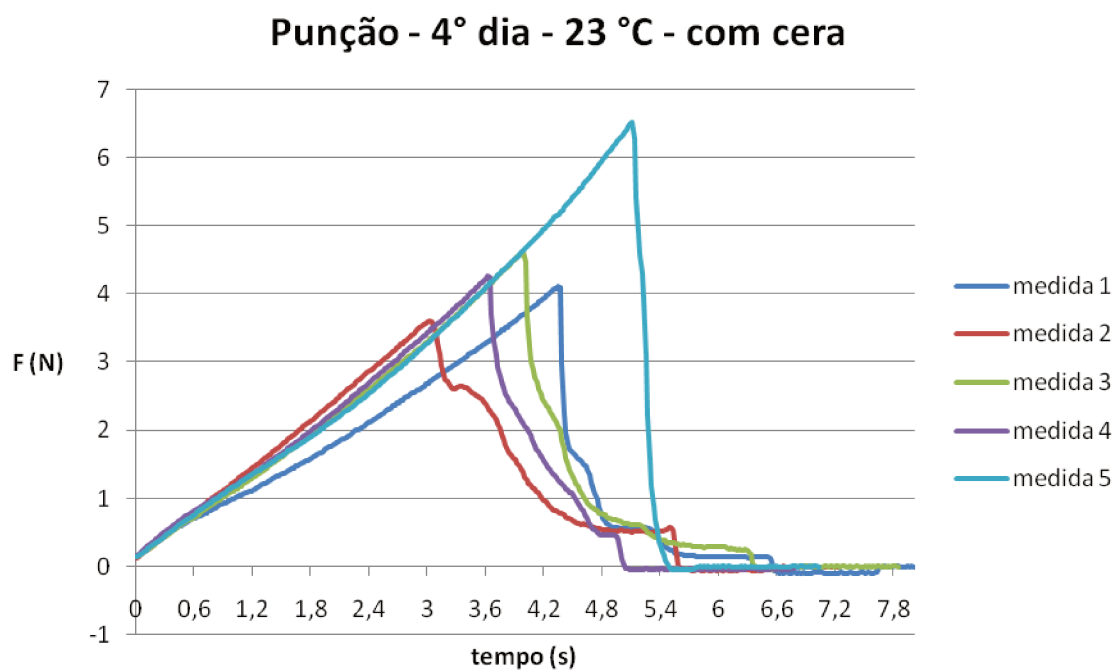


Figura A2.121. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.

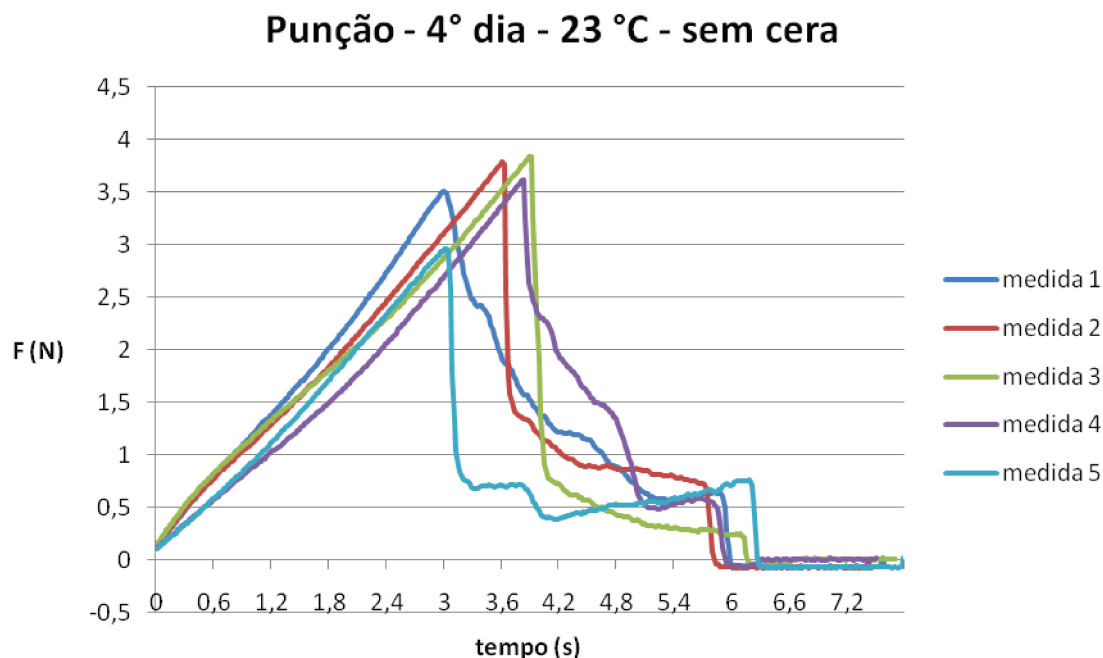


Figura A2.122. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quarto dia de armazenamento.

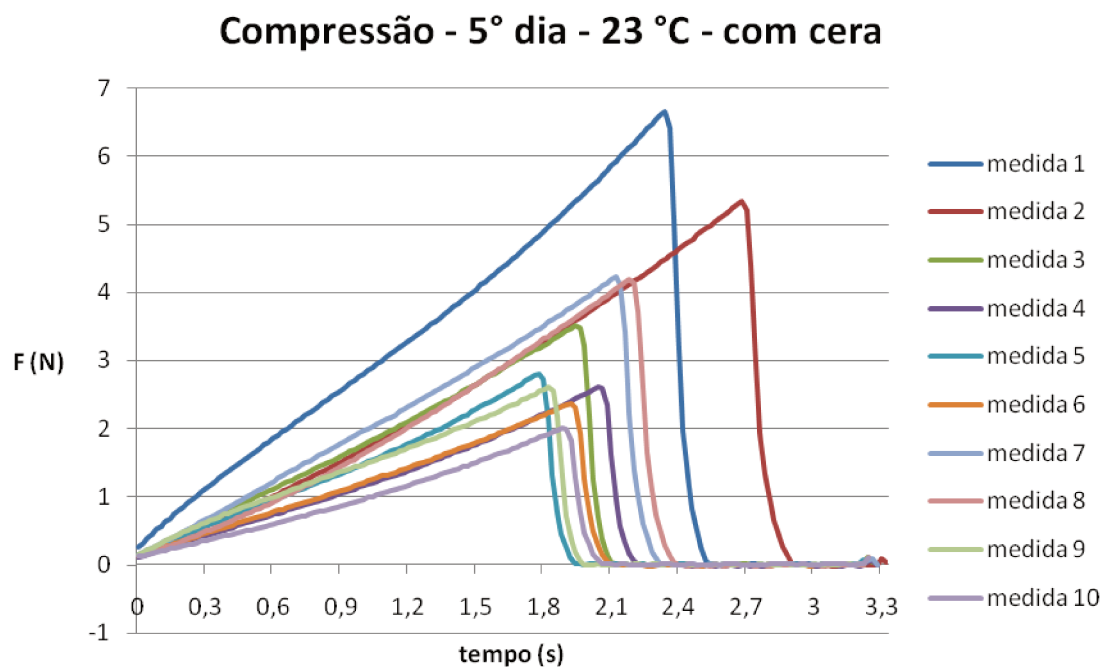


Figura A2.123. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.

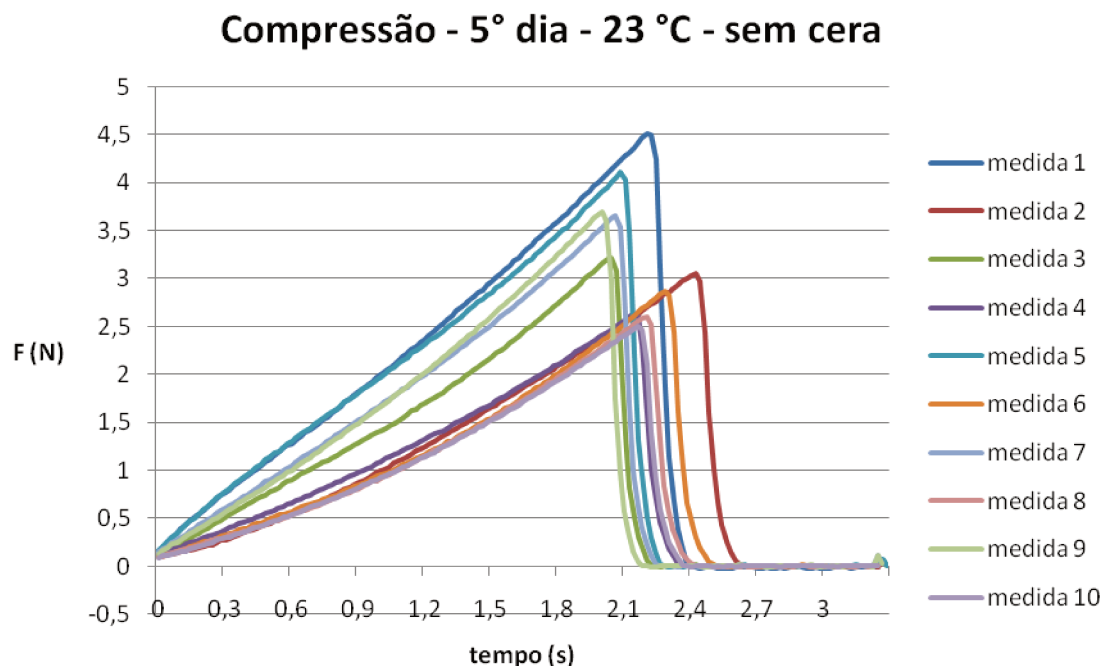


Figura A2.124. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.

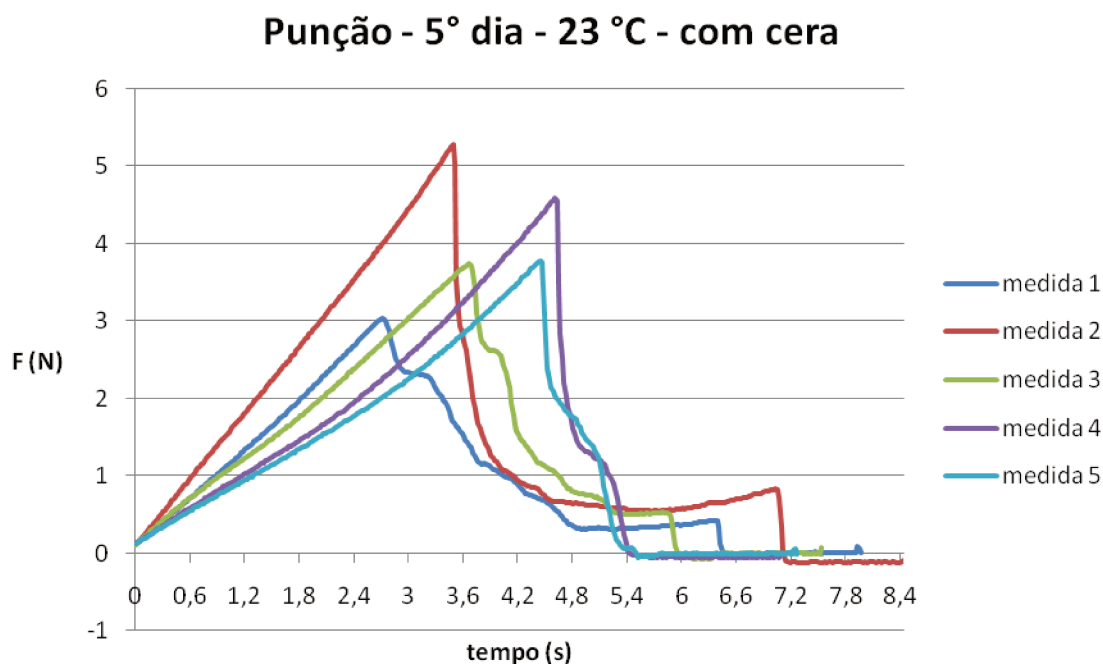


Figura A2.125. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.

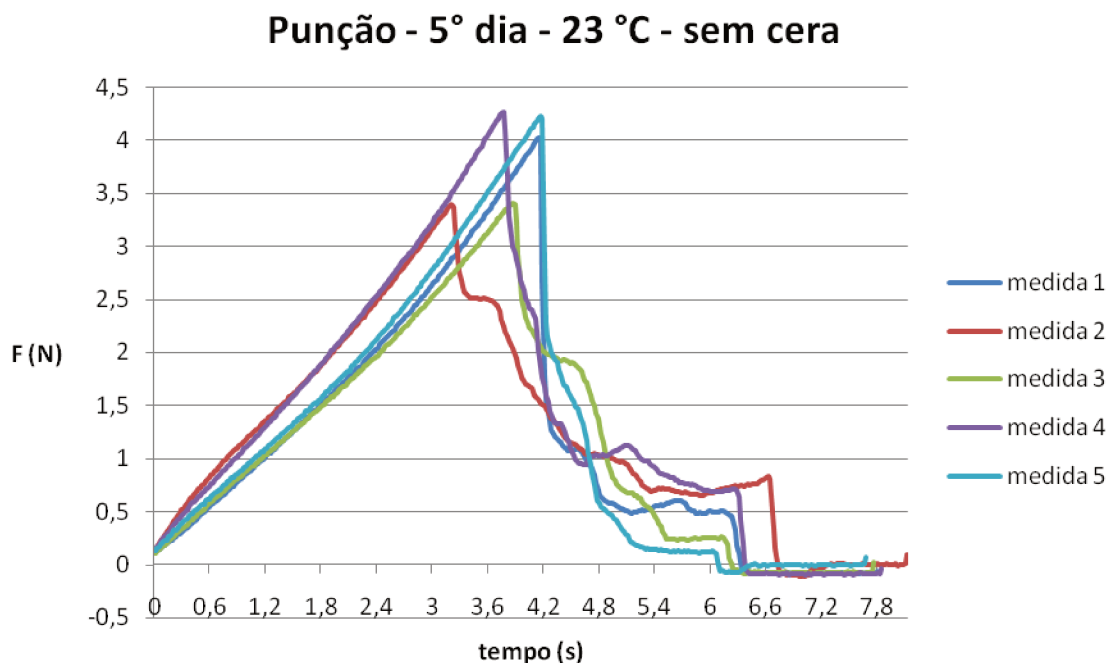


Figura A2.126. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no quinto dia de armazenamento.

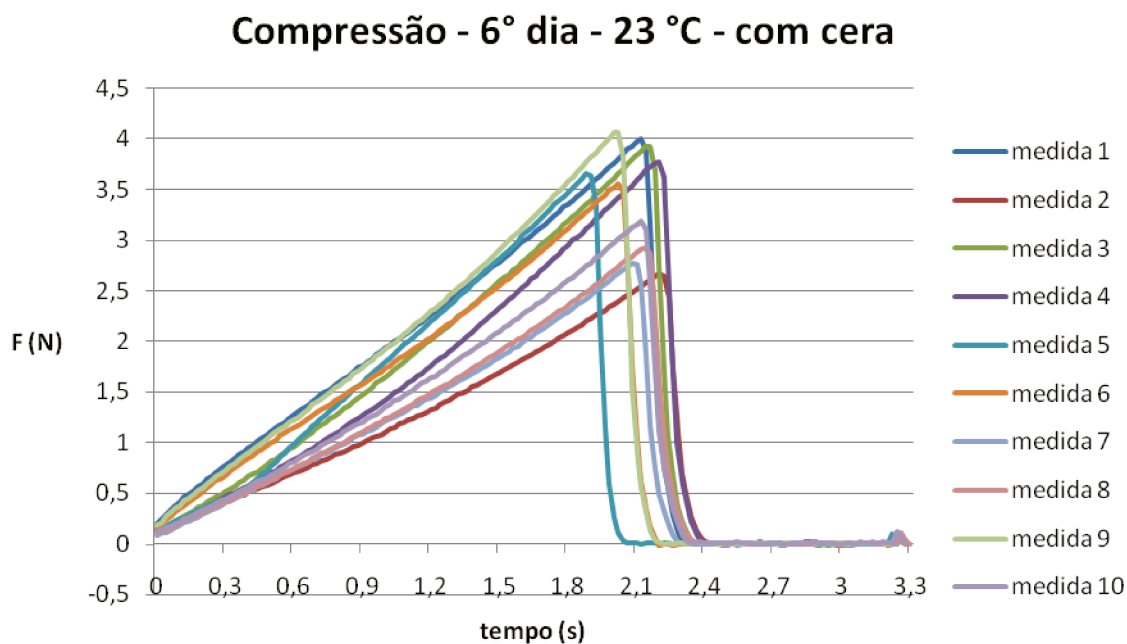


Figura A2.127. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.

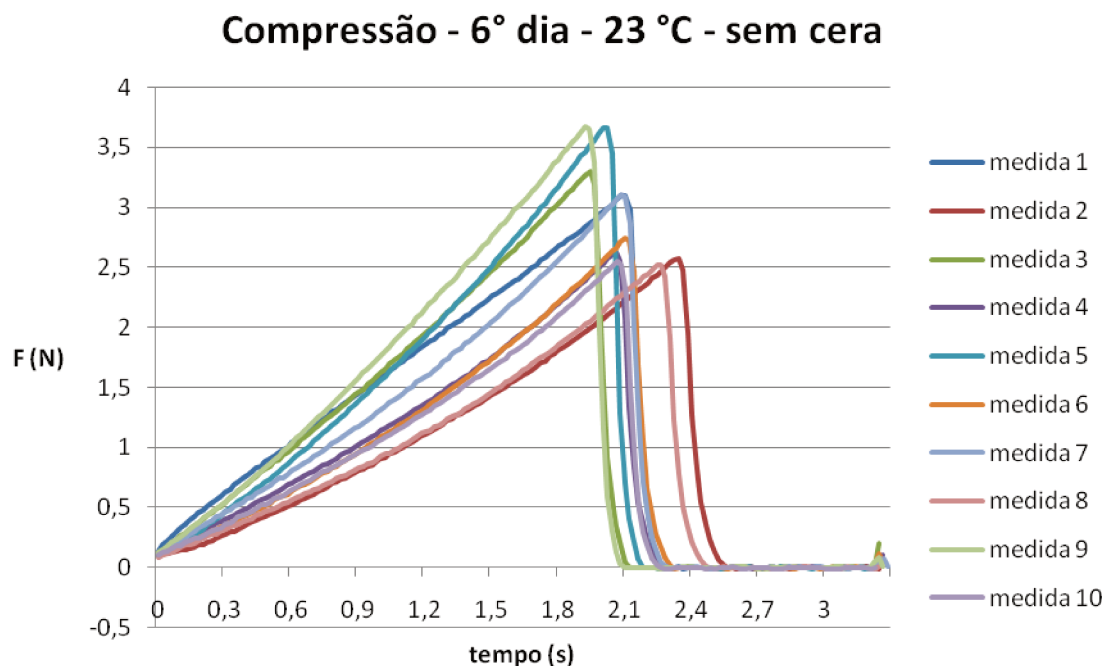


Figura A2.128. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.

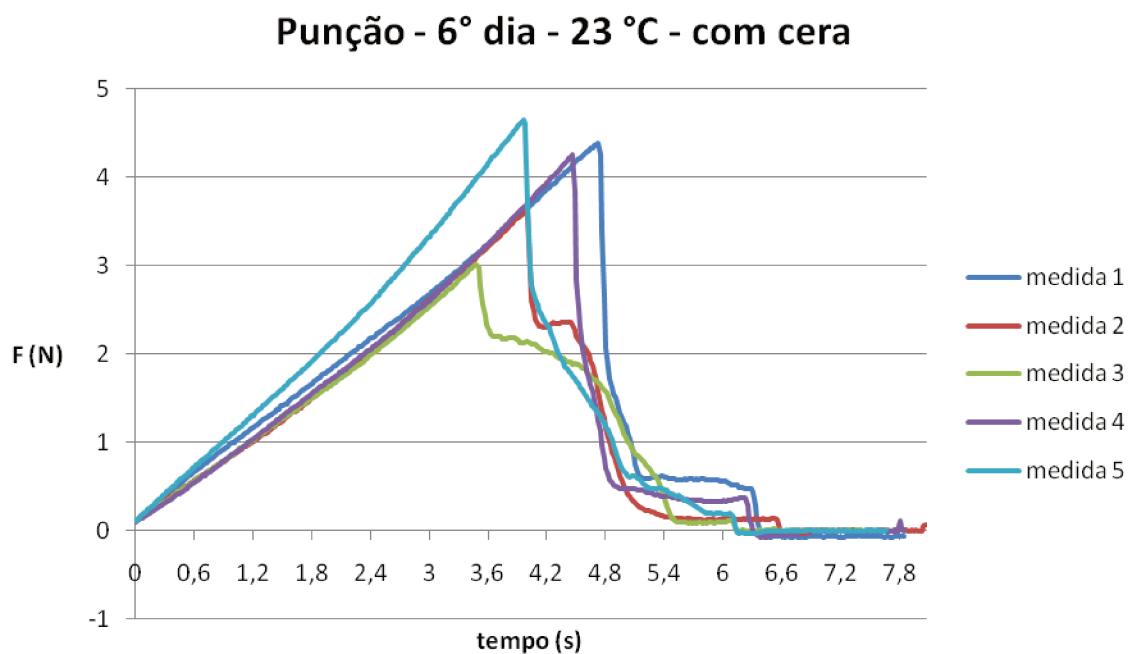


Figura A2.129. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.

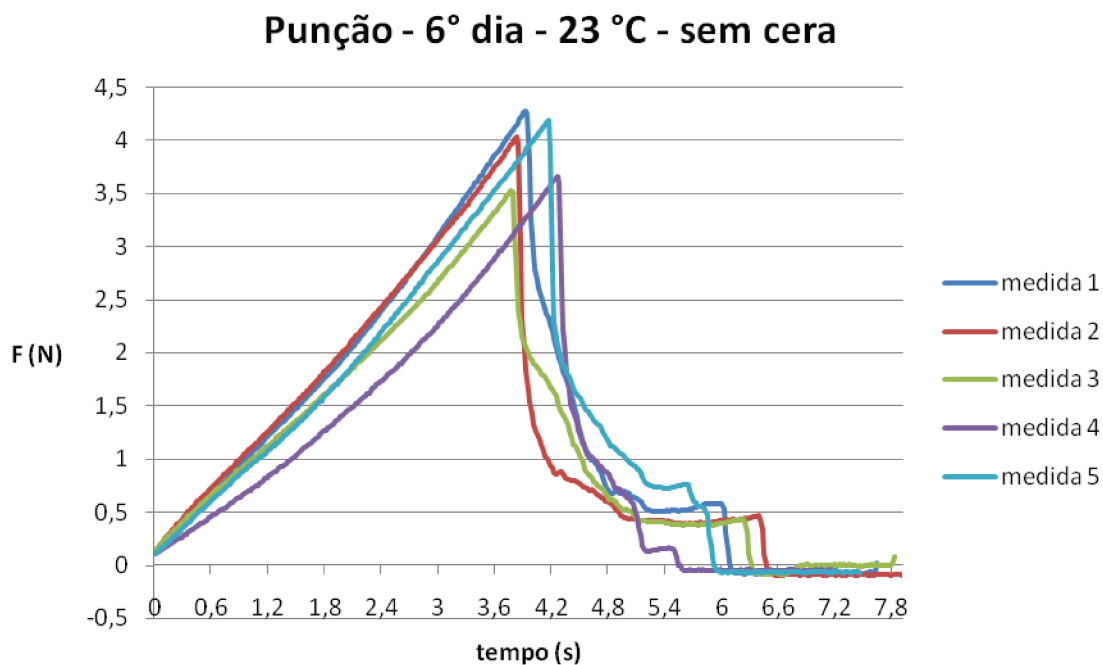


Figura A2.130. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sexto dia de armazenamento.

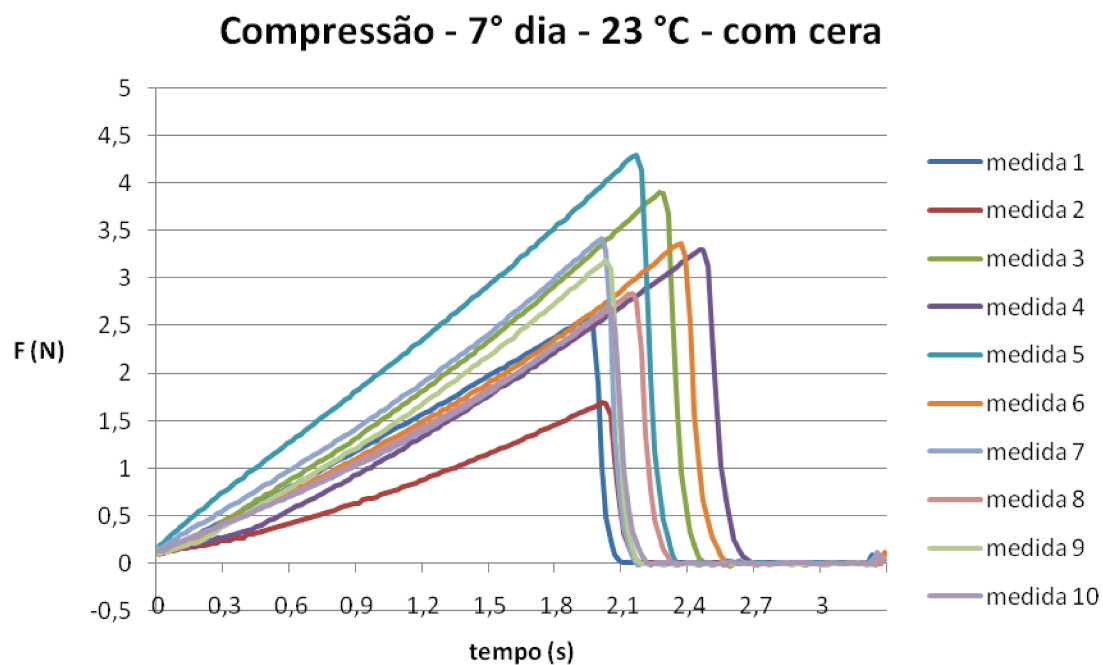


Figura A2.131. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.

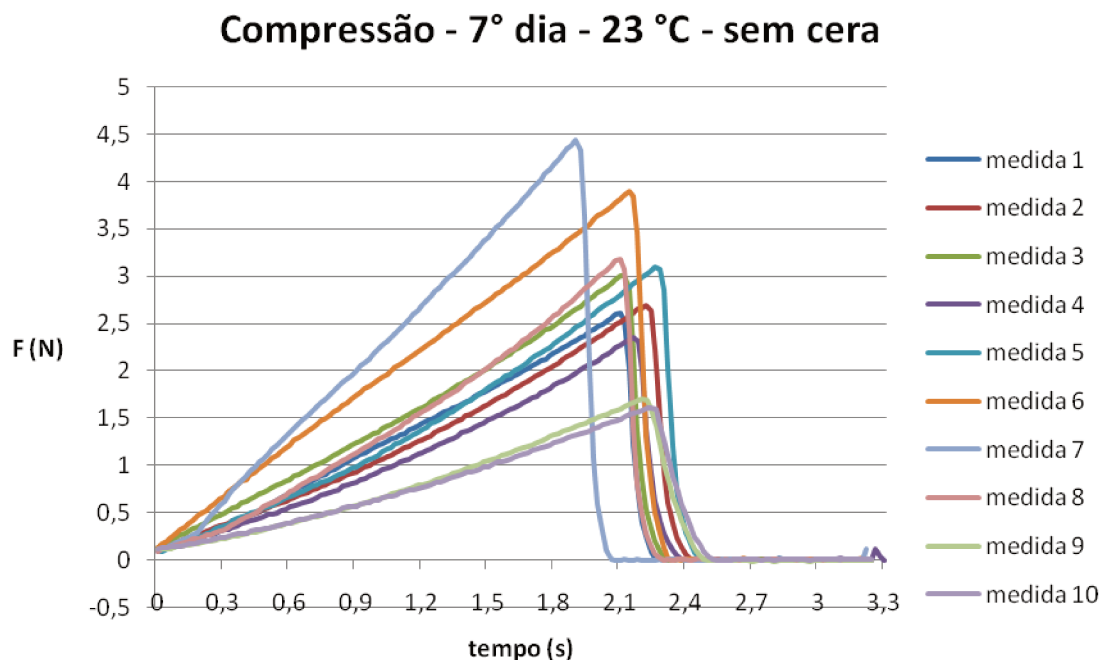


Figura A2.132. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.

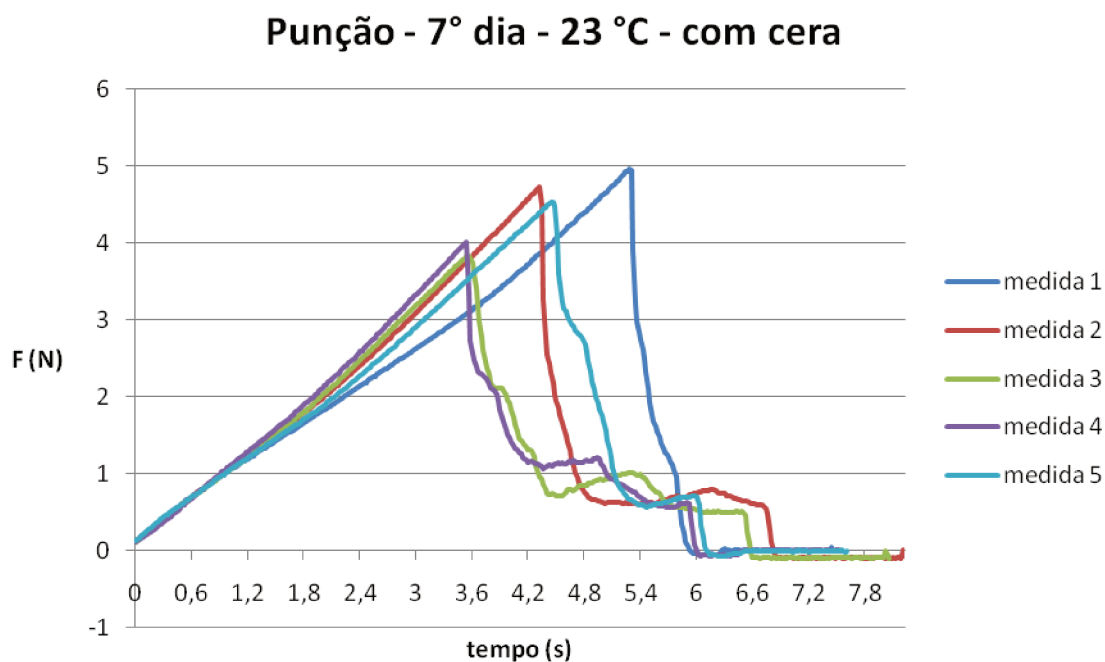


Figura A2.133. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.

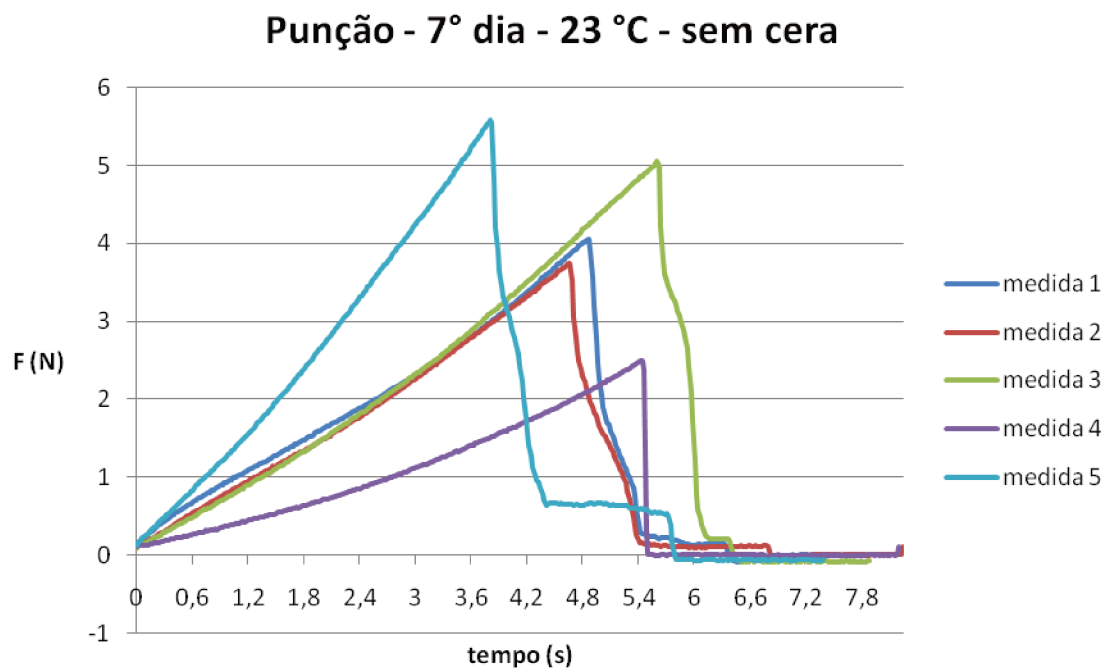


Figura A2.134. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no sétimo dia de armazenamento.

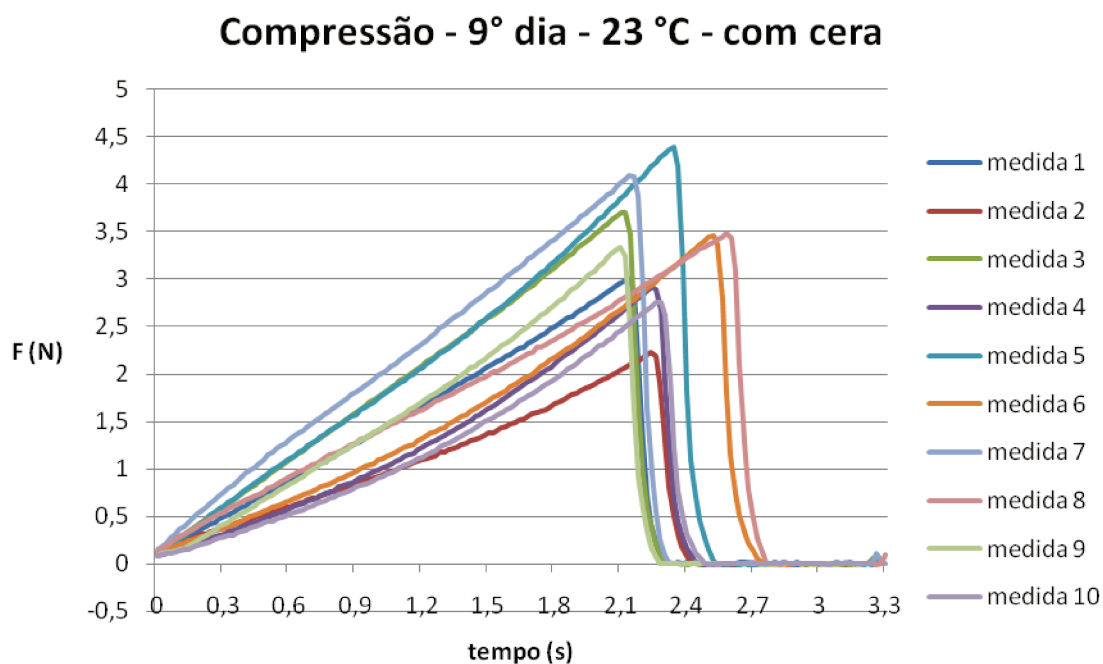


Figura A2.135. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.

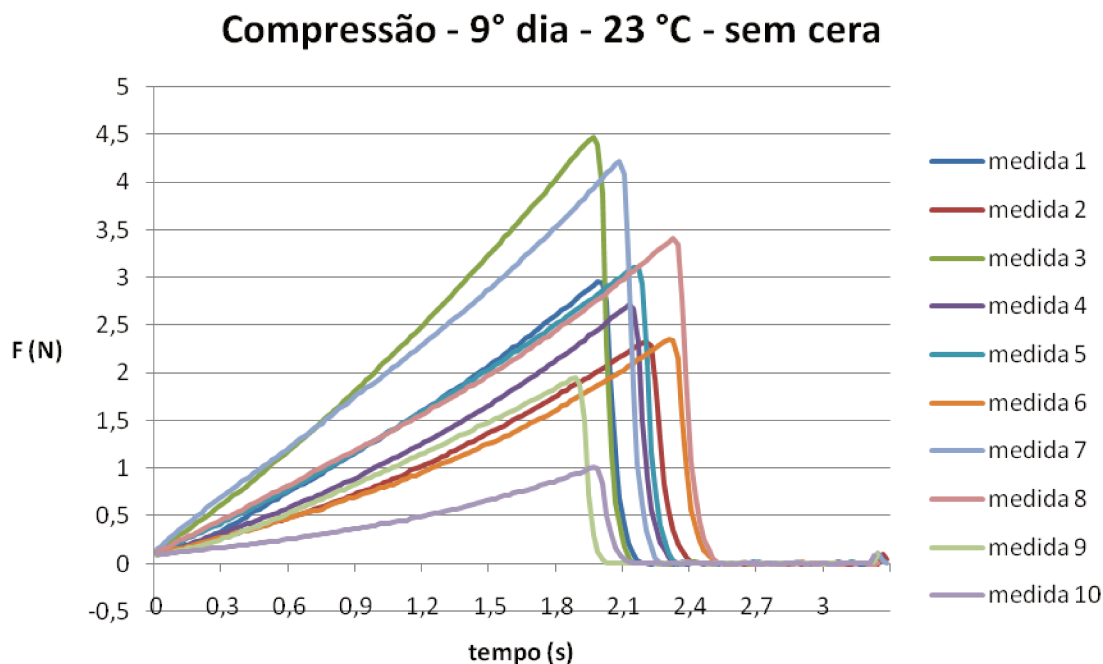


Figura A2.136. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.

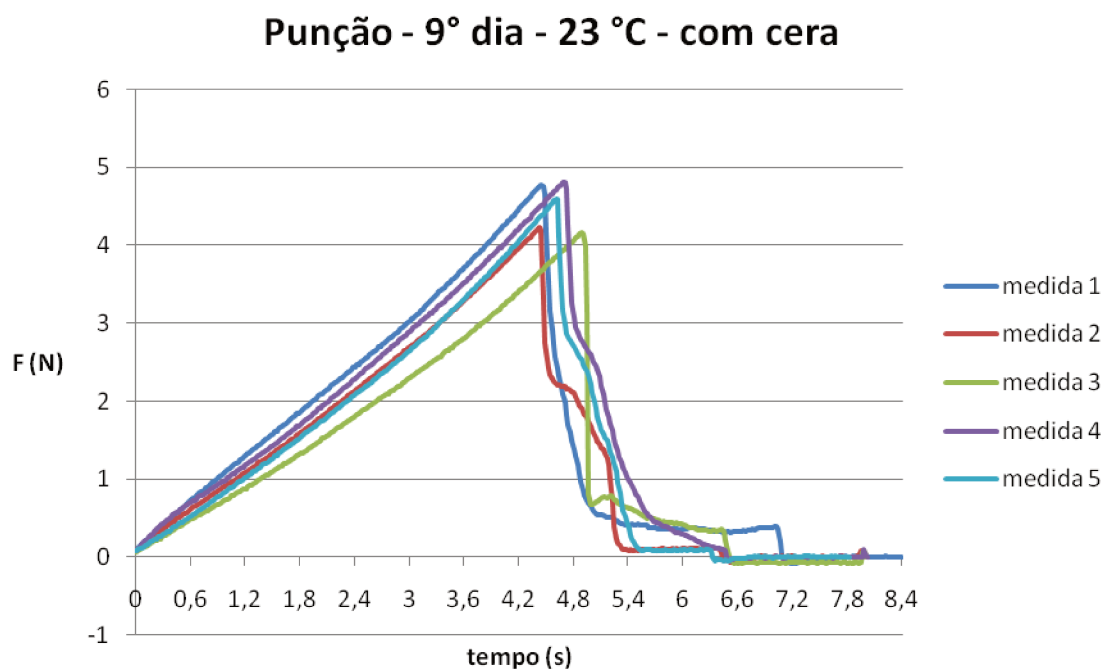


Figura A2.137. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.

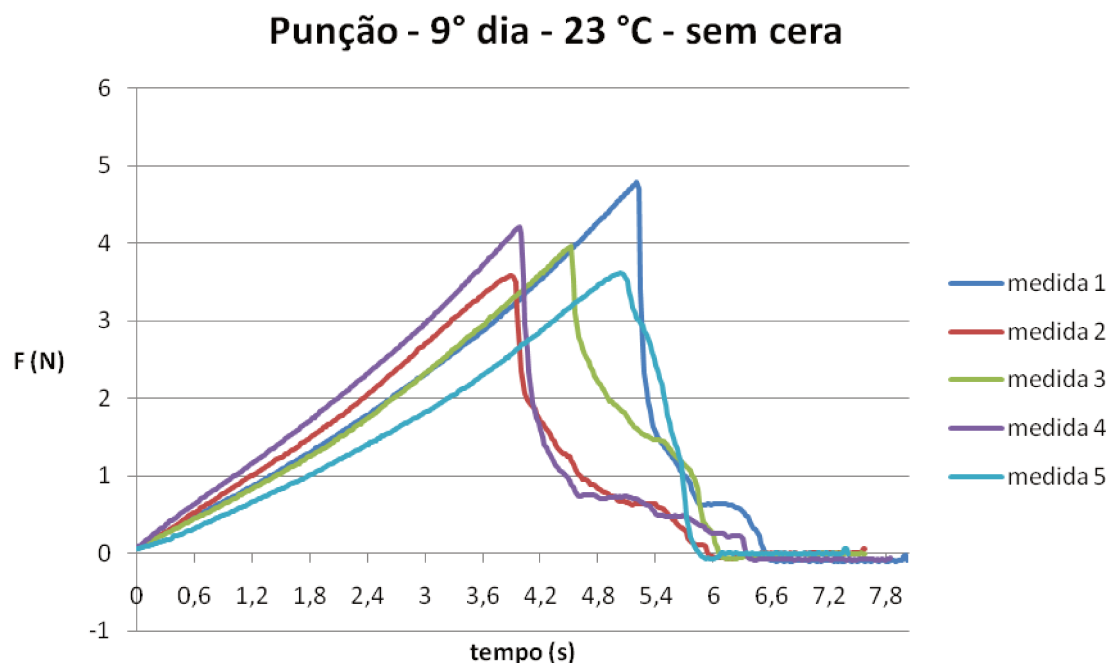


Figura A2.138. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no nono dia de armazenamento.

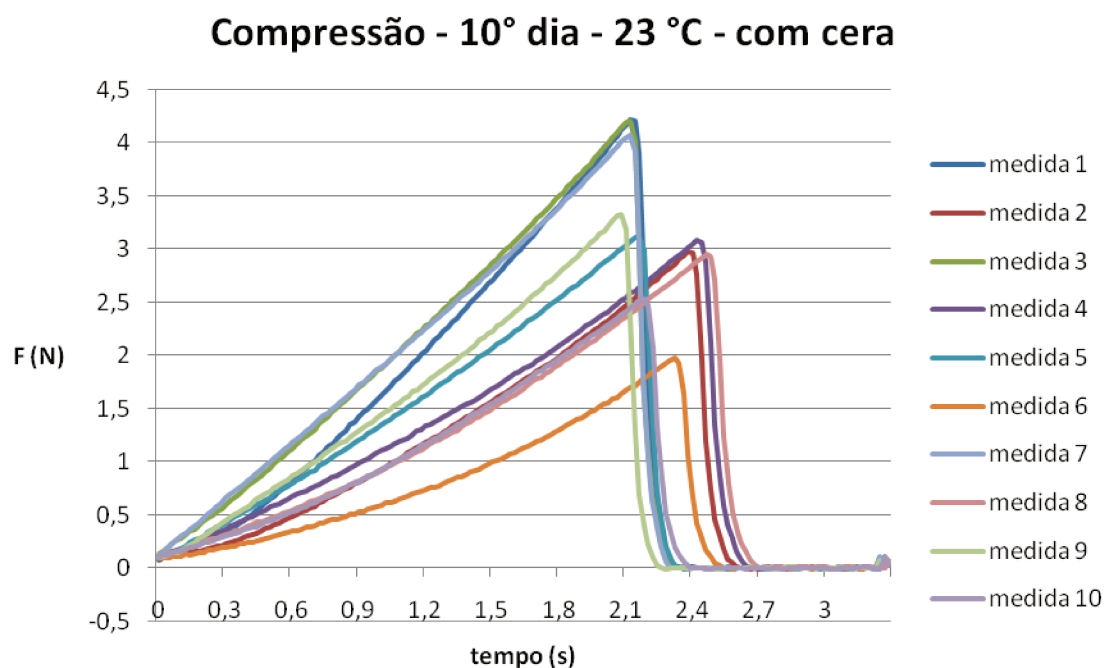


Figura A2.139. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.

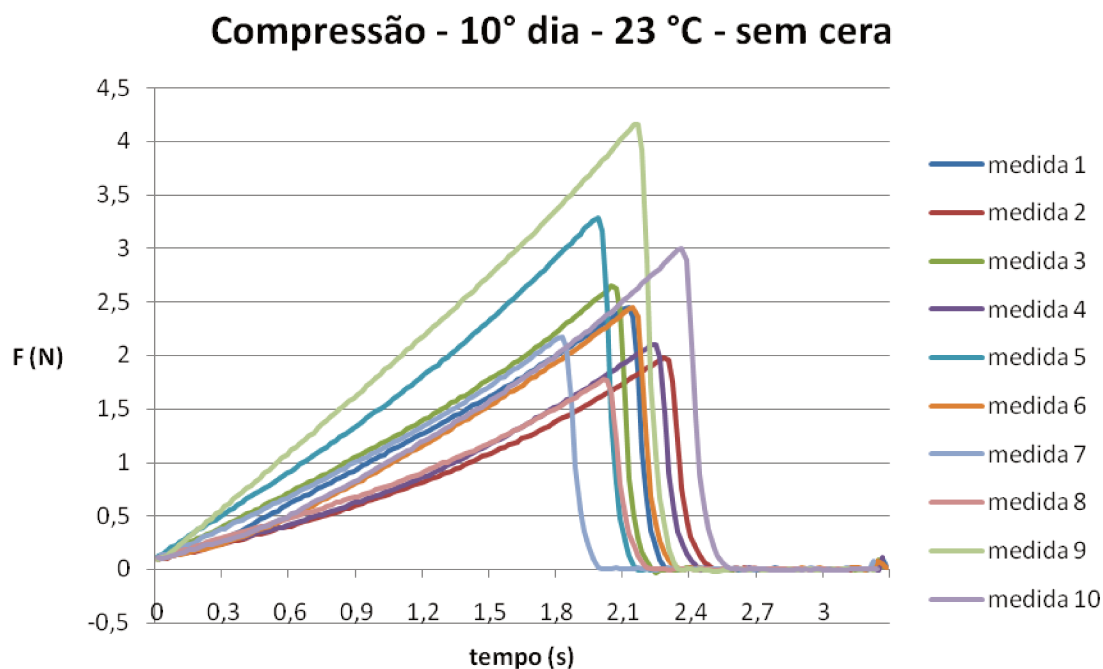


Figura A2.140. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.

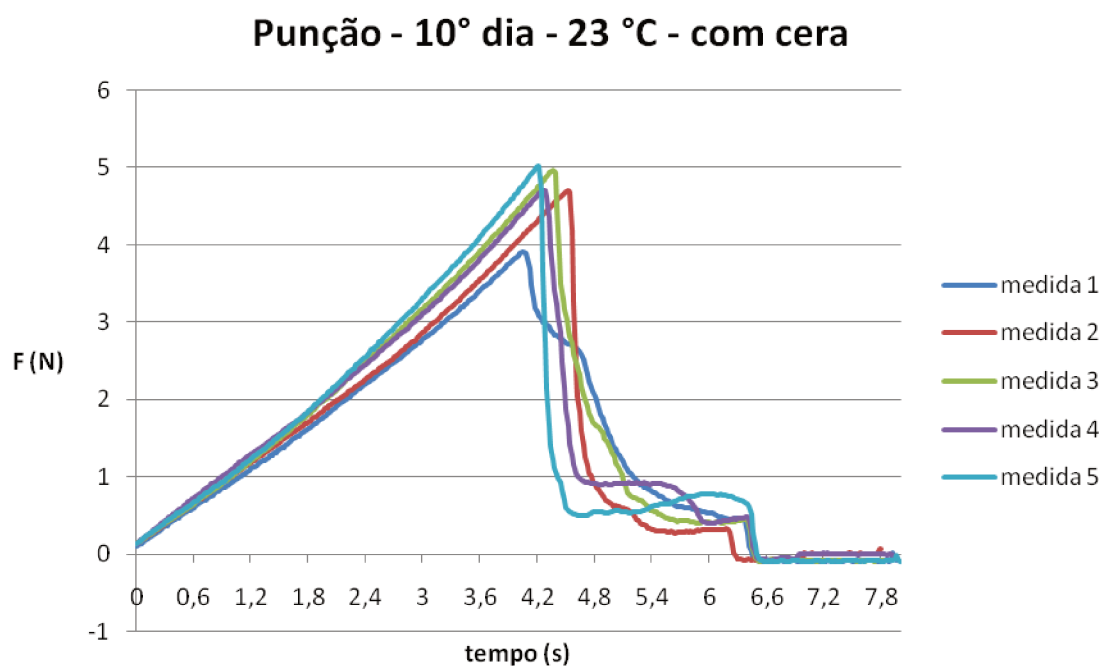


Figura A2.141. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.

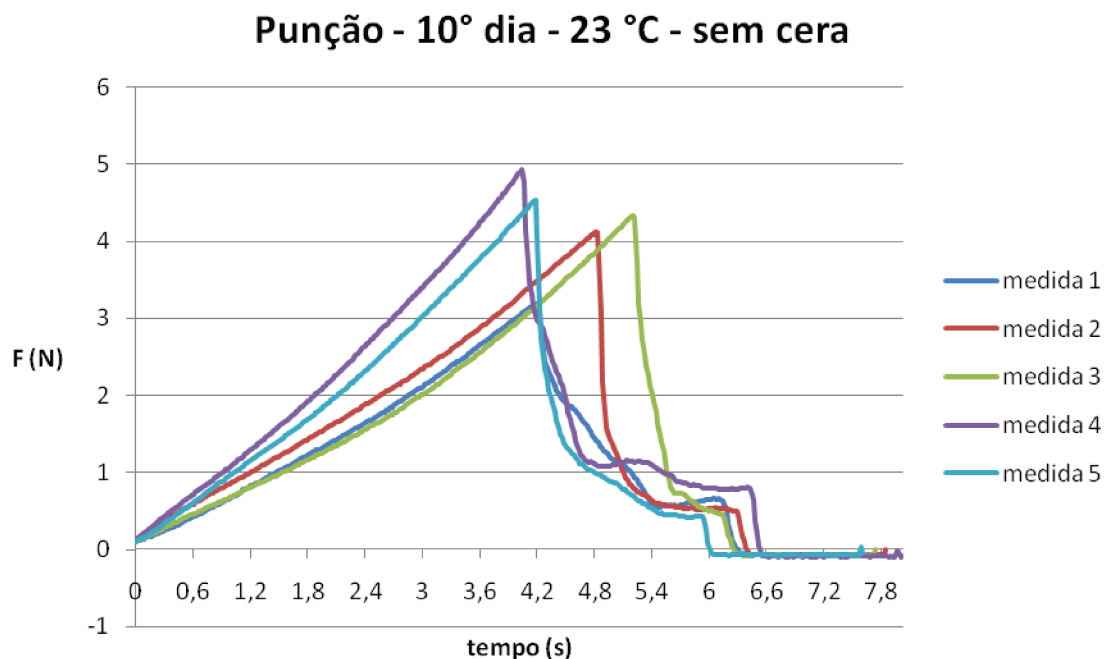


Figura A2.142. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo dia de armazenamento.

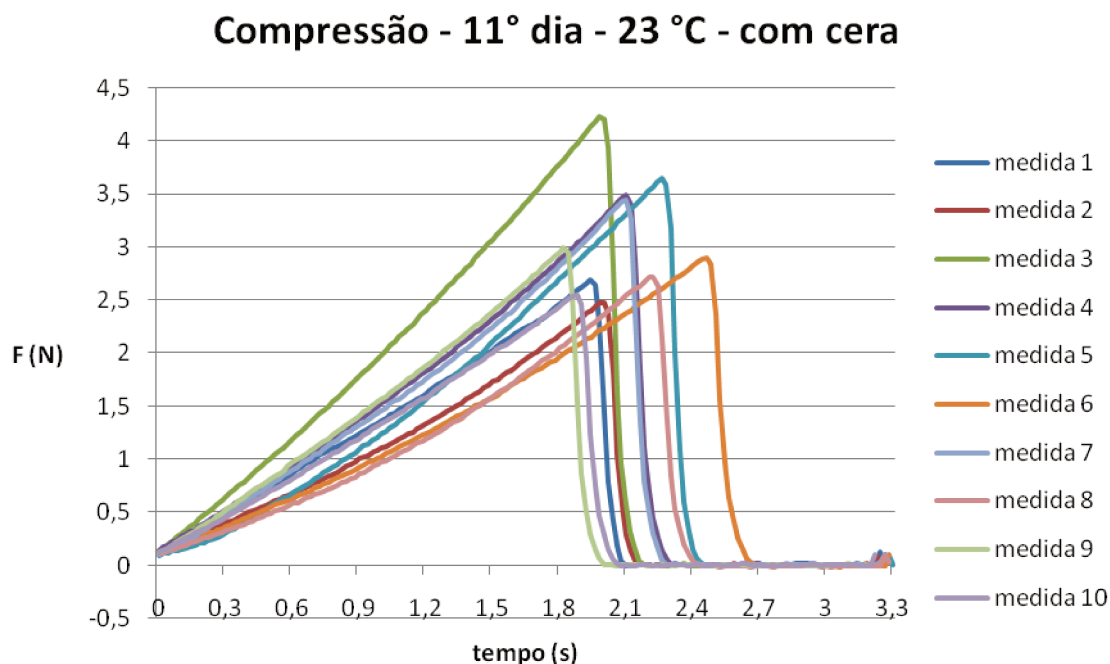


Figura A2.143. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

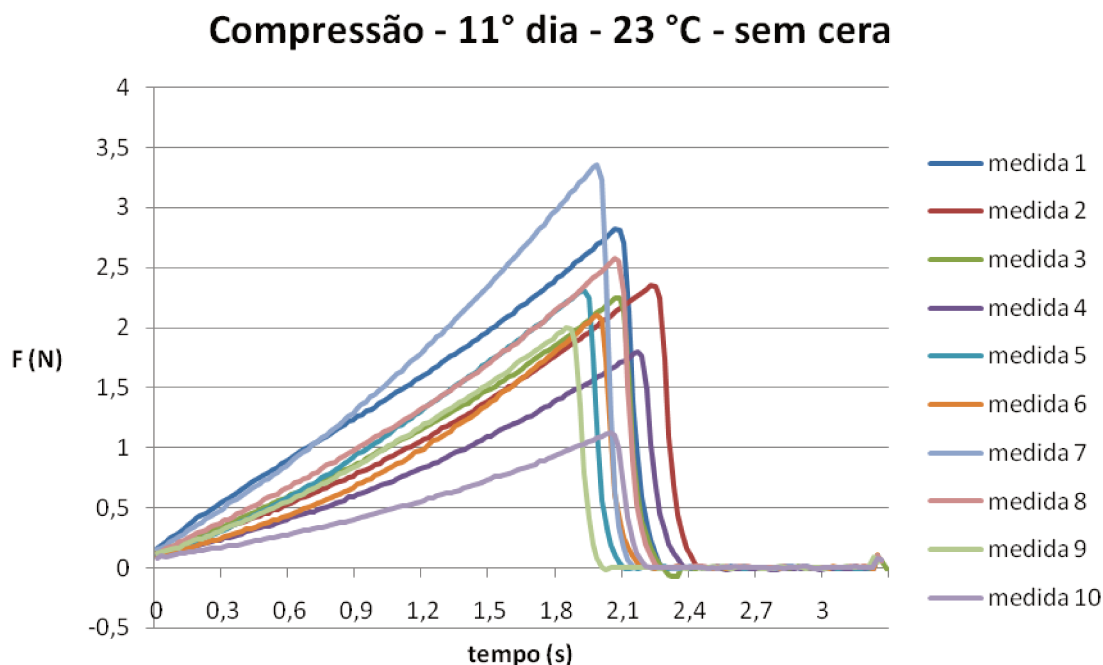


Figura A2.144. Variação da firmeza (força em compressão (N)) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

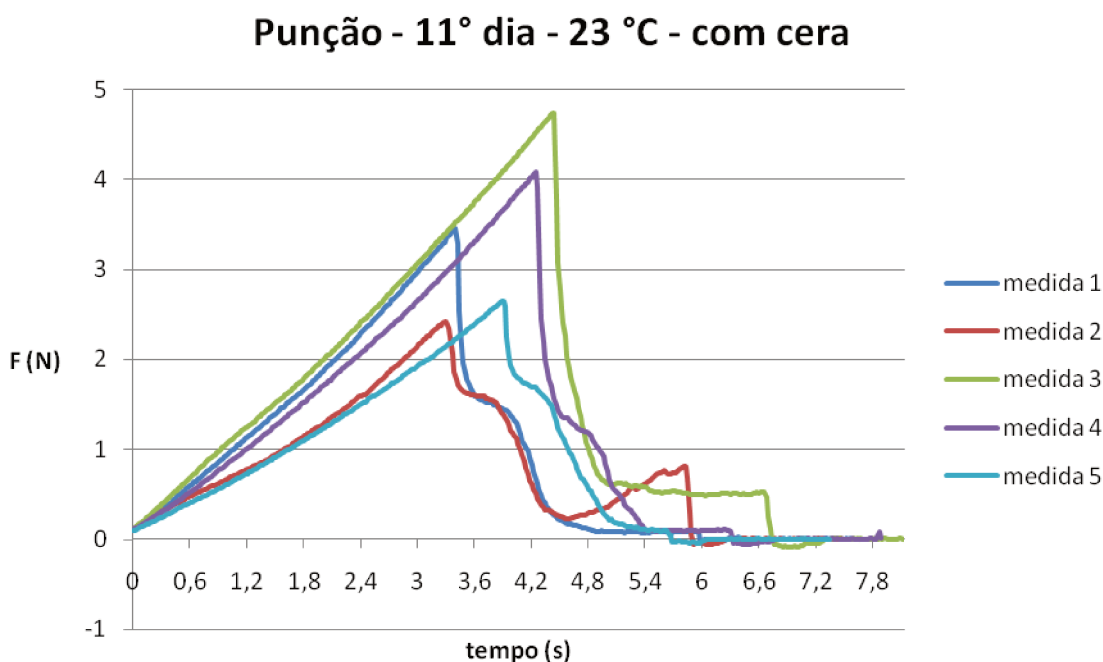


Figura A2.145. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates com aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

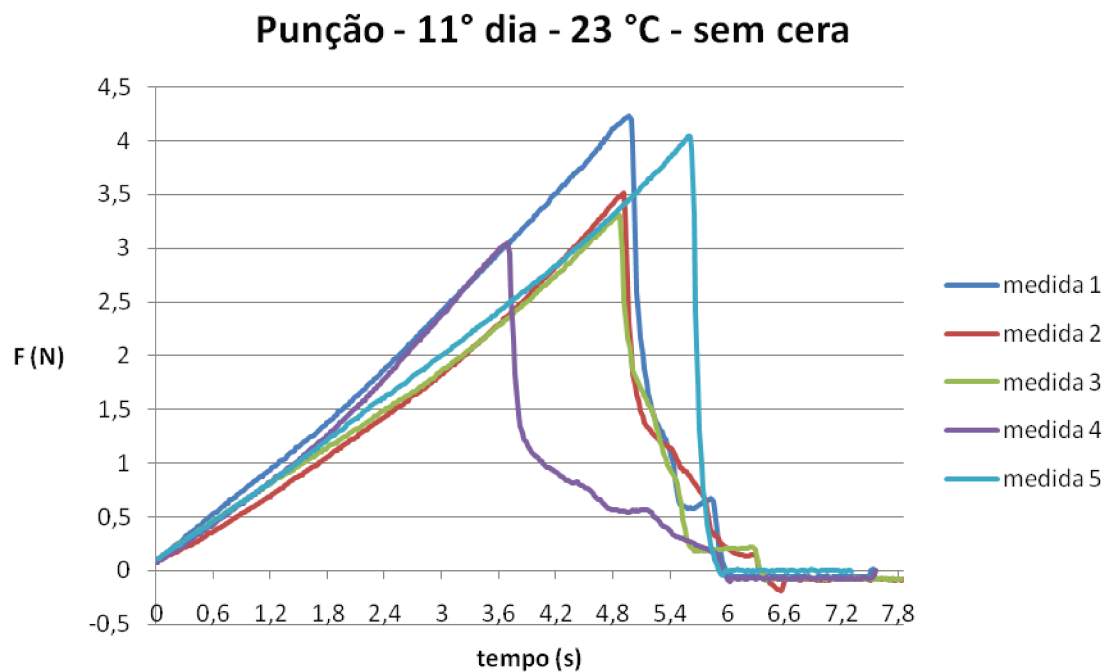


Figura A2.146. Variação da firmeza (força em cisalhamento (N) – punção) com o tempo para os tomates sem aplicação de cera, armazenados a 23 °C, no décimo primeiro dia de armazenamento.

APÊNDICE III

Modelo implementado no software GAMS.

APÊNDICE III

\$offlisting

Sets

i produtos
/ameixa
mamao
morango
pessego
tomate
uva
alface
beterraba
cebola
cenoura
couveflor
espinafre
nabo
pepino
rabanete
salsinha
aipo
chicoria
alhoporo
pimentao /

j zonas
/estoque
camara / ;

Parameter

c(i) custo do produto em reais
/ameixa 2.90
mamao 1.00
morango 3.00
pessego 1.72
tomate 1.50
uva 4.50
alface 1.00
beterraba 0.37
cebola 0.40
cenoura 0.80
couveflor 1.03
espinafre 0.60
nabo 0.64
pepino 0.80

rabanete	0.80
salsinha	0.30
aipo	2.00
chicória	1.50
alhoporo	2.00
pimentao	0.50 / ;

Table

b(i,j) porcentagem de perdas do produto i na zona j

	estoque	camara
ameixa	0.50	0.24
mamao	0.15	0.05
morango	0.30	0.10
pessego	0.45	0.20
tomate	0.10	0.30
uva	0.40	0.15
alface	0.00	0.00
beterraba	0.10	0.03
cebola	0.05	0.02
cenoura	0.07	0.03
couveflor	0.15	0.06
espinafre	0.00	0.00
nabo	0.00	0.00
pepino	0.18	0.07
rabanete	0.00	0.00
salsinha	0.00	0.00
aipo	0.00	0.00
chicória	0.00	0.00
alhoporo	0.00	0.00
pimentao	0.14	0.05 ;

Parameter

v(i) volume ocupado pelo produto em metros cubicos por quilo

/ameixa	0.0019
mamao	0.001485
morango	0.002
pessego	0.0019
tomate	0.0024
uva	0.0014
alface	0.00594
beterraba	0.0026
cebola	0.0022
cenoura	0.00275
couveflor	0.01485
espinafre	0.00297
nabo	0.003
pepino	0.00297

rabanete	0.00198
salsinha	0.00198
aipo	0.00594
chicória	0.00594
alhoporo	0.003
pimentao	0.00396 / ;

Parameter

a(j) custo de armazenagem da zona em reais por metro cubico vezes dia	
/estoque	0.44
camara	8.31 / ;

Table

d(i,j) tempo q o produto i permanece armazenado na zona j em dias

	estoque	camara
ameixa	01	01
mamao	01	01
morango	01	01
pessego	01	01
tomate	01	01
uva	01	01
alface	01	01
beterraba	01	01
cebola	01	01
cenoura	01	01
couveflor	01	01
espinafre	01	01
nabo	01	01
pepino	01	01
rabanete	01	01
salsinha	01	01
aipo	01	01
chicória	01	01
alhoporo	01	01
pimentao	01	01 ;

Scalar alf fator de peso do termo qualidade /1/;

Scalar f fator de peso /1/;

Scalar g fator de peso /1/;

Scalar h fator de peso /1/;

Parameter

fc(i) fator de correcao para o tempo de vida do produto i	
/ameixa	1

mamao	1
morango	1
pessego	1
tomate	1
uva	1
alface	1
beterraba	1
cebola	1
cenoura	1
couveflor	1
espinafre	1
nabo	1
pepino	1
rabanete	1
salsinha	1
aipo	1
chicória	1
alhoporo	1
pimentao	1 / ;

Parameter

s(i) quantidade de cada fruta presente no estoque por produto em kg ou unidade

/ameixa	31
mamao	40
morango	29
pessego	31
tomate	24
uva	42
alface	10
beterraba	22
cebola	26
cenoura	21
couveflor	04
espinafre	20
nabo	19
pepino	20
rabanete	30
salsinha	30
aipo	10
chicória	10
alhoporo	19
pimentao	15 / ;

Parameter

k1ref(i) taxa de reacao de refetencia do primeiro processo do produto i

/ameixa	1
mamao	1

morango	1
pessego	1
tomate	1
uva	1
alface	1
beterraba	1
cebola	1
cenoura	1
couveflor	1
espinafre	1
nabo	1
pepino	1
rabanete	1
salsinha	1
aipo	1
chicória	1
alhoporo	1
pimentao	1 / ;

Parameter

k2ref(i) taxa de reacao de referencia do segundo processo do produto i

/ameixa	0
mamao	0.533
morango	0
pessego	0
tomate	3.15
uva	0
alface	0
beterraba	0
cebola	0
cenoura	0
couveflor	0
espinafre	0
nabo	0
pepino	0.68
rabanete	0
salsinha	0
aipo	0
chicória	0
alhoporo	0
pimentao	0.0648 / ;

Scalar

Tref temperatura de referencia em Kelvin /283.15/ ;

Parameter

Tideal(i) temperatura ideal de armazenamento do produto i em Kelvin

/ameixa	273.15
mamao	285.15
morango	273.15
pessego	273.15
tomate	287.15
uva	273.15
alface	273.15
beterraba	273.15
cebola	273.15
cenoura	273.15
couveflor	273.15
espinafre	273.15
nabo	273.15
pepino	287.15
rabanete	273.15
salsinha	273.15
aipo	273.15
chicória	273.15
alhoporo	273.15
pimentao	280.55 / ;

Parameter

Ea1(i) energia de ativacao do primeiro processo do produto i dividido pela constante dos gases

/ameixa	8634
mamao	6387
morango	4492.1
pessego	13301
tomate	9369
uva	13699
alface	11015
beterraba	11173
cebola	6696
cenoura	24076
couveflor	14944
espinafre	8766
nabo	8285
pepino	4343
rabanete	9313
salsinha	12125
aipo	13518
chicória	11283
alhoporo	14021
pimentao	15458 / ;

Parameter

Ea2(i) energia de ativacao do segundo processo do produto i dividido pela constante dos gases

/ameixa	0
mamao	-21390
morango	0
pessego	0
tomate	-50697
uva	0
alface	0
beterraba	0
cebola	0
cenoura	0
couveflor	0
espinafre	0
nabo	0
pepino	-19206
rabanete	0
salsinha	0
aipo	0
chicória	0
alhoporo	0
pimentao	-40499 / ;

Parameter

KQreft(i) tempo de vida teorico na temperatura de referencia

/ameixa	6.393
mamao	30.040
morango	2.226
pessego	2.105
tomate	26.510
uva	33.500
alface	2.762
beterraba	5.731
cebola	99.57
cenoura	8.401
couveflor	6.074
espinafre	2.523
nabo	62.910
pepino	15.04
rabanete	2.276
salsinha	5.099
aipo	4.92
chicória	5.347
alhoporo	5.311
pimentao	11.8 / ;

Parameter

$T_p(j)$ temperatura da zona j em Kelvin
 /estoque 288.15
 camara 283.15 / ;

Parameter

$KQ_{refa}(i)$ tempo de vida atualizado na temperatura de referencia ;
 $KQ_{refa}(i) = KQ_{reft}(i) * f_c(i)$;

Scalar Volcaix volume da caixa de armazenagem /0.0594/ ;

Parameter

$SS(j)$ capacidade de estocagem da zona j em caixas
 /estoque 20
 Camara 20 / ;

Parameter

$KQ_{realt}(i,j)$ tempo de vida real teorico ;
 $KQ_{realt}(i,j) = KQ_{reft}(i) / ((k1_{ref}(i) * \exp(Ea1(i) * (1/T_{ref} - 1/T_p(j)))) + (k2_{ref}(i) * \exp(Ea2(i) * (1/T_{ref} - 1/T_p(j)))))$;

Parameter

$KQ_{reala}(i,j)$ tempo de vida real atualizado ;
 $KQ_{reala}(i,j) = KQ_{realt}(i,j) * f_c(i)$;

Parameter

$KQ_{idealt}(i)$ tempo de vida ideal teorico ;
 $KQ_{idealt}(i) = KQ_{reft}(i) / ((k1_{ref}(i) * \exp(Ea1(i) * (1/T_{ref} - 1/T_{ideal}(i)))) + (k2_{ref}(i) * \exp(Ea2(i) * (1/T_{ref} - 1/T_{ideal}(i)))))$;

Parameter

$KQ_{ideala}(i)$ tempo de vida ideal atualizado ;
 $KQ_{ideala}(i) = KQ_{idealt}(i) * f_c(i)$;

Parameter

$q(i,j)$ fator qualidade ;
 $q(i,j) = 1 - (KQ_{reala}(i,j) / KQ_{ideala}(i))$;

Parameter

$vol_{frut}(i)$ volume minimo ocupado por cada fruta em caixas ;
 $vol_{frut}(i) = \text{ceil}((s(i) * v(i)) / Volcaix)$;

Variables

$x(i,j)$ variavel de decisao
 CC custo total de armazenamento
 z1 custo de compra dos produtos
 z2 custo com as perdas

z3 custo com a perda de qualidade
z4 custo com a manutencao das zonas ;

BINARY VARIABLE x ;

Equations

Rzona(i) um produto pode ir somente para uma zona
Restoc(j) a cap da zona nao pode ser excedida
Rtempo(i,j) tempo de permanencia do produto na zona
compra custo com a compra dos produtos
perdas custo com as perdas dos produtos
qualidade custo com a perda de qualidade dos produtos
manutenção custo com a manutencao das zonas
custo custo total de armazenamento ;

Rzona(i).. sum(j,x(i,j))=e=1 ;

Restoc(j).. sum(i,(volfrut(i)*x(i,j)))=l=SS(j) ;

Rtempo(i,j).. KQreala(i,j)=g=d(i,j)*x(i,j) ;

compra.. z1=e=sum(i,sum(j,(c(i)*s(i)*x(i,j)/d(i,j)))) ;

perdas.. z2=e=sum(i,sum(j,b(i,j)*c(i)*s(i)*x(i,j)/d(i,j)))) ;

qualidade.. z3=e=sum(i,sum(j,q(i,j)*c(i)*s(i)*x(i,j)/d(i,j)))) ;

manutencao.. z4=e=sum(j,a(j)*SS(j)) ;

custo.. CC=e=f*z1+g*z2+alf*z3+h*z4 ;

OPTIONS MIP = CPLEX ;

OPTION SOLPRINT = OFF ;

OPTION LIMCOL = 0 ;

OPTION LIMROW = 0 ;

Model frutas /all/ ;

SOLVE frutas using MIP MINIMIZING CC ;

display CC.l ;

display x.l ;

display KQreala, KQideal ;

display q ;

display z1.l, z2.l, z3.l, z4.l ;

display volfrut ;

APÊNDICE IV

Exemplo de resultado obtido pelo programa.

APÊNDICE IV

General Algebraic Modeling System

08/30/08 15:50:19 PAGE 1

Compilation

GAMS Rev 128 SUN/SOLARIS

COMPILATION TIME = 0.000 SECONDS 0.7 Mb SOL202-128

^LGeneral Algebraic Modeling System 09/01/08 10:39:19 PAGE 2

Model Statistics SOLVE frutas USING MIP FROM LINE 409

GAMS Rev 128 SUN/SOLARIS

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	8	SINGLE EQUATIONS	67
BLOCKS OF VARIABLES	6	SINGLE VARIABLES	45
NON ZERO ELEMENTS	233	DISCRETE VARIABLES	40

GENERATION TIME = 0.010 SECONDS 1.4 Mb SOL202-128

EXECUTION TIME = 0.010 SECONDS 1.4 Mb SOL202-128

^LGeneral Algebraic Modeling System 09/01/08 10:39:19 PAGE 3

GAMS Rev 128

SUN/SOLARIS

SOLVE SUMMARY

MODEL frutas OBJECTIVE CC
TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE
SOLVER CPLEX FROM LINE 409

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
**** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
**** OBJECTIVE VALUE 1395.4346

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.640 1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 0 10000

GAMS/Cplex Nov 22, 2001 SOL.CP.CP 20.2 021.021.039.SOL For Cplex 7.5
Cplex 7.5.0, GAMS Link 21
Licensed for 1 use of lp, mip and barrier.

Proven optimal solution.

MIP Solution: 1395.434593 (0 iterations, 0 nodes)
Final LP: 1395.434593 (0 iterations)

Best integer solution possible: 1395.434593
Absolute gap: 0.000000
Relative gap: 0.000000

**** REPORT SUMMARY : 0 NONOPT
0 INFEASIBLE
0 UNBOUNDED

^LGeneral Algebraic Modeling System 09/01/08 10:39:19 PAGE 4
Execution GAMS Rev 128
SUN/SOLARIS

---- 411 VARIABLE CC.L = 1395.435 custo total de armazenamento

---- 413 VARIABLE x.L variavel de decisao

	estoque	camara
ameixa		1.000
mamao		1.000
morango		1.000
pessego		1.000
tomate	1.000	
uva		1.000

alface	1.000
beterraba	1.000
cebola	1.000
cenoura	1.000
couveflor	1.000
espinafre	1.000
nabo	1.000
pepino	1.000
rabanete	1.000
salsinha	1.000
aipo	1.000
chicoria	1.000
alhoporo	1.000
pimentao	1.000

---- 415 PARAMETER KQreala tempo de vida real atualizado

	estoque	camara
ameixa	3.766	6.393
mamao	18.512	19.596
morango	1.690	2.226
pessego	0.932	2.105
tomate	13.832	6.388
uva	14.469	33.500
alface	1.406	2.762
beterraba	2.890	5.731
cebola	66.057	99.570
cenoura	1.921	8.401
couveflor	2.431	6.074
espinafre	1.474	2.523
nabo	37.863	62.910
pepino	9.931	8.952
rabanete	1.286	2.276
salsinha	2.425	5.099
aipo	2.149	4.920
chicoria	2.678	5.347
alhoporo	2.249	5.311
pimentao	4.566	11.082

---- 415 PARAMETER KQideala tempo de vida ideal atualizado

ameixa	19.522,	mamao	20.226,	morango	3.979,
pessego	11.753,	tomate	14.364,	uva	196.913,
alface	11.475,	beterraba	24.301,	cebola	236.659,

cenoura	188.908,	couveflor	41.938,	espinafre	7.837,
nabo	183.629,	pepino	10.010,	rabanete	7.588,
salsinha	24.453,	aipo	28.251,	chicoria	22.997,
alhoporo	32.545,	pimentao	13.934		

---- 417 PARAMETER q fator qualidade

	estoque	camara
ameixa	0.807	0.673
mamao	0.085	0.031
morango	0.575	0.441
pêssego	0.921	0.821
tomate	0.037	0.555
uva	0.927	0.830
alface	0.877	0.759
beterraba	0.881	0.764
cebola	0.721	0.579
cenoura	0.990	0.956
couveflor	0.942	0.855
espinafre	0.812	0.678
nabo	0.794	0.657
pepino	0.008	0.106
rabanete	0.830	0.700
salsinha	0.901	0.791
aipo	0.924	0.826
chicória	0.884	0.767
alhoporo	0.931	0.837
pimentão	0.672	0.205

---- 419 VARIABLE z1.L = 698.340 custo de compra dos produtos
 VARIABLE z2.L = 77.588 custo com as perdas
 VARIABLE z3.L = 444.506 custo com a perda de qualidade
 VARIABLE z4.L = 175.000 custo com a manutencao das zonas

---- 421 PARAMETER volfrut volume minimo ocupado por cada fruta em caixas

ameixa	1.000,	mamão	1.000,	morango	1.000,
pêssego	1.000,	tomate	1.000,	uva	1.000,
alface	1.000,	beterraba	1.000,	cebola	1.000,
cenoura	1.000,	couveflor	1.000,	espinafre	1.000,
nabo	1.000,	pepino	1.000,	rabanete	1.000,
salsinha	1.000,	aipo	1.000,	chicória	1.000,
alhoporo	1.000,	pimentao	1.000		

EXECUTION TIME = 0.010 SECONDS 1.4 Mb SOL202-128

USER: Dr. Reginaldo Guirardello G011203:1407AP-SOL
Unicamp - Universidade Estadual de Campinas, FAPESP - FundaDC3596

ANEXO I

Classificação de cor da USDA (United States Department of Agriculture) para o tomate.

ANEXO I

A seguir é apresentada a classificação de cor para o tomate realizada pela USDA (1991).

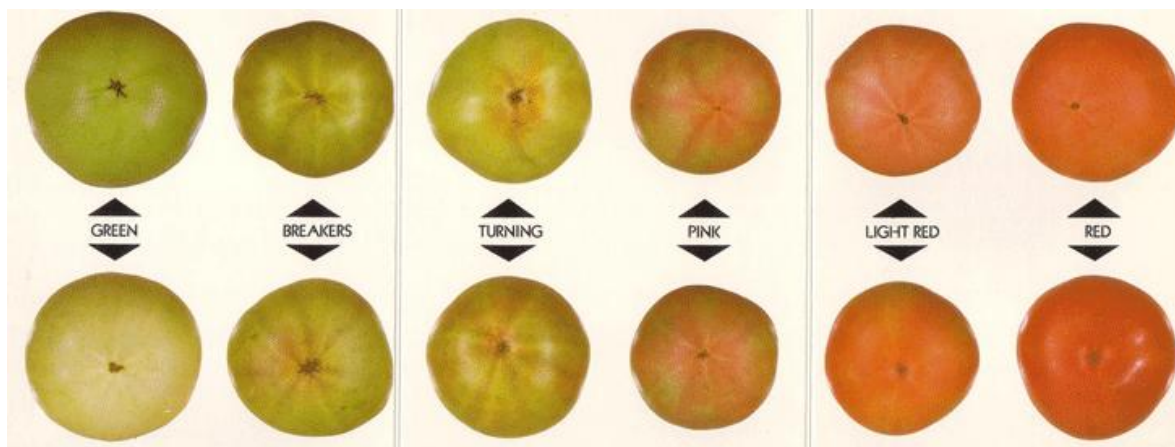


Figura AN1. Classificação de cor da USDA para o tomate.

- (1) **Verde** (“Green”): quando a superfície do tomate está completamente verde, podendo variar de verde claro para verde escuro;
- (2) **Levemente Pintado** (“Breakers”): quando há uma quebra da cor verde para amarelo, rosado ou vermelho, mas em não mais que 10% de sua superfície;
- (3) **Pintado** (“Turning”): quando entre 10% e 30% de sua superfície mostra uma mudança definitiva da cor verde para amarelo, rosado ou vermelho;
- (4) **Rosado** (“Pink”): quando entre 30% e 60% de sua superfície está rosada ou avermelhada;
- (5) **Vermelho Claro** (“Light red”): quando entre 60% e 90% da superfície do tomate está vermelha;
- (6) **Vermelho** (“Red”): quando mais de 90% de sua superfície está vermelha.