

LUIZ ROGÉRIO LUDWIG FARINHA

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA PERDA DA MATÉRIA FRESCA E  
EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS E COR DA  
CENOURA CV. BRASÍLIA NO ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

F226c  
2008

Farinha, Luiz Rogério Ludwig, 1975-  
Características físicas na perda da matéria fresca e  
evolução das propriedades reológicas e cor da cenoura  
cv. Brasília no armazenamento / Luiz Rogério Ludwig  
Farinha. – Viçosa, MG, 2008.  
xxii, 111f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Paulo César Corrêa.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 107-111.

1. Cenoura - Armazenamento. 2. Cenoura - Qualidade.  
3. Análise de variância. 4. Análise de regressão.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.1368

LUIZ ROGÉRIO LUDWIG FARINHA

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS NA PERDA DA MATÉRIA FRESCA E  
EVOLUÇÃO DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS E COR DA  
CENOURA CV. BRASÍLIA NO ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa, como  
parte das exigências do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola, para obtenção do título de  
*Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de março de 2008.

---

Prof. Fernando Luiz Finger  
(Co-orientador)

---

Prof. Evandro de Castro Melo

---

Prof. Sergio Maurício Lopes Donzelis

---

Prof. Gerival Vieira

---

Prof. Paulo Cesar Corrêa  
(Orientador)

*Aos meus pais*  
*Luiz Gonçalves Farinha e Ignês Ludwig Gonçalves.*

**Dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida, amor incondicional e presença constante na minha vida.

À minha família, Luiz Farinha, Ignês Ludwig Gonçalves, Cilene, Raquel e Tia Irene Ludwig, pelo amor, carinho e apoio, fundamentais para esta vitória.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), especialmente ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), pela formação como Engenheiro-Agrônomo.

Ao professor Paulo Cesar Corrêa, pela orientação.

Aos professores Fernando Luiz Finger, Gerival Vieira, Paulo Roberto Cecon e Tetuo Hara, pelos ensinamentos e pelas críticas e sugestões.

Aos professores e amigos Cecília Criado de Diego, Cláudio Magalhães, Patrícia Gouveia, Luciana Beatriz Bastos Avila e Gracia Regina Gonçalves, pela valiosa colaboração e pelos ensinamentos sobre a vida pessoal e de utilidade prática.

Ao Laboratório de Tecnologia Físicas e Mecânicas da Madeira (DEF), representado pelo professor Ricardo Marius Della Lucia, pela utilização da câmara refrigerada e dos aparelhos durante o período de armazenamento.

Ao Centro de Agroqualidade (CEASA/Minas), pela doação das cenouras.

Aos meus amigos de laboratório Bruna, André, Fernando, Ana Paula, Silvia, Roberta, Felipe, Cassandra e Maria, pela amizade e importante colaboração durante a realização deste trabalho.

Aos meus amigos do Mestrado do Departamento de Engenharia Agrícola, pelo companheirismo, pela colaboração durante os experimentos e pela experiência compartilhada.

Aos meus amigos Giuliane, Franciane, Fábio, Marinela, Marjori e Flávia, pela agradável convivência e pelas experiências compartilhadas.

Aos meus amigos de todas as horas, pelo companheirismo durante esta caminhada.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

LUIZ ROGÉRIO LUDWIG FARINHA, nasceu em 23 de novembro de 1975, na cidade de Assis, Estado de São Paulo.

Em fevereiro de 2001, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual de Londrina (UEL), em Londrina, Paraná.

Em junho de 2004, recebeu o título de especialista em Tecnologia de Alimentos pela Universidad Pública de Navarra – Pamplona – Espanha.

Em novembro de 2005, ingressou no controle de qualidade da Companhia de Distribuição Brasileira do Grupo Pão de Açúcar em São Paulo-SP, desligando-se em março de 2006 para iniciar o Programa de Pós-Graduação, Mestrado, em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se à defesa da dissertação em 10 de março de 2008.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xxi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3. OBJETIVOS.....	10
3.1. Objetivo geral.....	10
3.2. Objetivos específicos.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1. Perda de água pós-colheita.....	14
4.2. Evolução dos índices de cor.....	15
4.3. Determinações das alterações reológicas.....	16
4.4. Avaliação da condutividade elétrica.....	17
4.5. Análise estatística.....	18
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
5.1. Caracterização inicial das cenouras.....	19
5.2. Armazenamento a 10 °C.....	21
5.2.1. Perda de água.....	21

	Página
5.2.2. Coeficiente de transpiração .....	27
5.2.3. Teor relativo de água .....	31
5.2.4. Cor .....	35
5.2.5. Textura .....	41
5.2.6. Condutividade elétrica.....	45
5.3. Armazenamento a 20 °C.....	50
5.3.1. Perda de água .....	50
5.3.2. Coeficiente de transpiração .....	54
5.3.3. Teor relativo de água .....	57
5.3.4. Cor .....	61
5.3.5. Textura .....	65
5.3.6. Condutividade elétrica.....	69
5.4. Armazenamento a 30 °C.....	73
5.4.1. Perda de água .....	73
5.4.2. Coeficiente de transpiração .....	78
5.4.3. Teor relativo de água .....	82
5.4.4. Cor .....	85
5.4.5. Textura .....	90
5.4.6. Condutividade elétrica.....	94
5.5. Armazenamento de cenouras sob diferentes temperaturas....	97
5.5.1. Perda de água .....	97
5.5.2. Coeficiente de transpiração .....	101
6. CONCLUSÕES.....	105
7. REFERÊNCIAS .....	107

## LISTA DE QUADROS

	Página
1. Valores do coeficiente de transpiração de algumas frutas e hortaliças .....	8
2. Números de cenouras correspondentes às respectivas classes durante as condições e tempo de armazenamento .....	12
3. Médias e desvio-padrão das características iniciais das cenouras.....	20
4. Médias dos valores da perda de água (%) das cenouras classes curta, média e longa armazenadas a temperaturas de 10 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	22
5. Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas.....	23
6. Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classes de curta, média e longa armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento.....	27
7. Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento nas respectivas classes e umidades relativas .....	29

8. Médias dos valores do teor relativo de água TRA (%) das cenouras de classes curta (A), média (B) e longa (C) armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento.....	32
9. Equações ajustadas da variável teor relativo de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	33
10. Valores da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	37
11. Classificação da visibilidade da diferença total de cor com base nos valores de $\Delta E$ .....	37
12. Equações ajustadas da variável cor em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas .....	39
13. Médias dos valores da força máxima de penetração (N) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas a 10 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	42
14. Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento e das respectivas classes e umidades relativas .....	43
15. Médias dos valores da condutividade elétrica, em percentagem, das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 10 °C e em umidades relativas baixa de 45%, intermediária de 65% e alta de 95%, durante o tempo de armazenamento.....	46
16. Equações ajustadas da variável condutividade elétrica, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas.....	47
17. Valores médios da perda de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas a temperaturas de 20 °C e umidade relativa baixa de 45%, intermediária de 65% e alta de 95%, durante o armazenamento .....	50

18. Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas .....	51
19. Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento.....	54
20. Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ ), em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas.....	55
21. Valores médios do teor relativo de água TRA (%) de cenouras de classes curtas, médias e longas armazenadas à temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante um tempo (T) .....	58
22. Equações ajustadas da variável teor relativo de água, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas.....	59
23. Valores médios da diferença total de cor das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante um tempo (T).....	62
24. Equações ajustadas da variável cor, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas .	63
25. Valores médios da textura (N) das cenouras das classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 20 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	66
26. Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas.....	67
27. Médias dos valores da condutividade elétrica (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 20 °C com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o armazenamento.....	70
28. Equações ajustadas da variável condutividade elétrica em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	71

29. Médias dos valores da perda de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperaturas de 30 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	74
30. Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas .....	75
31. Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento.....	78
32. Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	79
33. Médias do teor relativo de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento .....	82
34. Equações ajustadas da variável teor relativo de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	83
35. Médias da diferença total da cor das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%)durante o tempo de armazenamento .....	86
36. Equações ajustadas da variável cor em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas ..	87
37. Médias dos valores da textura (N) de cenouras de classes curtas, médias e longas armazenadas na temperatura de 30 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento .....	90
38. Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	91

	Página
39. Valores da condutividade elétrica (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento .....	94
40. Equações ajustadas da variável condutividade elétrica em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas.....	95
41. Equações ajustadas da variável perda de água em função da temperatura para as respectivas classes e umidades relativas...	101
42. Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função da temperatura das respectivas classes e umidades relativas.....	104

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Esquema de formato cônico da cenoura, com as respectivas medidas para cálculo da relação superfície-volume .....	13
2. Variação da absorção de água, representada pela sua saturação em discos obtidos de cenoura .....	15
3. Sólido de Hunter .....	16
4. Máquina universal de testes .....	17
5. Ilustração do teste de resistência à penetração.....	17
6. Cenouras classes curta (A), média (B) e longa (C).....	20
7. Massa das cenouras classes curta, média e longa em função da relação superfície-volume.....	21
8. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	24
9. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	24
10. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	25

	Página
11. Aparência visual das cenouras de classes curta (A), média (B) e longa (C), armazenadas a 10 °C e à umidade relativa de 95%, no tempo de 120 h.....	26
12. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	30
13. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe media em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	30
14. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	31
15. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	34
16. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	34
17. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	35
18. Variação na mudança de coloração das superfícies do tecido das cenouras armazenadas por seis dias a 10 °C, na condição de umidades relativas baixa (UB), intermediária (UI) e alta (UA)	36
19. Estimativa de cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	40
20. Estimativa de cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	40
21. Estimativa de cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	41
22. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	44
23. Estimativa da força de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	44

	Página
24. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	45
25. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	48
26. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	49
27. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	49
28. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%) .....	52
29. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%) .....	52
30. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%) .....	53
31. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	56
32. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	56
33. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	57
34. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	60
35. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	60

	Página
36. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	61
37. Estimativa da cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	64
38. Estimativa da cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	64
39. Estimativa da cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	65
40. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	68
41. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	68
42. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	69
43. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	72
44. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	72
45. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa, em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	73
46. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	76
47. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	76
48. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%) .....	77

	Página
49. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	80
50. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	81
51. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	81
52. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	84
53. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	84
54. Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	85
55. Estimativa de cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	88
56. Estimativa de cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	89
57. Estimativa de cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	89
58. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	92
59. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	92
60. Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).....	93
61. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	96

	Página
62. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	96
63. Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).....	97
64. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	99
65. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	99
66. Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	100
67. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	102
68. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classe media em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	102
69. Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classe longa em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).....	103

## RESUMO

FARINHA, Luiz Rogério Ludwig, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2008. **Influência das características físicas na perda da matéria fresca e evolução das propriedades reológicas e cor da cenoura cv. Brasília durante o armazenamento.** Orientador: Paulo César Corrêa. Co-Orientadores: Fernando Luiz Finger e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência das características físicas no controle da perda de água e a evolução das propriedades reológicas e cor da cenoura (*Daucus carota* L.) cv. Brasília durante o armazenamento. Foram selecionadas cenouras com o formato cônico em classes curta, média e longa. As raízes foram armazenadas em câmaras climáticas nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C e umidades relativas do ar de 45, 65 e 95% durante 120 h. Foram determinados perda de matéria fresca, coeficiente de transpiração, teor relativo de água, cor, textura e condutividade elétrica em relação à superfície-volume das cenouras após a classificação e a cada 24 h. A relação superfície-volume foi calculada a partir das dimensões características da raiz, com o auxílio de um paquímetro digital. O experimento foi conduzido em parcelas subdivididas, tendo-se nas parcelas as umidades relativas, nas subparcelas as classes e nas subdivididas os tempos de armazenamento. No delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados foram examinados

por meio de análises de variância e regressão. A perda da massa fresca foi inversamente proporcional às umidades relativas. A relação superfície-volume apresentou influência significativa em todas as variáveis estudadas. As raízes de classe curta com maior relação superfície-volume apresentaram as maiores perdas de água, valores elevados de coeficiente de transpiração e menores teores relativos de água ao longo do período observado. A classe de cenouras curta apresentou menor resistência à força de penetração e maior alteração de cor e da permeabilidade da membrana do tecido durante o armazenamento. As três classes de cenouras mantidas na temperatura de armazenamento de 10 °C e com umidade relativa alta exibiram menor perda de água, mantiveram a firmeza e a cor e apresentaram valores baixos da condutividade elétrica no decorrer do período observado.

## ABSTRACT

FARINHA, Luiz Rogério Ludwig, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2008. **The influence of physical characteristics in the loss of fresh matter, the evolution of rheological properties and of the carrot's colour cv. Brasília during storage.** Adviser: Paulo César Corrêa. Co-Advisers: Fernando Luiz Finger and Paulo Roberto Cecon.

The intent of this research was to study the influence of physical characteristics in controlling water loss, the evolution of rheological properties and of the carrot's colour (*Daucus carota* L.) cv. Brasília during storage. The carrots chosen were those of conical shape of the short, medium and long classes. The roots were stored in climatic chambers with temperatures of 10, 20 and 30 °C and relative humidity of air of 45, 65 and 95% for 120 hours. Thus were determined loss of fresh matter, transpiration coefficient, relative water ratio, colour, texture and electrical conductivity in relation to surface-volume of the carrots after classification and every 24 hours. The surface-volume rate was calculated out of characteristic dimensions of the root with the aid of a digital Vernier calliper. The experiment was conducted in sub-divided parts, being that each of the parts contained the relative humidity, in the sub-parts the classes and in the sub-subparts the storage time. Along the experiment the same result came to pass, thrice, which was attributed to causality. The data was analysed by the

means of the analysis of the variation and regression. The loss of fresh matter was inversely proportional to each of the relative humidity parts. The surface-volume rate showed significant influence in all of the considered variants. The short class roots with a greater surface-volume rate showed greater water loss, high values of the transpiration coefficient and lower relative water ratio throughout the period in observation. The short carrots class showed less resistance to penetration, greater changes in colour and in the permeability of the membrane of the tissue during storage. The three carrots from the classes kept in storage under the temperature of 10 °C and high relative humidity demonstrated less water loss, maintained colour and demonstrated a relatively low level of electrical conductivity throughout the observed period.

## 1. INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota*) constitui-se em uma das hortaliças mais produzidas. As variedades de cenoura diferenciam-se pelo ciclo, forma, comprimento e coloração das raízes. A cor predominante é alaranjada, existindo variedades amarelas e brancas (menos comum), utilizadas principalmente como forrageiras (EMBRAPA, 2006). É de grande emprego na indústria de alimentos, podendo ser processada para conserva enlatada, em mistura com outras hortaliças ou também na forma desidratada.

O cultivo da cenoura abrange aproximadamente 28 mil hectares/ano nas diferentes regiões do Brasil (AGRIANUAL, 2007). Em 2001, o valor total da sua produção foi de US\$ 143 milhões, o equivalente a 5% do valor total de hortaliças.

Atualmente, o mercado consumidor representa um segmento exigente em qualidade. A aparência (tamanho, forma, coloração, brilho, ausência de defeitos), sabor, aroma e textura dos alimentos são os primeiros atributos avaliados pelo consumidor no momento de sua aquisição, uma vez que atuam diretamente sobre os seus órgãos sensoriais. Para atender e assegurar esse mercado, é necessário o uso de tecnologias adequadas de pós-colheita (manuseio, processamento, armazenamento e transporte), as quais se tornam fundamentais quanto a tecnologias de produção e suas práticas culturais (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

A perda de água é uma das principais causas de prejuízo pós-colheita da cenoura durante o armazenamento e a comercialização. Valores altos de perda de água implicam quedas na qualidade das raízes, em consequência do murchamento e de modificações na textura e aparência do produto. Além disso, há perdas econômicas, já que a comercialização das raízes se dá por unidade de peso (OLIVEIRA et al., 2001; PORTER et al., 2001).

Segundo Morais (2005), a perda de água tem enorme impacto quantitativo e qualitativo em produtos hortifrutícolas. Esse processo está relacionado com evaporação, comportamento do vapor de água no ar e mecanismos desenvolvidos pelas plantas para regular a transferência de água do interior das células e dos tecidos para a superfície. A razão superfície-volume é o principal fator relacionado com o produto que determina a taxa de perda de água. Se apenas fatores físicos estiverem envolvidos, a taxa de perda de água é proporcional à razão superfície-volume. Os produtos agrícolas apresentam grandes diferenças dessa razão, o que contribui para as diferenças que se registram nas suas taxas de perda de água.

A manutenção da qualidade pós-colheita de produtos hortícolas é fundamental para o desenvolvimento da horticultura brasileira. Técnicas para reduzir a perda de água, como o uso de refrigeração, permitindo a utilização de temperaturas mais baixas para a conservação das hortaliças. A utilização de técnicas mais eficientes incentiva o crescimento nas exportações de frutos e hortaliças tropicais, além de melhorar as condições de distribuição desses produtos no mercado interno (CENOURA, 2003).

As frutas e hortaliças continuam vivas após a colheita, mantendo ativos todos seus processos biológicos vitais. Por essa razão e devido ao alto teor de água em sua composição química, as frutas e hortaliças são altamente perecíveis. Para aumentar o tempo de conservação e reduzir as perdas pós-colheita, é importante que se conheçam e se utilizem as práticas adequadas de manuseio durante as fases de colheita, armazenamento e comercialização.

A temperatura baixa e a umidade relativa alta servem para aumentar o período de comercialização pós-colheita dos produtos vegetais. Tais métodos de armazenamentos são, geralmente, considerados efetivos para

diminuir as taxas respiratórias dos vegetais frescos, além de manterem a qualidades desses produtos (BAXTER; WATERS JR., 1990).

A aparência dos produtos hortícolas é considerada o primeiro critério na decisão de compra pelo consumidor. É caracterizada pelo tamanho, forma, cor, condição e ausência de defeitos no produto, sendo utilizada desde a fase de produção até a comercialização, como forma inicial de julgamento da qualidade desses alimentos (KAYS, 1999).

Este trabalho objetivou estudar a influência de algumas características físicas na perda da matéria fresca, bem como a evolução das propriedades reológicas e da cor sobre a qualidade pós-colheita da cenoura (*Daucus carota* L.), cultivar “Brasília”, no decorrer do período de armazenamento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A cenoura é uma raiz cônica ou cilíndrica muito firme, quando bem hidratada, com pouco volume intercelular, e pode ser removida do solo com poucos ferimentos. A elevada firmeza, a baixa porcentagem de volumes gasosos intercelulares e o fato de ser uma raiz alongada tornam as raízes bem hidratadas e suscetíveis à rachadura transversal (CENOURA, 2003).

A cenoura deve ser colhida quando atinge o desenvolvimento típico da cultivar. Algumas cultivares como Brasília e Alvorada têm ciclo mais curto e são colhidas com 85 a 100 dias. Raízes colhidas precocemente são pequenas, acarretando redução de produtividade e menor capacidade de armazenamento. A colheita tardia aumenta a produtividade, a resistência ao transporte e a capacidade de armazenamento. No entanto, o atraso na colheita, principalmente dos cultivares nacionais, pode acarretar a perda da qualidade das raízes. Estas podem ficar muito grandes, mais fibrosas, descoradas, endurecidas e com um número maior de raízes com rachaduras longitudinais de crescimento (CALBO, 1995).

A água é o principal componente da matéria fresca de frutos e hortaliças. A perda de peso total pós-colheita dos produtos hortícolas é resultado do somatório da perda de água pela transpiração e perda de matéria seca em função da atividade respiratória. A taxa da perda de água é função da interação entre os fatores do meio e internos dos órgãos vegetais (GRIERSON et al., 1978; BEN YEHOShUA, 1987; DIECKMAN et al., 1993).

A temperatura, umidade e velocidade do ar são fatores do meio determinantes do controle e redução das perdas de água pós-colheita. Porém, os fatores inerentes aos produtos, como relação superfície-volume, natureza da superfície protetora e integridade física, determinam, em parte, a taxa de difusão do vapor de água do produto para o ambiente (MATOS et al., 1997).

A temperatura e a umidade relativa do ar são os fatores do meio mais importantes na determinação da extensão da vida de prateleira dos produtos hortícolas. A respiração e produção de etileno são influenciadas pela temperatura e, quando ocorrem em taxas elevadas, provocam a redução do período de conservação dos produtos. O murchamento, ou enrugamento, de hortaliças são sintomas iniciais da excessiva perda de água. Além disso, a colheita interrompe o suprimento de água para o órgão vegetal e, assim, a perda de água subsequente por transpiração determina, em grande parte, as perdas quantitativas e qualitativas dos produtos, bem como o aceleração da deterioração pelo aumento da taxa de algumas reações de origem predominantemente catabólica. Em temperatura constante, a perda de água apresenta correlação linear inversa com a umidade relativa (quando acima de 75%) na maioria dos frutos e das hortaliças. A troca gasosa entre determinado produto agrícola e o ambiente é influenciada pela razão entre a área e o volume do produto, ou seja, a superfície específica. Admitindo que a forma do produto seja constante, a superfície específica aumenta com a redução do tamanho. Logo, a perda de vapor de água por transpiração será mais elevada em produtos com maior relação superfície-volume (FINGER; VIEIRA, 1997). A conservação dos produtos hortícolas com controle de temperatura é a característica mais importante nos modernos sistemas de distribuição para a maioria desses produtos (CORTEZ et al., 2002).

O manuseio da cenoura deve ser feito sob umidade relativa do ar acima de 90%, visto que a desidratação torna as raízes de cenoura flácidas e sem valor comercial. Uma alternativa encontrada por Shibario et al. (1997) para reverter a perda de massa fresca durante o armazenamento foi o uso da reidratação do produto. Esses autores relataram que a imersão de cenouras aumentou a massa, e as pulverizações freqüentes de água e o uso

de embalagens plásticas perfuradas são empregadas para manter a hidratação.

A cenoura deve ser armazenada em temperaturas superiores ao ponto de congelamento (-1,4 °C), ao redor de 0 °C sob umidade relativa elevada (>95%). O emprego de temperaturas de armazenamento inferiores a 0 °C requer câmaras com excelente controle térmico. Nessas condições, a cenoura pode ser conservada mantendo a firmeza e boa aparência por aproximadamente três meses. Se todo o manuseio da cenoura for refrigerado, a comercialização da cenoura pré-embalada em sacos plásticos é a forma preferível de manutenção da qualidade. Tal procedimento reduz a perda de água por transpiração (LINGAIAH; REDDY, 1997), diminuindo, assim, o manuseio do produto pelos consumidores.

A epiderme constitui-se do tecido de proteção resultante do crescimento secundário de alguns tubérculos e raízes. Nesses órgãos, a epiderme é substituída pela periderme, e este tecido está em contato direto com as condições ambientais e, por isso, sujeito a modificações ou alterações particulares. A sua formação é estimulada por danos mecânicos nas estruturas e estresse hídrico das plantas. A cenoura possui uma camada cuticular, designada epicutícula, que dá ao órgão aspectos glauco e ceroso. Muitas células epidérmicas secretam uma substância impermeável, a cutina, que forma uma camada protetora na parte externa da parede celular e que toma a designação de cutícula. Essa estrutura é a primeira barreira biológica da planta na defesa contra infecções provocadas por agentes patógenos. Desempenha, de igual modo, importante função na diminuição da perda de água por evaporação (CARRAPIÇO, 1998).

O teor de água da cenoura varia de 85 a 90%, sendo grande parte dessa água perdida por meio da transpiração. A transpiração é consequência do déficit de pressão de vapor, o qual representa a diferença entre a umidade na superfície do produto e a umidade do ar circundante. Quanto maior o déficit de pressão de vapor, maior a perda de matéria fresca (CARON et al., 2003).

De acordo com Lana et al. (2002), o aprimoramento do processo de lavagem, o uso de embalagens adequadas durante o transporte, o manuseio cuidadoso e a embalagem em filmes de plástico poderiam retardar a

senescência e a perda de água, aumentando a vida útil da cenoura. Observações empíricas indicam que raízes do grupo de cultivares Nantes são mais suscetíveis a esfoladuras superficiais quando comparadas com as cultivares do grupo Brasília, exigindo, portanto, maiores cuidados para redução dos danos por impacto, principalmente durante a lavagem.

Segundo Abbott (1999), os principais testes reológicos para avaliação da textura em alimentos incluem a punção, penetração, compressão, cisalhamento e relaxação, os quais são medidos com a utilização de vários tipos de ponteiros em diferentes níveis de força-deformação, dependendo da finalidade da medida e da definição dos atributos da qualidade. A força máxima é definida como a firmeza em testes de textura, a qual é extensamente usada pela indústria de processamento de frutas e hortaliças, podendo ser medida por métodos não destrutivos; já testes de punção provocam danos nos tecidos celulares. Existe estreita relação entre a firmeza sensorial e a dureza, o que caracteriza uma crocância obtida pela máquina universal de testes com a resistência à força de penetração.

O potencial de amaciamento é parte integrante do processo da maturidade de produtos hortícolas, enquanto o conhecimento das propriedades mecânicas, da resistência física das hortaliças e das forças aplicadas ao produto é essencial para a otimização das operações de manuseio, armazenamento e transporte dos frutos (SANTOS, 2004). Assim, mudanças na textura de produtos hortícolas durante a sua “vida de prateleira” podem ser monitoradas e avaliadas objetivamente, aplicando-se esses testes (BOURNE, 2002).

Acerca desse assunto, Thompson et al. (2002), citados por Almeida et al. (2005), definiram que o coeficiente de transpiração ( $K_T$ ) é um parâmetro que traduz a facilidade com que uma superfície perde água. Folhas de espinafre e raízes não suberificadas (exemplo cenoura) possuem valores de ( $K_T$ ) elevados, enquanto órgãos muito suberificados (exemplo batata) apresentam valores de ( $K_T$ ) baixos, como mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores do coeficiente de transpiração de algumas frutas e hortaliças

Produto	Coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ )	
	Valor médio	Intervalos de valores
Maçã	42	16-100
Batata	44	2-171
Cebola	60	13-132
Pêra	81	10-144
Laranja	117	25-227
Uva	123	21-254
Ameixa	136	110-221
Tomate	140	71-365
Limão	186	139-229
Couve repolho	223	40-667
Pêssego	572	142-2.089
Alho francês	790	530-1.042
Cenoura	1207	106-3.250
Aipo	1760	104-3.313
Couve-de-bruxelas	6150	3.250-9.770
Alface	7400	680-8.750

Fonte: ALMEIDA et al., 2005.

De acordo com Shibairo et al. (1997), a perda de água em cultivares de cenoura durante o armazenamento é causada principalmente pela transpiração. Supõe-se que a taxa de transpiração de produtos hortícolas seja proporcional à sua área superficial, influenciada por déficit de pressão de vapor da água, ar ambiente e velocidade do ar. As cenouras resultantes de colheitas tardias apresentaram menor relação superfície-volume e menor perda de água durante o armazenamento. A perda de água somente foi evidente em cultivares de cenouras quando armazenadas à baixa umidade relativa. Em caso de umidade relativa elevada, as cultivares de colheitas tardias com maturação mais avançada não se diferenciaram significativamente. A vida útil da cenoura pode ser definida em relação ao número de dias de armazenagem até que as raízes de cenouras alcancem a perda máxima de água de 8% em relação ao peso inicial da raiz. Ao excederem 8% do seu peso inicial, as raízes de cenouras encontram-se praticamente inaceitáveis para consumo.

A perda pós-colheita de água é o principal fator limitante da longevidade de cultivares de pimenta. A principal variação da perda de água foi associada à temperatura de armazenamento e aos tipos de embalagens. Diversos fatores podem estar relacionados com a perda pós-colheita de água em cultivares de pimenta, como: maturidade hortícola, genética (como espessura da cutícula), presença, distribuição e quantificação de poros e ceras epicuticulares e alternativamente a perda de água pode estar atribuída à relação superfície-volume do produto (LOWNDS et al., 1994).

A taxa de perda de matéria fresca pós-colheita no quiabo foi influenciada pelo tamanho do fruto. Frutos com comprimento entre 6 e 9 cm apresentam perda de matéria fresca aproximadamente 75% maior que a perda de matéria fresca observada em frutos com comprimento entre 9 e 15 cm. Tais resultados evidenciaram que os frutos maiores são mais resistentes às perda de matéria fresca e água após a colheita e também aos efeitos causados pelo dano mecânico (JUSTINA-DELLA et al., 1998).

O potencial de crescimento que a cultura da cenoura representa para o Brasil e a escassez de informações sobre a influência das características físicas da cenoura cv. Brasília no controle da perda de água pós-colheita, bem como o ponto ideal de colheita, aliado ao conhecimento de técnicas de armazenamento e refrigeração e dos índices de qualidade, indicam uma maneira objetiva do comportamento pós-colheita da hortaliça, justificando a realização deste trabalho.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Estudar a influência das características físicas na perda de água, a evolução das propriedades reológicas e a cor da cenoura cv. Brasília durante o armazenamento.

#### **3.2. Objetivos específicos**

Durante o armazenamento, as cenouras foram avaliadas quanto a:

- ✓ Perda pós-colheita de água influenciada pela superfície/volume.
- ✓ Evolução dos índices de cor determinados por meio de testes objetivos (colorímetros).
- ✓ Alterações reológicas da cenoura, utilizando-se testes de avaliação de textura: compressão e relaxação.
- ✓ Alterações na permeabilidade dos tecidos das raízes, utilizando-se o teste de condutividade elétrica.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas, pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), localizado na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. O material vegetal utilizado no experimento foram cenouras (*Daucus carota* L.), cultivar Brasília, lote de sementes 51071, desenvolvidas e comercializadas no Brasil pela companhia de sementes “HORTEC SEMENTES LTDA.” para plantio durante o período de verão, procedentes de uma área de plantio comercial localizada em São Gotardo, Minas Gerais. No *Packing House* da empresa beneficiadora Santa Clara, as cenouras foram submetidas ao tratamento de pré-limpeza e classificadas conforme a classe de cenouras curtas, médias e longas.

As raízes foram adquiridas nas Centrais de Abastecimento de Minas Gerais (CEASA-Minas), através do Centro de Agroqualidade, e imediatamente transportadas para a Universidade Federal de Viçosa, local onde foi realizado o experimento.

As cenouras foram submetidas a rigorosa seleção quanto a forma e tamanho, dano mecânico, rachaduras, bifurcação, praga, doença e outros danos. Foram selecionadas raízes com formato cônico, de tamanho variável: curta (10 a 14 cm), média (15 a 20 cm) e longa (20 a 25 cm).

Uma vez selecionadas, as cenouras tiveram a sua parte aérea eliminada com o auxílio de uma tesoura, acondicionadas em bandejas metálicas perfuradas para a passagem do ar, próprias para o armazenamento em câmaras climáticas com regulação de temperatura e umidade relativa do ar. Foram utilizadas as temperaturas de 10, 20 e 30 °C e umidade relativa de  $45 \pm 3\%$ , considerada baixa; de  $70 \pm 5\%$ , intermediária; e acima de 90%, adequada ao armazenamento. Para obtenção da umidade relativa acima de 90%, foram utilizados potes plásticos com capacidade para 2,5 L, sendo as condições ambientais monitoradas por um sistema de aquisição de dados. As análises foram realizadas imediatamente após a colheita e a cada dia (24 h) até o sexto dia de armazenamento (120 h).

Quadro 2 – Números de cenouras correspondentes às respectivas classes durante as condições e tempo de armazenamento

Condições de Armazenamento		Tempo de Armazenamento (hora)							
UR (%)	Classes	0	24	48	72	96	120		
T (°C)	45	Curtas	3	3	3	3	3	3	
		Médias	3	3	3	3	3	3	
		Longas	3	3	3	3	3	3	
		Total	9	9	9	9	9	9	54
	65	Curtas	3	3	3	3	3	3	
		Médias	3	3	3	3	3	3	
		Longas	3	3	3	3	3	3	
		Total	9	9	9	9	9	9	54
	95	Curtas	3	3	3	3	3	3	
		Médias	3	3	3	3	3	3	
		Longas	3	3	3	3	3	3	
		Total	9	9	9	9	9	9	54
Total de Cenouras			27	27	27	27	27	27	162

Durante os períodos de armazenamento, para cada temperatura e umidade relativa foi determinada a perda da matéria fresca, utilizando-se uma balança digital com precisão de 0,01 g.

Para cálculo da relação superfície-volume, a determinação das dimensões características das raízes foi feita com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 1). A relação superfície-volume (R) foi calculada pela fórmula da equação 1.

$$R = \frac{S}{V} = \frac{3 \times \left( r + \sqrt{r^2 + h^2} \right)}{r \times h} \quad (1)$$

em que:

h = comprimento (mm);

r = diâmetro (mm);

S = área da superfície da cenoura, mm<sup>2</sup>; e

V = volume da cenoura, mm<sup>3</sup>.

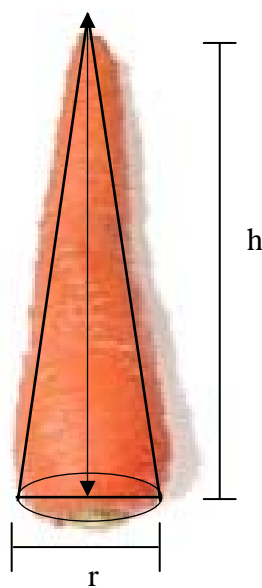


Figura 1 – Esquema de formato cônico da cenoura, com as respectivas medidas para cálculo da relação superfície-volume.

O coeficiente de transpiração ( $K_T$ ) foi cálculo utilizando-se a equação 2.

$$M_V = K_T \times P_{VS} (1 - \varphi) \quad (2)$$

em que:

$K_T$  = coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{Pa}^{-1}$ );

$M_V$  = fluxo de massa de água ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ );

$P_{VS}$  = pressão de vapor de saturação (MPa); e

$\varphi$  = umidade relativa (decimal).

#### 4.1. Perda de água pós-colheita

O teor relativo de água (TRA) foi determinado conforme a metodologia de Catsky (1974). Primeiro, foi feita adaptação da metodologia para determinação do tempo de saturação máxima do tecido, em que se retiraram discos da cenoura com o diâmetro de 0,8 cm, com o auxílio de um perfurador de metal, determinando-se, assim, a massa da matéria fresca.

Em seguida, os discos foram colocados em espuma umedecida com água destilada. A cada hora foram feitas novas pesagens até que os discos apresentassem saturação máxima, o que foi considerado a massa da matéria túrgida (Figura 2). Os discos foram, então, secos imediatamente em estufa à temperatura de 65 °C até massa constante, para obtenção da matéria seca.

O teor relativo de água foi obtido conforme a equação 3, de Weatherley (1950).

$$\text{TRA} = \frac{(\text{MF} - \text{MS}) \cdot 100}{(\text{MT} - \text{MF})} \quad (3)$$

em que:

MF = massa da matéria fresca;

MS = massa da matéria seca; e

MT = massa da matéria túrgida.

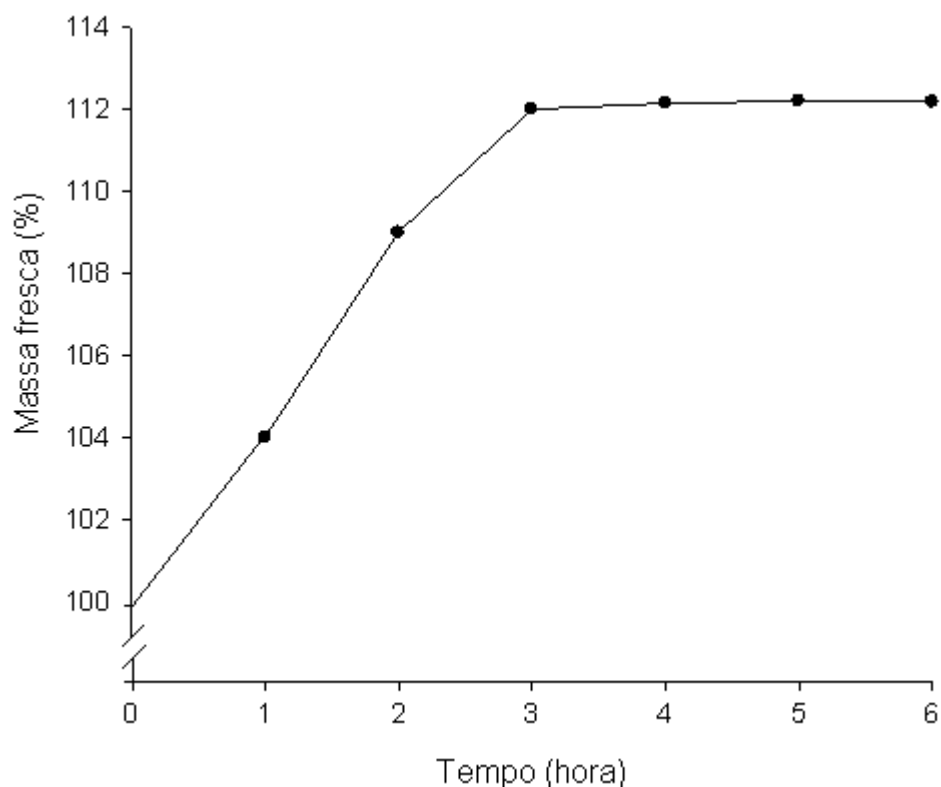


Figura 2 – Variação da absorção de água, representada pela sua saturação em discos obtidos de cenoura.

#### 4.2. Evolução dos índices de cor

A quantificação da cor da cenoura foi realizada por um colorímetro tristímulo, com leitura direta de reflectância das coordenadas **L** (luminosidade), **a** (tonalidades vermelha ou verde) e **b** (tonalidades amarela e azul), empregando-se a escala Hunter-Lab (Figura 3) e utilizando o iluminante  $10^\circ/D_{60}$ .

Para cada amostra, foi usada a média de três determinações, para avaliação da cor do produto analisado.



Figura 3 – Sólido de Hunter.

A partir dos valores de **L**, **a** e **b**, foram calculados a diferença total de cor ( $\Delta E$ ), de acordo com a equação 4.

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2} \quad (4)$$

#### 4.3. Determinações das alterações reológicas

A textura das raízes foi analisada em uma máquina universal de testes (Figura 4), *TA.HD Texture Analyser, Stable Micro Systems*, dotada do software *Texture Expert for Windows<sup>R</sup>*, pelo teste de resistência à penetração (Figura 5) em três raízes inteiras, utilizando-se os seguintes parâmetros: uma ponteira número P-0,5 de diâmetro, sendo as raízes submetidas à força de penetração de 4 N, a uma taxa de penetração de 10 mm.s<sup>-1</sup> (VU et al., 2004). Após o teste de penetração, a força foi mantida constante e registrada por 10 seg.

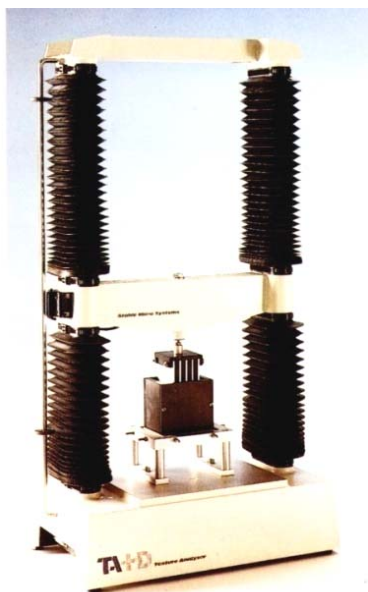


Figura 4 – Máquina universal de testes.



Figura 5 – Ilustração do teste de resistência à penetração.

#### 4.4. Avaliação da condutividade elétrica

O nível de danos nos tecidos das raízes durante o armazenamento foi avaliado pelo extravasamento de solutos celulares, verificando-se a influência da perda de água na permeabilidade dos tecidos, de acordo com a metodologia descrita por Shibairo et al. (1997). Cenouras foram cortadas

longitudinalmente ao floema e tecido parênquimático, na porção média do comprimento da raiz. Os discos de cortes com espessura de 5 mm foram incubados em água deionizada por 24 h na temperatura ambiente. Após esse período, a condutividade elétrica foi medida em um condutivímetro (Digimed DM3). Em seguida, as amostras foram acondicionadas em Freezer a -30 °C por 24 h, permitindo-se o extravasamento total de solutos. A condutividade elétrica da água foi medida novamente e os resultados, expressos pela razão entre a primeira e a segunda leitura e multiplicados por 100.

#### **4.5. Análise estatística**

Para verificar a influência das classes de cenouras curta, média e longa durante o armazenamento, o experimento foi montado segundo o esquema em parcela subdividida. Teve-se nas parcelas um esquema fatorial com três níveis de umidades relativas e três níveis de classes de cenouras e nas subparcelas, seis níveis de tempo de armazenamento, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, sendo os dados analisados por meio de análises de variância e regressão.

Os dados experimentais da avaliação da perda de matéria fresca, das propriedades reológicas e da cor da cenoura ao longo do processo de armazenamento foram submetidos à análise de regressão e à seleção do modelo matemático adequado para expressar a relação entre as variáveis estudadas. Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi utilizado o programa computacional SAEG 9.1<sup>®</sup>.

Para análise do grau de ajuste do modelo selecionado, foram consideradas as magnitudes do coeficiente de determinação ajustado (variância explicada), na significância da equação, pelo teste F a 5% de significância, bem como as dos coeficientes de regressão ( $\beta$ 's), utilizando-se o teste "t" a 5% de significância e no fenômeno biológico.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Caracterização inicial das cenouras

Os valores médios e os desvios-padrão das medidas de caracterização inicial das cenouras, utilizados no experimento, são descritos no Quadro 3.

As principais características do grupo de cenoura cv. Brasília são, de acordo com a descrição de Rezende (2005), formato cônico, ponta pouco fechada, coração evidente, pele pouco lisa, coloração alaranjada clara e pescoço grande.

No produto analisado, não foram observados defeitos, rachaduras e podridões nas três classes de cenoura (Figura 6).

Na Figura 7, apresenta-se a relação de dependência entre a relação superfície-volume (RSV) e a massa das cenouras. Nas classes de cenouras curta, média e longa, a massa inicial média foi de 70,96; 170,40; e 278,51 g, correspondentes a uma relação superfície-volume de 0,1214; 0,0847; e 0,0710 mm<sup>2</sup>/mm<sup>3</sup>, respectivamente, como mostrado no Quadro 2.

Observa-se que a relação superfície-volume varia em função das classes das cenouras; quanto menor o tamanho, maior a relação superfície-volume (FINGER; VIEIRA, 1997; ALMEIDA, 2005).

Esses resultados indicam claramente a relação inversa entre o tamanho da cenoura e a RSV, em concordância com Shibairo et al. (1997), Cabral et al. (2005) e Justina-Della et al. (1998) para cenoura, pimenta e quiabo, respectivamente.

Quadro 3 – Médias e desvio-padrão das características iniciais das cenouras

Classes	Características	Valor (médias)	Desvio-Padrão
Curta	Comprimento (mm)	142,89	15,85
	Diâmetro (mm)	29,63	3,23
	Massa (g)	70,96	14,24
	Superfície-volume (mm <sup>-1</sup> )	0,1214	0,01
	Teor relativo de água (%)	91,86	1,88
Média	Comprimento (mm)	208,46	24,95
	Diâmetro (mm)	39,20	4,02
	Massa (g)	170,40	37,62
	Superfície-volume (mm <sup>-1</sup> )	0,0847	0,01
	Teor relativo de água (%)	91,51	1,09
Longa	Comprimento (mm)	217,23	27,65
	Diâmetro (mm)	48,10	5,22
	Massa (g)	278,81	51,95
	Superfície-volume (mm <sup>-1</sup> )	0,0710	0,01
	Teor relativo de água (%)	95,66	1,38

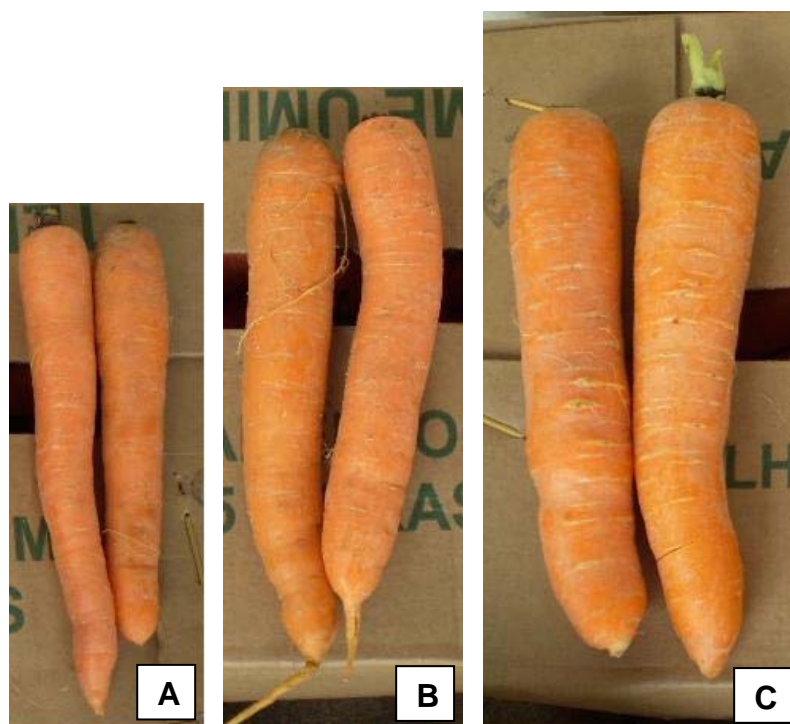


Figura 6 – Cenouras classes curta (A), média (B) e longa (C).

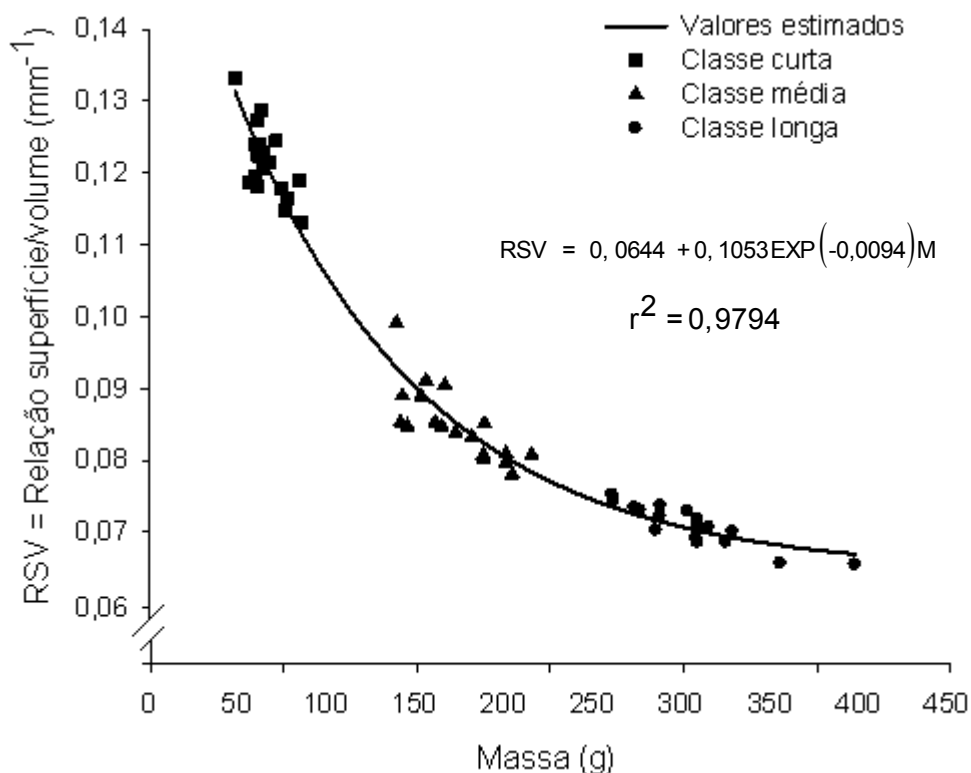


Figura 7 – Massa das cenouras classes curta, média e longa em função da relação superfície-volume.

## 5.2. Armazenamento a 10 °C

### 5.2.1. Perda de água

A partir dos dados obtidos no Quadro 4, observou-se que a perda de água das cenouras foi influenciada pela interação tempo de armazenamento x umidade relativa x classe.

As raízes de classe curta, com maior (RSV), mantidas às umidades relativas baixa (45%) e intermediária (65%), apresentaram maiores valores de perda de água, quando comparadas com as das demais classes. Na umidade relativa de 65%, esses valores foram os mais elevados em todo o período observado. Na umidade relativa alta (95%), não houve diferença significativa entre as classes avaliadas, ao longo do armazenamento.

Segundo Almeida (2005), a relação superfície-volume é o principal fator relacionado aos produtos agrícolas que determina a taxa de perda de água durante o período pós-colheita.

Quadro 4 – Médias dos valores da perda de água (%) das cenouras classes curta, média e longa armazenadas a temperaturas de 10 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			15,96a	13,25a	1,08a	27,62a	27,61a	1,18a
Média	0,00			9,89a	9,91b	0,80a	15,03a	18,52b	0,85a
Longa	0,00			12,32a	7,66b	0,92a	25,41a	17,59b	1,18a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	31,59a	43,42a	1,93a	48,42a	39,82a	3,15a	57,47b	53,34a	2,95a
Média	24,68b	24,11b	1,10a	39,14b	37,97b	1,37a	48,23b	40,50b	1,62a
Longa	34,93a	29,11c	1,47a	41,32b	34,16b	1,64a	46,66b	38,48b	2,15a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De acordo com Lownds et al. (1994), a maior relação superfície-volume de cultivares de pimenta (classe curtas) está relacionada com o aumento da perda de água, ao longo do período de armazenamento.

No Quadro 5, apresentam-se as equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento nas respectivas classes e umidades relativas. O ajuste obtido pelo modelo linear foi significativo para todas as classes e umidades relativas. A classe curta apresentou a maior taxa de variação em função do tempo de armazenamento em relação às demais classes, devido à maior RSV. As três classes de cenouras exibiram as menores taxas de variação à umidade relativa de 95%, o que pode ser explicado pelo menor gradiente de pressão de vapor entre a raiz e o ambiente, permitindo atingir o equilíbrio higroscópico mais rápido.

Quadro 5 – Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$P\hat{E}R = 0,4902^{**} t$	97,64
	65%	$P\hat{E}R = 0,4733^{**} t$	92,11
	95%	$P\hat{E}R = 0,0265^{**} t$	87,69
Média	45%	$P\hat{E}R = 0,3877^{**} t$	97,97
	65%	$P\hat{E}R = 0,3393^{**} t$	92,11
	95%	$P\hat{E}R = 0,0148^{**} t$	84,73
Longa	45%	$P\hat{E}R = 0,4292^{**} t$	95,82
	65%	$P\hat{E}R = 0,3494^{**} t$	97,31
	95%	$P\hat{E}R = 0,0188^{**} t$	89,47

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

em que:

$P\hat{E}R$  = perda de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

O efeito da perda de água nas classes de cenouras curta, média e longa armazenadas a diferentes umidades relativas em função do tempo de armazenamento pode ser visualizado nas Figuras 8, 9 e 10, respectivamente. A perda de água nas três classes de cenouras estudadas foi linear ao longo do armazenamento.

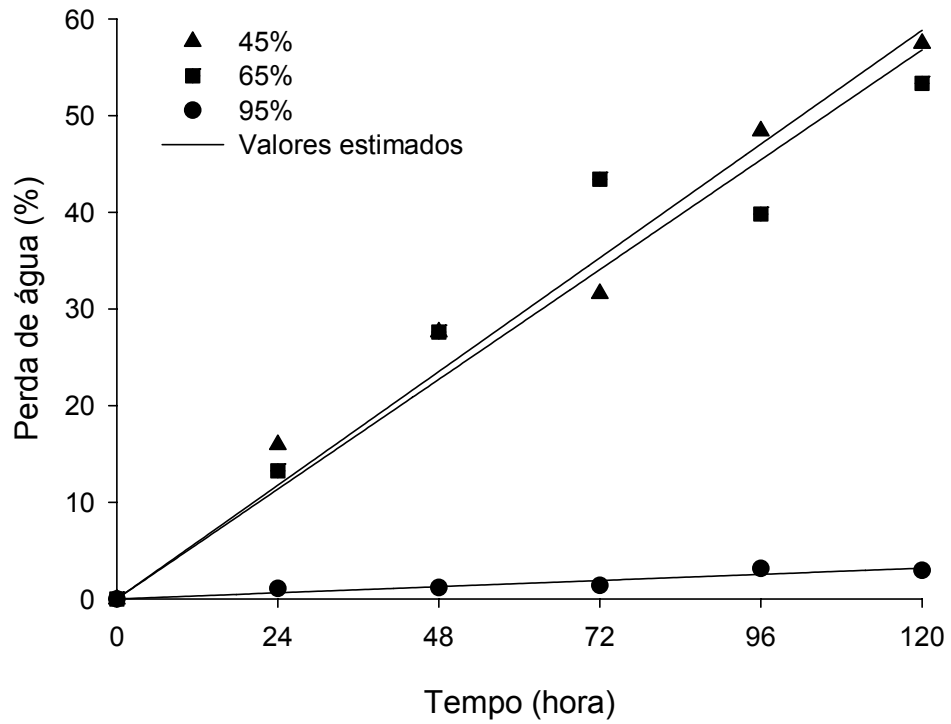


Figura 8 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

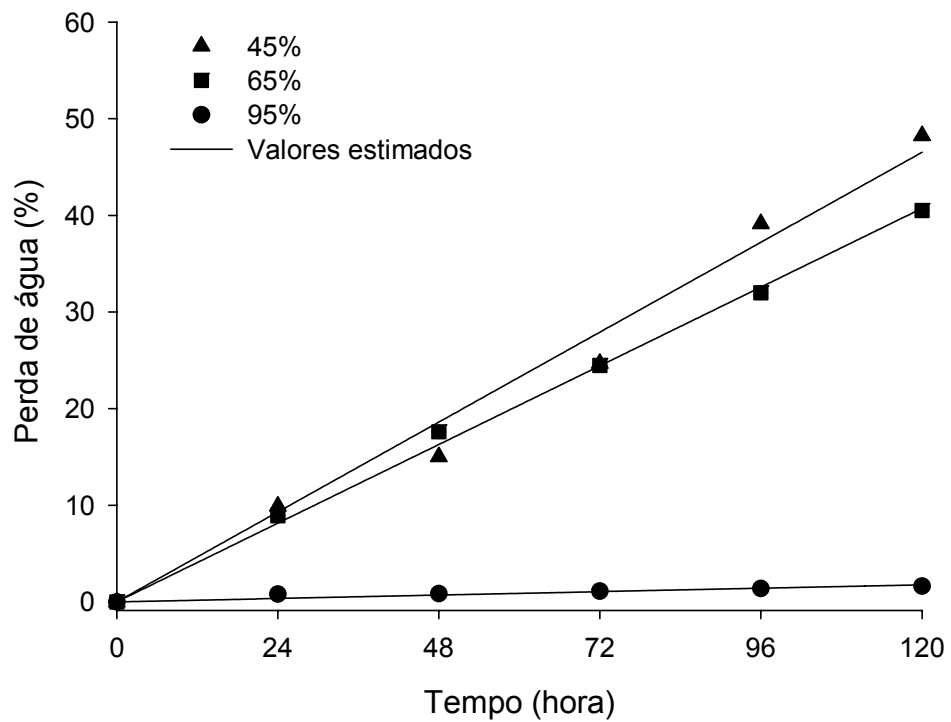


Figura 9 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

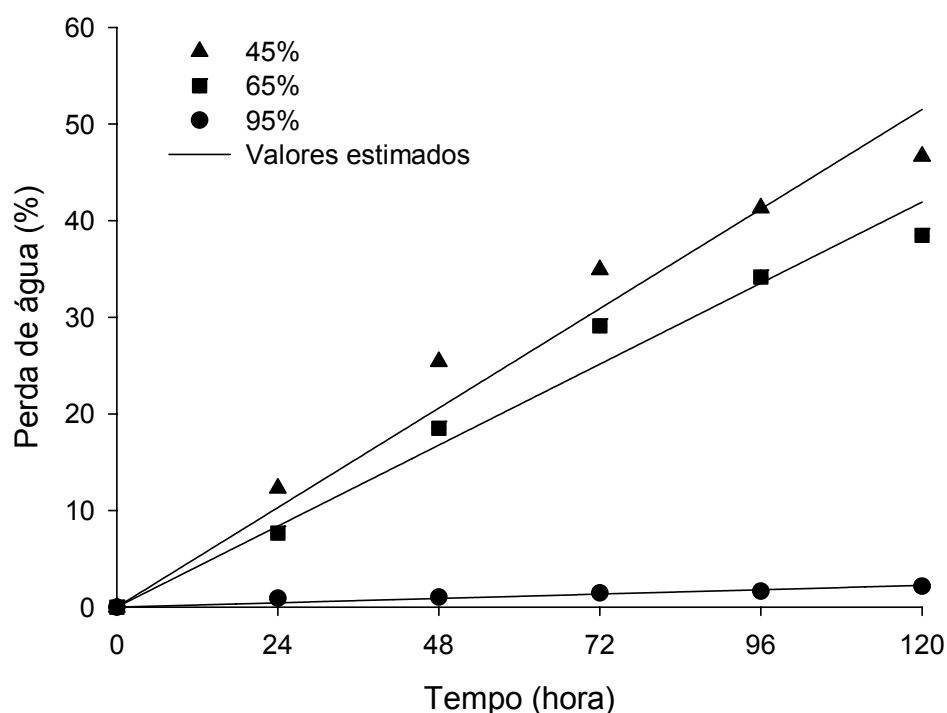


Figura 10 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

Observou-se que a perda de água, para uma mesma classe, aumenta com o aumento também do período de armazenamento e com o decréscimo da umidade relativa. Os valores da perda de água ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta e mantidas as umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 58,82; 56,79; e 3,18%. Nas cenouras médias, esses valores foram de 46,52; 40,71; e 1,77%. Já as cenouras longas obtiveram valores de 51,50; 41,92; e 2,25%.

A perda de água e, por conseguinte, a qualidade da cenoura armazenada às umidades relativas mais baixas se devem ao maior gradiente de pressão de vapor de água entre seus tecidos e o ambiente externo. Esse efeito foi também mostrado em trabalhos desenvolvidos por Grierson e Wardowski (1978), Van Den Berg e Lentz (1973) e Finger e Vieira (1997) com cenoura, mandioquinha-salsa e quiabo, respectivamente.

O murchamento visual das cenouras sob umidade relativa baixa foi mais acentuado, o que denota a inadequação da conservação dessas raízes sob essas condições (Figura 16). Nessas condições, as cenouras demonstraram escurecimento, perdas de brilho, de turgescência dos tecidos e da firmeza e enrugamento, prejudicando, assim, a aparência das raízes. De acordo com Pinto e Moraes (2000), a máxima perda de água admissível, sob aspectos comerciais, está entre 9 e 12% da massa fresca inicial da cenoura (sem folhas). Acima do valor indicado, o produto deixa de ser comercializável. As três classes de cenouras conservadas na umidade relativa alta mostraram-se comercialmente viáveis, tendo sido preservadas a turgescência, a firmeza e a coloração satisfatória em todo o período observado (Figura 11).

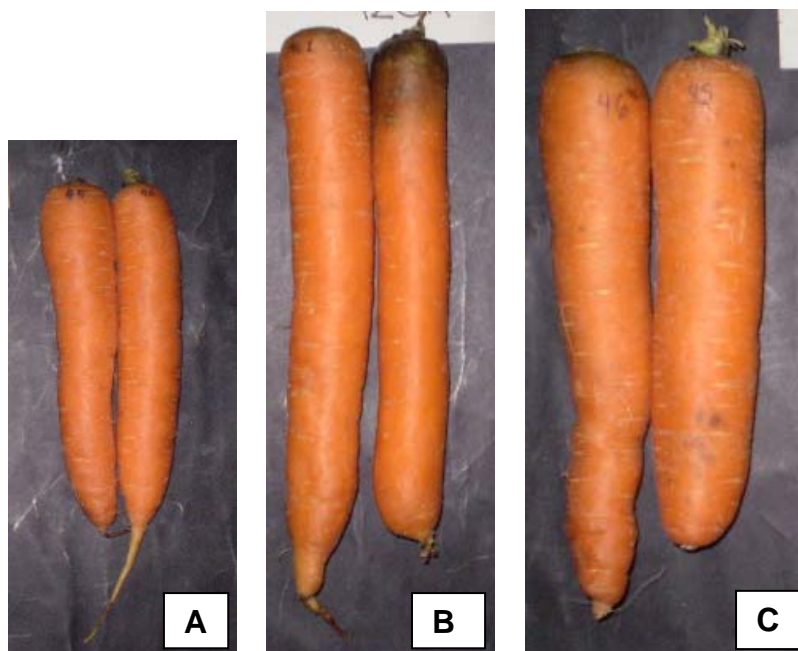


Figura 11 – Aparência visual das cenouras de classes curta (A), média (B) e longa (C), armazenadas a 10 °C e à umidade relativa de 95%, no tempo de 120 h.

## 5.2.2. Coeficiente de transpiração

De acordo com o Quadro 6, os valores do coeficiente de transpiração das três classes de cenouras foram mais elevados nos primeiros dias de armazenamento em todas as umidades relativas avaliadas. A perda de água por transpiração foi mais elevada no princípio da conservação, tendendo a uma estabilidade no final do armazenamento devido ao maior gradiente de pressão de vapor interna da raiz e à pressão de vapor do ambiente nesse período.

Quadro 6 – Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classes de curta, média e longa armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			3344,47a	3569,70a	2051,08a	2893,35ab	3718,70a	1155,84a
Média	0,00			2446,49b	2274,44b	1509,64b	1546,89b	1842,85b	803,49a
Longa	0,00			2324,53b	2064,07b	1578,01b	2661,96a	1940,24b	948,17a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	2132,38ab	3898,05a	1098,56a	2535,86a	2681,01a	1486,89a	2407,78a	2873,06a	1155,37a
Média	1750,42b	2196,72b	927,06a	2049,61b	2151,74b	649,29b	2020,70ab	2181,58b	613,619b
Longa	2438,89a	2613,41b	772,69a	2163,76ab	2300,27ab	776,01b	1954,81b	2073,09b	813,13ab

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em todo o período analisado, os valores do coeficiente de transpiração foram inferiores em umidade relativa alta nas três classes de raízes. Resultados semelhantes foram encontrados por Mahajan et al. (2007), segundo os quais o coeficiente de transpiração de cogumelos foi menor na umidade relativa alta em todo o período observado. Verificou-se que os valores do coeficiente de transpiração foram influenciados pela relação superfície-volume das classes de cenouras estudadas. Os coeficientes de transpiração foram maiores nas raízes de classe curta, com maior RSV.

Esses resultados reforçam os de Shibairo et al. (1998), indicando que os valores do coeficiente de transpiração em cultivares de cenoura foram influenciados pela superfície específica. A taxa de transpiração de produtos hortícolas é proporcional à diferença entre a pressão de vapor da raiz e a pressão de vapor do ambiente, e a perda de água por transpiração é mais elevada em cenouras com maior relação superfície-volume.

Segundo Kang et al. (1997), para estimar a perda de água por transpiração tornaram-se importantes a determinação precisa do coeficiente de transpiração e da área superficial. O cálculo do coeficiente de transpiração apresenta importância ainda maior para produtos vegetais com maior área superficial, sob baixas umidades relativas.

O coeficiente de transpiração médio de todos os tratamentos foi de  $1.018,73 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ , menor que o valor médio de  $1.207,00 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$  para cenoura, segundo Thompson et al. (2002), citados por Almeida et al. (2005), mas dentro do intervalo de  $106 - 3250 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ .

No Quadro 7, apresentam-se as equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento, nas respectivas classes e umidades relativas. O ajuste obtido pelo modelo linear não foi significativo nas classes e umidades relativas estudadas.

Quadro 7 – Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento nas respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	$r^2$ (%)
Curta	45%	$\hat{KTE}=2218,9733$	-
	65%	$\hat{KTE}=2790,0866$	-
	95%	$\hat{KTE}=1157,9566$	-
Média	45%	$\hat{KTE}=1635,6850$	-
	65%	$\hat{KTE}=1774,5550$	-
	95%	$\hat{KTE}=750,5165$	-
Longa	45%	$\hat{KTE}=1923,9916$	-
	65%	$\hat{KTE}=1831,8466$	-
	95%	$\hat{KTE}=814,6680$	-

em que:

$\hat{KTE}$  = coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ ); e

UR = umidade relativa (%).

O efeito do coeficiente de transpiração nas classes de cenouras curta, média e longa armazenadas a diferentes umidades relativas em função do tempo de armazenamento pode ser visualizado nas Figuras 12, 13 e 14, respectivamente. Os valores médios do coeficiente de transpiração das cenouras de classe curta mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 2.218,97; 2.790,08; e 1.157,95  $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ . Para as cenouras médias estes valores foram de 1.635,68; 1774,55; e 750,51  $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ . Já as cenouras longas obtiveram valores de 1.923,99; 1.831,84; e 814,66  $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{MPa}^{-1}$ .

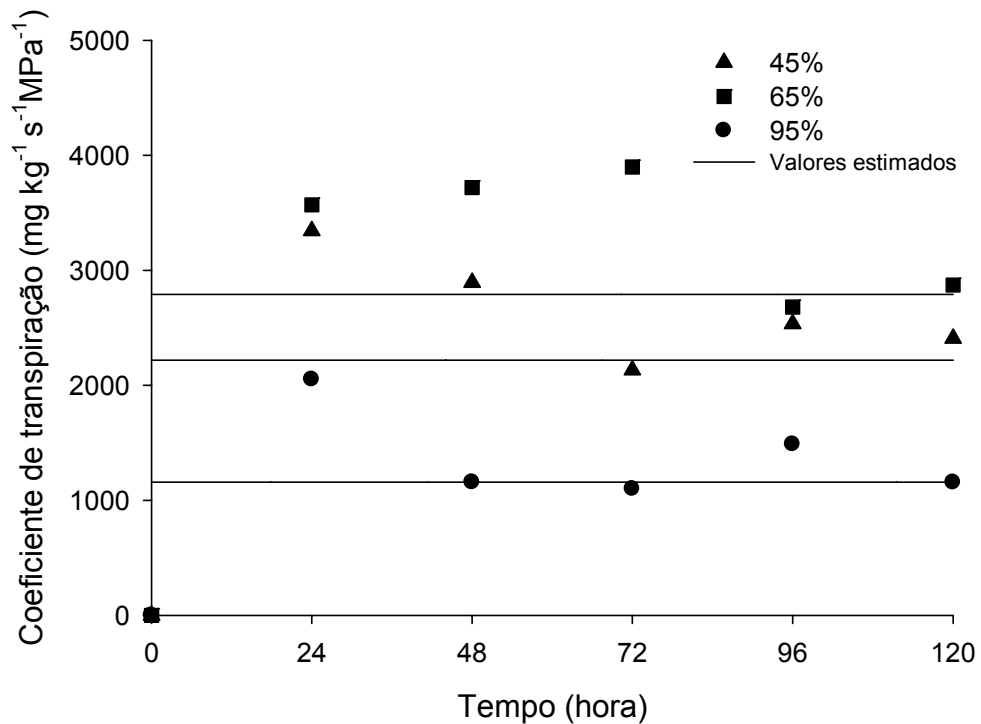


Figura 12 – Estimativa do coeficiente de transpiração (mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

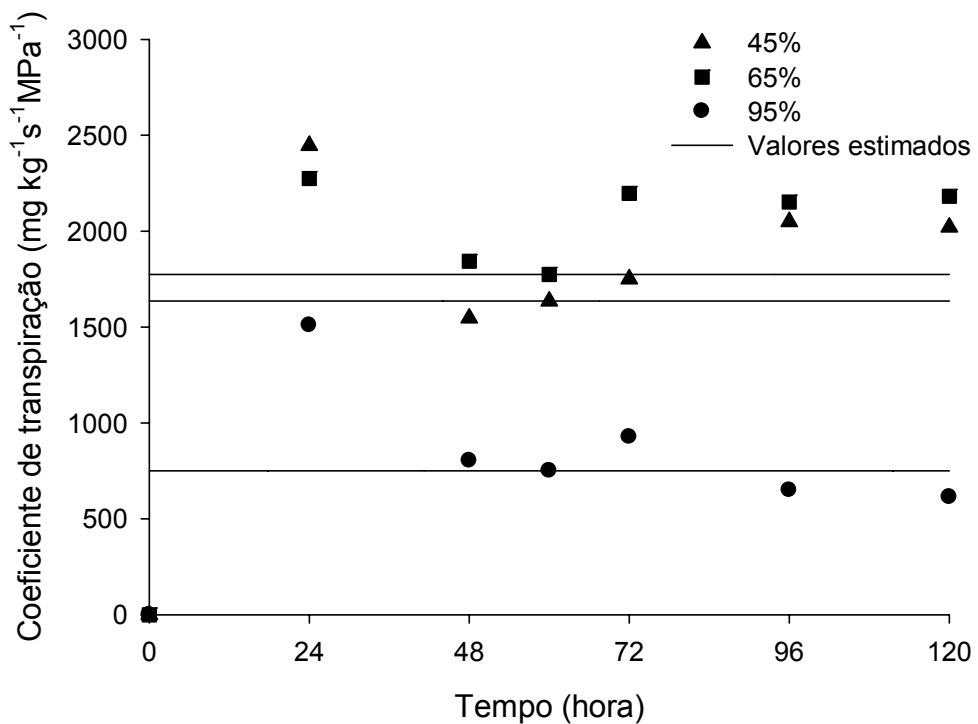


Figura 13 – Estimativa do coeficiente de transpiração (mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

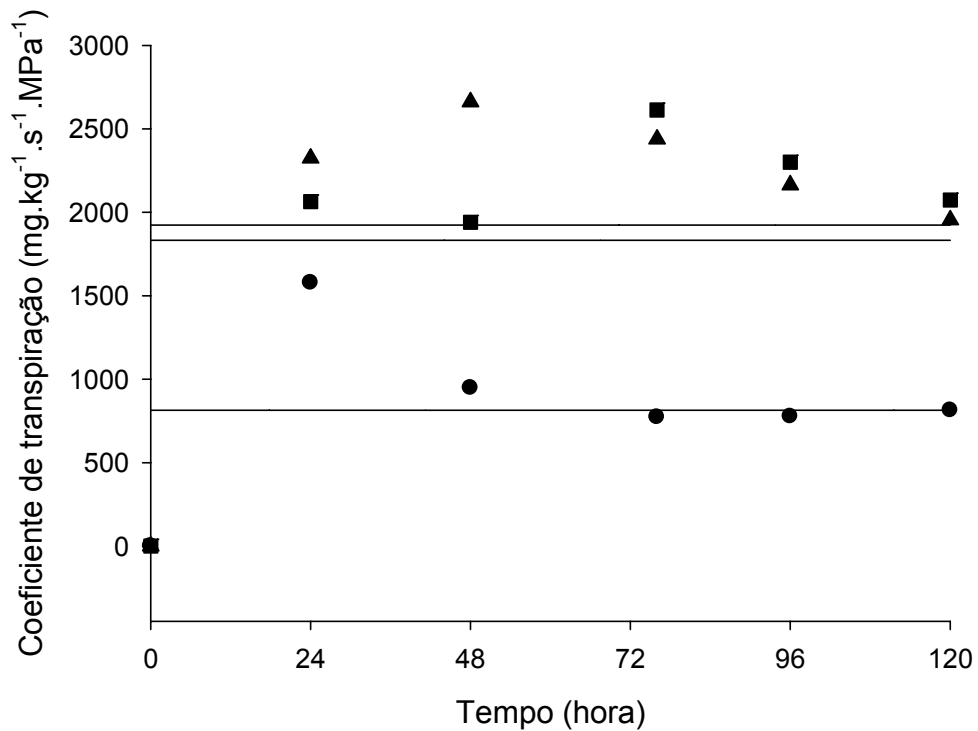


Figura 14 – Estimativa do coeficiente de transpiração (mg kg<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

### 5.2.3. Teor relativo de água

No Quadro 8, apresentam-se os valores médios do teor relativo de água das três classes de cenouras mantidas às umidades relativas baixa, intermediária e alta, durante o período de armazenamento.

Os resultados indicaram que a classe curta de cenouras, por apresentarem perdas de água mais elevadas ao longo do armazenamento, tiveram menores valores do teor relativo de água. Resultados semelhantes foram encontrados por Justina-Della et al. (1998), que, trabalhando com frutos de quiabo pequenos, observaram que estes apresentavam elevadas perdas de água.

Quadro 8 – Médias dos valores do teor relativo de água TRA (%) das cenouras de classes curta (A), média (B) e longa (C) armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	91,86			80,10a	80,53b	90,11a	72,97a	76,43a	92,94a
Média	91,51			81,24a	81,58b	89,28a	71,41a	78,91a	93,62a
Longa	94,51			85,40a	88,44a	93,82a	77,41a	81,74a	97,20a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	70,23ab	63,51b	92,45a	59,51a	65,31a	92,88a	53,07a	49,58a	85,19b
Média	75,87b	71,56a	88,68a	61,38a	62,63a	92,79a	56,24a	57,33a	85,39b
Longa	67,79b	74,21a	94,50a	60,32a	66,50a	95,53a	56,24a	60,44a	92,30a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 9, apresentam-se as equações ajustadas da variável teor relativo de água, em função do tempo de armazenamento das diferentes classes e umidades relativas, visualizadas juntamente com os dados observados nas Figuras 15, 16 e 17, para as cenouras das classes curta, média e longa, respectivamente.

O modelo linear ajustado foi significativo para todas as classes e umidades relativas, à exceção da umidade relativa de 95%. A classe longa teve a maior taxa de variação em função do tempo de armazenamento relacionada à maior fibrosidade e manutenção dos teores relativos de água, e a classe média apresentou a menor taxa de variação nas umidades relativas de 45 e 65%, o que pode ser explicado pela menor fibrosidade.

Quadro 9 – Equações ajustadas da variável teor relativo de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$\hat{T}RA = 89,7514 - 0,3077^{**} t$	97,29
	65%	$\hat{T}RA = 90,4876 - 0,3214^{**} t$	93,06
	95%	$\hat{T}RA = 92,7286$	—
Média	45%	$\hat{T}RA = 89,4752 - 0,2756^{**} t$	89,28
	65%	$\hat{T}RA = 90,7129 - 0,2799^{**} t$	98,18
	95%	$\hat{T}RA = 91,9987$	—
Longa	45%	$\hat{T}RA = 93,3410 - 0,3288^{**} t$	98,28
	65%	$\hat{T}RA = 95,0471 - 0,2901^{**} t$	99,29
	95%	$\hat{T}RA = 95,2590$	—

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

em que:

$\hat{T}RA$  = teor relativo de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

Observa-se nas Figuras 15, 16 e 17 que o teor relativo de água apresentou redução com relação ao tempo de armazenamento, sendo maior no produto em umidades relativas baixa e intermediária, em comparação com aquele mantido em umidade relativa alta. Os valores do teor relativo de água ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 52,82; 52,08; e 92,72%. Para as cenouras da classe média, esses valores foram de 56,40; 57,12; e 91,99%. Já as cenouras longas obtiveram valores de 53,88; 60,23; e 95,25%.

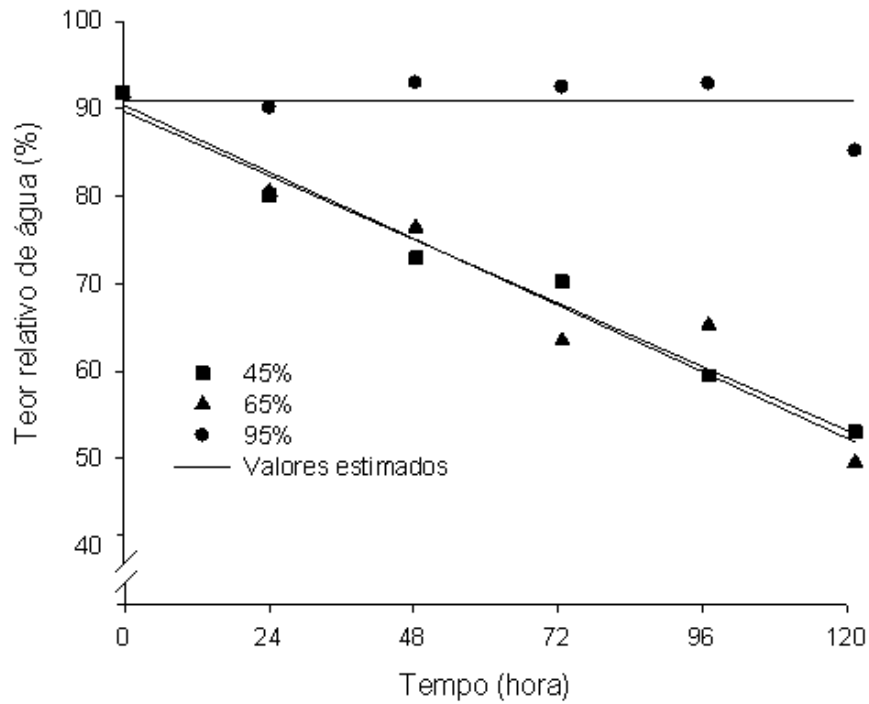


Figura 15 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

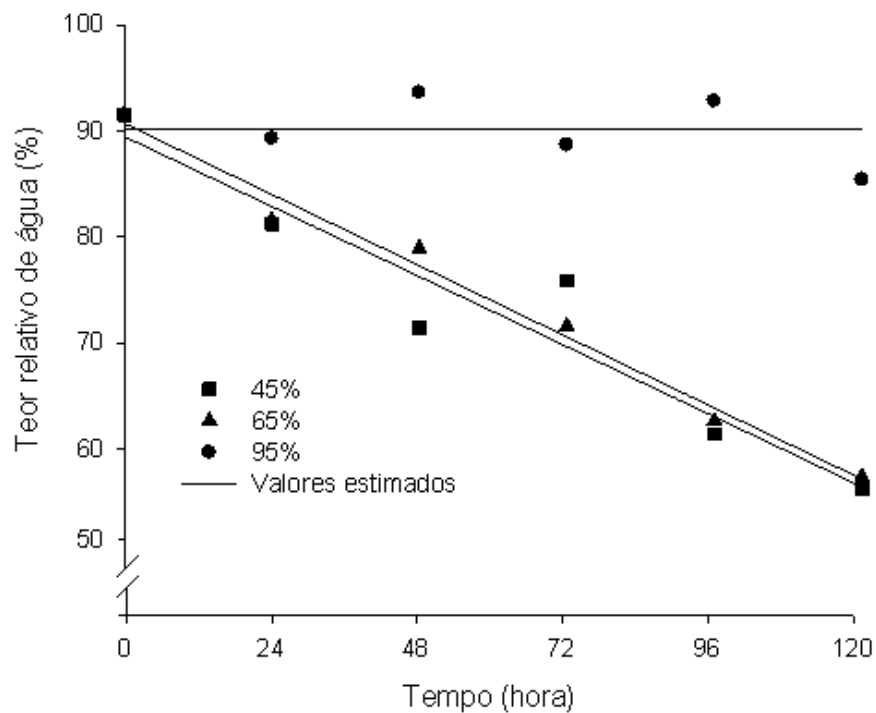


Figura 16 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

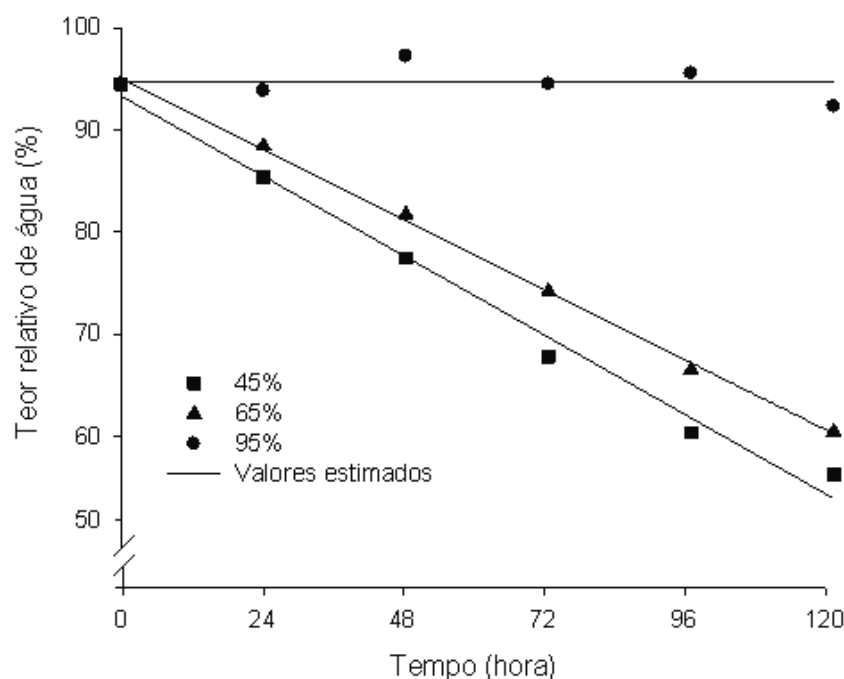


Figura 17 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

Os resultados evidenciam que a umidade relativa alta atuou favoravelmente na prevenção da perda de água das três classes de cenouras, em comparação com aquelas mantidas nas umidades relativas baixa e intermediária.

A eficiência do armazenamento em alta umidade relativa pode ser também verificada pela obtenção de maiores teores relativos de água pela preservação da turgescência das raízes em relação às mantidas à baixa umidade relativa. Esses resultados concordam com observações feitas por Van Den Berg e Lentz (1973), Scheer (1994) e Shibairo et al. (1998).

#### 5.2.4. Cor

Como se pode observar na Figura 18, houve mudança visual na coloração das três classes de cenouras estudadas ao longo do armazenamento.



Figura 18 – Variação na mudança de coloração das superfícies do tecido das cenouras armazenadas por seis dias a 10 °C, na condição de umidades relativas baixa (UB), intermediária (UI) e alta (UA).

Os resultados da diferença ( $\Delta E$ ) de cor obtidos objetivamente por colorimetria, a partir das três coordenadas ( $L$ ,  $a$  e  $b$ ), são mostrados no Quadro 10.

No Quadro 11, apresentam-se as classificações de alteração de cor, baseadas nos valores de  $\Delta E$ . A partir dessas classificações, pode-se afirmar que um produto vegetal apresentou ou não alteração significativa de cor pelo valor de  $\Delta E$ .

Quadro 10 – Valores da diferença total de cor ( $\Delta E$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 10 °C e a umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			4,14a	3,86a	2,36a	7,64a	8,24a	2,81a
Média	0,00			2,59a	2,50a	2,03a	6,41a	7,33a	2,78a
Longa	0,00			3,14a	2,30a	1,85a	7,26a	8,04a	3,24a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	7,94a	5,24a	3,25a	7,52a	11,05a	3,47a	10,20a	10,65a	6,54a
Média	4,67b	4,68a	3,10a	4,30b	5,21b	3,37a	6,82b	6,81b	5,99a
Longa	4,75b	3,64a	3,05a	5,58ab	6,94b	3,12a	9,63ab	9,34ab	5,68a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 11 – Classificação da visibilidade da diferença total de cor com base nos valores de  $\Delta E$

Diferença Total de Cor ( $\Delta E$ )	Classificação da Alteração de Cor
$\Delta E$ entre 0 e 1	Alteração não é normalmente visível
$\Delta E$ entre 1 e 2	Pequena alteração, somente visível para olhos treinados
$\Delta E$ entre 2 e 3.5	Alteração média, visível para olhos não-treinados
$\Delta E$ entre 3.5 e 5	Alteração significativa
$\Delta E$ acima de 5	Alteração óbvia

Fonte: HEIDELBERG DRUCKMASCHINEN AG, 2006.

Esses resultados indicaram que houve efeito da classe, condições e tempo de armazenamento na evolução da perda de cor nas três classes de cenouras avaliadas. A descoloração do tecido pode estar diretamente relacionada com a perda de água.

Devido à elevada perda de água ser atribuída à maior relação superfície-volume das cenouras da classe curta, esta classe foi a que apresentou maior alteração de cor original ao longo do armazenamento. Como se pode constatar no Quadro 9, esses valores indicam alteração óbvia da cor.

De acordo com o Quadro 11, a partir dos valores de  $\Delta E$  obtidos no Quadro 10 nota-se que as três classes de raízes mantidas na condição de umidade relativa alta tiveram menor alteração original de cor quando comparadas com as raízes mantidas em umidades relativas baixa e intermediária.

A perda da coloração original das raízes de classes curta, média e longa, mantidas em umidades relativas baixa e intermediária, ocorreu no intervalo do tempo de armazenamento de 0 a 48 h. Esse resultado concorda com os de Martin-Diana et al. (2006), que, estudando a “vida de prateleira” de cenouras, constataram que a coloração escura dos tecidos ocorreu a partir do terceiro dia de armazenamento a 4 °C.

No Quadro 12, apresentam-se as equações ajustadas da variável cor, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas. O ajuste linear foi significativo para todas as classes e umidades relativas, com exceção da classe média nas umidades relativas de 45 e 65%. A classe curta apresentou a maior taxa de variação a cada hora de armazenamento, devido à maior alteração da cor. A classe longa de cenouras teve a menor taxa de variação por apresentar a menor alteração da cor. As três classes de cenouras em umidade relativa de 95% apresentaram as menores taxas de variação relacionadas à preservação da cor.

Quadro 12 – Equações ajustadas da variável cor em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$C\hat{O}R = 1,8514 + 0,0731^* t$	77,89
	65%	$C\hat{O}R = 1,3767 + 0,0855^* t$	75,38
	95%	$C\hat{O}R = 0,4667 + 0,0434^{**} t$	81,84
Média	45%	$C\hat{O}R = 4,1321$	-
	65%	$C\hat{O}R = 4,4221$	-
	95%	$C\hat{O}R = 0,4208 + 0,0408^* t$	85,58
Longa	45%	$C\hat{O}R = 1,2771 + 0,0630^* t$	65,44
	65%	$C\hat{O}R = 1,0276 + 0,0669^* t$	60,56
	95%	$C\hat{O}R = 0,5362 + 0,0381^{**} t$	80,27

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$C\hat{O}R$  = diferença total de cor;

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

A sua representação, juntamente com os dados observados, são mostrados nas Figuras 19, 20 e 21, e os valores da diferença total da cor nas 48 h do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas nas umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 10,62; 11,63; e 10,72. Nas raízes de classes médias, esses valores foram de 4,13; 4,42; e 5,31. Nas raízes de classe longa, esses valores foram de 8,83; 9,05; e 5,10.

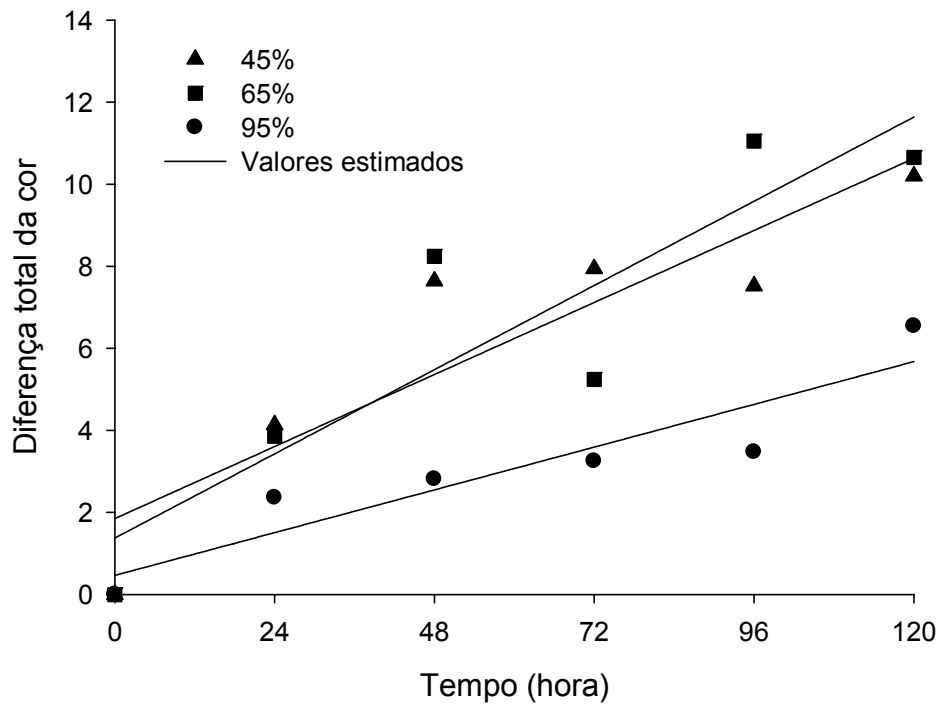


Figura 19 – Estimativa de cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

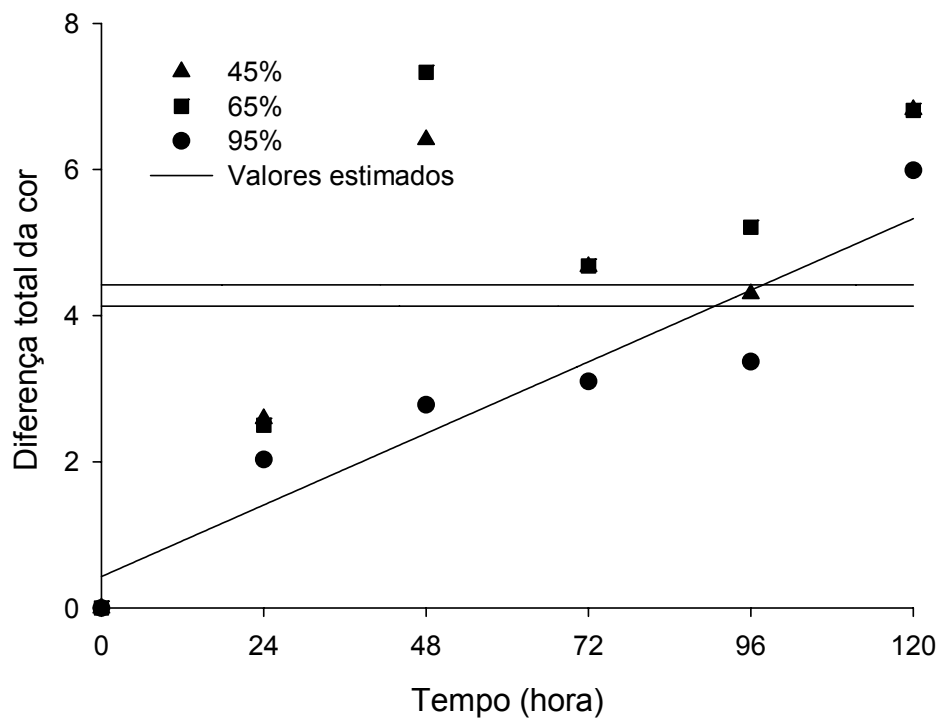


Figura 20 – Estimativa de cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

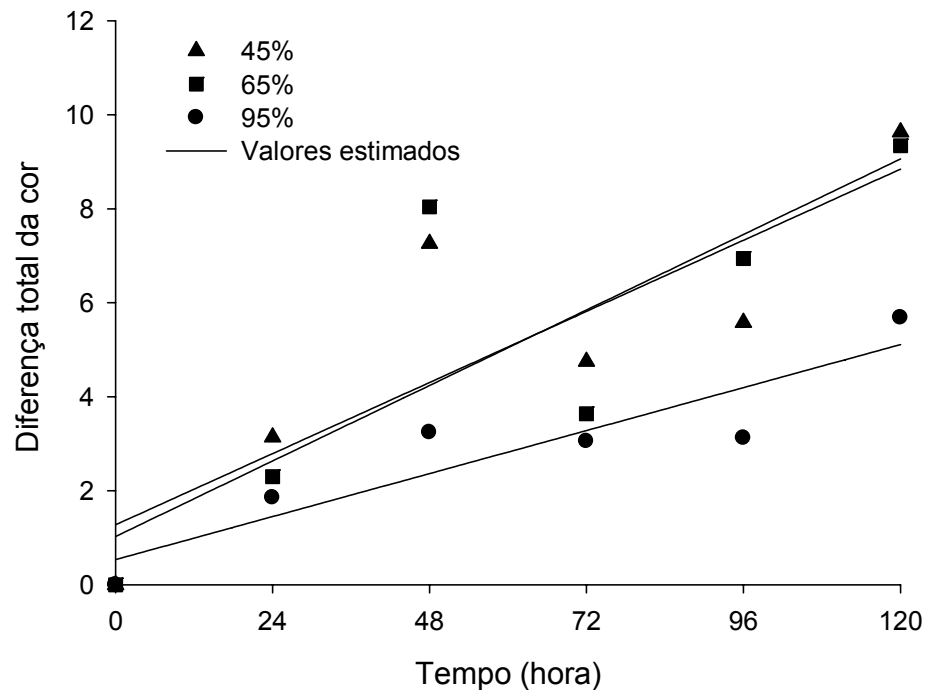


Figura 21 – Estimativa de cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

### 5.2.5. Textura

Os resultados da evolução da força máxima de penetração podem ser observados no Quadro 13. Nota-se, nesse quadro, que, ao longo do período experimental de avaliação, as diferenças de força máxima de penetração são significativas em relação às classes de cenouras, com exceção do tempo de 120 h. Nota-se ainda que, no decorrer do tempo de armazenamento, os valores de força máxima de penetração das cenouras da classe curta se mantiveram inferiores àqueles das demais classes. De acordo com esse resultado, também observado por Calbo et al. (1995), presume-se que, com a perda de água elevada nessa classe de cenouras, a firmeza das raízes ao longo do período observado diminuiu.

Esses resultados evidenciaram que a perda rápida de firmeza e o aparecimento de manchas e enrugamento foram influenciados pelo tamanho e, conseqüentemente, pela relação superfície-volume das cenouras da classe curta. Esse sintoma foi também relatado por Ribeiro (2003), em que a perda da matéria fresca nas raízes de mandioquinha-salsa armazenadas a 5 °C, sem filme de PVC, a partir da segunda semana prejudicou a aparência comercial, pois a desidratação promoveu a perda de firmeza.

Quadro 13 – Médias dos valores da força máxima de penetração (N) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas a 10 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	279,88b	270,87b	287,58b	310,26b	287,01b	299,38b	337,38a	293,09c	301,48b
Média	356,94a	373,47a	357,30a	369,09a	389,61a	380,75a	386,31a	397,96a	365,11ab
Longa	295,27b	313,09ab	337,85ab	345,88ab	331,81a	327,04b	349,33ab	346,08a	344,95ab
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	343,52ab	294,60b	305,80b	345,91b	334,80a	357,18a	350,65a	360,38a	350,65a
Média	392,09a	346,37ab	383,34a	404,73a	401,34a	423,20a	466,81a	457,92a	424,26a
Longa	358,76a	352,53a	378,01a	383,24a	378,59b	379,16a	435,19a	392,58a	395,33a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Pode-se observar que os valores finais da força máxima das três classes de cenouras aumentaram ao longo do tempo de armazenamento. As cenouras das classes média e longa proporcionaram maior resistência à força máxima de penetração, pois se encontravam mais elásticas devido ao aumento da perda de água no período observado.

Esse resultado pode ser explicado no decorrer do armazenamento pelo enrugamento do tecido das raízes, tornando-as mais elásticas e resultando um tecido mais difícil de ser penetrado. Tal enrugamento é decorrente da desidratação causada pela perda de água pós-colheita da cenoura durante o armazenamento e a comercialização, sintoma relatado por Hidalgo et al. (1996), citados por Artés e Artés (2003), e Lurie e Crisosto (2005).

As três classes de cenouras armazenadas à umidade relativa alta preservaram a textura em todo o período observado.

Dieckmann et al. (1993) relataram que a manutenção pós-colheita da textura de cenouras (firmeza e crocância) foi prolongada quando estas foram mantidas em gôndolas sob resfriamento evaporativo.

Observou-se relação significativa da textura nas três classes de cenouras estudadas.

No Quadro 14, apresentam-se as equações ajustadas da variável força máxima de penetração, em função do tempo de armazenamento, nas diferentes classes e umidades relativas, e a sua representação gráfica, juntamente com os dados observados, é mostrado nas Figuras 22, 23 e 24.

Quadro 14 – Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento e das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$F\hat{O}R = 294,5805 + 0,5559^* t$	75,79
	65%	$F\hat{O}R = 264,4752 + 0,7053^{**} t$	85,45
	95%	$F\hat{O}R = 281,7954 + 0,5870^* t$	76,22
Média	45%	$F\hat{O}R = 348,7051 + 0,7882^* t$	80,07
	65%	$F\hat{O}R = 348,0371 + 0,7735^{**} t$	87,64
	95%	$F\hat{O}R = 354,6805 + 0,5719^* t$	75,79
Longa	45%	$F\hat{O}R = 302,6276 + 0,9775^* t$	83,49
	65%	$F\hat{O}R = 313,5724 + 0,6479^{**} t$	97,73
	95%	$F\hat{O}R = 326,3314 + 0,5676^{**} t$	83,49

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$F\hat{O}R$  = força de penetração (N);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

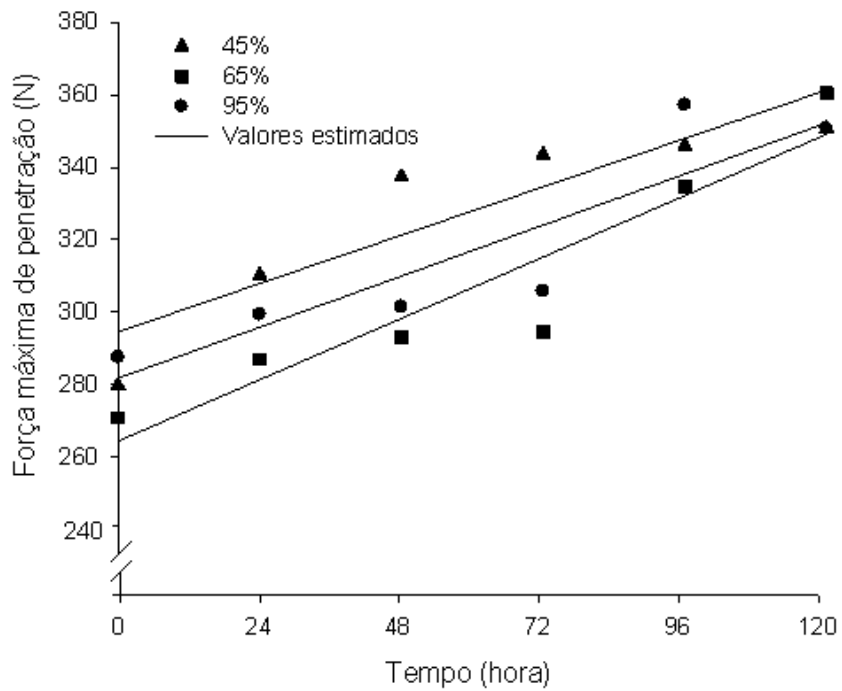


Figura 22 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

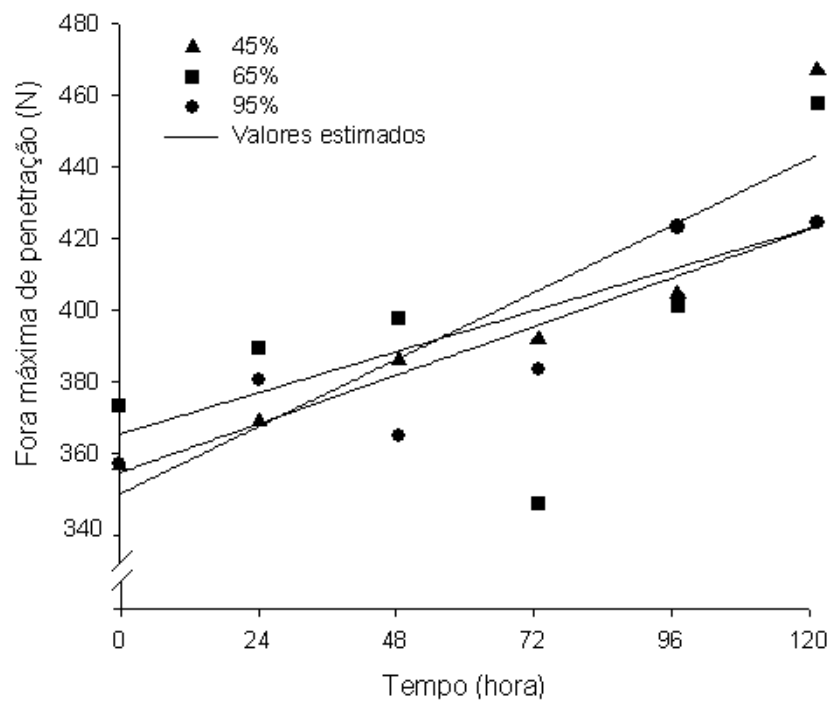


Figura 23 – Estimativa da força de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

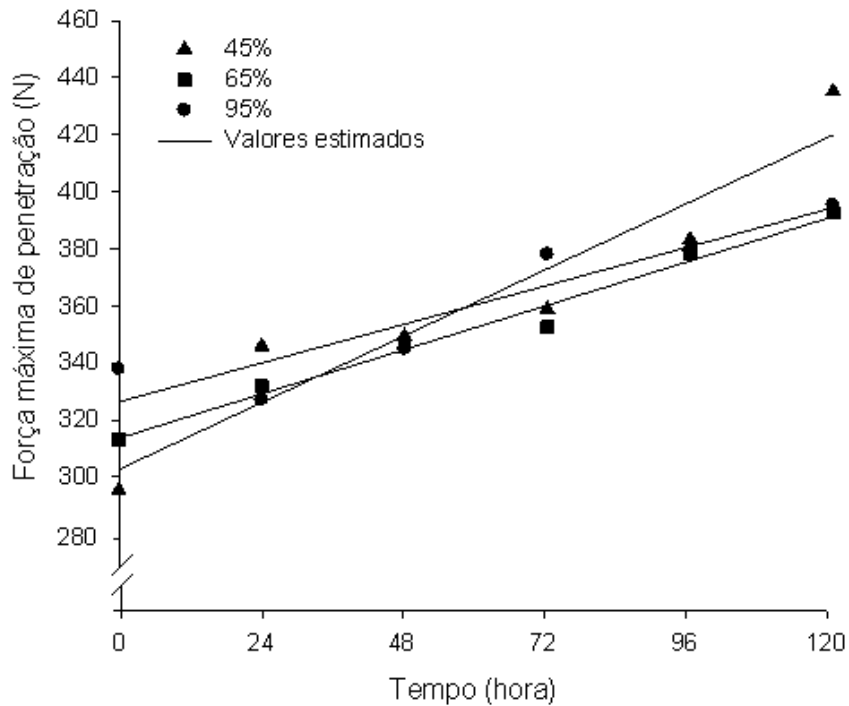


Figura 24 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

O ajuste linear foi significativo em todas as classes e umidades relativas. As classes de cenouras média e longa apresentaram a maior taxa de variação em função do tempo de armazenamento relacionado à maior resistência à força máxima de penetração provocado pelo enrugamento do tecido, em decorrência do aumento da perda de água pós-colheita. Nas três classes de cenouras à umidade relativa de 95%, houve a menor taxa de variação relacionada à menor resistência à força máxima de penetração e à conseqüente redução na perda de água no período observado.

### 5.2.6. Condutividade elétrica

Foi registrado um aumento linear de aproximadamente 43,7% na porcentagem da condutividade elétrica nas cenouras da classe curta, em umidade relativa baixa ao longo de todo o período observado, sendo esse valor considerado alto, em comparação com aquele da classe longa, que foi de aproximadamente 22,5% (Quadro 15). Esse resultado é atribuído à deterioração das paredes celulares ocasionada pela elevada perda de água das raízes (SEREK et al., 1995).

Quadro 15 – Médias dos valores da condutividade elétrica, em porcentagem, das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 10 °C e em umidades relativas baixa de 45%, intermediária de 65% e alta de 95%, durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	20,42a	20,42a	20,42a	24,18a	21,22a	17,75a	33,50a	29,94a	19,56a
Média	20,55a	20,55a	20,55a	24,52a	19,05a	17,71a	21,34b	14,91b	16,18a
Longa	20,63a	20,63a	20,63a	27,06a	18,48a	18,86a	26,37b	25,49a	17,49a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	40,99a	21,37a	16,66a	57,87a	24,87a	26,24a	64,08a	60,64a	24,48a
Média	37,05a	21,03a	19,12a	35,98b	23,01a	27,28a	58,18a	53,57b	25,56a
Longa	24,67b	23,96a	17,70a	25,74c	19,07a	26,19a	43,16b	55,30b	29,49a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Situação semelhante foi observada nas cenouras de classe curta sob umidade relativa intermediária, que obtiveram aumento de 37,6%. Nas raízes da classe curta mantidas em umidade relativa alta, esse aumento foi de 22,05%.

As cenouras de classe curta destacaram-se das demais classes, pois apresentaram, ao longo do armazenamento, perdas de água mais elevadas, como mostrado no Quadro 4.

Segundo Whitlow et al. (1992), os objetivos deste trabalho foram estudar a condutividade elétrica e avaliar a injúria, presumidamente nas membranas, causada pelo estresse ambiental. Portanto, a condutividade elétrica das cenouras de classes curta, média e longa estudadas evidenciaram que, independentemente das classes e das umidades relativas, houve aumento de extravasamento de eletrólitos ao longo do tempo de armazenamento.

No Quadro 16, apresentam-se as equações ajustadas da variável condutividade elétrica, em função do tempo de armazenamento das diferentes classes e umidades relativas.

Quadro 16 – Equações ajustadas da variável condutividade elétrica, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$C\hat{O}N = 16,8262 + 0,3891^{**} t$	96,06
	65%	$C\hat{O}N = 29,7433$	—
	95%	$C\hat{O}N = 20,8517$	—
Média	45%	$C\hat{O}N = 15,9195 + 0,2836^{*} t$	74,16
	65%	$C\hat{O}N = 27,1555$	—
	95%	$C\hat{O}N = 21,7266$	—
Longa	45%	$C\hat{O}N = 32,9366$	—
	65%	$C\hat{O}N = 25,3533$	—
	95%	$C\hat{O}N = 19,8244$	—

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$C\hat{O}N$  = condutividade elétrica (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

O ajuste linear foi significativo somente nas classes curta e média à umidade relativa de 45%. A classe de cenouras curta apresentou a maior taxa de variação em função do tempo de armazenamento, em relação às demais classes devido à maior RSV, resultado esse que pode ser explicado pela acentuada perda de água pós-colheita.

Observou-se que a condutividade elétrica aumentou quando mantida à umidade relativa baixa durante o armazenamento. Notou-se que a umidade relativa alta não apresentou o efeito significativo do tempo. Os sintomas visuais de injúrias causadas pelas diferentes umidades relativas nas suas condições de armazenamento podem ser observados na Figura 18.

A condutividade elétrica e a permeabilidade da membrana são fatores importantes que determinam a perda de água. Shibairo et al. (2002) concluíram que a elevada perda de água em cultivares de cenoura armazenadas em umidades relativas de 79 e 31% foi associada à progressiva injúria na integridade da membrana e ao rápido aumento da condutividade elétrica.

A condutividade elétrica das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas à condição de umidades relativas baixa e intermediária em função do tempo de armazenamento pode ser visualizada nas Figuras 25, 26 e 27, respectivamente.

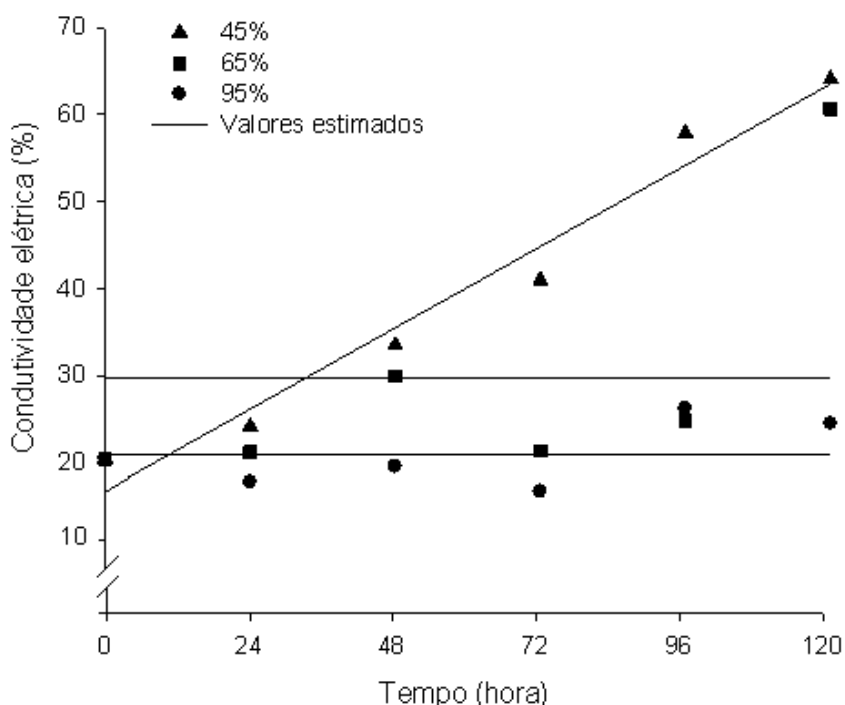


Figura 25 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

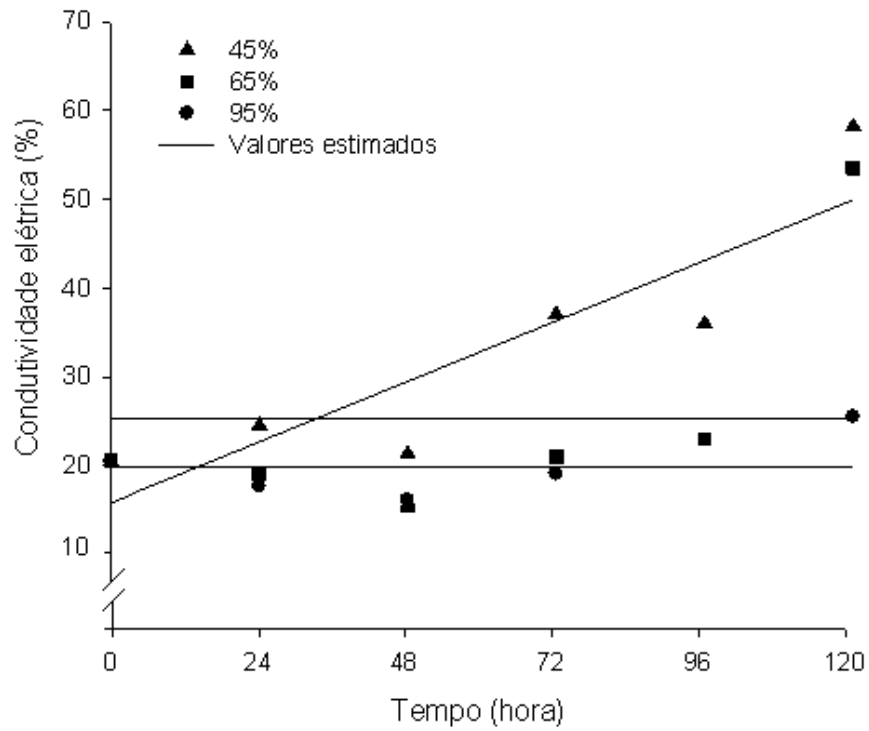


Figura 26 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

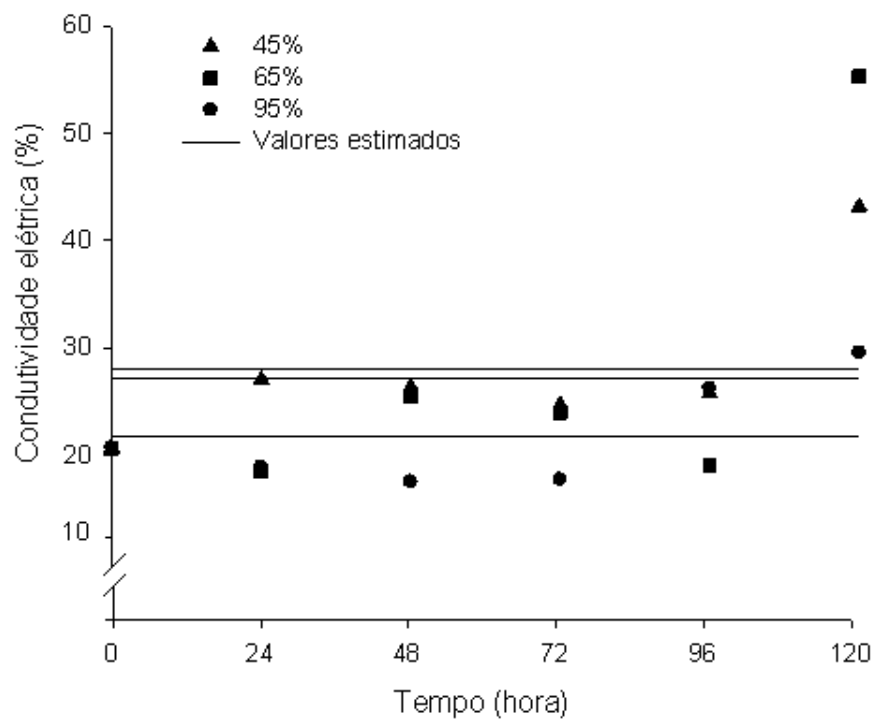


Figura 27 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

### 5.3. Armazenamento a 20 °C

#### 5.3.1. Perda de água

Como se observa no Quadro 17, a classe curta de cenouras com maior RSV mantidas em umidade relativa baixa de 45% e intermediária de 65% apresentou maiores valores de perda de água, em comparação com as demais classes.

Quadro 17 – Valores médios da perda de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas a temperaturas de 20 °C e umidade relativa baixa de 45%, intermediária de 65% e alta de 95%, durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			18,54a	23,55a	1,13a	33,64a	46,96a	1,21a
Média	0,00			16,75a	15,95b	1,19a	27,13a	30,82b	0,60a
Longa	0,00			11,34b	16,43b	0,48a	24,99b	27,36b	0,58a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	48,28a	62,53a	1,64a	68,04a	64,62a	1,48a	71,23a	67,63a	2,25a
Média	40,69b	51,82b	0,85a	59,17a	62,38a	1,39a	68,00a	70,81a	1,35a
Longa	35,04c	36,12c	0,58a	49,07c	49,18b	0,86a	54,82b	54,09b	1,09a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 18, apresentam-se equações ajustadas da variável perda de água, em função do tempo de armazenamento das diferentes classes e umidades relativas, cujo ajuste está representado nas Figuras 28, 29 e 30, respectivamente.

Quadro 18 – Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$P\hat{E}R = 0,6507^{**} t$	97,60
	65%	$P\hat{E}R = 0,6831^{**} t$	82,74
	95%	$P\hat{E}R = 0,0194^{**} t$	73,68
Média	45%	$P\hat{E}R = 0,5832^{**} t$	99,28
	65%	$P\hat{E}R = 0,6338^{**} t$	98,21
	95%	$P\hat{E}R = 0,0131^{*} t$	41,02
Longa	45%	$P\hat{E}R = 0,4824^{**} t$	99,10
	65%	$P\hat{E}R = 0,4899^{**} t$	96,91
	95%	$P\hat{E}R = 0,0093^{**} t$	86,30

\*\* Significativo em nível de 1%, pelo teste de Tukey.

em que:

$P\hat{E}R$  = perda de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

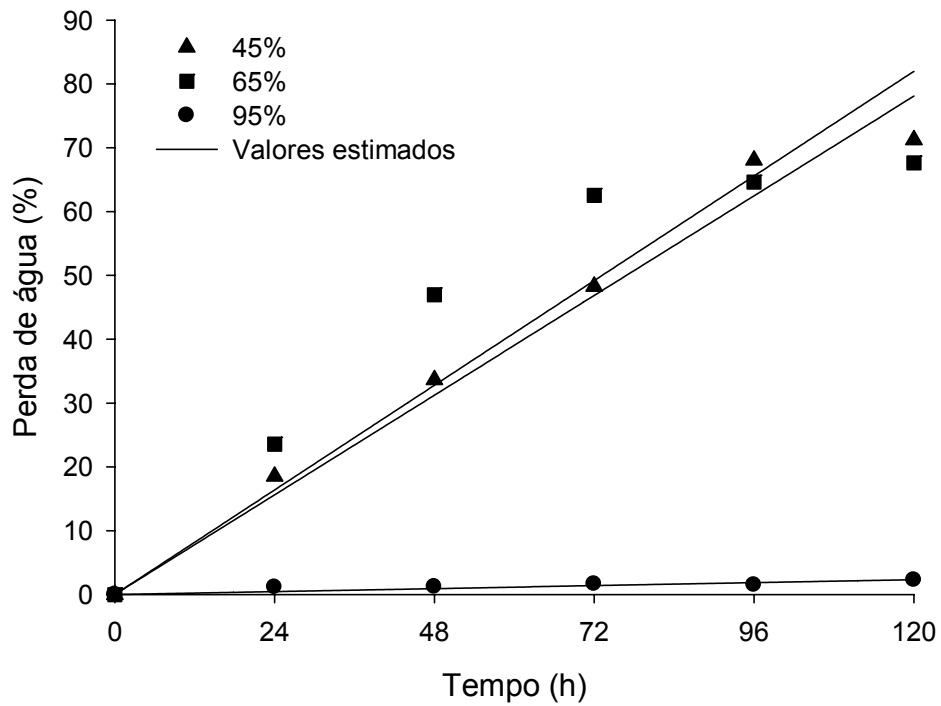


Figura 28 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

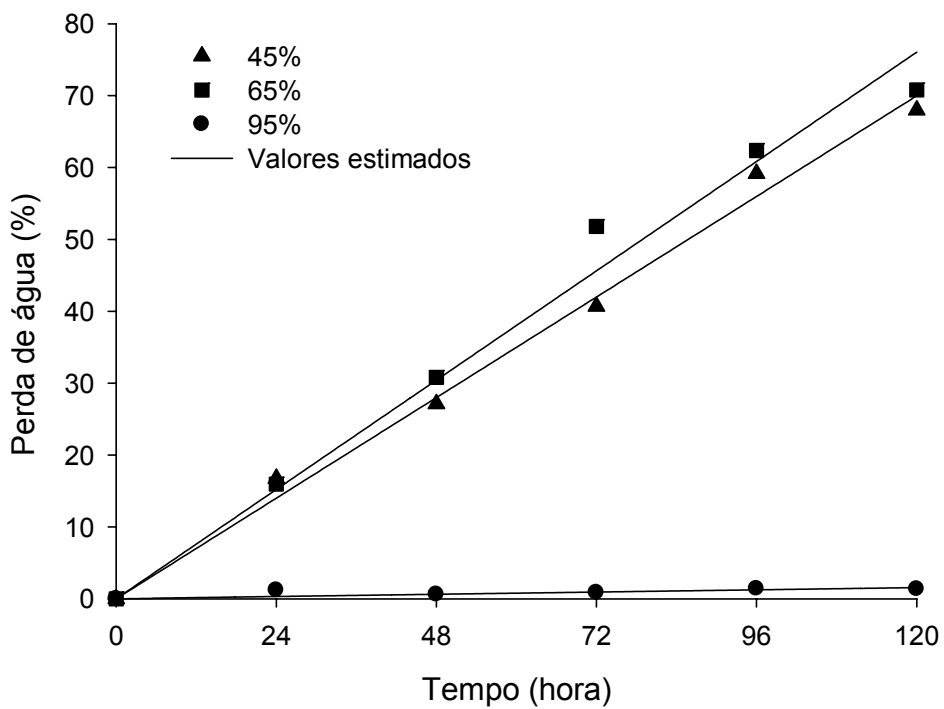


Figura 29 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

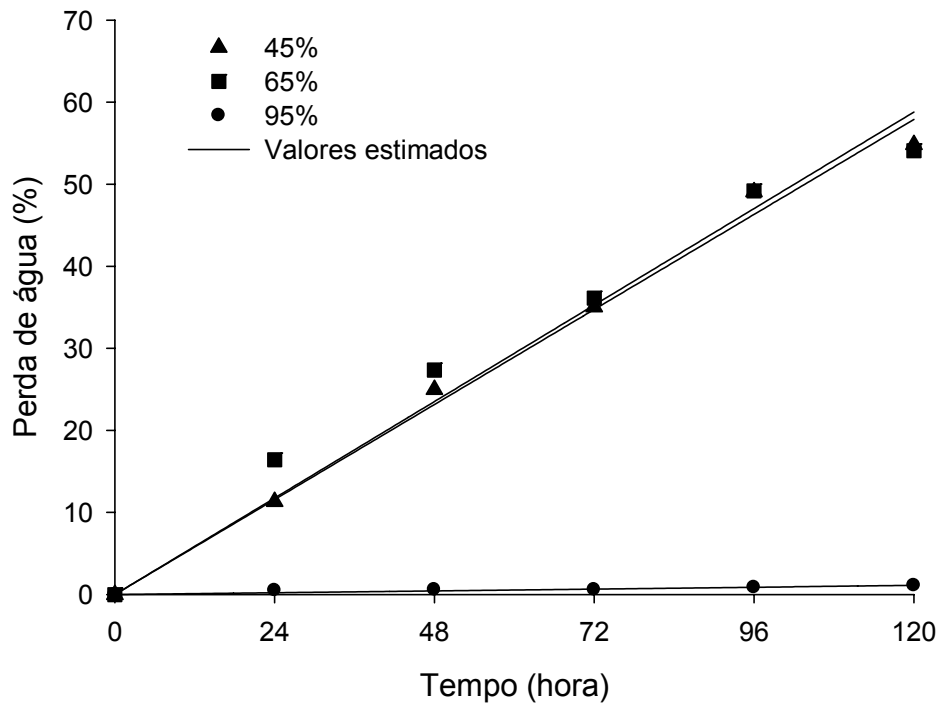


Figura 30 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

O ajuste linear foi significativo em todas as classes e umidades relativas. A classe curta apresentou a maior taxa de variação a cada hora de armazenamento atribuído à maior RSV, e a classe longa de cenouras teve a menor taxa de variação relacionada à menor RSV e à conseqüente redução na perda de água. As três classes de cenouras apresentaram as menores taxas de variação à umidade relativa de 95%, resultado esse que pode ser explicado pelo menor gradiente de pressão de vapor entre a raiz e o ambiente, permitindo atingir o equilíbrio higroscópico mais rápido.

Na umidade relativa alta, não houve diferença significativa entre as classes avaliadas em todos os tempos.

Os valores da perda de água ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 78,08; 81,97; e 2,30%. Nas cenouras de classe média, esses valores foram de 69,98; 82,05; e 1,57%. As cenouras de classe longa obtiveram valores de 57,88; 58,78; e 1,11%.

### 5.3.2. Coeficiente de transpiração

No Quadro 19, pode-se constatar o aumento nos valores do coeficiente de transpiração das raízes de classe curta, sendo esses valores mais elevados nos primeiros dias de conservação das três classes de cenouras e umidades relativas avaliadas.

Quadro 19 – Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curtas	0,00			2040,35a	3331,05a	1125,95a	1850,48a	3321,05a	600,18a
Médias	0,00			1843,37a	1755,67c	131,83c	1375,02b	2180,00b	299,41a
Longas	0,00			1248,22b	2323,82b	476,89b	1492,75b	1935,40b	290,10a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curtas	1770,37a	2948,16a	544,32a	1871,20a	2285,06a	368,28a	1469,16a	1913,24a	447,25a
Médias	1492,06ab	2443,21b	282,58ab	1699,95a	2205,82a	345,76a	1567,27a	2003,19a	268,24a
Longas	1284,88b	1703,01c	192,26b	1349,63b	1739,04b	214,91a	1206,24b	1530,05b	216,85a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios do coeficiente de transpiração de todos os tratamentos foram de  $1.560,55 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ , maior que o valor médio de  $1.207,00 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ , mas dentro do intervalo de  $106 - 3.250 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$  encontrado por Thompson et al. (2002), citado por Almeida et al. (2005).

No Quadro 20, apresentam-se as equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de

armazenamento, nas respectivas classes e umidades relativas. O ajuste obtido pelo modelo linear foi significativo somente para a classe média na umidade relativa de 95%; essa classe apresentou taxa de variação de 2,34 ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ), a cada hora de armazenamento.

Quadro 20 – Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ), em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	$r^2$ (%)
Curta	45%	$\hat{KTE} = 1800,3120$	-
	65%	$\hat{KTE} = 2725,7120$	-
	95%	$\hat{KTE} = 617,1960$	-
Média	45%	$\hat{KTE} = 1329,6116$	-
	65%	$\hat{KTE} = 1764,6483$	-
	95%	$\hat{KTE} = 80,8633 + 2,3407^* t$	56,67
Longa	45%	$\hat{KTE} = 1096,9533$	-
	65%	$\hat{KTE} = 1538,3533$	-
	95%	$\hat{KTE} = 231,8350$	-

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$\hat{KTE}$  = coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ );

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo (hora).

O efeito do coeficiente de transpiração nas classes curta, média e longa de cenouras armazenadas a diferentes umidades relativas em função do tempo de armazenamento pode ser visualizado nas Figuras 31, 32 e 33, respectivamente.

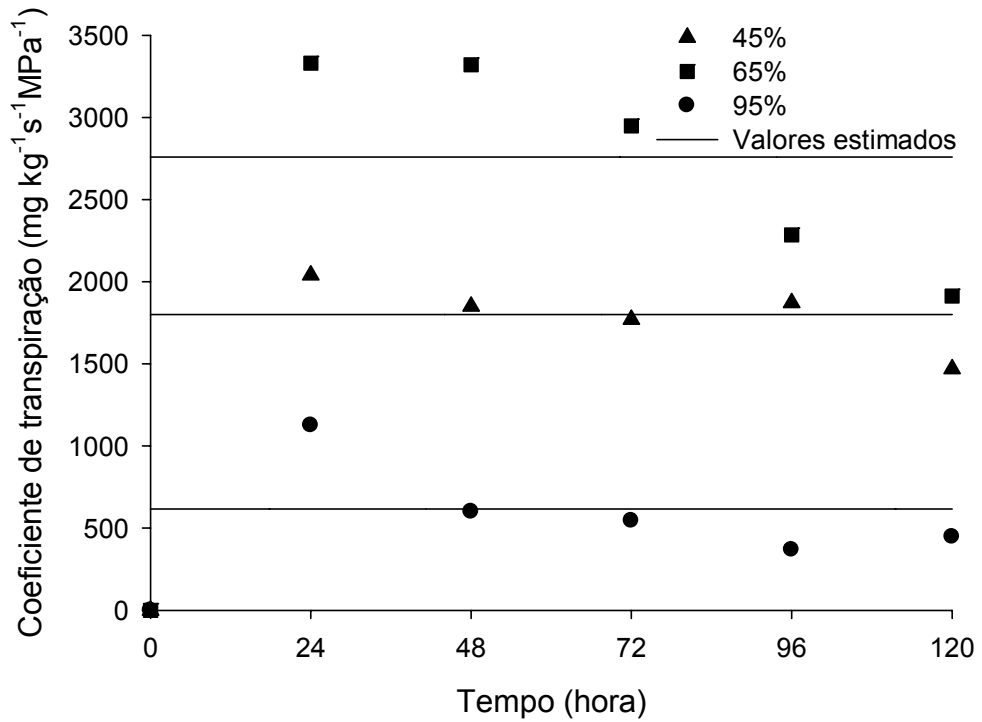


Figura 31 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

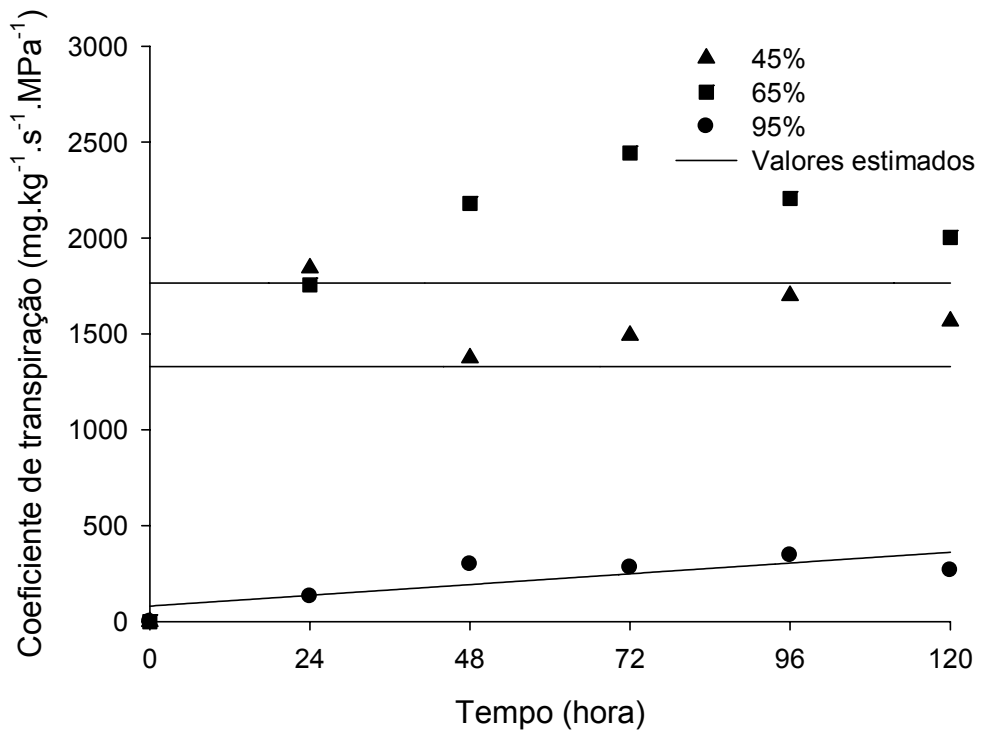


Figura 32 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

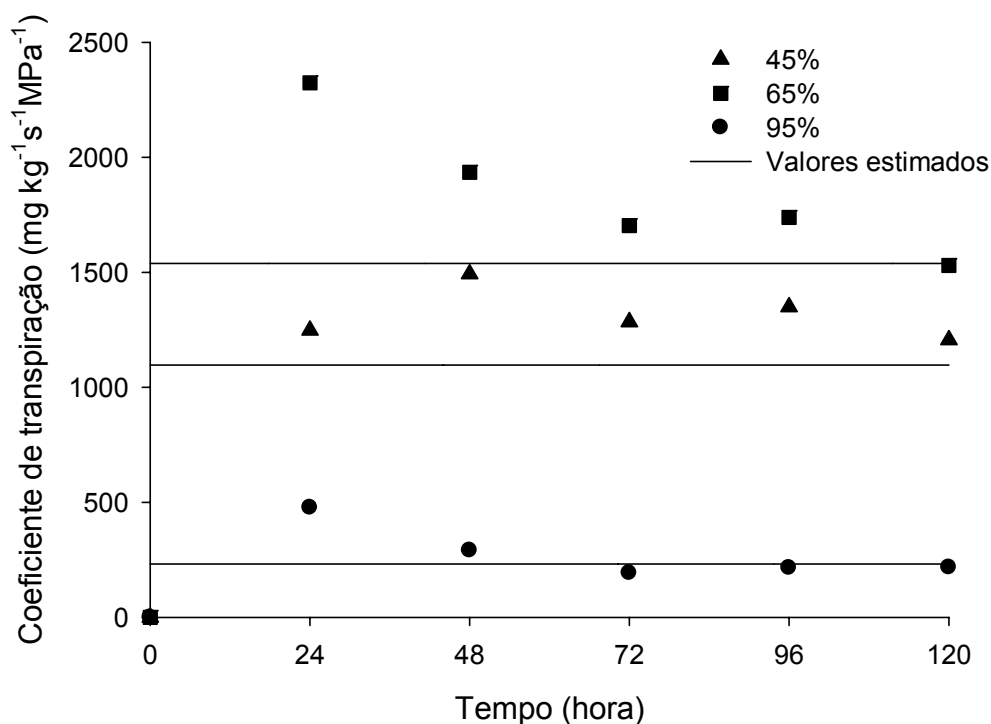


Figura 33 – Estimativa do coeficiente de transpiração (mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

Os valores do coeficiente de transpiração ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas nas umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 1.800,31; 2.725,71; e 617,79 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>. Nas cenouras médias, esses valores foram de 1.329,61; 1.764,64; e 314,09 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>. Já as cenouras longas obtiveram valores de 1.986,95; 1.538,35; e 231,83 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>.

### 5.3.3. Teor relativo de água

No Quadro 21, apresentam-se os valores médios do teor relativo de água das três classes das cenouras mantidas nas umidades relativas baixa, intermediária e alta durante o período de armazenamento.

Os resultados indicaram que as raízes de classe curta apresentaram menores valores do teor relativo de água na maioria dos períodos e umidades relativas.

Quadro 21 – Valores médios do teor relativo de água TRA (%) de cenouras de classes curtas, médias e longas armazenadas à temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante um tempo (T)

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	90,44			74,28a	77,82b	89,94a	61,50b	53,84b	88,05b
Média	90,80			76,84a	67,67c	91,68a	69,41a	66,82a	93,37ab
Longa	92,11			80,35a	92,81a	94,25a	69,50a	68,55a	95,27a
Classe	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	50,46b	60,13a	95,87a	55,47a	48,30b	98,49a	47,99a	52,80a	95,88a
Média	62,30a	62,37a	93,58a	52,74a	55,43ab	98,06a	52,11a	51,08a	93,37a
Longa	66,45a	63,88a	93,75a	57,53a	58,77a	96,03a	52,44a	56,36a	95,88a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 22, apresentam-se as equações ajustadas da variável teor relativo de água, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas.

O modelo linear ajustado foi significativo para todas as classes e umidades relativas, à exceção da umidade relativa de 95%. A classe longa de cenouras apresentou a maior taxa de variação a cada hora de armazenamento relacionado à maior fibrosidade associada aos maiores teores relativos de água. A classe média de cenouras apresentou a menor taxa de variação em função do tempo de armazenamento, associada à menor fibrosidade e aos menores teores relativos de água.

Quadro 22 – Equações ajustadas da variável teor relativo de água, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$\hat{T}RA = 83,3367 - 0,3330^{**} t$	80,77
	65%	$\hat{T}RA = 83,2076 - 0,3220^{*} t$	69,65
	95%	$\hat{T}RA = 90,44$	—
Média	45%	$\hat{T}RA = 86,8567 - 0,3248^{**} t$	94,19
	65%	$\hat{T}RA = 82,8214 - 0,2854^{**} t$	81,33
	95%	$\hat{T}RA = 90,80$	—
Longa	45%	$\hat{T}RA = 89,0057 - 0,3213^{**} t$	96,28
	65%	$\hat{T}RA = 92,4757 - 0,3399^{**} t$	84,07
	95%	$\hat{T}RA = 92,92$	—

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$\hat{T}RA$  = teor relativo de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

O teor relativo de água nas classes curta, média e longa das cenouras armazenadas a diferentes umidades relativas, em função do tempo de armazenamento, pode ser visto nas Figuras 29, 30 e 31, respectivamente.

Os valores do teor relativo de água ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas às umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 43,37; 44,56; e 90,44%. Nas cenouras de classe média, esses valores foram de 47,88; 48,57; e 90,80%. As cenouras da classe longa obtiveram valores de 50,44; 51,68; e 92,92%.

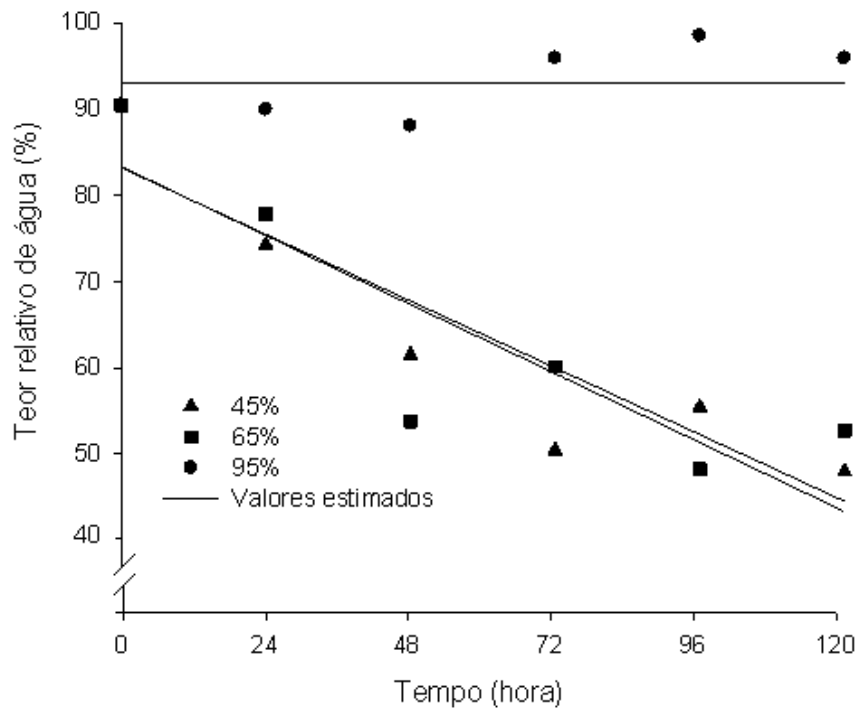


Figura 34 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

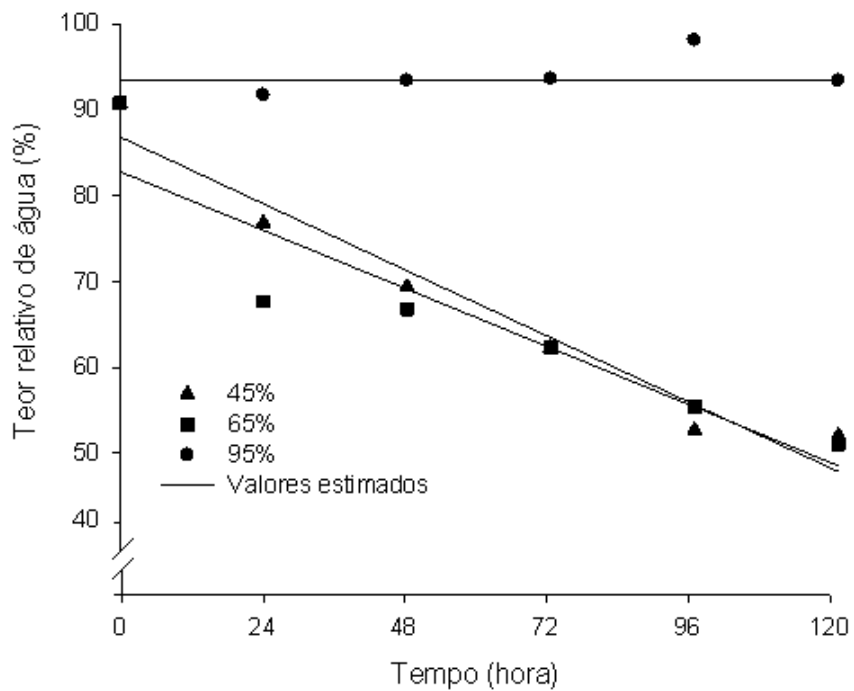


Figura 35 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

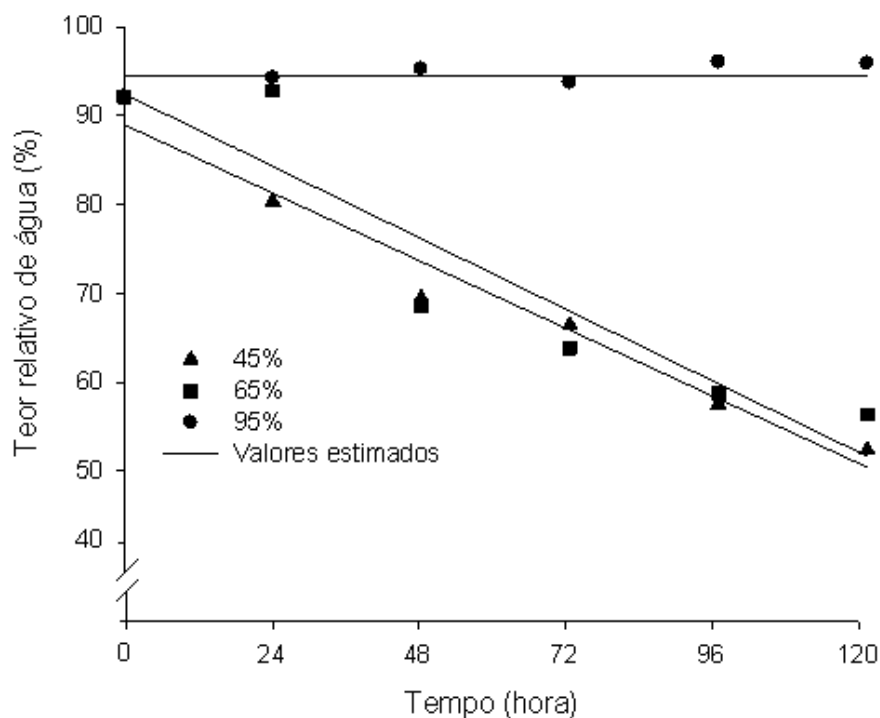


Figura 36 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

#### 5.3.4. Cor

Os resultados da diferença ( $\Delta E$ ) de cor, obtidos a partir das três coordenadas ( $L$ ,  $a$  e  $b$ ), podem ser vistos no Quadro 23. De acordo com o Quadro 10, esses valores indicam alteração de cor significativa nas cenouras da classe curta ao longo do armazenamento.

A perda da coloração original das raízes de classes curta, média e longa mantidas às umidades relativas de 45 e 65% ocorreu no intervalo do tempo de armazenamento de 0 a 48 h.

Conforme o Quadro 11, a partir dos valores de  $\Delta E$  obtidos no Quadro 23 nota-se que as três classes de raízes mantidas na condição de umidade relativa alta tiveram menor alteração original de cor quando comparadas com as raízes mantidas em umidades relativas de 45 e 65%.

Quadro 23 – Valores médios da diferença total de cor das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 20 °C e em umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante um tempo (T)

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00a	0,00a	0,00a	3,30a	2,91a	5,29a	4,27a	4,49a	3,07a
Média	0,00a	0,00a	0,00a	2,92a	3,37a	4,66a	2,74a	4,10a	3,00a
Longa	0,00a	0,00a	0,00a	2,94a	2,28a	4,17a	3,39a	4,86a	2,06a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	5,95a	5,78a	4,23a	11,91a	11,14a	3,22a	13,09a	13,16a b	1,93a
Média	5,20a	7,92a	1,92a	10,17a	9,32a	4,96a	14,82a	14,75a	3,75a
Longa	4,63a	8,88a	3,79a	5,92a	7,36a	6,90a	8,35a	9,82b	3,16a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 24, apresentam-se equações ajustadas da variável cor, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas.

O modelo linear ajustado foi significativo para as três classes às umidades relativas de 45 e 65%, com exceção da umidade relativa de 95%. As classes curta e média de cenouras apresentaram a maior taxa de variação a cada hora de armazenamento, resultado esse atribuído à maior alteração da cor relacionada com a elevada perda de água. A classe longa de cenouras apresentou a menor taxa de variação e a conseqüente manutenção da cor original da cenoura.

Quadro 24 – Equações ajustadas da variável cor, em função do tempo de armazenamento, das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$C\hat{O}R = -0,2200 + 0,1107^{**} t$	93,32
	65%	$C\hat{O}R = -0,3090 + 0,1093^{**} t$	95,15
	95%	$C\hat{O}R = 2,9566$	-
Média	45%	$C\hat{O}R = -1,0471 + 0,1170^{**} t$	88,60
	65%	$C\hat{O}R = -0,2390 + 0,1136^{**} t$	94,72
	95%	$C\hat{O}R = 3,0483$	-
Longa	45%	$C\hat{O}R = 0,4957 + 0,0618^{**} t$	94,64
	65%	$C\hat{O}R = 0,6505 + 0,0814^{**} t$	86,91
	95%	$C\hat{O}R = 3,3466$	-

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$C\hat{O}R$  = diferença total de cor;

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

A representação gráfica, juntamente com os valores da diferença ( $\Delta E$ ) de cor das cenouras curtas, médias e longas, é mostrada nas Figuras 37, 38 e 39, respectivamente.

Os valores da diferença ( $\Delta E$ ) de cor nas 48 h do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 5,09; 4,43; e 2,95. Nas raízes de classe média, esses valores foram de 4,56; 5,21; e 3,04. Na classe de raízes longa, esses valores foram de 3,21; 4,55; e 3,34.

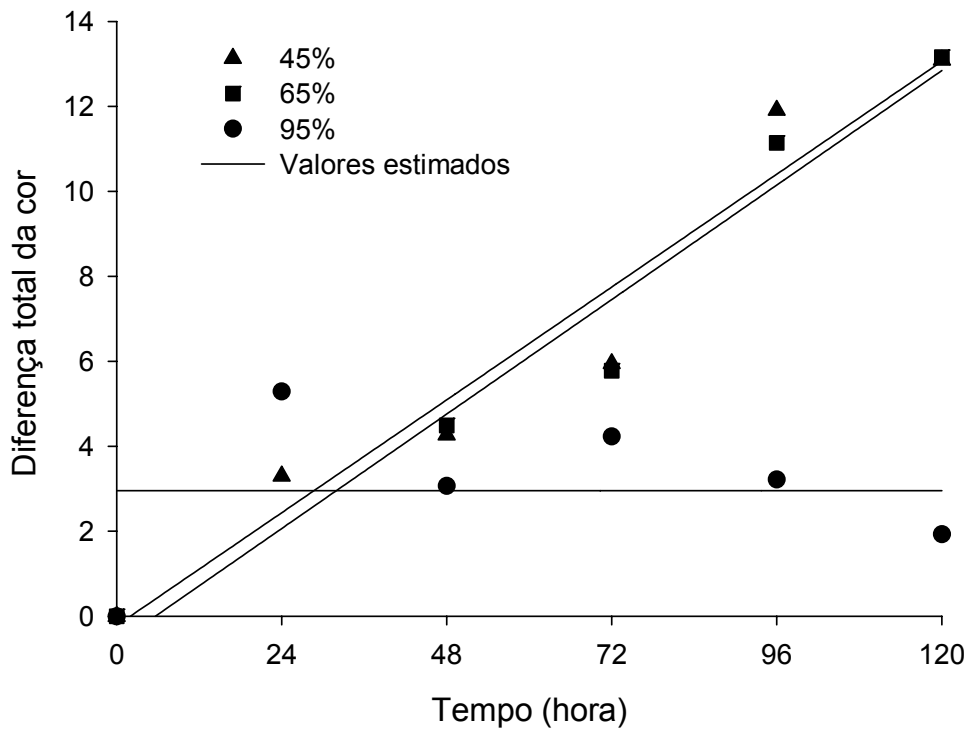


Figura 37 – Estimativa da cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

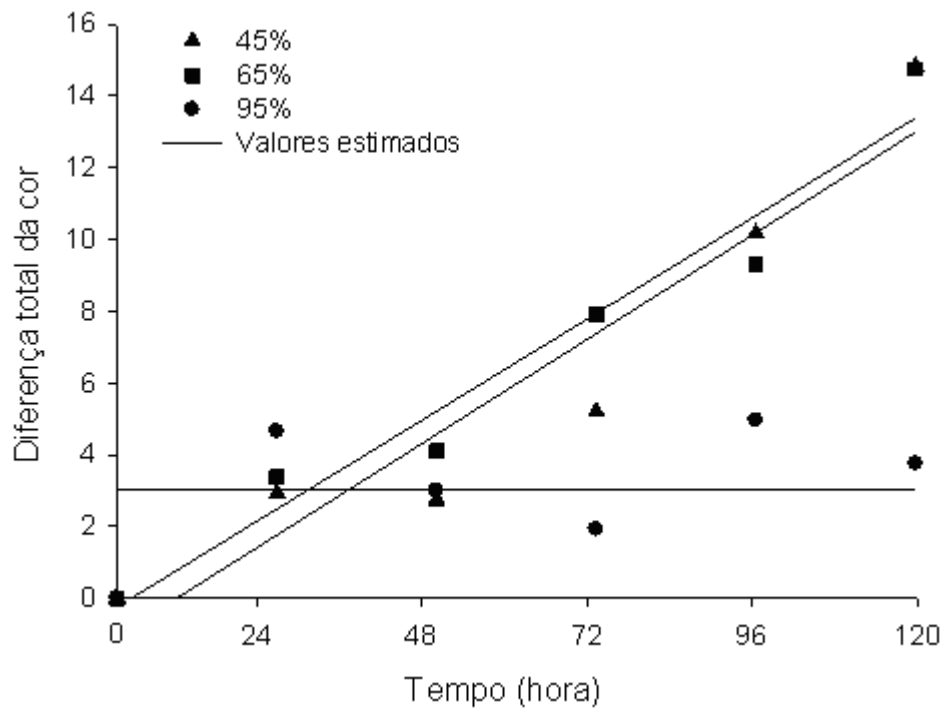


Figura 38 – Estimativa da cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

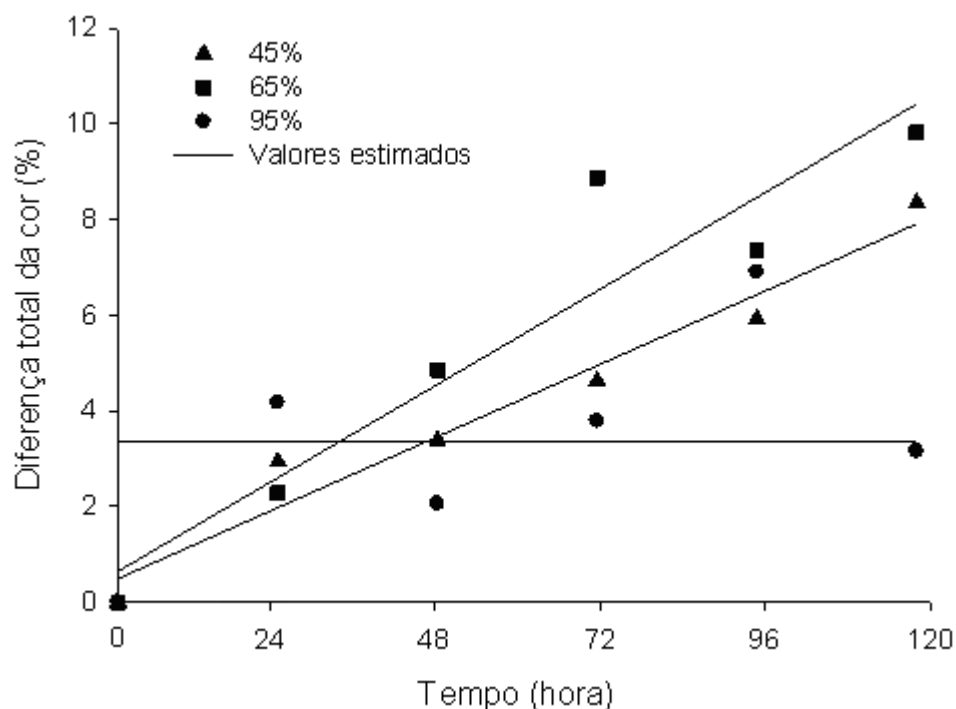


Figura 39 – Estimativa da cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

### 5.3.5. Textura

No Quadro 25, mostram-se os resultados da evolução da força máxima de penetração, em que se observa a evolução dessa característica nas cenouras das classes curta, média e longa durante o armazenamento na condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta.

Observou-se que ao longo do período experimental de avaliação as diferenças de força máxima de penetração foram significativas, em relação às classes das cenouras. Os valores dessa força das cenouras da classe curta se mantiveram inferiores àqueles das demais classes.

As cenouras das classes média e longa proporcionaram maior resistência à força máxima de penetração, devido à conseqüente perda de água no período observado.

Quadro 25 – Valores médios da textura (N) das cenouras das classes curta, média e longa armazenadas à temperatura de 20 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	280,29a	293,09a	268,56b	257,01b	285,11a	297,90a	265,42a	277,86a	239,90b
Média	323,99a	327,89a	326,44a	356,17a	332,02a	345,32a	326,54a	359,71a	330,71a
Longa	318,13a	299,59a	306,61ab	303,28ab	333,87a	346,10a	324,88a	375,13a	304,712a <sub>b</sub>
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	289,10b	266,69b	221,92b	348,69b	311,90b	282,92a	283,09b	304,74ab	223,63b
Média	377,84a	442,68a	317,35a	450,19a	455,31a	291,53a	497,22a	486,67a	350,82a
Longa	351,17ab	326,59a	300,39a	373,72b	372,65a	327,61a	452,71a	426,25a	277,31ab

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 26 são apresentadas as equações ajustadas da variável força máxima de penetração, em função dos diferentes tempos de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas.

O modelo linear ajustado não foi significativo para a classe curta em todas as umidades relativas, as classes média e longa foram significativas nas umidades relativas de 45 e 65%, com exceção da umidade relativa de 95%. A classe média apresentou a maior variação a cada hora de armazenamento quanto à maior resistência à força máxima de penetração, como consequência do enrugamento do tecido provocado pela acentuada perda de água. A classe longa teve a menor taxa de variação e esse resultado é explicado pela redução da perda de água.

Quadro 26 – Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento para as respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	FÔR = 287,2667	78,66
	65%	FÔR = 289,8963	91,46
	95%	FÔR = 255,8050	—
Média	45%	FÔR = 301,9790 + 1,4280 <sup>*</sup> t	83,49
	65%	FÔR = 311,6605 + 1,4842 <sup>*</sup> t	61,78
	95%	FÔR = 327,0283	—
Longa	45%	FÔR = 288,9452 + 1,0839 <sup>*</sup> t	83,49
	65%	FÔR = 305,6014 + 0,8346 <sup>*</sup> t	61,78
	95%	FÔR = 310,4553	—

\*\* Significativo a 1% pelo teste t.

\* Significativo a 5% pelo teste t.

em que:

FÔR = força de penetração (N);

UR = umidade relativa (%); e

T = tempo de armazenamento (hora).

Os valores da força máxima de penetração ao final do período de armazenamento das cenouras classes curta, média e longa armazenadas na condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta em função do tempo de armazenamento podem ser visualizados nas Figuras 40, 41 e 42, respectivamente. Nas as cenouras de classe curta mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta, esses valores foram de 287,26; 289,89; e 255,80 N, enquanto naquelas de classe média mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta, de 419,01; 405,75; e 327,02 N. Já nas cenouras de classe longa mantidas em umidades relativas baixa, intermediária e alta esses valores de força máxima de penetração foram de 419,01; 405,75; e 405,75 N.

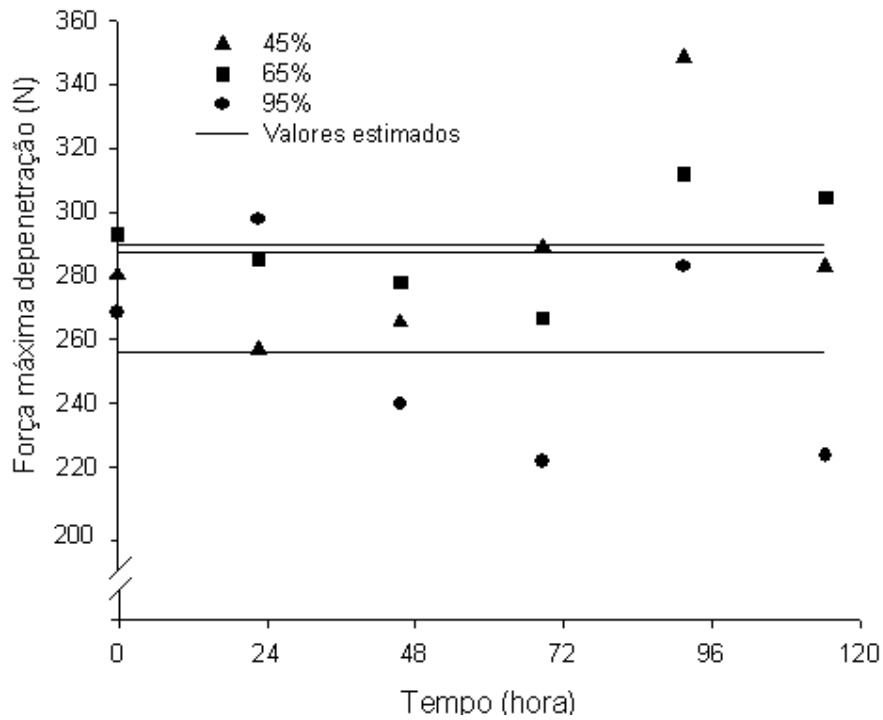


Figura 40 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

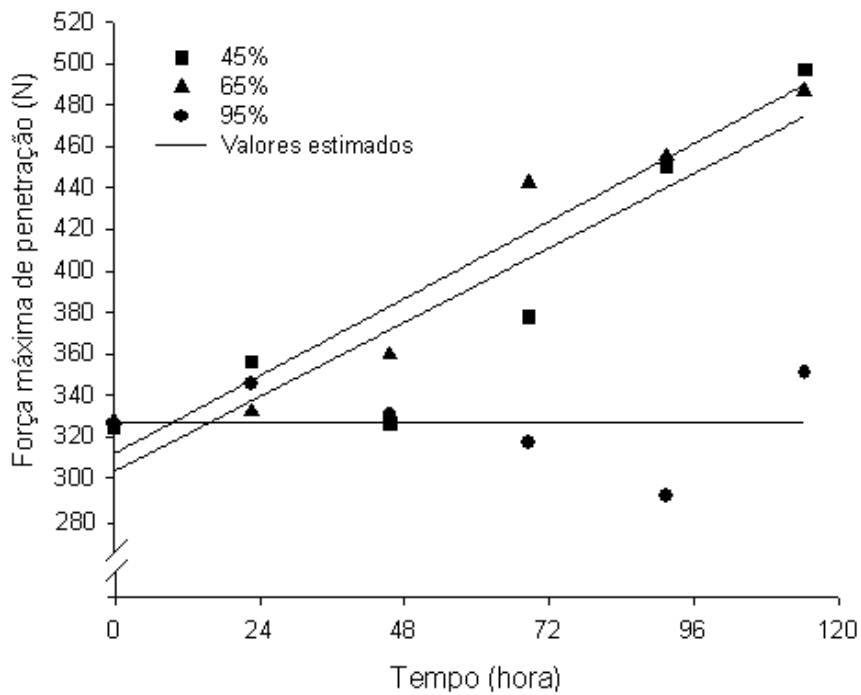


Figura 41 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

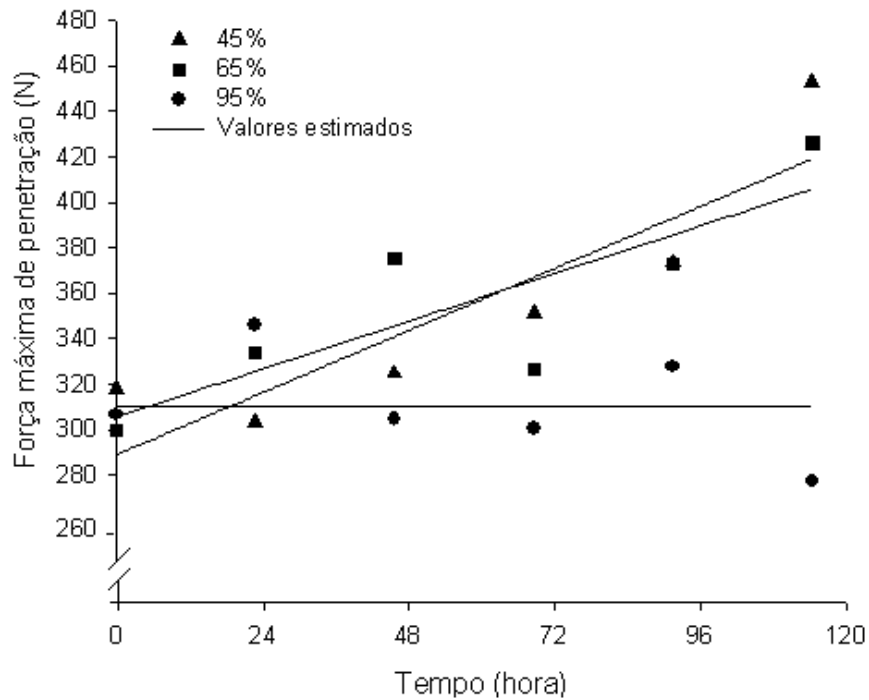


Figura 42 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

Percebe-se que os valores finais da força máxima nas cenouras de classes curta, média e longa aumentaram ao longo do tempo de armazenamento. Esse resultado pode ser explicado, no decorrer do armazenamento, pelo enrugamento do tecido das raízes, tornando-as mais elásticas e resultando em um tecido mais difícil de ser penetrado. Tal enrugamento é decorrente da anormal desidratação causada pelo aumento da perda de água pós-colheita.

### 5.3.6. Condutividade elétrica

Conforme mostrado no Quadro 27, as médias dos valores da condutividade elétrica foram influenciadas pela relação superfície-volume das cenouras estudadas. As cenouras de classe curta destacaram-se das demais, pois apresentaram, ao longo do armazenamento, perdas de água mais elevadas.

Quadro 27 – Médias dos valores da condutividade elétrica (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 20 °C com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	25,42a	18,50a	18,92a	29,82a	26,81a	18,68a	55,08a	36,97a	21,61a
Média	21,42a	17,10a	15,45a	29,22a	23,50a	16,68a	32,63a	36,64a	17,34a
Longa	21,13a	16,83a	18,92a	18,09a	25,93a	22,21a	24,67a	30,24a	23,05a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	41,89a	51,71a	21,80a	89,14a	77,28a	77,04a	97,34a	85,81a	83,34a
Média	44,19a	39,48b	26,74a	90,06a	75,28a	61,87b	95,10a	87,66a	78,83a
Longa	40,49a	28,60c	25,35a	84,08a	78,70a	40,76c	80,96b	84,75a	70,15b

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 28, apresentam-se equações ajustadas da variável condutividade elétrica, em função do tempo de armazenamento das diferentes classes e umidades relativas.

O modelo linear ajustado foi significativo para todas as classes e umidades relativas. A classe curta apresentou a maior taxa de variação a cada hora de armazenamento, o que está relacionado à maior RSV e ao conseqüente aumento mais acentuado da perda de água pós-colheita. A classe longa para a umidade relativa de 95% apresentou a menor taxa de variação, resultado explicado pela menor RSV e pela conseqüente redução na perda de água.

Quadro 28 – Equações ajustadas da variável condutividade elétrica em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$C\hat{O}N = 18,9933 + 0,6242^{**} t$	81,13
	65%	$C\hat{O}N = 13,6062 + 0,5985^{**} t$	96,05
	95%	$C\hat{O}N = 4,7052 + 0,5921^{*} t$	66,68
Média	45%	$C\hat{O}N = 11,9262 + 0,5921^{**} t$	83,72
	65%	$C\hat{O}N = 10,1114 + 0,6083^{**} t$	89,78
	95%	$C\hat{O}N = 3,1610 + 0,5488^{*} t$	77,04
Longa	45%	$C\hat{O}N = 8,2648 + 0,6106^{*} t$	78,31
	65%	$C\hat{O}N = 8,7271 + 0,5908^{*} t$	75,97
	95%	$C\hat{O}N = 10,9710 + 0,3739^{*} t$	67,16

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

C $\hat{O}N$  = condutividade elétrica (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

A condutividade elétrica das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta, em função do tempo de armazenamento, pode ser visualizada nas Figuras 43, 44 e 45, respectivamente.

Nota-se que a umidade relativa alta atuou na integridade da membrana, apresentando médias inferiores dos valores da condutividade elétrica em todo o período observado.

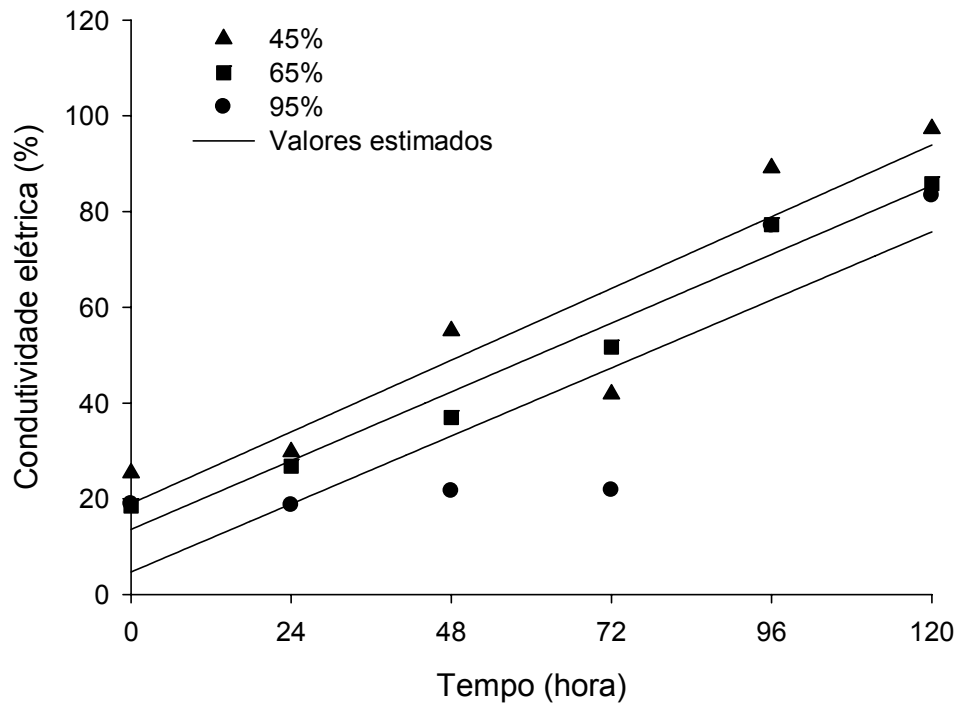


Figura 43 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

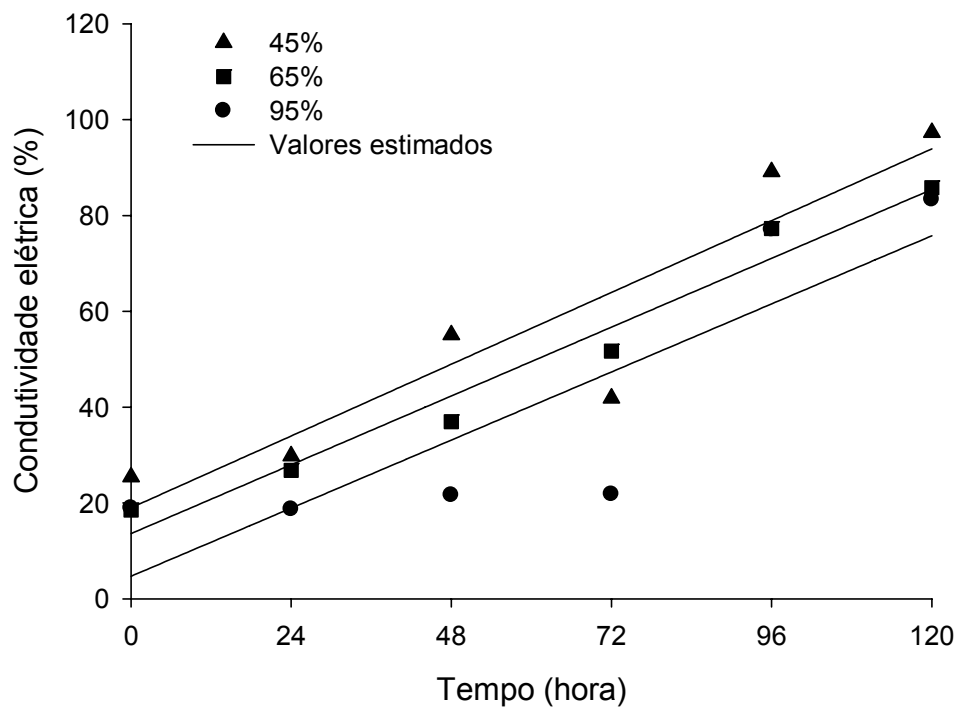


Figura 44 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

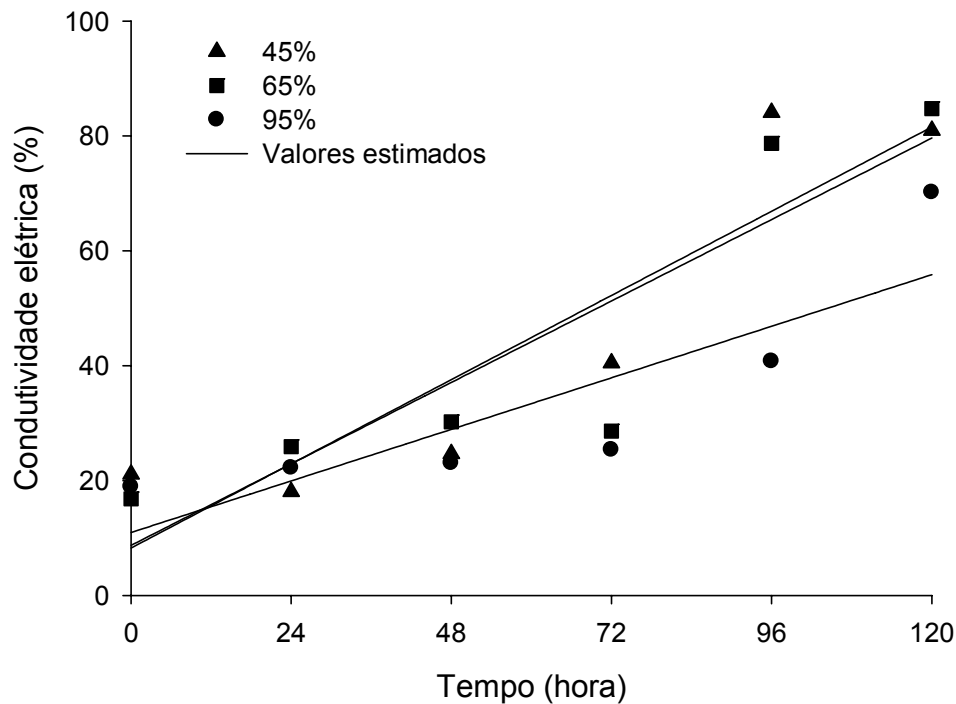


Figura 45 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa, em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

## 5.4. Armazenamento a 30 °C

### 5.4.1. Perda de água

Conforme se observa no Quadro 29, a classe curta de raízes mantidas com umidades relativas baixa (45%) e intermediária (65%) apresentou maiores valores de perda de água, em comparação com as demais classes.

Na umidade relativa alta de 95% não houve diferença significativa, ao longo do armazenamento, entre as classes avaliadas.

No Quadro 30, apresentam-se as equações ajustadas da variável perda de água, em função do tempo de armazenamento das diferentes classes e umidades relativas, e a representação gráfica, juntamente com os dados observados, pode ser vista nas Figuras 46, 47 e 48, respectivamente.

Quadro 29 – Médias dos valores da perda de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperaturas de 30 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			25,58b	35,53a	0,92a	59,63a	58,88a	1,45a
Média	0,00			36,12a	23,81b	0,70a	46,51b	46,29b	1,22a
Longa	0,00			18,79b	15,81c	0,20a	34,76c	35,16c	1,26a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	70,79a	64,60a	2,29a	78,59a	71,91a	1,57a	81,41a	78,75a	5,23a
Média	66,20 a	58,39a	2,02a	81,47a	69,96a	2,87a	82,84a	80,17a	3,67a
Longa	47,48b	58,60a	1,31a	60,14b	58,23b	2,19a	69,28b	71,61b	3,41a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 30 – Equações ajustadas da variável perda de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$P\hat{E}R = 0,8171^{**} t$	83,80
	65%	$P\hat{E}R = 0,7792^{**} t$	75,71
	95%	$P\hat{E}R = 0,0327^{**} t$	73,92
Média	45%	$P\hat{E}R = 0,8090^{**} t$	87,65
	65%	$P\hat{E}R = 0,7366^{**} t$	94,36
	95%	$P\hat{E}R = 0,0296^{**} t$	99,29
Longa	45%	$P\hat{E}R = 0,6195^{**} t$	97,78
	65%	$P\hat{E}R = 0,6461^{**} t$	94,53
	95%	$P\hat{E}R = 0,0246^{**} t$	92,45

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

em que:

$P\hat{E}R$  = perda de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

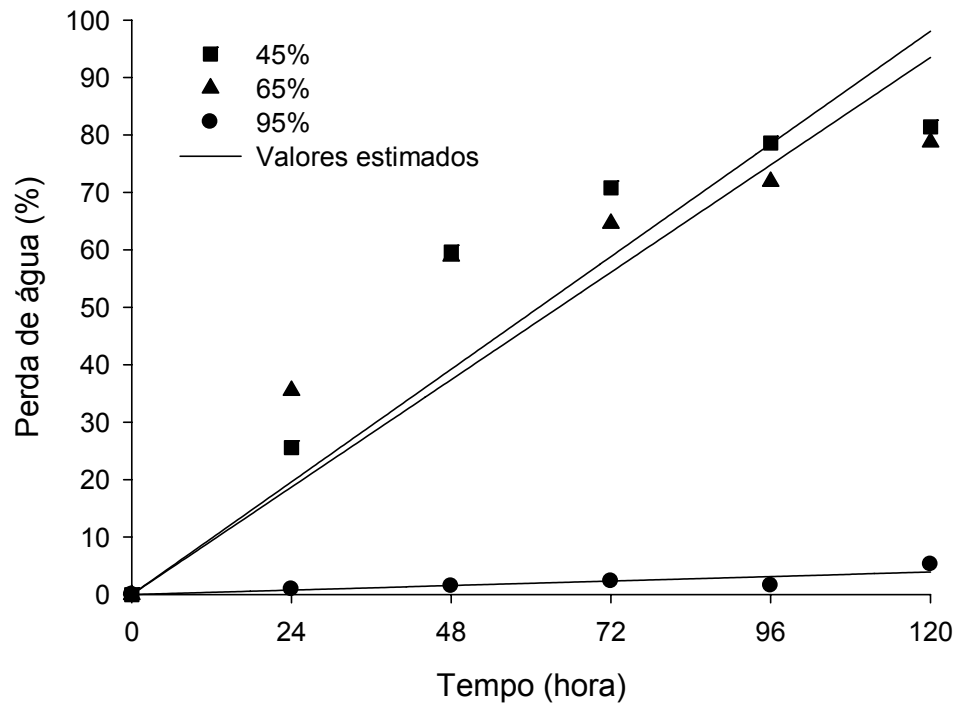


Figura 46 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

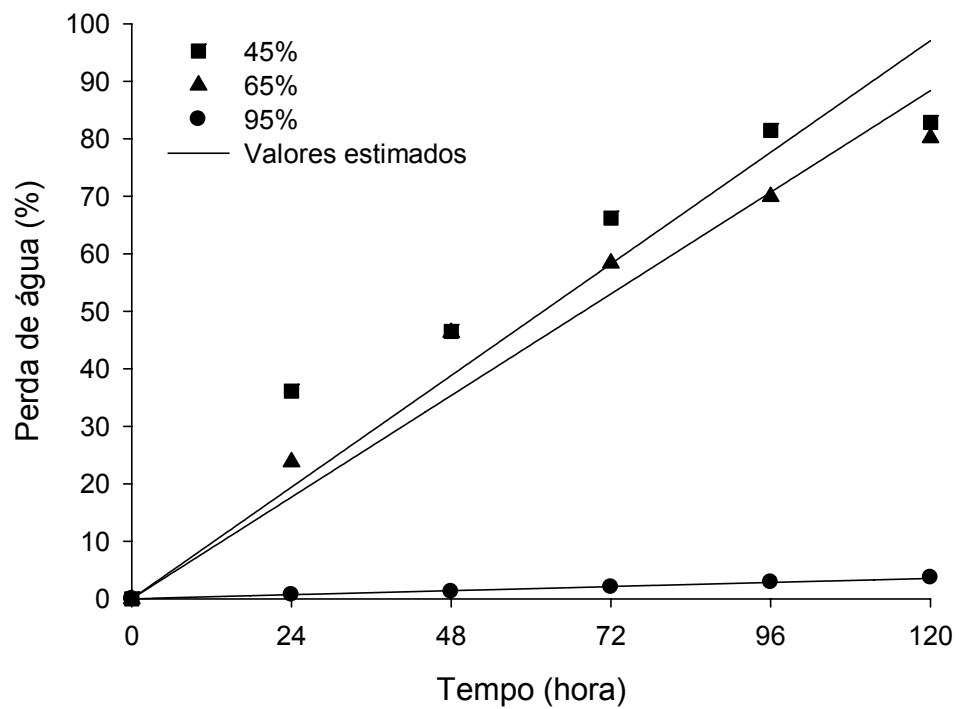


Figura 47 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

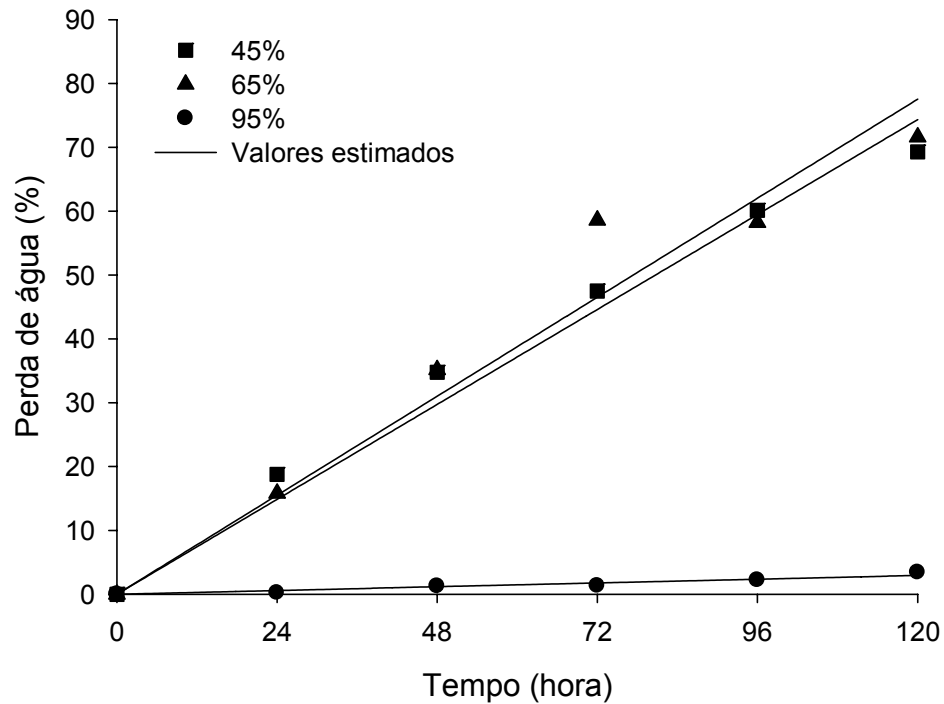


Figura 48 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

O modelo linear utilizado para ajuste foi significativo em todas as classes e umidades relativas. A cenoura de classe curta apresentou a maior taxa de variação em função do tempo de armazenamento, reforçando os resultados do Quadro 29, em que as cenouras de classe curta, por apresentarem maior RSV, tiveram as maiores perdas de água. A cenoura de classe longa foi a que exibiu a menor taxa de variação, mostrando-se a mais eficiente na redução da perda de água. As três classes de cenouras mostraram as menores taxas de variação com umidade relativa de 95%. esse resultado é explicado pelo menor gradiente de pressão de vapor entre a raiz e o ambiente, permitindo atingir o equilíbrio higroscópico mais rápido.

Os valores da perda de água ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 98,05; 93,50; e 3,92%. Nas cenouras da classe média, esses valores foram de 97,08; 88,39; e 3,55%. Já as cenouras de classe longa obtiveram valores de 74,34; 50,09; e 2,95%.

## 5.4.2. Coeficiente de transpiração

Pelo Quadro 31, pode-se constatar o aumento nos valores do coeficiente de transpiração das raízes de classe curta, sendo esses mais elevados nos primeiros dias de armazenamento nas três classes de cenouras e umidades relativas avaliadas.

Quadro 31 – Valores médios do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			1551,76b	2771,67a	530,66a	1808,88a	2296,34a	397,74a
Média	0,00			2191,44a	1857,07b	386,40ab	1410,72b	1805,12b	334,90a
Longa	0,00			1139,87c	1233,63c	112,00b	1054,55c	1351,14c	346,28a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	1591,10a	1679,58a	418,12a	1191,90a	1402,30a	214,51a	987,73a	987,73a	518,30a
Média	1338,60a	1518,21ab	368,85a	1235,61a	1364,11a	392,85a	1005,10a	1005,10a	401,59a
Longa	1234,48a	1184,99b	239,30a	912,06a	1135,48a	299,51a	840,62a	840,02a	372,50a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios do coeficiente de transpiração de todos os tratamentos foram de  $1.986,43 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$  maior que o valor médio de  $1.207,00 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$  da cenoura, segundo Thompson et al. (2002), citado por Almeida et al. (2005), mas dentro do intervalo de valores de 106 -  $3250 \text{ mg kg}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ .

No Quadro 32, apresentam-se as equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas. O ajuste obtido pelo modelo linear foi significativo somente na classe longa à umidade relativa de 95%. A classe de cenouras longa apresentou taxa de variação de  $2,77 \text{ mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ , em função do tempo de armazenamento.

Quadro 32 – Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	$r^2$ (%)
Curta	45%	$\hat{KTE}=1426,2740$	-
	65%	$\hat{KTE}=1827,5240$	-
	95%	$\hat{KTE}=415,8660$	-
Média	45%	$\hat{KTE}=1196,9116$	-
	65%	$\hat{KTE}=1258,2683$	-
	95%	$\hat{KTE}=314,0983$	-
Longa	45%	$\hat{KTE}=863,5966$	-
	65%	$\hat{KTE}=957,5433$	-
	95%	$\hat{KTE} = 62,6900 + 2,7796^* t$	65,91

\*Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$\hat{KTE}$  = coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ );

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

O efeito do coeficiente de transpiração das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas em diferentes umidades relativas, em função do tempo de armazenamento, pode ser visualizado nas Figuras 49, 50 e 51, respectivamente. Os valores do coeficiente de transpiração ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 1.426,27; 1.827,52; e 415,86  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ . Nas cenouras médias, esses valores foram de 1.196,91; 1.258,26 e 314,09  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ . Já as cenouras longas obtiveram valores de 863,59; 957,54; e 392,69  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ .

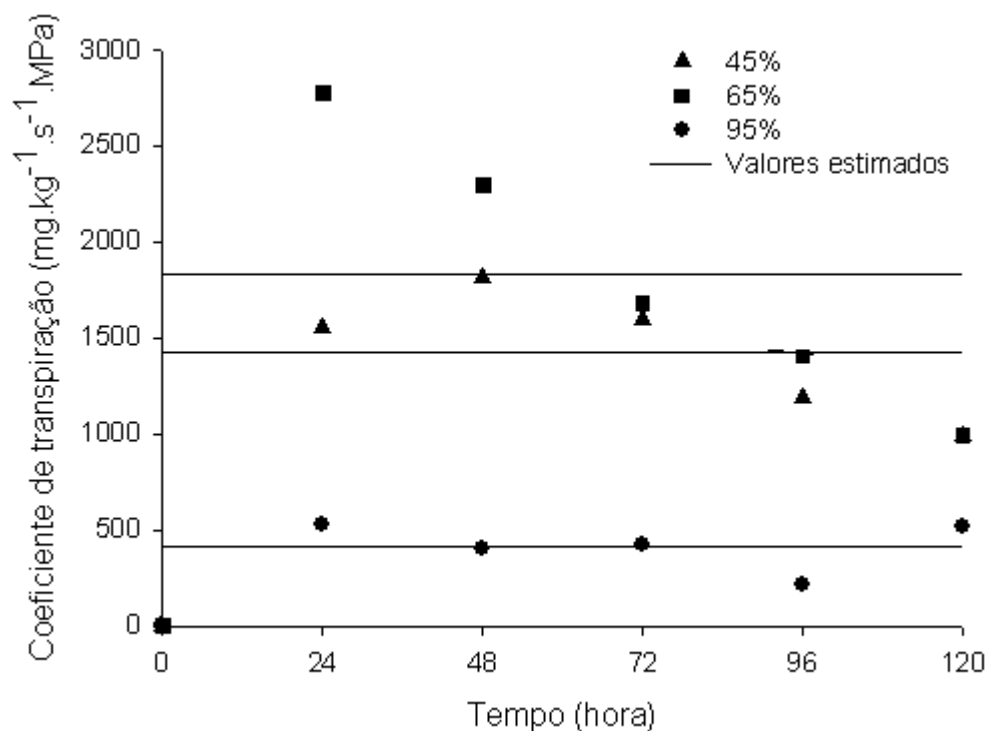


Figura 49 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

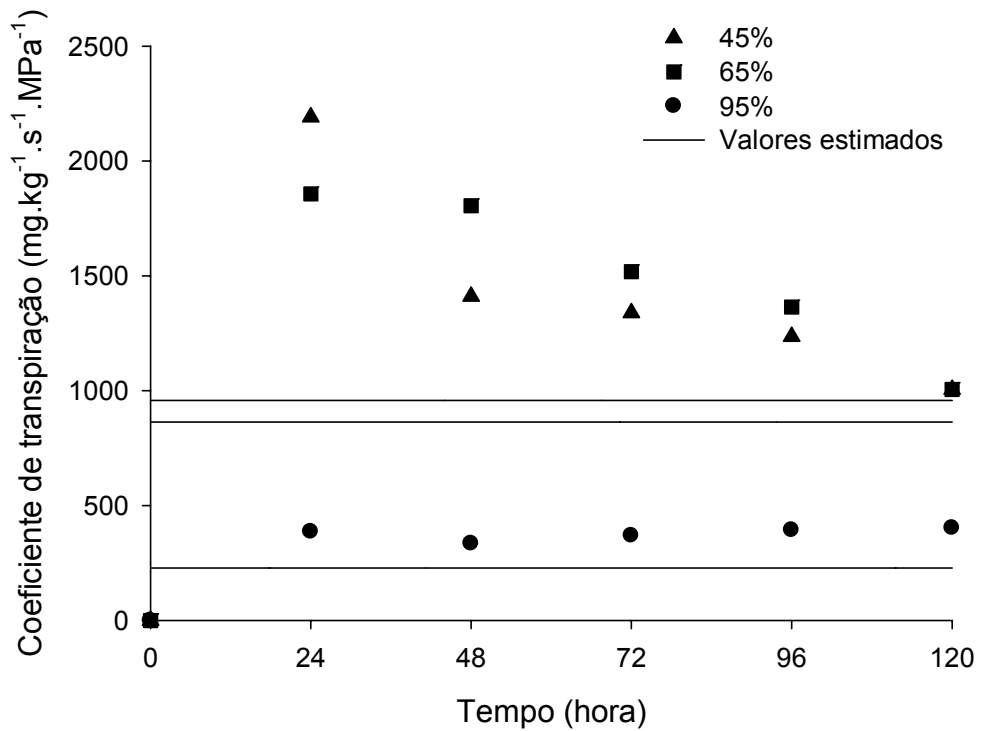


Figura 50 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

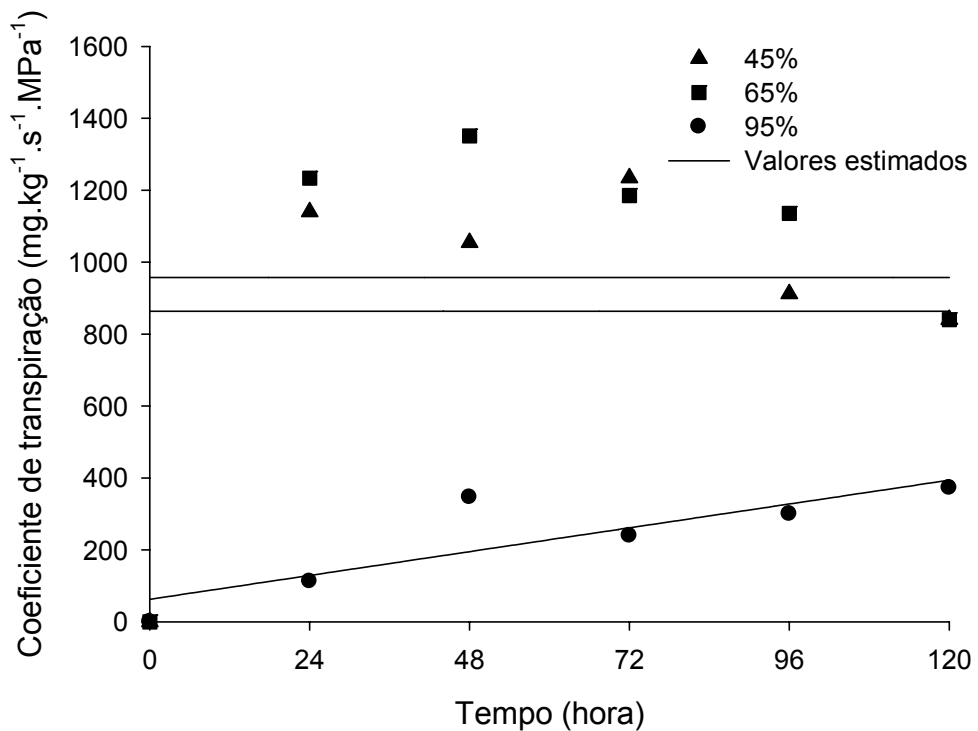


Figura 51 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

### 5.4.3. Teor relativo de água

No Quadro 33, apresentam-se os valores médios do teor relativo de água das três classes das cenouras mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta durante o período de armazenamento.

Quadro 33 – Médias do teor relativo de água (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	87,46			69,11a	66,21b	90,83a	59,52a	55,11b	91,25a
Média	93,94			67,68b	74,04b	95,10a	66,84a	66,34a	94,49a
Longa	92,26			79,95a	82,70a	91,89a	61,22a	69,27a	95,98a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	50,10a	50,64a	92,11a	43,68b	52,50a	91,26a	49,48ab	49,48ab	94,16a
Média	52,10a	53,58a	94,09a	43,57b	50,80a	93,55a	43,83b	43,83b	94,71a
Longa	57,78a	55,06a	93,52a	54,57a	58,47a	93,18a	57,24a	57,24a	95,26a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados indicaram que as cenouras da classe curta apresentaram menores valores do teor relativo de água em todo o período observado.

No Quadro 34 são apresentadas as equações ajustadas da variável teor relativo de água, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas.

Quadro 34 – Equações ajustadas da variável teor relativo de água em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$\hat{T}RA = 79,5781 - 0,3330^* t$	78,37
	65%	$\hat{T}RA = 77,0548 - 0,2804^* t$	67,49
	95%	$\hat{T}RA = 88,6319 + 0,0424^{**} t$	70,69
Média	45%	$\hat{T}RA = 88,4424 - 0,4019^{**} t$	85,57
	65%	$\hat{T}RA = 87,5429 - 0,3965^{**} t$	92,05
	95%	$\hat{T}RA = 94,3133$	-
Longa	45%	$\hat{T}RA = 85,3614 - 0,3032^* t$	73,68
	65%	$\hat{T}RA = 87,8810 - 0,3119^* t$	79,58
	95%	$\hat{T}RA = 93,6816$	-

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$\hat{T}RA$  = teor relativo de água (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

O modelo linear utilizado foi significativo em todas as umidades relativas, com exceção das classes média e longa e com umidade relativa de 95%. A classe média apresentou a maior taxa de variação, e a cada hora de armazenamento esse comportamento foi devido à maior fibrosidade, promovendo a manutenção dos teores relativos de água. A classe curta apresentou a menor taxa de variação relacionada à menor fibrosidade, provocando a desidratação do tecido.

Os teores relativos de água das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas e com diferentes umidades relativas em função do tempo de armazenamento podem ser visualizados nas Figuras 52, 53 e 54, respectivamente.

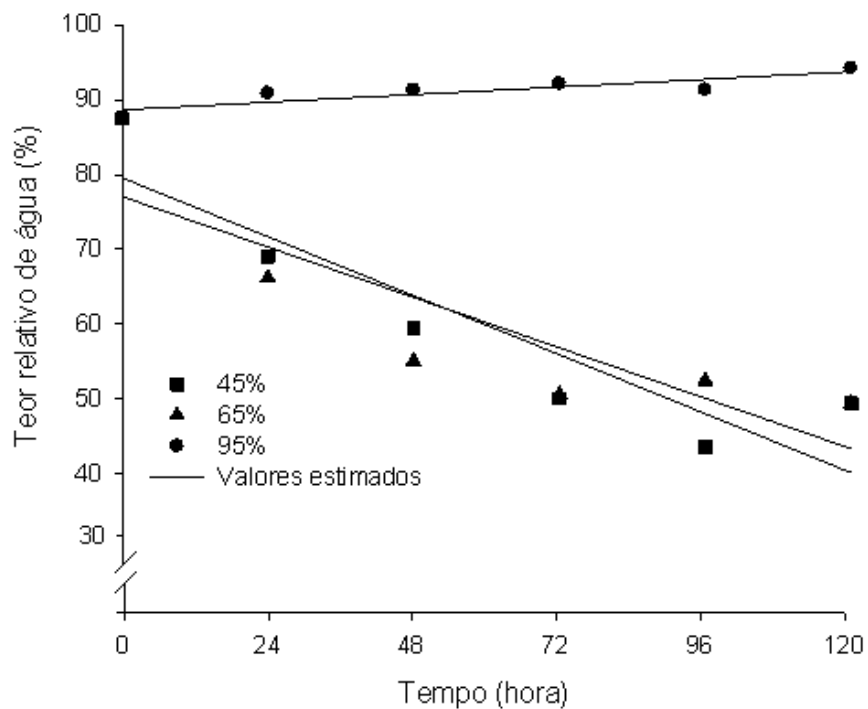


Figura 52 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

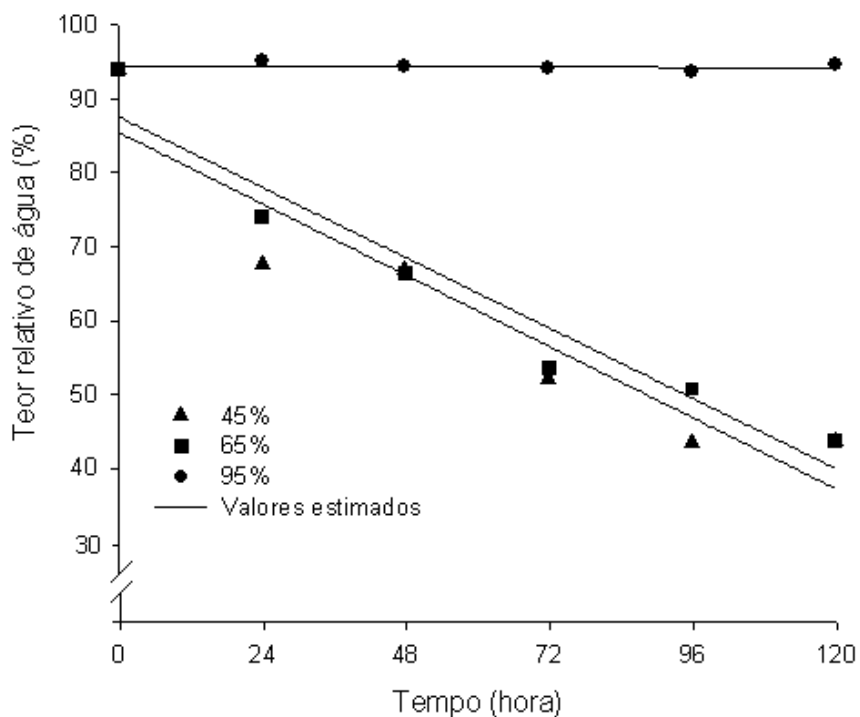


Figura 53 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

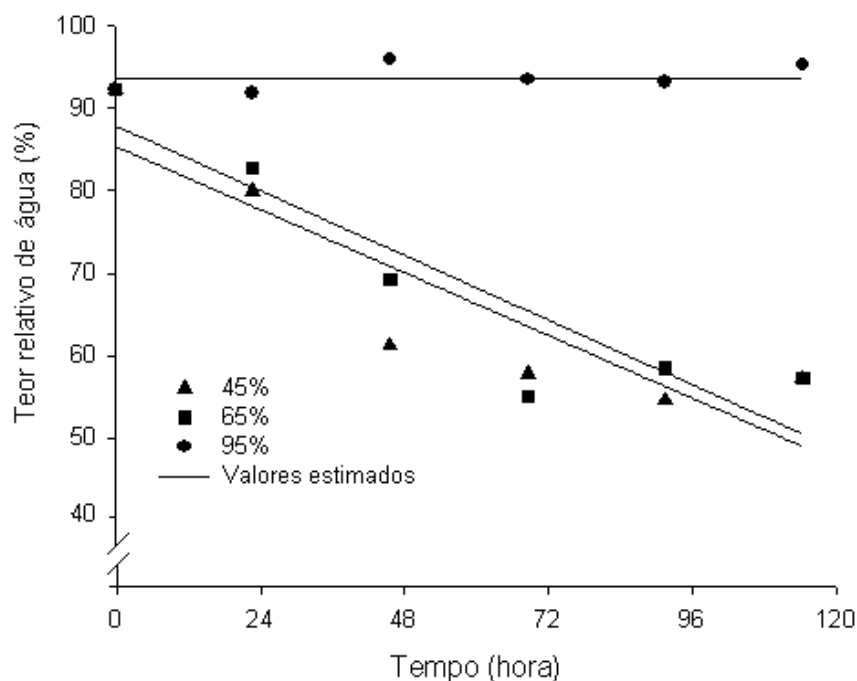


Figura 54 – Estimativa do teor relativo de água (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

Os valores dos teores relativos de água ao final do período de armazenamento das cenouras da classe curta mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 39,61; 43,40; e 93,71%. Nas cenouras da classe média, esses valores foram de 40,21; 39,96; e 94,39%. Já as cenouras da classe longa apresentaram valores de 48,97; 50,45; e 93,68%.

#### 5.4.4. Cor

O Quadro 35 indica os resultados da diferença ( $\Delta E$ ) de cor obtidos objetivamente por colorimetria, a partir de três coordenadas ( $L$ ,  $a$  e  $b$ ). Esses valores evidenciaram que houve efeito da classe e das condições de armazenamento sobre a evolução da perda de cor. A classe curta de cenouras foi a que apresentou maior alteração de cor original.

Quadro 35 – Médias da diferença total da cor das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	0,00			6,24a	3,82a	3,70a	10,01a	6,34a	5,26a
Média	0,00			5,75a	2,73a	2,83a	7,99a	5,70a	2,71a
Longa	0,00			6,35a	5,36a	5,70a	7,64a	9,80a	3,27a
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	13,25a	11,28a	4,20a	11,87a	12,29a	3,42a	14,80a	13,27a	5,26a
Média	10,66a	8,20a	2,94a	10,49a	8,92ab	5,43a	13,20ab	12,62a	2,32a
Longa	8,93a	7,73a	4,10a	7,96a	6,28b	4,41a	9,56b	10,50a	4,80a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A partir dos dados do Quadro 35 e pelos valores de ( $\Delta E$ ), conforme a classificação da alteração de cor apresentada no Quadro 11, pode-se afirmar que as três classes de raízes mantidas na condição de umidade relativa alta tiveram menor alteração original de cor quando comparadas com as raízes mantidas com umidades relativas baixa e intermediária.

No Quadro 36, apresentam-se as equações ajustadas da variável cor, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas.

O ajuste linear foi significativo nas classes curta e média somente com umidades relativas de 45 e 65%, enquanto na classe longa, significativo somente na umidade de 45%. A classe de cenouras curta apresentou a maior taxa de variação, e a cada hora de armazenamento esse resultado pode ser considerado como resposta à maior alteração de cor, em relação à acentuada perda de água. A classe longa apresentou a menor taxa de variação, indicando menor alteração da cor.

Quadro 36 – Equações ajustadas da variável cor em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	CÔR = 2,6311 + 0,1121 <sup>**</sup> t	81,34
	65%	CÔR = 0,9262 + 0,1151 <sup>**</sup> t	93,43
	95%	CÔR = 3,6400	-
Média	45%	CÔR = 2,0943 + 0,0987 <sup>**</sup> t	87,17
	65%	CÔR = 0,3495 + 0,1002 <sup>**</sup> t	80,27
	95%	CÔR = 2,7050	-
Longa	45%	CÔR = 2,8886 + 0,0642 <sup>*</sup> t	60,63
	65%	CÔR = 6,6116	-
	95%	CÔR = 3,7133	-

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5 %, pelo teste t.

em que:

CÔR = diferença total de cor;

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

Os valores da diferença total de cor às 48 h do período de armazenamento das cenouras de classe curta, mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta, foram de 8,91; 6,45; e 3,64. Nas raízes de classe média mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta, esses valores foram de 6,83; 5,15; e 2,70; já nas raízes de classe longa mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta, de 5,97; 6,61; e 3,71.

De acordo com o Quadro 11, a perda da coloração original das raízes de classes curtas, médias e longas, mantidas com umidades relativas baixa e intermediária, ocorreu no intervalo do tempo de armazenamento de 0 a 48 h.

A representação gráfica é mostrada nas Figuras 55, 56 e 57, respectivamente, e os valores médios de cor das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta, em função do tempo de armazenamento.

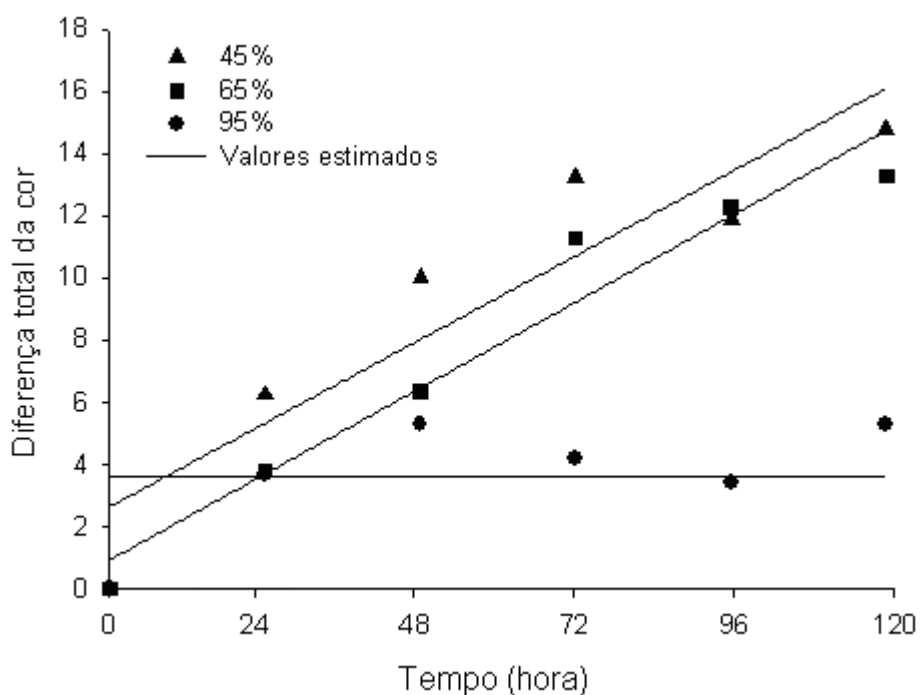


Figura 55 – Estimativa de cor das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

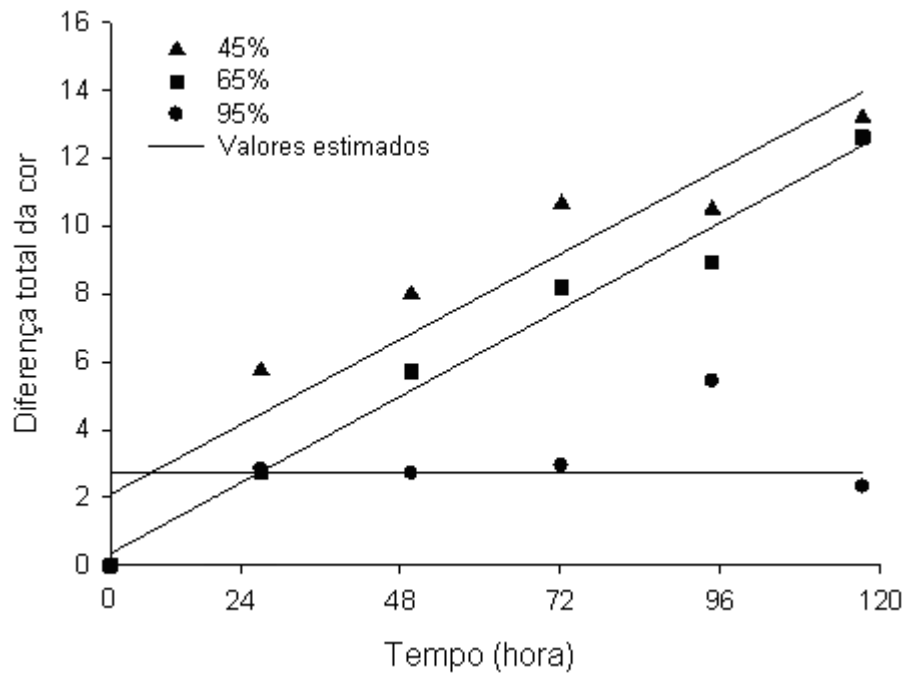


Figura 56 – Estimativa de cor das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

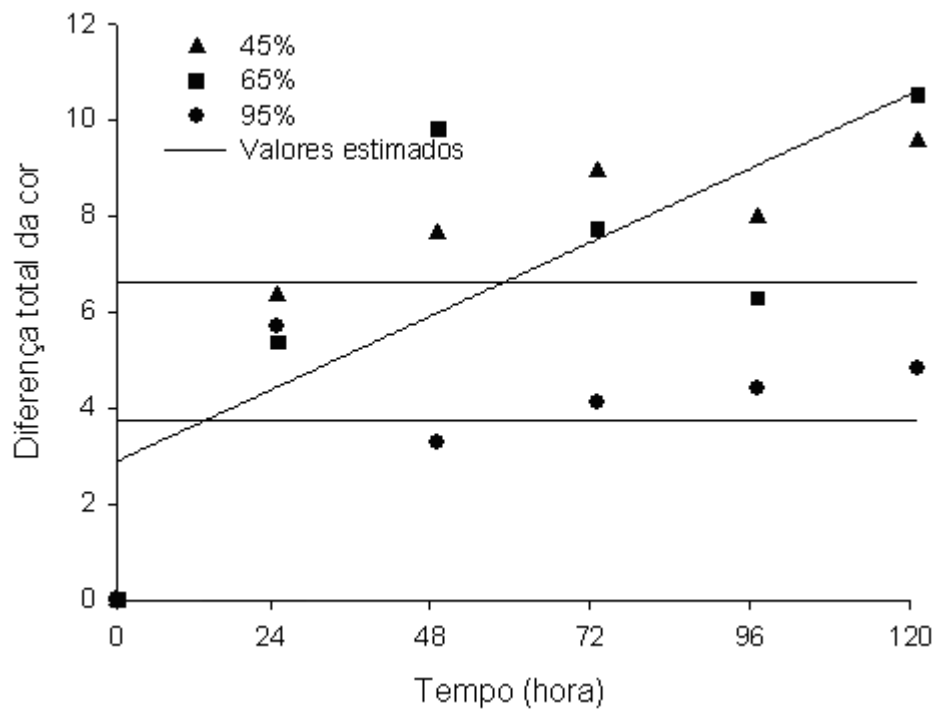


Figura 57 – Estimativa de cor das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

### 5.4.5. Textura

Os resultados da evolução da força máxima de penetração podem ser observados no Quadro 37. Nota-se, nesse quadro, que a relação superfície-volume das três classes das cenouras e umidades relativas estudadas apresentaram influência sobre os valores médios da textura no período de observado.

Quadro 37 – Médias dos valores da textura (N) de cenouras de classes curtas, médias e longas armazenadas na temperatura de 30 °C e umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%), durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curtas	332,20a	306,82a	270,57a	280,92b	277,26b	287,58b	271,45b	311,53b	292,22b
Médias	315,05a	343,83a	265,77a	414,21a	381,76a	388,19a	450,47a	418,16a	373,93a
Longas	342,14a	323,51a	324,52a	387,27a	345,08ab	344,70ab	435,35a	404,69a	341,15ab
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curtas	257,45b	344,42b	293,62a	273,30b	327,78a	327,78a	274,05b	359,72b	268,49b
Médias	453,64a	422,00ab	359,75a	487,62a	322,72a	322,72a	525,97a	544,28a	373,04a
Longas	426,70a	462,90a	299,21a	451,79a	296,62a	296,62a	518,36a	493,18a	321,74ab

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 38, apresentam-se as equações ajustadas da variável força máxima de penetração, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas. O ajuste linear foi significativo nas classes curta somente na umidade relativa de 65%; nas classes média e longa, foi significativo somente na umidade relativa de 45%. A classe média apresentou a maior taxa de variação relacionada à maior resistência à força

de penetração. Esse efeito foi notado principalmente por um tecido mais difícil de ser penetrado. A classe curta de cenouras apresentou a menor taxa de variação, correspondendo à menor resistência à força de penetração.

Quadro 38 – Equações ajustadas da variável força máxima de penetração (N) em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	FÔR = 281,5617	-
	65%	FÔR = 289,1871 + 0,5345* t	58,76
	95%	FÔR = 290,0433	-
Média	45%	FÔR = 349,8743 + 1,514** t	86,22
	65%	FÔR = 405,4583	-
	95%	FÔR = 347,2333	-
Longa	45%	FÔR = 350,7914 + 1,2691** t	88,93
	65%	FÔR = 387,6633	-
	95%	FÔR = 321,3233	-

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5 %, pelo teste t.

em que:

FÔR = força de penetração (N);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

Conforme a representação gráfica das Figuras 58, 59 e 60, respectivamente, pode-se observar a força máxima de penetração das cenouras curta, média e longa armazenadas em condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta, em função do tempo de armazenamento.

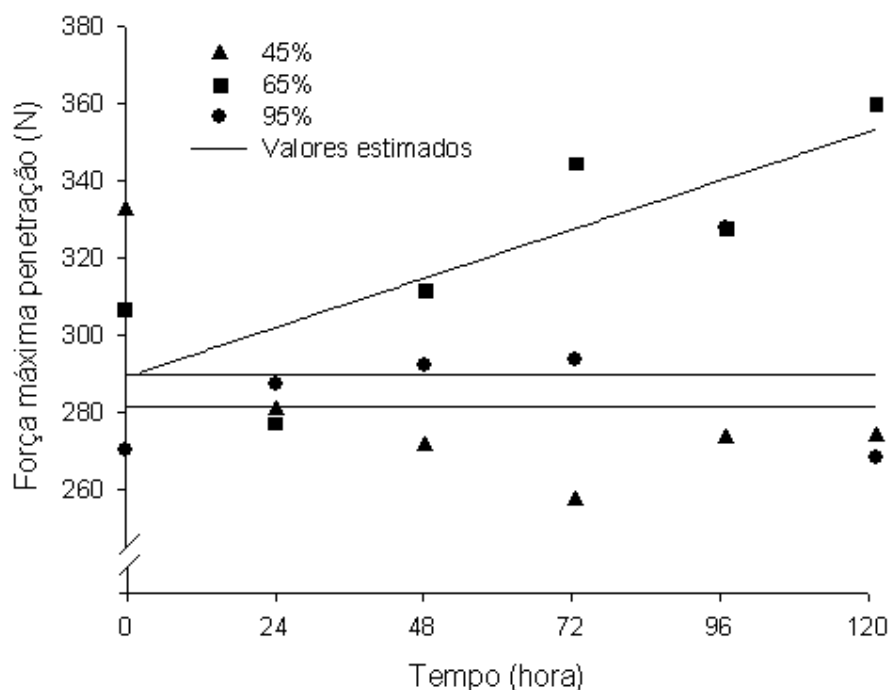


Figura 58 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

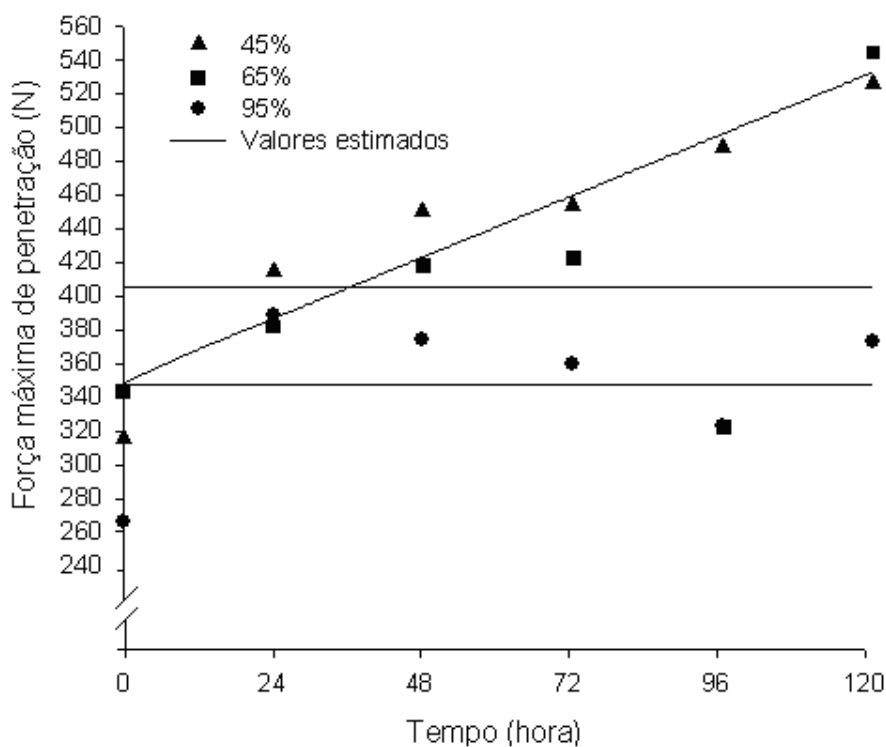


Figura 59 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

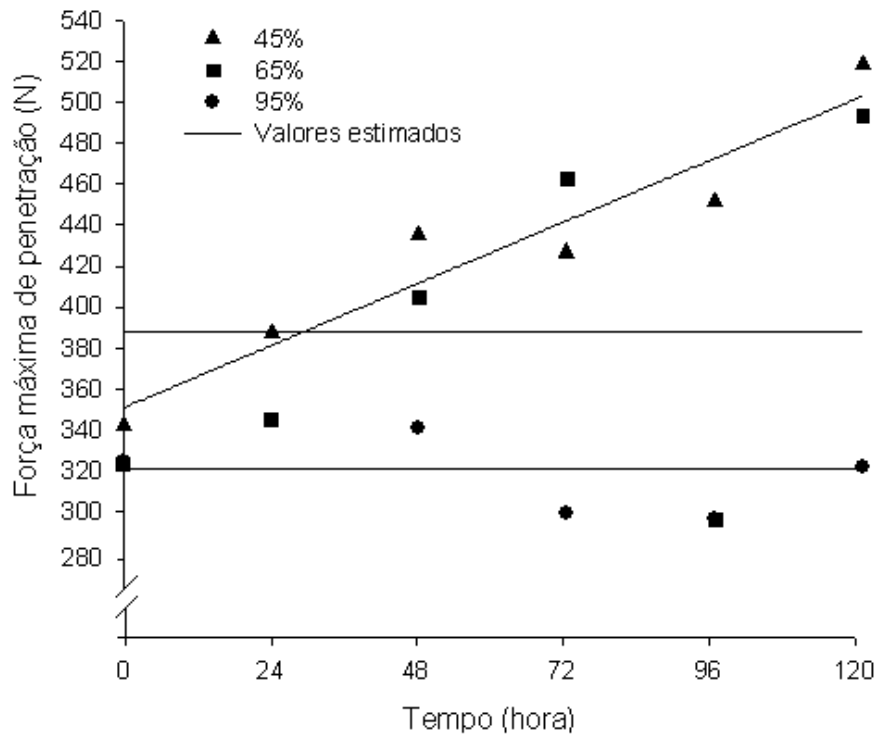


Figura 60 – Estimativa da força máxima de penetração (N) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (hora) e da umidade relativa (%).

Os valores finais da força máxima de penetração das cenouras de classes curta, média e longa aumentaram ao longo do tempo de armazenamento.

O valor da força máxima de penetração ao final do período de armazenamento das cenouras de classe curta mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta foi de 281,56; 352,32; e 290,04 N. Nas cenouras de classe média mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta, esses valores foram de 531,55; 405,45; e 347,23 N. As cenouras de classe longa sob condições de umidades relativas baixa, intermediária e alta apresentaram valores de 503,76; 387,66; e 321,33 N.

#### 5.4.6. Condutividade elétrica

Conforme o Quadro 39, pode-se afirmar que os valores da condutividade elétrica foram influenciados pela relação superfície-volume das classes das cenouras estudadas. As cenouras de classe curta apresentaram valores mais elevados da condutividade elétrica ao longo do período observado; destacaram-se das demais classes, pois, ao longo do armazenamento, apresentaram perdas de água mais elevadas.

Quadro 39 – Valores da condutividade elétrica (%) das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na temperatura de 30 °C e com umidades relativas baixa (45%), intermediária (65%) e alta (95%) durante o tempo de armazenamento

Tempo de Armazenamento (hora)									
Classes	0			24			48		
				45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	20,12a	21,00a	19,73a	29,56b	44,01a	32,78a	85,66a	52,46a	36,01a
Média	20,51a	20,40a	19,52a	37,81a	37,92a	21,65b	61,00b	45,77b	18,20b
Longa	17,91a	17,32a	20,87a	30,34b	19,43b	20,55b	29,91c	42,63c	16,36b
Classes	72			96			120		
	45%	65%	95%	45%	65%	95%	45%	65%	95%
Curta	69,20a	86,30a	28,95a	84,62b	75,75b	28,25a	83,44ab	81,56b	21,31a
Média	68,72a	76,80b	16,36b	94,30a	81,53b	20,10b	89,45b	84,11a	18,02a
Longa	65,88a	89,99a	15,82b	92,51a	90,89a	20,27b	77,44b	91,93a	19,09a

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

No Quadro 40 são apresentadas as equações ajustadas da variável condutividade elétrica, em função do tempo de armazenamento, das diferentes classes e umidades relativas, e a sua representação gráfica com os valores observados é mostrado nas Figuras 61, 62 e 63, respectivamente.

Quadro 40 – Equações ajustadas da variável condutividade elétrica em função do tempo de armazenamento das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$C\hat{O}N = 28,8609 + 0,5540^* t$	63,09
	65%	$C\hat{O}N = 29,3329 + 0,5141^* t$	77,86
	95%	$C\hat{O}N = 27,8383$	-
Média	45%	$C\hat{O}N = 24,6871 + 0,6213^{**} t$	92,21
	65%	$C\hat{O}N = 23,4400 + 0,5719^{**} t$	90,83
	95%	$C\hat{O}N = 18,9750$	-
Longa	45%	$C\hat{O}N = 15,1795 + 0,6192^* t$	78,31
	65%	$C\hat{O}N = 13,3562 + 0,7557^* t$	63,09
	95%	$C\hat{O}N = 18,8267$	-

\*\* Significativo a 1%, pelo teste t.

\* Significativo a 5%, pelo teste t.

em que:

$C\hat{O}N$  = condutividade elétrica (%);

UR = umidade relativa (%); e

t = tempo de armazenamento (hora).

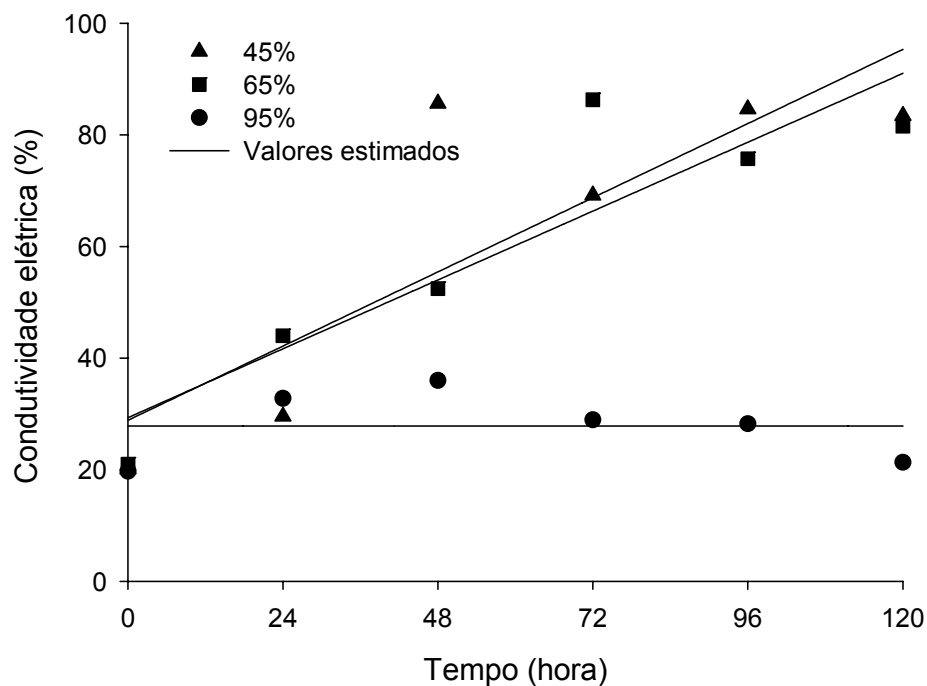


Figura 61 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe curta em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

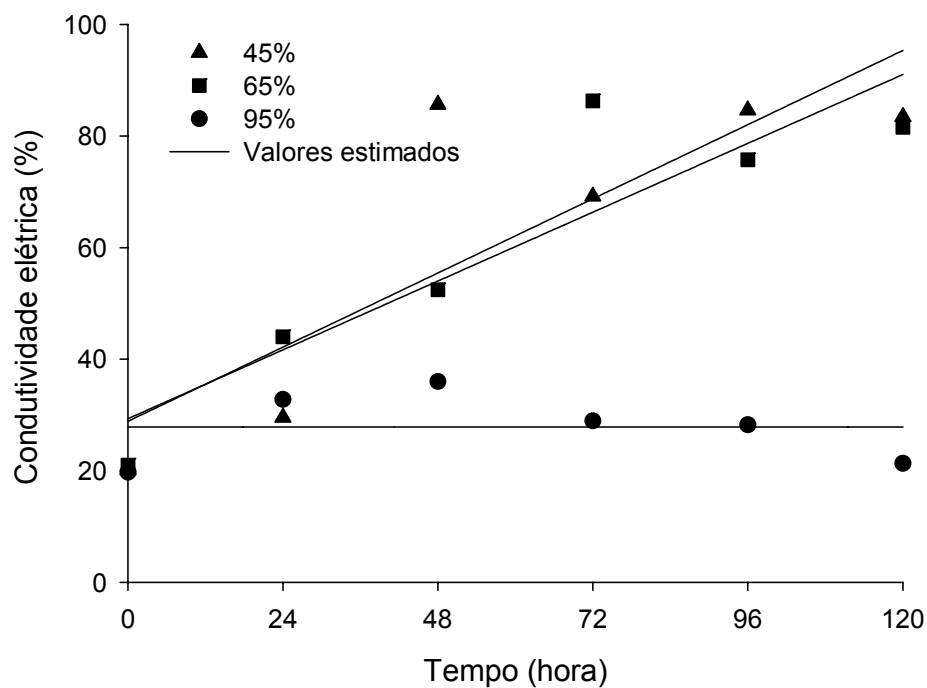


Figura 62 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe média em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

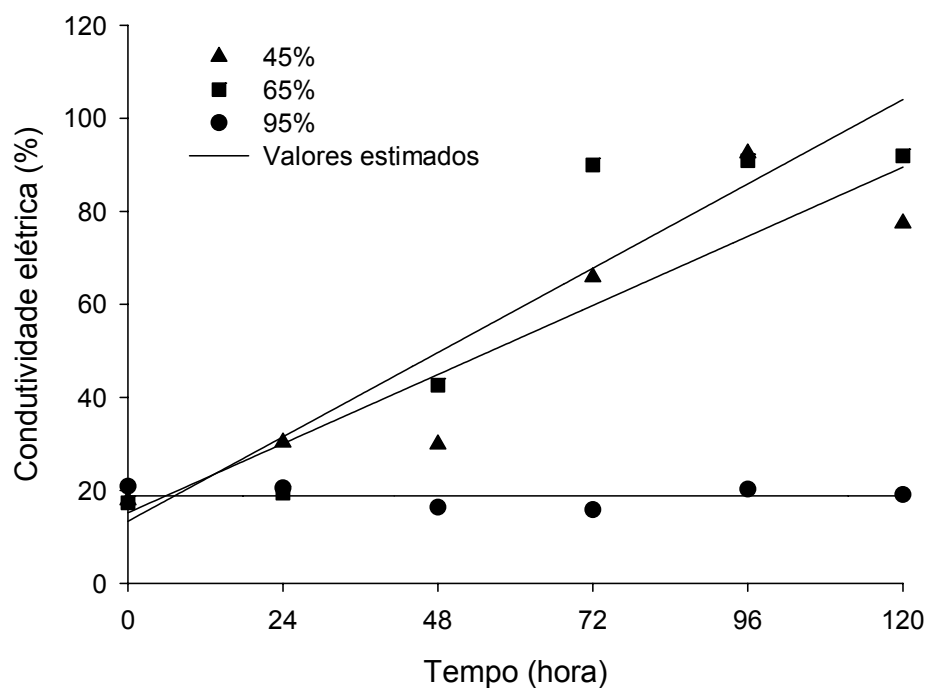


Figura 63 – Estimativa da condutividade elétrica (%) das cenouras de classe longa em função do tempo de armazenamento (horas) e da umidade relativa (%).

O ajuste linear dos valores da condutividade elétrica foi significativo para todas as classes somente nas umidades relativas de 45 e 65%. As classes média e longa a cada hora de armazenamento apresentaram a maior taxa de variação, e esse resultado está relacionado à elevada perda de água, seguido dos maiores valores da condutividade elétrica. A classe de cenouras curta apresentou as menores taxas de variação, indicando os menores valores da condutividade elétrica.

## 5.5. Armazenamento de cenouras sob diferentes temperaturas

### 5.5.1. Perda de água

Para estudo do armazenamento de cenoura sob diferentes temperaturas, foi escolhido experimentalmente o tempo de 24 h, uma vez que nesse tempo as classes de cenouras apresentavam-se comercialmente viáveis em relação aos tempos posteriores.

Conforme as Figuras 64, 65 e 66, respectivamente, houve diferenças estatísticas entre as temperaturas, sendo 10 °C a mais eficiente no controle da perda de água das cenouras de classes curta e média mantidas com umidades relativas de 45 e 65%. Essas hortaliças apresentaram valores de perda de água inferiores ou dentro da faixa máxima admissível sob aspectos comerciais (9 a 12%), segundo Pinto e Moraes (2000).

Esses resultados estão de acordo com os de Sode et al. (1999), que, trabalhando com cenouras minimamente processadas mantidas em atmosfera modificada, verificaram que a temperatura de 10 °C foi mais eficaz na redução da perda de água e manutenção da “vida de prateleira”.

Os valores da perda de água não foram significativos para as cenouras de classe longa mantidas nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C e com umidades relativas de 45, 65 e 95%.

As três classes de cenouras armazenadas com umidade relativa de 95% apresentaram aproximadamente 1% de perda de água em todas as temperaturas. Esse valor é consideravelmente inferior quando comparado com demais umidades relativas. Todas as raízes armazenadas com 95% de umidade relativa, nas três temperaturas, mantiveram a turgescência e coloração satisfatórias.

Esses resultados concordam com os de Herppich et al. (1999), que expuseram cenouras no mercado varejista à temperatura de 18 °C e 98-99% de umidade relativa, observando que o produto não apresentou perda de água excessiva. Sob o aspecto comercial, as três classes de cenouras apresentavam-se comercializáveis com a manutenção da firmeza no período de dois dias.

Conforme a representação gráfica das Figuras 64, 65 e 66, respectivamente, pode-se observar a perda de água das cenouras de classes curta, média e longa armazenadas na condição de umidades relativas baixa, intermediária e alta, em função da temperatura. Os valores da perda de água na temperatura de 30 °C das cenouras de classes curtas mantidas com umidades relativas baixa, intermediária e alta foram de 25,29; 36,05; e 0,80%. Nas cenouras de classe média, esses valores foram de 35,39; 24,14; e 0,89%. Já nas cenouras de classe longa tais valores foram de 14,15; 13,30; e 0,79%.

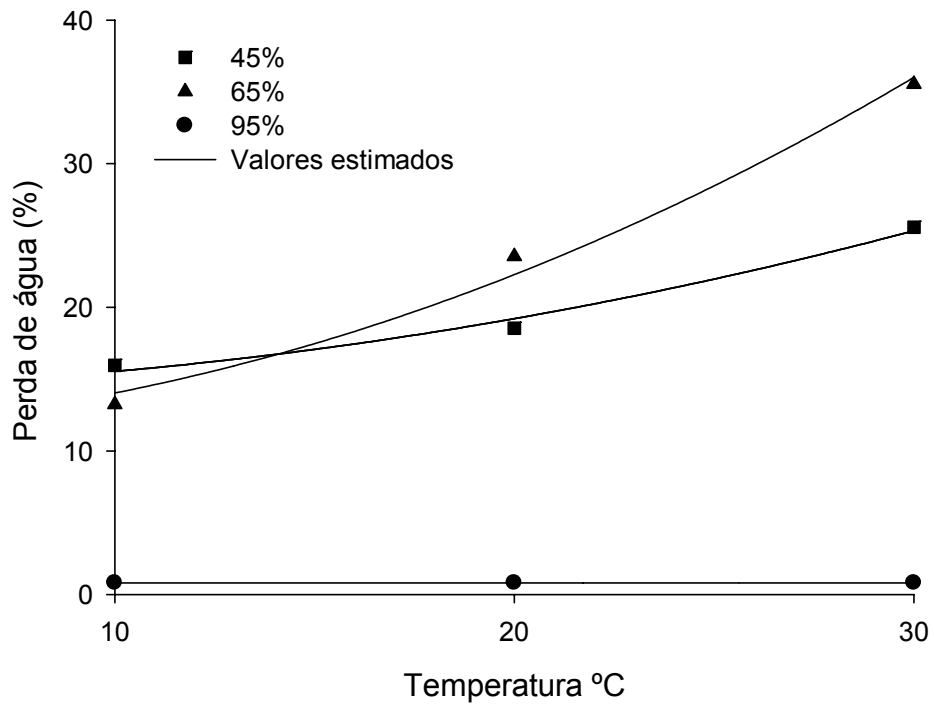


Figura 64 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe curta em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).

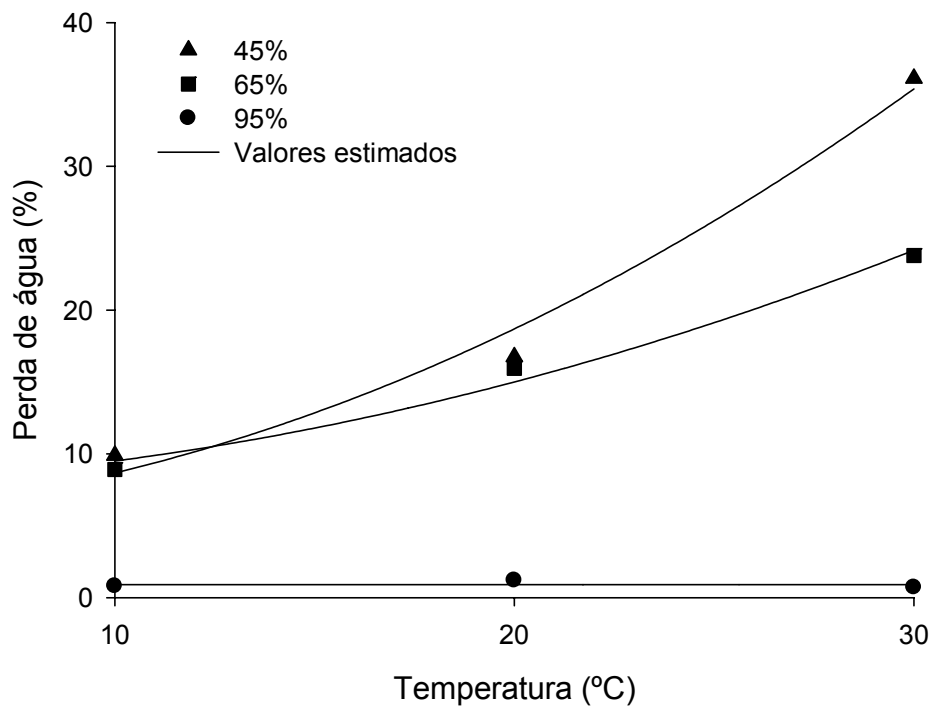


Figura 65 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe média em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).

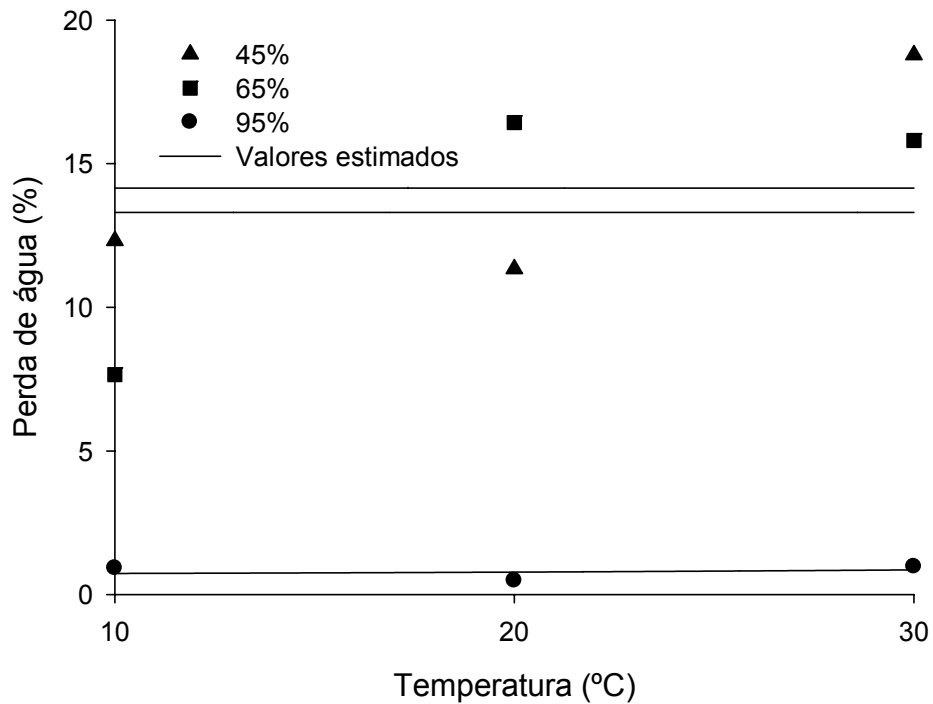


Figura 66 – Estimativa da perda de água (%) das cenouras de classe longa em função da temperatura (°C) e da umidade relativa (%).

No Quadro 41 são apresentadas as equações ajustadas da variável perda de água, em função da temperatura, das diferentes classes e umidades relativas. O modelo quadrático utilizado foi significativo para as classes de cenouras curta e média e com umidades relativas de 45 e 65%.

As classes curta e média apresentaram as maiores taxas de variação, e a cada temperatura de armazenamento esse resultado é explicado pelo maior RSV e acentuada perda de água dessa classe de cenoura, em relação à classe longa. As três classes de cenouras exibiram as menores taxas de variação com umidade relativa de 95%. Esse resultado pode ser explicado pelo menor gradiente de pressão de vapor entre a raiz e o ambiente, permitindo atingir o equilíbrio higroscópico mais rapidamente.

Quadro 41 – Equações ajustadas da variável perda de água em função da temperatura para as respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	r <sup>2</sup> (%)
Curta	45%	$P\hat{E}R = 14,3171 + 0,0122 * T^2$	97,22
	65%	$P\hat{E}R = 11,2900 + 0,0275 * T^2$	77,86
	95%	$P\hat{E}R = 0,8033$	-
Média	45%	$P\hat{E}R = 5,3357 + 0,0334 * T^2$	92,21
	65%	$P\hat{E}R = 7,6700 + 0,0183 * T^2$	90,83
	95%	$P\hat{E}R = 0,8966$	-
Longa	45%	$P\hat{E}R = 14,1500$	-
	65%	$P\hat{E}R = 13,3000$	-
	95%	$P\hat{E}R = 0,7900$	-

\* Significativo a 5% pelo teste t

em que:

$P\hat{E}R$  = Perda de água (%)

UR = Umidade relativa (%)

T = Temperatura (°C)

### 5.5.2. Coeficiente de transpiração

Os resultados dos valores médios do coeficiente de transpiração no período de 24 são mostrados nas Figuras 67, 68 e 69, respectivamente.

Os valores do coeficiente de transpiração não apresentaram diferenças estatísticas entre as temperaturas para as três classes de cenouras mantidas às umidades relativas de 45, 65 e 95%.

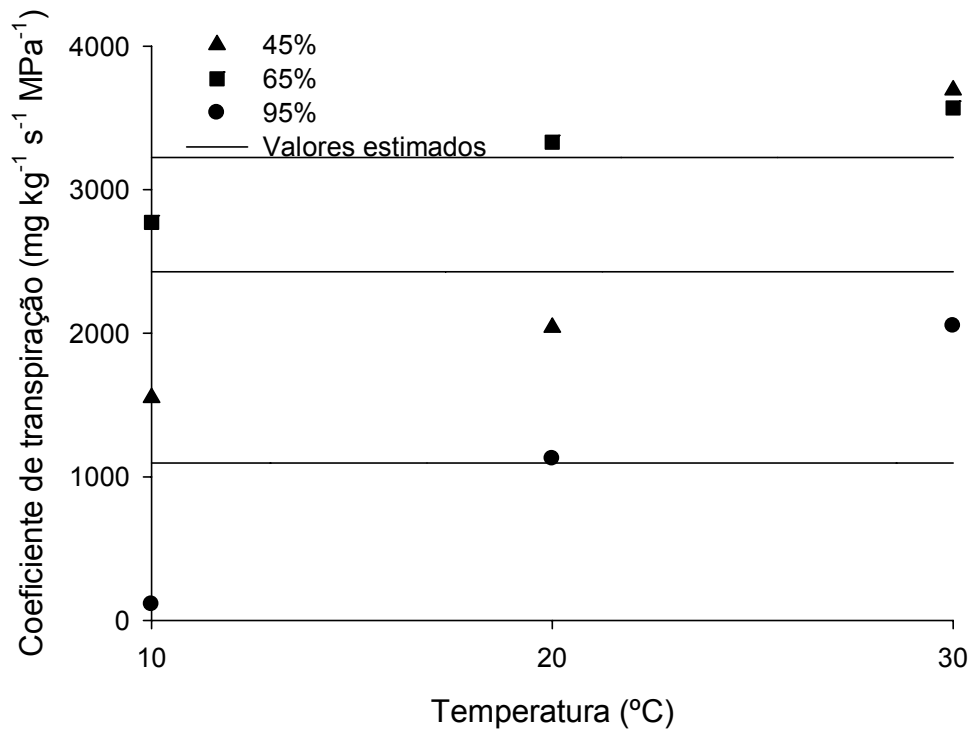


Figura 67 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras de classe curta em função da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e da umidade relativa (%).

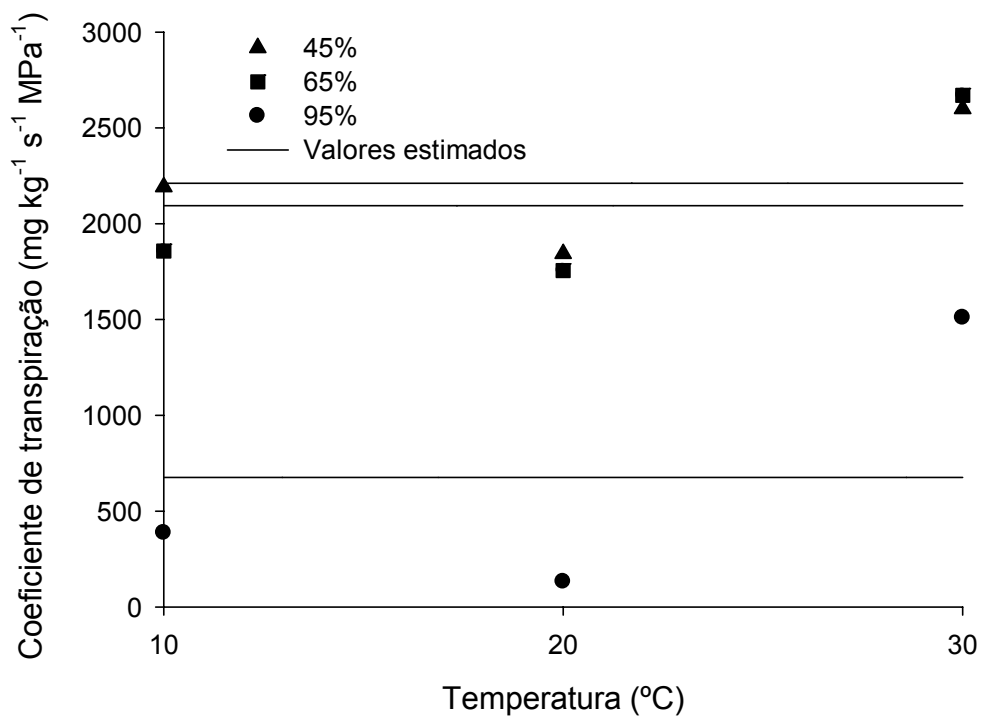


Figura 68 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1}\text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classe media em função da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e da umidade relativa (%).

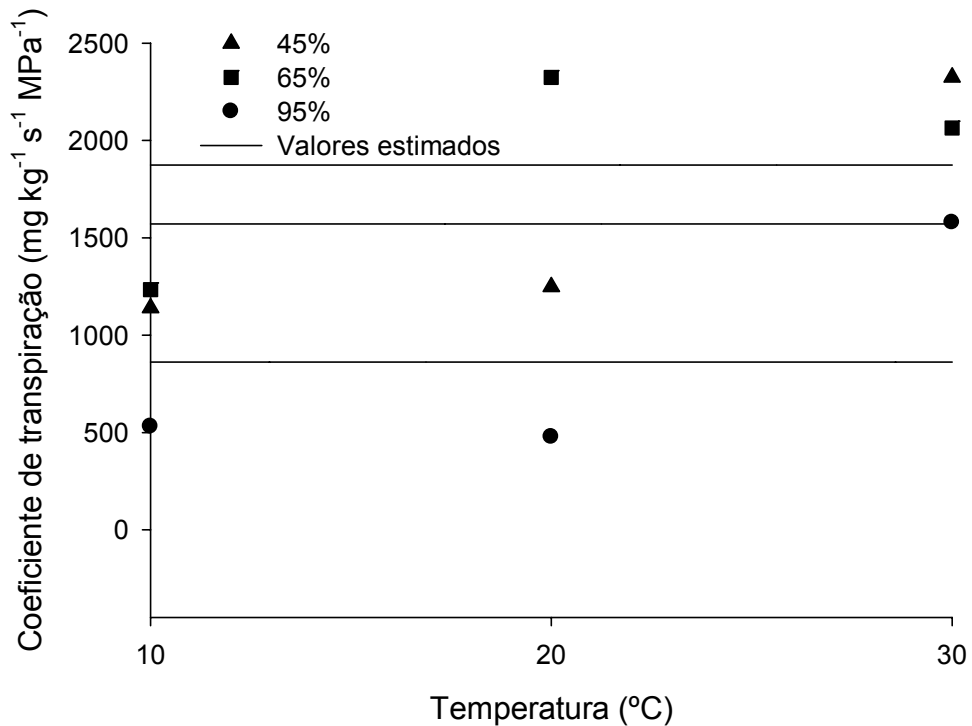


Figura 69 – Estimativa do coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) das cenouras classe longa em função da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e da umidade relativa (%).

À temperatura de 10  $^{\circ}\text{C}$ , estes valores foram inferiores ou estatisticamente iguais às demais temperaturas, mostrando a eficiência da temperatura mais baixa no controle da perda de água pós-colheita por transpiração para as três classes de cenouras. Resultados semelhantes foram encontrados por SHIBAIRO et al. (1997), MAHAJAN et al. (2007) e MATOS et al. (1999) para cenoura, cogumelo e banana em que a perda de água por transpiração foi inferior durante o armazenamento a baixas temperaturas.

As três classes estudadas apresentaram valores do coeficiente de transpiração menores à umidade relativa alta para todas as temperaturas. Comportamento semelhante foi obtido por MAHAJAN et al. (2007) em um experimento com cogumelos, no qual o coeficiente de transpiração foi menor a umidade relativa alta em todo período observado.

O Quadro 42 apresenta as equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função da temperatura de armazenamento nas respectivas classes e umidades relativas. O ajuste obtido pelo modelo quadrático não foi significativo para as classes e umidades relativas estudadas.

Quadro 42 – Equações ajustadas da variável coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ) em função da temperatura das respectivas classes e umidades relativas

Classes	UR	Equação	$r^2$ (%)
Curta	45%	$\hat{KTE}=2428,3566$	-
	65%	$\hat{KTE}=3224,1400$	-
	95%	$\hat{KTE}=1096,3433$	-
Média	45%	$\hat{KTE}=2211,6066$	-
	65%	$\hat{KTE}=2094,4233$	-
	95%	$\hat{KTE}=675,9566$	-
Longa	45%	$\hat{KTE}=1570,8733$	-
	65%	$\hat{KTE}=1873,8400$	-
	95%	$\hat{KTE}=861,8533$	-

em que:

$\hat{KTE}$  = coeficiente de transpiração ( $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ ); e

UR = umidade relativa (%).

## 6. CONCLUSÕES

Segundo as condições experimentais observadas e resultados obtidos podem ser estabelecidas as seguintes conclusões:

— A massa das cenouras estudadas variou exponencialmente com relação à superfície-volume das raízes classes curta, média e longa.

— A RSV das cenouras classes média e longa obteve os melhores resultados no controle da perda de água pós-colheita.

— A classe de cenouras curta apresentou as maiores perdas de água, elevado coeficiente de transpiração e menor teor relativo de água, maior resistência à penetração, maior alteração da cor e elevada condutividade elétrica durante o armazenamento.

— Foi possível constatar que as umidades relativas de 45 e 65% levaram ao aumento da perda da massa fresca, valores do coeficiente de transpiração e condutividade elétrica.

— A utilização da temperatura de 10 °C, com umidade relativa alta, foi a mais eficiente em conservação da qualidade pós-colheita da cenoura

durante o armazenamento, como simulação do período e exposição no varejo.

— As três classes de cenouras armazenadas nas temperaturas de 10, 20 e 30 °C, com umidade relativa alta, apresentaram menores valores do coeficiente de transpiração, mostrando-se aceitáveis sob aspectos comerciais durante o armazenamento.

— O teste da condutividade elétrica pode ser utilizado como uma alternativa para detectar e prevenir injúrias causadas durante o período de armazenamento pós-colheita da cenoura.

— A evolução da cor foi satisfatoriamente representada pelo índice colorimétrico CCI.

— A evolução da resistência à força de penetração do tecido acompanha, satisfatoriamente, a evolução dos principais atributos de qualidade utilizados para o produto, que são a perda de água pós-colheita, a condutividade elétrica e a cor.

## 7. REFERÊNCIAS

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

AGRIANUAL. **Consultoria & Agroinformativos**. São Paulo: FNP, 2007.

ALMEIDA, D. **Manuseamento de produtos hortofrutícolas**. 1. ed. Porto – Portugal: Sociedade Portuguesa de Inovação Consultoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. (SPI), 2005. p. 1-112.

ARTÉS, L.; ARTÉS, E.; ARTÉS, F. **Daños por frio en la post-recolección de frutas y hortalizas. Avances en Ciencia y Técnicas del Frio**, Cartagena, v. 1, p. 299-310, 2003.

BEN-YEHOSHUA, S. Transpiration, water stress, and gas exchange. In: WEICHMANN, J. (Ed.). **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1987. p. 113-170.

BAXTER, L.; WATERS, L. JR. Quality changes in asparagus spears stored in a flow-through CA system or in consumer packages. **HortScience**, v. 26, p. 399-402, 1991.

BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002. p. 427.

CALBO, A. G. Cenoura (*Daucus carota*). Laboratório de Pós-colheita. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos\\_colheita/cenoura.htm](http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/cenoura.htm)>. Acesso em: 16 out. 2006.

CALBO, A. G.; NERY, A. A.; Medidas de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n.1, p.14-18, 1995.

CARON, V.C.; JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A. Conservação de cenouras 'Brasília' tratadas com cera. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 597- 600, 2003.

CARRAPIÇO, F. J. N. **Tecidos vegetais, estrutura e enquadramento evolutivo**. [S.l.]: Departamento de Biologia Vegetal – Secção de Biologia Celular, Biotecnologia Vegetal, 1998. p.1-20.

CASTSKY, J.; WATERS JR., L. Controlled atmosphere effects on physical changes and ethylene evolution in harvested okra. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 1, p. 92-95, 1990b.

CENOURA. **Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura – Normas de Classificação da Cenoura**. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura – CQH/CEAGESP, 2003. (CQH. Documento, 25).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CORTEZ, L.A.B.; HONÓRIO, S.L.; MORETTI, C.L. **Resfriamento de frutos e hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 428 p.

DIECKMANN, A.; LIST, D.; ZACHE, U. Cold water mist humidification to preserve the quality of fresh vegetables during retail sale. **Lebensm Wiss Technology**, v. 26, n. 4, p. 340-346, 1993.

**Embrapa busca otimizar sistema de produção de cenoura em Rondônia**. Notícias. p. 1-3, 11-11-2004. Disponível em: <[www.horticiencia.com.br/news/news2](http://www.horticiencia.com.br/news/news2)>. Acesso em: 21 nov. 2006.

FINGER, L. F.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 29 p. (Caderno Didático, 19).

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. A.R.; LINO, I. B. M.; BRECHT, J.; CHAU, K. V. Modelling O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, v. 43, p. 9-15, 2000.

GRIERSON, W.; WARDOWSKI, W. F.; Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. **HortScience**, v. 13, n. 5, p. 570-574, 1978.

HEIDELBERGE DRUCKMASCHINEN AG. **Expert Guide Color & Quality Colorimetry**, p. 5-57, 2006.

HERPPICH, W. B.; MEMPEL, H.; GEYER, M. Effects of postharvest mechanical and climatic stress on carrot tissue water relations. **Postharvest Biology and Technology**, v. 16, p. 43-49, 1999.

HIDALGO, E.; DE LA CRUZ, J.; PARKING, K. L.; GARCIA, H. S. Refrigerated storage and chilling injury development in manila mangoes (*Mangifera indica* L.). **Acta Hort.**, p. 455, 1996.

JUSTINA-DELLA, M. E.; FINGER, L. F.; OUIATTI, M. Perda pós-colheita da material fresca e da água em quiabo influenciada pelo tamanho do fruto e dano mecânico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 23, n.1, p. 37-40, 1998.

KANG, J. S.; LEE, D. S.; A kinetic model for transpiration of fresh produce in a controlled atmosphere. **Journal of Food Engineering**, v. 35, n. 4, p. 65-73, 1998.

KAYS, S J. **Postharvest physiology of perishable plants products**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 453 p.

LANA, M.M.; MOITA, A.W.; NASCIMENTO, E.F.; SOUZA, G.S.; MELO, M.F. Identificação das causas de perdas pós-colheita de cenoura no varejo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 241-245, 2002.

LINGAIAH, H.B.; REDDY, T.V. Effect of maturity and prepackaging on shelflife and quality of carrot (var. Early Nantes and Zino) under ambient condition. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 10, n. 1, p. 102-106, 1997.

LOWNDS, N. K.; BANARAS, M.; BOSLAND, P. W. Postharvest water loss and storage quality of nine pepper (*Capsicum*) cultivars. **Hortscience**, v. 29, n. 3, p. 191-193, 1994.

LURIE, S.; CRISOSTO, C. H. Chilling injury in peach and nectarine. Postharvest **Biol. Technol.**, v. 37, p. 195-208.

MAHAJAN, P.V.; OLIVEIRA, F.A.R.; MACEDO, I. Effects of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. **Journal of Food Engineering**, v. 84, n.1, p. 281-288, 2008.

MARTIN-DIANA, M. A. B.; RICO, D.; FRIAS, J.; MULCAHJ, G. T. M.; HENEHAN, G. T. M.; BARRY-RYAN, C. Whey permeate as a bio-preservative for shelf life maintenance of fresh-cut vegetables. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 7, p. 112-123, 2006.

MATOS, A. T.; FINGER, L. F.; DALPASQUALE, V. A. Perdas de matéria fresca e isotermas de sorção em bulbos de cebola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 3, p. 235-238, 1997.

OLIVEIRA, V. R.; GIANASI, L.; MASCARENHAS, M. H. T.; PIRES, N. M.; VIANA, M. C. M. Embalagem de raízes de cenoura 'brasília' em filme de PVC. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 6, p.1321-1329, 2001.

PINTO, P.M.Z.; MORAIS, A.M.M.B. **Boas práticas para conservação de produtos hortofrutícolas.** [S.l.]: Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica (AESBUC), 2000. 32 p. (Projeto realizado com a colaboração da Comunidade Européia no Âmbito do Programa Leonardo da Vinci).

PORTER, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas em alimentos minimamente processados. **Boletim CEPPA**, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.

REZENDE, C. P.; **Olericultura: teoria e prática.** 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 486.

RIBEIRO, R. A. **Conservação pós-colheita e metabolismo de carboidratos em raízes de dois clones de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).** Viçosa, MG: UFV, 2003. 204 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, A.E.O. dos. **Características físicas na pós-colheita do mamão tratado termicamente em sistema de fluxo hidráulico contínuo.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 51 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCALON, S. P. Q.; VIEIRA, M. C.; HEREIDIA, Z. N. A. Conservação pós-colheita de mandioquinha-salsa tratadas na pré-colheita com cálcio e armazenadas sob refrigeração em atmosfera modificada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 2, 2001. (Resumo 64).

SCHEER, A. Reducing the water loss of horticultural and arble products during long term storage. **Acta Horticulturae**, v. 93, n. 368, p. 511-522, 1994.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E.C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232, 1995.

SHIBAIRO, I. S.; UPADHYAYA, M.K.; TOIVONEN, P.M.A. Changes in water potencial, osmotic potencial, and tissue electrolyte leakage during mass loss in carrots stored under different conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 95, n. 4, p. 13-21, 2002.

SHIBAIRO, S. I.; UPADHYAYA, M.K.; TOIVONEN, P.M.A. Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage. **Scientia Horticulturae**, v. 71, n.1-2, p. 1-12, 1997.

SHIBAIRO, S. I.; UPADHYAYA, M.K.; TOIVONEN, P.M.A. Replacement of postharvest moisture loss by recharging and its effect on subsequent moisture loss during short-term storage of carrots. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 1, p. 141-145, 1998.

SODE, F.; KIIHN, F. Respiration in MA-packed, cut carrots. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 223-232, 1998.

THOMPSON, J. F.; MITCHELL, F. G.; RUMSEY, T. R.; KASMIRE, R. F.; CRISOSTO, C. H. **Commercial cooling of fruits, vegetables and flowers**. Revised edition. Oakland: University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. (Publication 21567).

VAN DEN BERG, L.; LENTZ, C. P. High humidity storage of carrots, parsnips, rutabagas, and cabbage. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 98, n. 2, p. 129-132, 1973.

WETHERLEY, P. E. Studies in the water relations of cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytologist**, Oxford, v. 49, p. 81-97, 1950.

WHITLOW, T.H.; BASSUK, N. L.; RANNEY, T.G.; REICHERT, D.L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiol.**, v. 98, p. 198-205, 1992.