

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE
SUBMETIDAS A DISTINTOS MÉTODOS DE RESFRIAMENTO**

RODOLPHO CESAR DOS REIS TININI

CAMPINAS - SP

FEVEREIRO DE 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE CULTIVARES DE ALFACE SUBMETIDAS A DISTINTOS MÉTODOS DE RESFRIAMENTO

Dissertação de Mestrado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Agrícola, na área de
concentração em Tecnologia Pós-colheita.

RODOLPHO CESAR DOS REIS TININI

ORIENTADORA: BARBARA JANET TERUEL MEDEROS

CO-ORIENTADOR: PAULO ADEMAR MARTINS LEAL

CAMPINAS - SP

FEVEREIRO DE 2012

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

T494a Tinini, Rodolpho Cesar dos Reis
Avaliação da qualidade de cultivares de alface
submetidas a distintos métodos de resfriamento /
Rodolpho Cesar dos Reis Tinini. --Campinas, SP: [s.n.],
2012.

Orientadores: Barbara Janet Teruel Mederos, Paulo
Ademar Martins Leal.

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

1. Alface. 2. Pós-colheita. 3. Tecnologia pós-
colheita. 4. Alface - Tecnologia pós-colheita. 5.
Temperatura - Efeito fisiológico. I. Teruel, Barbara
Janet. II. Leal, Paulo Ademar Martins. III. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Agrícola. IV. Título.

Título em Inglês: Evaluation quality of lettuce cultivars subjected to different cooling
methods

Palavras-chave em Inglês: Lettuce, Postharvest, Post-harvest technology, Lettuce -
Postharvest technology, Temperature - Physiological effect

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

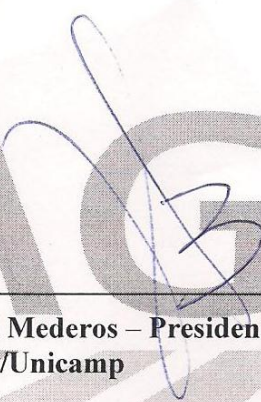
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, Sylvio Luís
Honório

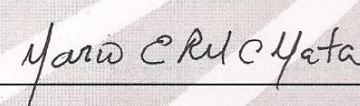
Data da defesa: 06/02/2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

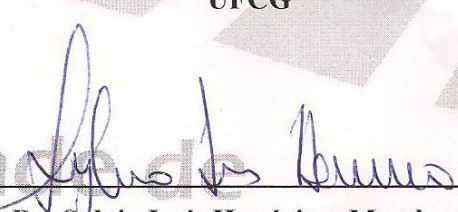
Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Rodolpho César dos Reis Tinini**, aprovado pela Comissão Julgadora em 06 de fevereiro de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



Profa. Dra. Bárbara Janet Teruel Mederos – Presidente e Orientadora
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata - Membro Titular
UFCG



Prof. Dr. Sylvio Luís Honório – Membro Titular
Feagri/Unicamp

Faculdade de
Engenharia Agrícola
Unicamp

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), pela disponibilização de sua estrutura.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

A FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo financiamento do projeto através do processo nº 11/50036-6.

A Prof. Dr.^a Barbara Janet Teruel Mederos, pela orientação, ensinamentos e apoio durante o mestrado.

Ao Prof. Dr. Paulo Ademar Martins Leal, pela co-orientação, ensinamentos e discussões pertinentes sobre o tema abordado.

Aos técnicos de laboratório, Rosa Helena, Rosália, Francisco e Oldeny, que devido à dedicação e prontidão em ajudar contribuíram de forma significativa na realização deste trabalho.

Aos amigos Denize, Eveline, Wesley, Guilherme, Allan e Glenda que através do convívio colaboraram de alguma forma para conclusão deste trabalho.

A Ana Carolina de Mello Alves Rodrigues, por sua paciência, companheirismo e ajuda em todos os momentos bons e ruins enfrentados durante este período, esteve sempre ao meu lado.

A minha família por todo suporte e amor.

E a todos que de alguma forma colaboraram para realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“O importante é não pararmos nunca de questionar”
(Albert Einstein).

SUMÁRIO

RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO GERAL	3
2.1 Objetivos Específicos	3
3 HIPÓTESE	4
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4.1 Qualidade de hortaliças folhosas	5
4.2 Alface	5
4.3 Pós-colheita de hortaliças folhosas	7
4.3.1 Efeitos da refrigeração em alface	7
4.3.2 Resfriamento Rápido	8
4.4 Considerações	11
5 MATERIAL E MÉTODOS	12
5.1 Experimentos	12
5.1.1 Experimento preliminar.....	12
5.1.2 Experimento final	12
5.2 Unidades Experimentais (Cultivares)	12
5.3 Métodos de resfriamento	15
5.3.1 Resfriamento com ar forçado	15
5.3.2 Resfriamento evaporativo.....	16
5.3.3 Resfriamento com água fria.....	19
5.3.4 Controle	21
5.3.5 Armazenamento das amostras	21
5.4 Determinação do tempo de resfriamento	21
5.5 Análises Físico-químicas	22
5.5.1 Preparação das amostras	22
5.5.2 Determinação do pH.....	22

5.5.3	Teor de ácido ascórbico.....	22
5.5.4	Clorofila.....	23
5.5.5	Perda de massa	23
5.6	Análise sensorial	24
5.7	Delineamento experimental	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1	Experimento Preliminar	27
6.1.1	pH	27
6.1.2	Ácido ascórbico	27
6.1.3	Clorofila.....	28
6.1.4	Perda de massa	28
6.1.5	Considerações sobre os experimentos preliminares	29
6.2	Experimento	31
6.2.1	pH	31
6.2.2	Ácido Ascórbico	32
6.2.3	Clorofila.....	34
6.2.4	Perda de Massa	35
6.3	Análise Estatística.....	37
6.3.1	Cultivar ‘Graciosa’	37
6.3.2	Cultivar ‘Vanda’	39
6.3.3	Cultivar ‘Marcela’	43
6.3.4	Cultivar ‘Lavinia’	47
6.3.5	Considerações sobre análise estatística	50
6.4	Análise de custo energético	51
6.5	Considerações finais	53
7	CONCLUSÕES.....	54
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
9	APENDICE 1	64
9.1	Cor	64
9.2	Frescor	65
9.3	Danos Mecânicos	66

9.4	Brilho:	67
9.5	Aspecto Geral	69
10	APENDICE 2	71
10.1	pH.....	71
10.2	Ácido ascórbico	72
10.3	Clorofila	73
10.4	Perda de massa	74
11	APENDICE 3	76
11.1	Cor	76
11.2	Frescor	77
11.3	Danos Mecânicos	78
11.4	Brilho	79
11.5	Aspecto Geral	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Protocolo para processo de colheita, recepção e aplicação dos tratamentos no experimento final.....	14
Figura 2: Detalhe de distribuição do produto na embalagem.....	14
Figura 3: Detalhe da posição do termopar na alface	14
Figura 4: Movimentação do ar através do túnel de resfriamento, corte do sistema instalado em câmara.....	15
Figura 5: Posição dos termopares durante o processo de resfriamento evaporativo para duas situações	17
Figura 6: Esquema de movimentação do ar através do sistema de resfriamento evaporativo por meio poroso	18
Figura 7: Modelo de instalação do túnel com aspersores e climatizador evaporativo	18
Figura 8: Detalhe de instalação dos bicos nebulizadores (UM-10).....	19
Figura 9: Esquema de movimentação do ar através do sistema de resfriamento evaporativo por nebulização	19
Figura 10: Sistema de resfriamento rápido por água fria e seus componentes	20
Figura 11: Modelo de ficha para análise sensorial	25
Figura 12: Modelo de ficha para análise sensorial	25
Figura 13: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para a cultivar ‘Graciosa’	38
Figura 14: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Vanda’	41
Figura 15: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Marcela’	44
Figura 16: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Lavinia’	48
Figura 17: Valores de temperatura ambiente, temperatura do produto e umidade relativa durante o processo de resfriamento por ar forçado com umidificação.....	51

Figura 18: Valores de Temperatura Ambiente, Temperatura do Produto e Umidade relativa durante o processo de resfriamento Evaporativo ventilador-meio poroso	52
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios das análises físico-químicas entre as cultivares estudadas para o experimento preliminar.....	29
Tabela 2: Valores médios de pH para as cultivares estudadas.	32
Tabela 3: Valores médios de ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$) para as cultivares estudadas.	33
Tabela 4: Valores médios de clorofila (unidades SPAD) para as cultivares estudadas.	35
Tabela 5: Valores médios de perda de massa (%) para as cultivares estudadas.....	36
Tabela 6: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais, para cultivar ‘Graciosa’.	37
Tabela 7: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para a cultivar ‘Graciosa’.	39
Tabela 8: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para a cultivar ‘Graciosa’.	39
Tabela 9: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Vanda’.	39
Tabela 10: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Vanda’.	42
Tabela 11: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Vanda’.	42
Tabela 12: Teste de Tukey para as médias do componente principal 2 dos tratamentos para cultivar ‘Vanda’.	42
Tabela 13: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Marcela’.	43
Tabela 14: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Marcela’.	45
Tabela 15: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Marcela’.	45
Tabela 16: Teste de Tukey para as médias do componente principal 1 dos tratamentos para cultivar ‘Marcela’.	45
Tabela 17: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Lavinia’.	47

Tabela 18: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Lavinia’.	49
Tabela 19: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Lavinia’.	49
Tabela 20: Teste de Tukey para as médias do componente principal 1 dos tratamentos para cultivar ‘Lavinia’.	49
Tabela 22: Resumo do gasto energético do processo de resfriamento com ar forçado e evaporativo ventilador-meio poroso (custo do kWh ⁻¹ adotado pela CPFL em 2011).	51
Tabela 22: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.	64
Tabela 23: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.	64
Tabela 24: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.	64
Tabela 25: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.	65
Tabela 26: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.	65
Tabela 27: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.	65
Tabela 28: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.	66
Tabela 29: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.	66
Tabela 30: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.	66
Tabela 31: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.	67
Tabela 32: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.	67

Tabela 33: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’	67
Tabela 34: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’	67
Tabela 35: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’	68
Tabela 36: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’	68
Tabela 37: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’	68
Tabela 38: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’	69
Tabela 39: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’	69
Tabela 40: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’	69
Tabela 41: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’	69
Tabela 42: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’	71
Tabela 43: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’	71
Tabela 44: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’	71
Tabela 45: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’	72
Tabela 46: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’	72
Tabela 47: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’	72
Tabela 48: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’	73
Tabela 49: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’	73

Tabela 50: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.	73
Tabela 51: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.....	73
Tabela 52: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.	74
Tabela 53: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’...	74
Tabela 54: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.	74
Tabela 55: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.	75
Tabela 56: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.	75
Tabela 57: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’.	75
Tabela 58: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.	76
Tabela 59: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.	76
Tabela 60: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.	76
Tabela 61: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.	76
Tabela 62: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.	77
Tabela 63: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.	77
Tabela 64: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.	77
Tabela 65: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.	77
Tabela 66: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.	78

Tabela 67: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’ .	78
Tabela 68: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’ .	78
Tabela 69: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’ .	78
Tabela 70: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’ .	79
Tabela 71: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’ .	79
Tabela 72: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’ .	79
Tabela 73: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’ .	79
Tabela 74: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’ .	80
Tabela 75: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’ .	80
Tabela 76: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’ .	80
Tabela 77: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’ .	80

RESUMO

A hortaliça folhosa mais consumida e produzida no Brasil é a alface (*Lactuca sativa* L.) e seu consumo vem crescendo a cada ano devido a uma tendência da população mundial em adquirir hábitos de vida mais saudáveis. Existem diferentes métodos de resfriamento para conservação pós-colheita, já utilizados e aplicados em olerícolas, porém não se tem conhecimento sobre seus efeitos e benefícios para a alface. O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de diferentes métodos de resfriamento e sua adequação para diferentes variedades de alface. Os tipos de alfaces analisadas foram a repolhuda crespa ou americana, a solta crespa, a repolhuda lisa e a solta lisa, adquiridas de um produtor da região de Campinas-SP. Foram avaliados três métodos de resfriamento seguidos de acondicionamento em câmara fria a 5°C: resfriamento com ar forçado (com controle da umidade relativa do ar e sem controle da umidade relativa do ar), resfriamento evaporativo em túnel (nebulização e ventilador-meio poroso) e resfriamento com água fria (imersão e aspersão), sendo que o controle consistiu apenas no acondicionamento do produto em câmara fria a 5°C, e os parâmetros físico-químicos (pH, ácido ascórbico, clorofila e perda de massa). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições por tratamento, observando-se a interação entre os métodos de resfriamento e tempo de armazenamento, e estes parâmetros foram submetidos à análise estatística multivariada aplicando-se a análise de componentes principais. Conclui-se que o melhor método para o resfriamento de alface é o do ar forçado com umidificação, pois equilibra eficiência de resfriamento e menor degradação do produto. O resfriamento da alface pelo método evaporativo apresenta uma lenta retirada de calor específico, desfavorecendo a manutenção da vida útil do produto, assim como o método por água fria que causa acúmulo de água no interior do produto facilitando as reações de deterioração. Com relação à análise de custo energético, o resfriamento de alface pelo método ar forçado se torna mais interessante em termos de aplicabilidade e manutenção da qualidade do produto, mesmo apresentando um maior custo se comparado ao resfriamento de alface pelo método evaporativo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L.; pós-colheita; tratamentos térmicos;

ABSTRACT

The leafy vegetable most consumed and produced in Brazil is the lettuce (*Lactuca sativa* L.) and its consumption is growing up every year due a tendency of world population to acquire healthier lifestyle. There are different cooling methods for post-harvest quality, already used and applied in vegetable crops, but there is no knowledge about yours effects and benefits for lettuce. The objective of this study was evaluating the application of different cooling methods and their suitability for different varieties of lettuce. The types of lettuce analyzed were “repolhuda crespa” ou “americana”, a “solta crespa”, a “repolhuda lisa” e a “solta lisa”, acquired from a region producer in Campinas-SP. We evaluated three cooling methods followed to a storage in cold chamber at 5 ° C: forced air cooling (with relative humidity control and no relative humidity control), evaporative cooling tunnel (misting and porous-fan) and hydrocooling (immersion and spray), and control consisted in the product cold storage at 5°C, was evaluate the physic-chemical parameters (pH, ascorbic acid, chlorophyll and weight loss). The experimental design was completely randomized, with five replicates per treatment, observing the interaction between cooling methods and storage time, and these parameters were subjected to multivariate statistical analysis with applying the principal component analysis. It is concluded that the best method for cooling lettuce is forced air with humidification it balances cooling efficiency and less degradation of the product. The cooling of the lettuce by evaporative method has a slower specific heat removed, which does not favor the maintenance product shelf-life, as well as the hydrocooling causes water accumulation in the product facilitates the degradation reactions. Regarding the analysis of cost energy, the cooling lettuce by forced air method becomes more interesting in terms of applicability and maintenance at product quality, even with a higher cost compared to the cooling of lettuce evaporative method.

Key words: *Lactuca Sativa* L.; postharvest; thermic treatments;

1 INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida in natura pela população brasileira e sua produção provém de agricultores de pequeno porte que movimentam grandes quantidades deste produto diariamente. A grande maioria destes agricultores localiza-se próximos aos grandes centros distribuidores e consumidores, por se tratar de um produto hortícola muito sensível e de rápida deterioração, característica esta que não pode ser modificada, mas apenas controlada ou reduzida.

O Brasil tem uma área de plantio estimada em 66.301,00 ha e o estado com maior produtividade é o estado de São Paulo com área cultivada de 7.188,00 ha, produção média de 137 mil toneladas por ano, e concentrada nas regiões de Piedade, Suzano e Mogi das Cruzes (CEASA, 2010; EMBRAPA, 2011).

A deterioração da alface começa a partir do momento em que o produto é colhido. Segundo pesquisa realizada pela CEAGESP, as perdas na alface são provocadas por embalagem inadequada (19%), transporte (17%) e manuseio (10%). Logo, o cuidado com esta hortaliça deve começar a partir da colheita, se estendendo por todas as etapas seguintes (manuseio, transporte, acondicionamento e armazenamento), garantindo assim a manutenção da qualidade do produto que depende de fatores fisiológicos, mecânicos e ambientais (ANTONIALI; SANCHES e NACHILUK, 2009).

Há um excesso de manuseio da alface durante a colheita devido ao fato desta ser totalmente manual no Brasil, o que é agravado por mão de obra não qualificada, fatores que podem prejudicar a qualidade final do produto colhido. Existem sistemas mecanizados para a colheita da alface, principalmente nos Estados Unidos e nos países da Europa, que proporcionam uma redução no manuseio e melhora na higiene do produto, que já sai do campo acondicionado (FERREIRA et al., 2008).

Exemplos de melhores condições de manuseio mínimo podem ser observados nos Estados Unidos, que aliando variedades melhor adaptadas, técnicas de resfriamento rápido, embalagens adequadas e cadeia do frio, tornaram a alface um produto com maior vida útil, possibilitando seu transporte por grandes distâncias, superiores a 2000 km (MORAES, 2006).

Existem muitos estudos sobre métodos de resfriamento aplicados aos produtos olerícolas (GIBBON, 1972; AGUERO et al., 2011), porém para hortaliças folhosas há poucos

estudos, bem como sobre a adoção de métodos de conservação usando o resfriamento do produto, principalmente no Brasil.

O transporte até os centros de distribuição e os pontos de venda geralmente não utilizam ambiente refrigerado, o qual forneceria melhores condições para minimizar a deterioração do produto. Mesmo quando a refrigeração é utilizada, não é feito o resfriamento rápido do produto para remoção rápida da carga térmica, nem é mantida a cadeia do frio nas fases seguintes, causando assim prejuízos técnicos e econômicos ao produto, ao produtor, ao distribuidor e ao consumidor.

Minimizar a deterioração da alface se torna um fator importante, sendo o controle da temperatura necessário para manter boas condições de armazenamento do produto, sua qualidade e vida útil. O uso de baixas temperaturas (0 a 5°C) e alta umidade relativa (95 a 98%) durante o armazenamento de produtos como hortaliças folhosas aumentam de duas a três semanas seu período de conservação (ASHRAE, 2002).

Desta forma, o resfriamento torna-se um fator fundamental para manter a qualidade do produto, sendo necessária ainda a implantação da cadeia do frio, que basicamente consiste em manter o produto em temperatura adequada para conservação da espécie desde a sua colheita até o ponto de venda, o que em nosso país não é realizado com eficiência.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicação de diferentes métodos de resfriamento em distintas cultivares de alface para obter subsídios para a tomada de decisão sobre qual é o melhor sistema para conservação do produto.

2.1 Objetivos Específicos

- 1- Comparar e selecionar os melhores métodos e reduzir o número de tratamentos de resfriamento:
 - Método de resfriamento por ar forçado:
 - Com controle da umidade relativa do ar;
 - Sem controle da umidade relativa do ar;
 - Método de resfriamento pelo princípio evaporativo:
 - Ventilador-meio poroso;
 - Nebulização;
 - Método de resfriamento por água fria:
 - Imersão;
 - Aspersão;
- 2- Avaliar o tempo de vida útil e a qualidade pós-colheita da alface após o resfriamento, com base nos atributos de qualidade físico-química e análise sensorial, em todos os métodos.
- 3- Avaliar o efeito da umidificação do ar nos processos de resfriamento considerando os seguintes sistemas:
 - Sistema tipo úmido (sistemas que trabalham com alta umidade relativa do ar);
 - Sistema tipo seco (sistemas com o controle da umidade relativa do ar);

3 HIPÓTESE

O resfriamento da alface pode propiciar a manutenção de sua vida útil e diminuir a perda de qualidade do produto. O estudo dos diferentes métodos de resfriamento buscará demonstrar resultados qualitativos e quantitativos distintos para a conservação de diferentes tipos de alface, e assim determinar o sistema de resfriamento mais adequado e eficiente a ser utilizado pelos agricultores.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Qualidade de hortaliças folhosas

A qualidade de produtos hortícolas é traduzida como a adaptação às preferências do cliente, ou seja, satisfação. Fatores de qualidade são imperativos na atual tendência para distribuição desses produtos em supermercados e cadeias varejistas, que apresentam altas exigências e aplicação de rigorosos controles de qualidade (CORTEZ, HONORIO e MORETTI, 2002).

Dentre os atributos relacionados com a qualidade de frutas e hortaliças, destacam-se a aparência visual (frescor, cor, defeitos e deterioração), a textura (firmeza, resistência e integridade do tecido), o sabor e aroma, o valor nutricional e a segurança do alimento, sendo os dois últimos os que vêm ganhando cada vez mais importância em relação à preferência do consumidor, e são fundamentais na tomada de decisão para adquirir e consumir o produto (CENCI, 2006).

Boas práticas promovem o controle das possíveis perdas de qualidade durante as etapas de colheita e pós-colheita de hortaliças folhosas in natura, e completam a definição de qualidade e segurança na cadeia produtiva. A Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) atua como um plano para evitar ou reduzir o risco de ocorrência de problemas em toda cadeia de produção e distribuição, por meio do controle dos procedimentos em pontos críticos (FURTINI & ABREU, 2006).

SANTANA et al. (2006) realizaram avaliações física, microbiológica e parasitológica de alfaces da variedade crespa provenientes de diferentes sistemas de cultivo comercializadas no varejo, e observaram que as alfaces apresentaram baixos padrões higiênicos com maior frequência de contaminação nas amostras do cultivo orgânico seguida das de cultivo tradicional e hidropônico.

4.2 Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma planta herbácea de ciclo curto, grande área foliar e sistema radicular pouco profundo. Esta hortaliça folhosa tem grande importância em vários

países, sendo a mais consumida no Brasil. Por se tratar de um produto extremamente sensível devido a sua baixa resistência ao manuseio e transporte, além de alta perecibilidade, sua produção está localizada próxima aos grandes centros de consumo (OSHE et al., 2009; SILVA, 2011).

Segundo dados do CEASA (2010), no Estado de São Paulo a produção de alface ocupa 7.859 hectares que produzem 137 mil toneladas/ano. É um produto rico em vitamina C, cálcio e fósforo, e por ser uma hortaliça consumida in natura, o frescor e limpeza são as características mais valorizadas pelo consumidor.

Destacando a importância da alface para alimentação e saúde humana, OSHE et al. (2001) quantificou a composição mineral de alfaces sob distintos métodos de cultivo e observou uma composição média por 100g cultivada em solo. Esta hortaliça apresentou água (94,20%), calorias (14,51 kcal), proteínas (1,13 g), carboidratos totais (2,08 g), fibras (1,59 mg), cálcio (81,94 mg), fósforo (17,06 mg) e vitamina C (28,28 mg).

A alface é classificada, segundo a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), em repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa, solta crespa roxa e tipo romana. Esta definição é importante devido a diversidade de características morfológicas e fisiológicas que estabelece diferenças na conservação pós-colheita e no manuseio. Dentre os tipos citados, as mais consumidas são a crespa e a lisa (HENZ & SUINAGA, 2009).

Por se tratar de um produto hortícola muito sensível, são necessárias precauções quanto ao manuseio, sanitização e acondicionamento do mesmo, visando diminuir os efeitos da senescência e perda de qualidade. Assim, técnicas de acondicionamento adequadas, lavagem e resfriamento são muito importantes para prolongar a vida útil e fornecer um produto de qualidade ao comerciante e consumidor final.

Dentre os fatores que provocam perdas nas olerícolas produzidas em campo, destacam-se as condições ambientais desfavoráveis (altas temperaturas e elevadas taxas de umidade relativa do ar) que proporcionam o desenvolvimento de patógenos, que aliados ao manejo, manuseio, acondicionamento, transporte e armazenamento incorretos reduzem a qualidade do produto, além da falta de classificação, padronização e logística de distribuição adequada. Tais fatores afetam a cultura da alface, pois se trata de um produto amplamente

consumido in natura. (ANDREUCCETTI, et al., 2005; LANA et al., 2002; LUENGO et al., 2003; AGÜERO, et al. 2008).

4.3 Pós-colheita de hortaliças folhosas

A pós-colheita tem um papel de grande importância nos processos de acondicionamento, manuseio e transporte do produto, pois a qualidade é perdida caso estes não estejam incorporados corretamente à cadeia produtiva (CHITARRA & CHITARRA, 2005; LUENGO & CALBO, 2001).

Segundo ANTONIALI (2000) para a conservação pós-colheita da alface, cujo objetivo é aumentar sua vida útil e reduzir as perdas na comercialização, a refrigeração é o primeiro passo a se seguir, pois quanto mais rápido for reduzido o calor específico do produto melhor será o processo de conservação pós-colheita.

Após a colheita, uma opção para a retirada rápida do calor específico do produto é a operação de resfriamento rápido, que tem por objetivo reduzir a velocidade dos processos metabólicos naturais de respiração e deterioração por senescência (CORTEZ, HONÓRIO e MORETTI, 2002). Todavia, o uso desse método deve ser muito bem avaliado, pois se a cadeia do frio não for mantida, há grande chance de que a qualidade e o tempo de vida útil dos produtos sejam reduzidos, além do desperdício no investimento para realizar o resfriamento.

Dentre os métodos de conservação pós-colheita mais indicados para hortaliças folhosas temos o resfriamento rápido e o armazenamento refrigerado. A adoção destes métodos em conjunto poderá afetar de maneira positiva ou negativa o prolongamento da vida útil e a qualidade do produto.

A deterioração e alterações fisiológicas de hortaliças devem ser reduzidas o mais rápido possível após a colheita. O armazenamento em refrigeração é praticado para aumentar a vida útil de frutas e hortaliças frescas tornando estes produtos disponíveis todo o ano e reduzindo perdas pós-colheita (SINGH et al., 2006).

4.3.1 Efeitos da refrigeração em alface

As hortaliças folhosas possuem diferentes temperaturas de armazenamento. Muitas não possuem sensibilidade ao frio e podem ser armazenadas em temperaturas menores que 10°C, como é o caso da alface e repolho. (MORETTI, 2003).

CHO et al. (2009) avaliou a qualidade da alface armazenada a três temperaturas, 5, 10 e 20°C e demonstrou que suas qualidades sensoriais foram perdidas em seis dias de armazenamento a 5°C, em dois dias a 10°C e em um dia a 20°C. A maior quantidade de teor de vitamina C se manteve a 5°C.

AGUERO et al. (2011) e KONSTATOPOULOU et al. (2010) utilizaram diferentes temperaturas (0 e 5°C) para acondicionamento de alface e conseguiram resultados de perda de massa de até 20% para o máximo de 10 dias de armazenamento.

Segundo MELLO et al. (2003), hortaliças tendem a ter uma rápida perda de qualidade pós-colheita por serem sensíveis, fato este que ocorre mesmo com seu armazenamento refrigerado. Contudo, o armazenamento refrigerado pode prolongar a vida útil de 4 a 10 dias, de acordo com o tratamento e a temperatura utilizada, podendo-se, além de refrigerar, combinar métodos de resfriamento rápido para uma maior durabilidade das hortaliças.

4.3.2 Resfriamento Rápido

Para conservação de produtos hortícolas imediatamente após a colheita, deve ser feito o resfriamento para retirada de calor do produto, denominado de resfriamento rápido. Trata-se da redução rápida da temperatura do produto colhido até o 1/2 ou 7/8 da temperatura de estocagem (ANTONIALI, 2000; KADER, 2002; THOMPSON, 2004).

Para minimizar a deterioração de hortaliças folhosas é necessário um rigoroso controle da temperatura aliado a boas condições de armazenamento do produto. Com a temperatura entre 1 e 4°C e umidade relativa entre 95 e 100% a alface pode ser conservada de duas a três semanas (ASHRAE, 2002).

As câmaras de armazenamento são adequadas para manutenção da baixa temperatura do produto retirando assim uma menor quantidade de calor em função do tempo, mas caso o produto não esteja resfriado previamente, o tempo de resfriamento será muito alto, prejudicando a qualidade e a vida útil do produto (CORTEZ, HONÓRIO e MORETTI, 2002).

4.3.2.1 Resfriamento rápido com ar forçado

O resfriamento com ar forçado consiste em um método recomendado a muitos produtos hortícolas (frutas, hortalças, flores, etc.), sendo realizado principalmente em túneis dentro de câmara frigorífica. Este sistema é composto de exaustores associados à câmara de refrigeração, no qual o ar resfriado é forçado a passar pelo produto para permitir uma eficiente troca de calor, sendo a vazão de ar calculada de acordo com a quantidade de produto (MITCHELL et al., 1973).

O sistema de resfriamento com ar forçado oferece inúmeras vantagens ao produtor, como facilidade de montagem, alta variabilidade de produto a ser resfriado, grande variedade de utilização para diferentes tipos de embalagem, características que levam este sistema a ser cada vez mais utilizado no Brasil (TERUEL, 2008; SILVA, 2010).

ANTONIALI (2000) verificou que o sistema de resfriamento rápido com ar forçado é uma alternativa para conservação pós-colheita de alface quando submetida a este resfriamento em diferentes velocidades do ar. Com este sistema as alfaces foram conservadas por 23 dias mantendo condições para comercialização, enquanto o produto resfriado em câmara convencional aos 16 dias de armazenagem não apresentava mais condições de comercialização.

4.3.2.2 Resfriamento rápido com água fria

O resfriamento rápido com água fria consiste em submergir ou aspergir um volume de água à baixa temperatura, geralmente entre 0 e 1°C, acelerando a troca de calor entre o produto e a água. O resfriamento de produtos hortícolas utilizando este sistema pode ser mais eficiente quando comparado com o de ar forçado em termos da rápida diminuição do tempo de resfriamento (CORTEZ, HONÓRIO e MORETTI, 2002; USAID, 2009).

Um fator favorável quando aplicado o resfriamento tipo úmido, seja por imersão ou saturação do ar, é a inexistência de perda de água do produto. Portanto, pode ser um método que reduz as perdas de massa e mantém o viço do produto desde que a qualidade da água não favoreça a entrada e a propagação de patógenos.

4.3.2.3 Resfriamento evaporativo

O resfriamento evaporativo ocorre quando algum meio ou produto cede calor para que a água evapore, que se caracteriza por um processo endotérmico, isto é, demanda calor para se realizar. Esta transferência de calor pode ser forçada (quando fornecemos o calor) ou induzida (quando se cria condições para que o produto retire calor do meio). Um exemplo bastante conhecido de resfriamento evaporativo é a torre de resfriamento, pois nela uma parcela de água é induzida a evaporar, retirando calor da água remanescente que se resfria por ceder este calor.

O resfriamento evaporativo por meio poroso faz o uso da água e de um ventilador para produzir o frio. Neste sistema, a água é aplicada inteiramente no material e o ar é resfriado e umidificado, em seguida é succionado ou forçado por um ventilador localizado no lado oposto ou atrás do túnel de resfriamento, diminuindo a temperatura e aumentando a umidade relativa do ar (BROSNAN & SUN, 2001; LIAO & CHIU, 2002; JAIN, 2007).

O sistema de resfriamento evaporativo por nebulização consiste na formação de gotículas, através de bicos nebulizadores alimentados por bombas de alta pressão, que aumentam muito a superfície de uma gota d'água exposta ao ar gerando uma evaporação mais rápida (ABREU & ABREU, 2006).

Segundo WORKNEH & WOLDETSADIK (2004), em estudos realizados com diversas frutas (bananas, mamão, laranja e limão), o sistema de resfriamento evaporativo com ventilação forçada obteve uma redução da temperatura de armazenamento de 10°C e aumento da umidade relativa de mais de 27% no ambiente. Em trabalho realizado no semiárido da Etiópia com aplicação de sistema de resfriamento evaporativo tipo ventilador-meio poroso para tomates, GETINET (2008) obteve uma redução de 5°C na temperatura e aumento da umidade ambiente de 18%, com eficiência variando entre 68,3% a 84%.

Hortaliças folhosas, alface especificamente, não são muito adaptadas a temperaturas muito altas. Para reduzir perdas por altas temperaturas, BEN ASHER (2008) avaliou o método de pulverização de água sobre as plantas obtendo um resfriamento evaporativo e um aumento da umidade. Não houve redução significativa para as temperaturas médias do ar, porém a temperatura e umidade nas imediações das plantas foram afetadas. Esse mecanismo de resfriamento limita a transpiração das plantas de modo que melhora suas qualidades e evita perdas.

4.4 Considerações

A alface, assim como todas as hortaliças folhosas, apresenta uma alta perecibilidade, sendo fator fundamental a manutenção de sua qualidade para a comercialização do produto. A qualidade dos produtos hortícolas é de fundamental importância para a aceitação do consumidor, tornando cada vez mais importante a qualidade nutricional e a segurança do alimento. Estes parâmetros ainda são um obstáculo na produção de hortaliças em nosso país, sendo a adoção de boas práticas e o seguimento das normas sanitárias ações fundamentais para a garantia de fornecimento de um produto de qualidade.

A tecnologia aplicada a pós-colheita tem papel fundamental para a manutenção da qualidade do produto. Assim, para o aumento da vida útil a retirada de calor é essencial, sendo que a utilização de resfriamento rápido seguido de armazenamento refrigerado são os mais indicados.

As hortaliças folhosas têm sensibilidade acentuada ao frio. Em armazenamento abaixo de 1°C, a alface já apresenta injúrias, sendo a faixa entre 2 e 10°C a que prolonga por um tempo maior a vida útil do produto e torna interessante o armazenamento refrigerado, visando manutenção da qualidade (SALTVEIT, 2004).

Muitos estudos visam o resfriamento rápido para atingir o melhor armazenamento do produto obtendo resultados satisfatórios. Porém, nem todos levam em consideração as características do produto do ponto de vista fisiológico. Desta forma, o estudo de um método de resfriamento abordando as características do produto pode torná-lo mais adequado para sua conservação.

Resfriamento rápido a ar forçado e a água gelada já são bem difundidos, porém pouco se sabe sobre seus efeitos fisiológicos na alface. Outro sistema que pode se tornar atrativo é o resfriamento evaporativo, pois tem uma grande redução no gasto de energia e consegue trabalhar com umidades relativas recomendadas para o produto.

Um caminho a seguir é o conhecimento do melhor método de resfriamento do produto, respeitando suas características fisiológicas e as características econômicas do produtor, para que o referido método possa ser aplicado em condições recomendadas na cadeia produtiva.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, com intuito de estudar variações de resfriamento para a avaliação da qualidade de cultivares de alface. Todos os testes necessários foram realizados no Laboratório de Termodinâmica e Energia (LTE) e Laboratório de Controle Ambiental, e as avaliações de qualidade no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita (LTPC), todos localizados na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI). Os experimentos estão descritos abaixo.

5.1 Experimentos

5.1.1 Experimento preliminar

O objetivo do experimento preliminar foi identificar os melhores tratamentos (métodos de resfriamento) para os cultivares estudados num desenho completo para selecionar as melhores variações de cada tratamento a ser utilizado no experimento final.

Os testes preliminares usaram os tratamentos relatados a seguir e o controle constituiu do armazenamento em câmara a temperatura de 5°C, localizada no Laboratório de Controle Ambiental.

1. Resfriamento com ar forçado (com e sem controle de umidade relativa do ar);
2. Resfriamento evaporativo por meio poroso (ventilador-meio poroso e nebulização);
3. Resfriamento com água fria (imersão e aspersão);
4. Controle;

5.1.2 Experimento final

Neste experimento utilizamos as variações selecionadas no experimento preliminar para se determinar o melhor método (método robusto) para os cultivares estudados.

5.2 Unidades Experimentais (Cultivares)

As alfaces utilizadas no experimento foram os quatro tipos descritos abaixo:

- Tipo repolhuda crespa ou americana (“Graciosa”);
- Tipo solta crespa (“Vanda”);
- Tipo repolhuda lisa (“Marcela”);
- Tipo solta lisa (“Lavinia”).

Estas unidades foram adquiridas de um produtor da região de Campinas-SP, com localização geográfica de latitude 22° 46’ 19” W e longitude 47° 04’ 20” S.

Os fabricantes das sementes são:

- Graciosa: Tecnoseed;
- Vanda: Sakata Seed Sudamerica ;
- Marcela: Hortec;
- Lavinia: Sakata Seed Sudamerica.

No experimento preliminar foram utilizadas 15 amostras de cada cultivar em um total de 420 unidades experimentais, sendo a semeadura em 13/06/2011 e a colheita em 31/08/2011, com um mês em casa de vegetação e restante a campo aberto.

No experimento final utilizou-se 15 unidades experimentais de cada cultivar totalizando de 240 unidades experimentais, sendo a semeadura em 20/06/2011, e a colheita em 30/09/2011, com um mês em casa de vegetação e restante a campo aberto.

Todas as unidades experimentais após a colheita foram lavadas e acondicionadas em caixas plásticas de PEAD (polietileno de alta densidade) padrão EMBRAPA, com dimensões de 556 x 360 x 310 mm (comprimento x largura x altura total) e porcentagem de aberturas de 60% da área total. Esta caixa foi escolhida e utilizada para todos os tratamentos durante todo o experimento, as amostras foram separadas após a lavagem em 10 unidades por caixa.

Após a colheita as unidades experimentais obedeceram ao protocolo abaixo (Figura 1).

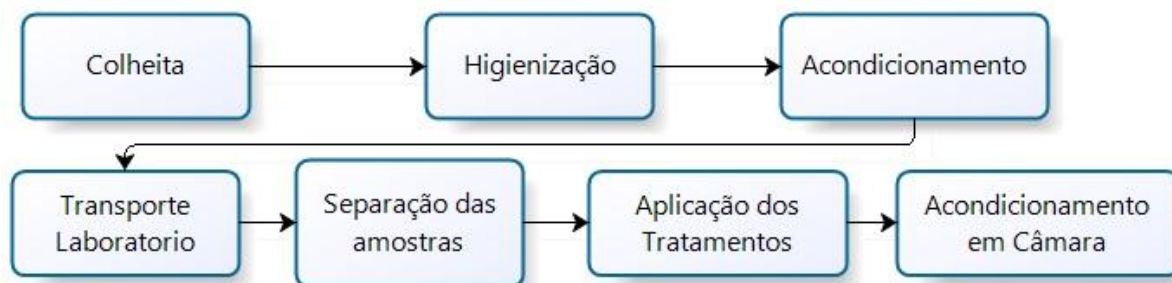


Figura 1: Protocolo para processo de colheita, recepção e aplicação dos tratamentos no experimento final

O transporte até a Faculdade de Engenharia Agrícola foi realizado pelo produtor, imediatamente após a colheita no período da manhã em um caminhão.

Durante as aplicações dos tratamentos a temperatura do produto foi coletada através de termopares tipo T AWG # 24 calibrados previamente. Os termopares foram instalados em três produtos para cada caixa (Figura 2), no centro da área de corte do produto, de acordo com a Figura 3.

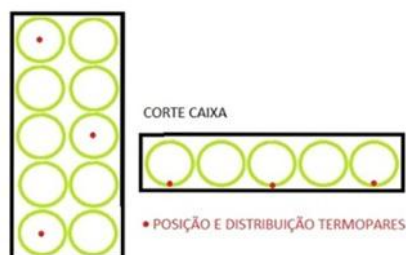


Figura 2: Detalhe de distribuição do produto na embalagem



Figura 3: Detalhe da posição do termopar na alface

5.3 Métodos de resfriamento

5.3.1 Resfriamento com ar forçado

O sistema de resfriamento com ar forçado utilizado neste experimento é um sistema de modelo túnel californiano, formado por uma câmara frigorífica, marca Prófrío, modelo Modular 34512 e dimensões internas 7,12 x 3,16 x 4,00 m, dividida em sala de resfriamento com ar forçado (a) e sala para acondicionamento (b).

- a. Sala de resfriamento por ar forçado o sistema de refrigeração é composto por um evaporador da marca Mipal, modelo HDL 103RR e uma unidade condensadora Danfoss modelo HCM040B21Q, com capacidade frigorífica de 8544 kcal.h^{-1} .

O processo de resfriamento com ar forçado constitui em um ventilador centrífugo que succiona o ar refrigerado que sai do evaporador, enquanto o ar resfriado é forçado a passar transversalmente entre o volume de hortaliças colocado no túnel de resfriamento, promovendo a troca de calor do ar com o produto de forma eficiente (Figura 4).

O sistema funciona até que a carga térmica seja retirada dos produtos no interior do túnel, e o produto atinja a temperatura de meio resfriamento (de acordo com o item 5.4), em seguida ao ventilador é desligado conforme o programado.

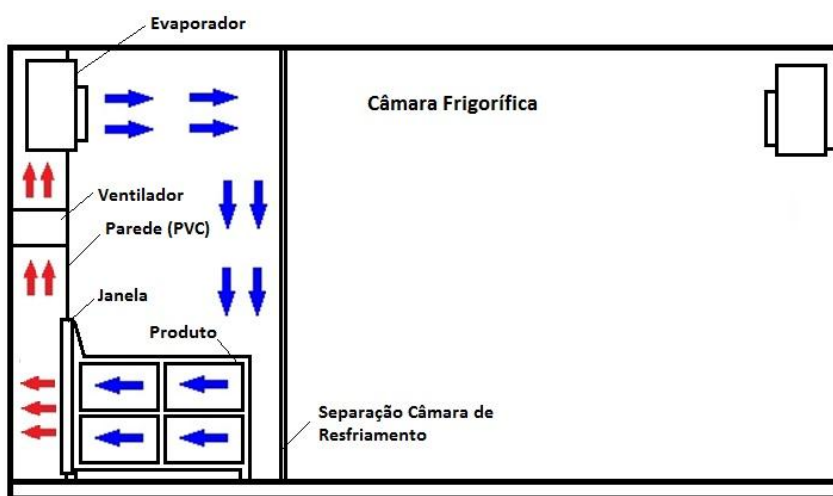


Figura 4: Movimentação do ar através do túnel de resfriamento, corte do sistema instalado em câmara

- b. Sala para acondicionamento do produto possui um sistema de refrigeração composto por um evaporador da marca Mipal, modelo MI078E, uma unidade condensadora Danfoss modelo HCM040B21Q e capacidade frigorífica de 6412 kcal.h^{-1} .

O produto permaneceu acondicionado no interior da câmara a $\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante o período de análises. Utilizou-se para o monitoramento da temperatura um sistema de aquisição de dados por computador, da marca National Instruments, composto por 42 canais de input, monitoramento visual em ambiente Labview[®] e frequência de aquisição de dados de 1000 Hz, conectados a termopares já citados, para monitoramento da temperatura ambiente e do produto, e um sensor de umidade para medição da úmida relativa do ambiente, marca Novus, modelo RHT, com range de leitura de 0 a 100% de UR.

5.3.1.1 Resfriamento com ar forçado com controle de umidade

Este tratamento foi realizado utilizando o resfriamento com ar forçado em câmara já umidificada, neste experimento foi utilizado o equipamento umidificador de ambientes, da marca Waterclear, modelo MAX TURBO ULTRASONICO e taxa de nebulização de 400 ml.h^{-1} - 450 ml.h^{-1} .

5.3.1.2 Resfriamento com ar forçado sem controle de umidade

Este tratamento foi realizado utilizando o resfriamento com ar forçado sem promoção da umidificação no interior da câmara. Este é o método tradicional de resfriamento rápido por ar forçado.

5.3.2 Resfriamento evaporativo

O sistema de resfriamento evaporativo utilizado no experimento é um modelo de bancada dinâmica, formado por uma esteira transportadora, marca Crizaf, modelo Série L, aço inoxidável, com dimensões de $5,70 \times 1,00 \times 1,20 \text{ m}$ e cobertura em PEBD (polietileno de baixa densidade) com base de alumínio, a partir de arcos com $1,00 \text{ m}$ de raio e dimensões de $3,14 \times 0,06 \times 0,003 \text{ m}$.

Para monitorar a temperatura do produto, temperatura ambiente e umidade relativa ambiente, foi utilizado um sistema de aquisição de dados, da marca National Instruments, composto por 42 canais de entrada, monitoramento visual em ambiente Labview[®] e frequência de aquisição de dados de 1000 Hz, conectados a termopares, tipo T AWG # 24 calibrados previamente, e um sensor de umidade, marca Novus, modelo RHT, com faixa de leitura de 0 a 100% de UR.

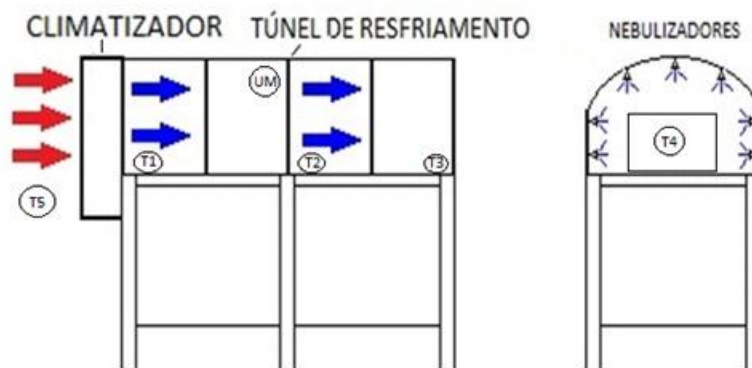


Figura 5: Posição dos termopares durante o processo de resfriamento evaporativo para duas situações

5.3.2.1 Sistema de resfriamento evaporativo por ventilador-meio poroso

Para este tratamento foi utilizado, junto com o conjunto descrito no item 5.3.2 um resfriador evaporativo da marca ECOBRISA[®], Modelo EB-50 de janela, vazão de ar de 5.000 m³h⁻¹, instalado na extremidade da bancada dinâmica.

O objetivo da utilização deste equipamento é aumentar a umidade e diminuir a temperatura do ar no interior da bancada dinâmica.

O funcionamento do sistema consistiu em forçar o ar ambiente pelo climatizador, gerando com isso velocidade e umidade, resfriando o produto, de acordo com a Figura 6.



Figura 6: Esquema de movimentação do ar através do sistema de resfriamento evaporativo por meio poroso

O produto acondicionado nas caixas descritas anteriormente foi acomodado na posição central da esteira e mantido neste tratamento até o ponto de equilíbrio com o ambiente interno da bancada dinâmica.



Figura 7: Modelo de instalação do túnel com aspersores e climatizador evaporativo

5.3.2.2 Sistema de resfriamento evaporativo através de nebulização

Para este tratamento foi utilizado um sistema de resfriamento evaporativo por nebulização, sobre a bancada dinâmica descrita no item 5.3.2, foram utilizados aspersores de

nebulização, marca UMICONTROL, modelo UM-10, com vazão de $3,9 \text{ l}^3.\text{h}^{-1}$, acoplados a um compressor de ar da marca SCHULZ, modelo CSA 7,5/20, com pressão máxima de operação de 8,0 bar, e uma ventilação forçada gerada pelo ventilador do equipamento ECOBRISA descrito no item anterior.

Neste tratamento o ar externo é forçado pelo ventilador a passar pela bancada dinamica onde estão instalados os nebulizadores (Figura 8 e 9).

Esses nebulizadores geram uma cortina de gotas finas que resfriam e umidificam o ar no interior do túnel.



Figura 8: Detalhe de instalação dos bicos nebulizadores (UM-10)

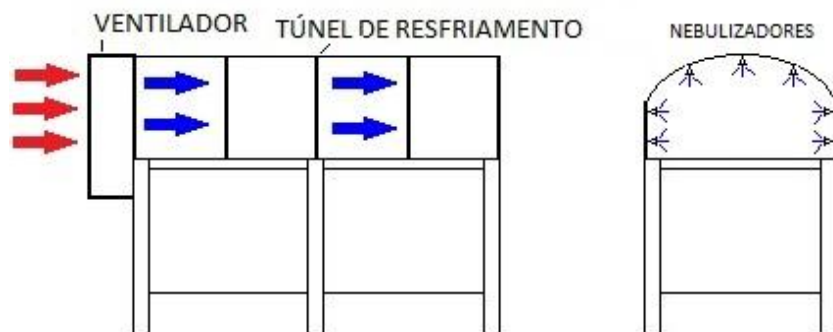


Figura 9: Esquema de movimentação do ar através do sistema de resfriamento evaporativo por nebulização

O produto foi acondicionado da mesma forma que o tratamento anterior.

5.3.3 Resfriamento com água fria

O sistema de resfriamento com água fria foi utilizado um sistema, como descrito por TERUEL (2003), que é formado dos seguintes equipamentos: compressor hermético, condensador a ar, válvula de expansão termostática, reservatório de líquido e uma bomba (Figura 10).

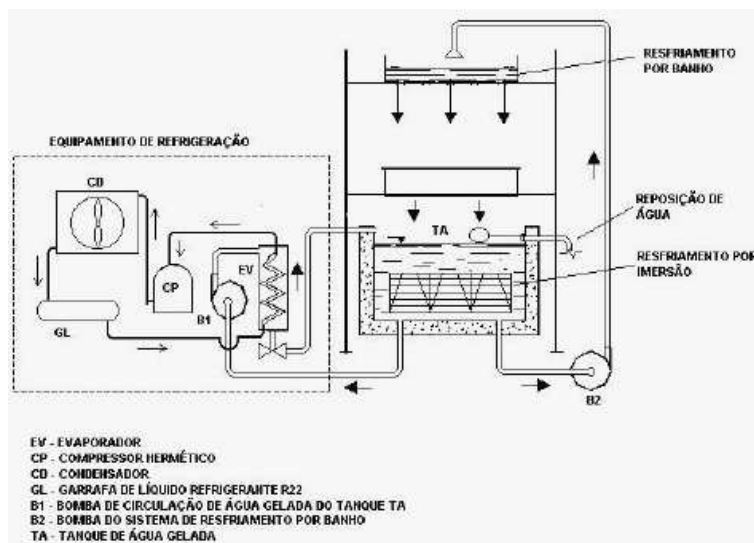


Figura 10: Sistema de resfriamento rápido por água fria e seus componentes

A capacidade do tanque é de $0,23 \text{ m}^3$, com dimensões de $(0,78 \times 0,58 \times 0,57 \text{ m})$, vazão de aproximadamente $0,001 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e isolamento de espuma de vidro com espessura de aproximadamente $0,05 \text{ m}$.

Para o monitoramento da temperatura foi utilizado termopares similares aos descritos anteriormente, um sistema de aquisição de dados por computador, com um conversor de sinais A/D, placa de acondicionamento de sinais e um computador AT 486.

5.3.3.1 Imersão

Para este tratamento, resfriamento rápido por imersão, a caixa com o produto foi submergida, em água a temperatura de 5°C , até a temperatura do produto previamente estipulada (Temperatura de meio resfriamento – item 5.4). O resfriamento ocorre pela circulação da água do tanque que promove a retirada de calor do produto.

5.3.3.2 Aspersão

Para este tratamento, foi utilizado o mesmo sistema do tratamento anterior, em que as caixas com as amostras não foram submergidas e sim apoiadas sobre o tanque e aspergidas com água fria. A aspersão foi feita, acoplando-se uma bomba centrífuga que transportou a água gelada desde o tanque reservatório até uma bandeja que permite realizar a aspersão da água, o experimento teve a duração até a temperatura do produto previamente estipulada (Temperatura de meio resfriamento – item 5.4).

O resfriamento ocorre com a passagem da água gelada pela caixa onde estão acondicionadas as amostras.

5.3.4 Controle

O tratamento controle é similar ao método utilizado pelos produtores para limpar e sanitizar o produto, em seguida acondiciona-lo em câmara fria a 5°C durante o período de análises.

5.3.5 Armazenamento das amostras

Após a aplicação dos tratamentos o produto foi armazenado em câmara fria a $\pm 5^\circ\text{C}$, e o tempo de armazenamento foi determinado conforme a análise sensorial descrita no item 5.6.

5.4 Determinação do tempo de resfriamento

Para a determinação do tempo de resfriamento foram utilizados os dados de temperatura e calculada assim a taxa adimensional de temperatura (TAT), conforme citado em MITCHELL, GUILLOU, PARSONS, 1973; MONSENIN, 1980; ASRHAE, 2002 (1).

$$TAT_{1/2} = \frac{(T_c - T_a)}{(T_i - T_a)} = 0,5 \quad (1)$$

Onde:

T_c - temperatura no centro das hortaliças, °C;

T_i - temperatura inicial da alface, °C;

T_a - temperatura do meio de resfriamento (ar ou água), °C;

$TAT_{1/2}$ - taxa adimensional de temperatura.

No instante em que TAT seja igual a 0,5, o produto atinge o tempo de meio resfriamento ($TAT_{1/2}$).

5.5 Análises Físico-químicas

As análises foram realizadas em amostras aleatórias dos tratamentos a cada três dias, a quantidade de análises realizadas por tratamento variou conforme a vida útil, conforme descrito pela análise sensorial (item 5.6).

5.5.1 Preparação das amostras

Cada amostra recolhida de forma aleatória, foi triturada e homogeneizada de acordo com os procedimentos descritos pela A.O.A.C (1995) e IAL (2004).

5.5.2 Determinação do pH

A determinação do pH, realizada a partir da medida da concentração de íons hidrogênio na amostra, foi determinada com cinco repetições para cada tratamento e cultivar, com um pHmêtro digital de marca Instrutherm, modelo PH-1500, com faixa de medida de 0 a 14 pH, erro de $\pm 0,02$ pH e resolução de 0,01 pH, devidamente calibrado com soluções-tampão padrão, pH 4,0 e pH 7,0 a temperatura de 20°C.

5.5.3 Teor de ácido ascórbico

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada a partir da medida da concentração de ácido ascórbico em cem gramas de amostra, em cinco repetições para cada tratamento e cultivar.

Para esta determinação foram tomados 1g do homogenato em um balão volumétrico de 50 ml, mensurados em balança analítica digital da maraca Labcenter, modelo AY220, faixa de medida de 0 a 220 g, erro de $\pm 0,001$ g e precisão de 0,0001 g, preenchido com solução de ácido fosfórico (3%), segundo método de Tillmans, com indicador 2,6-diclorofenolindofenol (DCFI). O líquido foi filtrado e medido 10 ml a serem titulados com solução de DCFI até a viragem (cor rosa). O teor de ácido ascórbico foi calculado pela equação (2):

$$Aa = \frac{0,5 \times V_t}{V_{tp} \times V \times 100 \times (V - m)^{-1}} \quad (2)$$

Onde:

Aa = ácido ascórbico ($\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$);

V_t = volume de titulação (ml);

0,5 = volume retirado da diluição do ácido ascórbico em água destilada;

V_{tp} = volume titulado na padronização da solução indicadora (ml);

V = volume aferido (ml);

V_a = volume da alíquota (ml);

m = massa de amostra (g).

5.5.4 Clorofila

A determinação da clorofila foi realizada pela diferença de densidade ótica de dois comprimentos de onda, com um medidor de clorofila, marca Konica Minolta, modelo SPAD 502 DL Plus, com faixa de medida de 0 a 50 unidades SPAD, erro de $\pm 0,04$ unidades SPAD e precisão de $\pm 0,01$ unidades SPAD.

Para esta determinação foram realizadas cinco repetições por tratamento e cultivar, realizando-se leituras nas partes mais externas, intermediárias e centrais do produto, sempre na mesma folha e posição, calculando assim uma média do valor de clorofila.

5.5.5 Perda de massa

A determinação da perda de massa foi determinada pela diferença de massa entre o produto fresco e o produto armazenado após aplicação dos tratamentos.

Foram utilizadas as amostras integras do material vegetal, iniciando no dia do processamento até o ultimo dia de análises, realizando-se a cada três dias, com cinco repetições para cada tratamento e cultivar.

As amostras foram pesadas com auxílio de balança analítica digital, marca Gehaka, modelo BG4000, faixa de medida de 4200 g, erro de $\pm 0,01 \text{ g.}^{\circ}\text{C}^{-1}$ e precisão de 0,01 g, o valor obtido foi submetido à seguinte fórmula (3):

$$\%PM = \frac{P_0 - P_i}{P_0} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

%PM = Porcentagem de Perda de Massa;

P_0 = Massa da amostra no dia da colheita (g);

P_i = Massa da amostra no dia avaliado (g).

5.6 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo IAL – Instituto Adolfo Lutz (2004), com o intuito de saber o ponto de término do experimento e assim finalizar as Análises físico-químicas.

O método utilizado foi a análise descritiva qualitativa - ADQ, através dos atributos visuais cor, frescor, danos mecânicos, brilho e aspecto geral (KADER; LIPTON; MORRIS, 1973; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 1991).

De acordo com a escala estabelecida (Figura 11) definiu-se que o limite de aceitação do produto para consumo nos atributos seria cinco.

Ficha de Avaliação

Nome: _____ Data: ____/____/____ Sexo: ____ Idade: ____

Observe atentamente as amostras e marque na escala de cada item o que mais se adequa as amostras:

Amostra ____:

Cor:	_____	_____
	1	9
Frescor:	_____	_____
	Murcho	Fresco
Danos Mecânicos:	_____	_____
	Danificado	Integro
Brilho:	_____	_____
	Opaco	Brilhante
Aspecto Geral:	_____	_____
	1	9

Figura 11: Modelo de ficha para análise sensorial

Foi avaliada uma amostra por tratamento e por cultivar, adotando um público de 12 julgadores treinados.

O treinamento constituiu em levantar os principais parâmetros visuais para avaliação da alface, em seguida discutir em um grupo de aproximadamente 30 pessoas, e definir o pior e o melhor julgamento para cada parâmetro (Figura 12). Repetiu-se esse procedimento em cinco encontros para que os parâmetros ficassem bem explícitos e identificáveis.

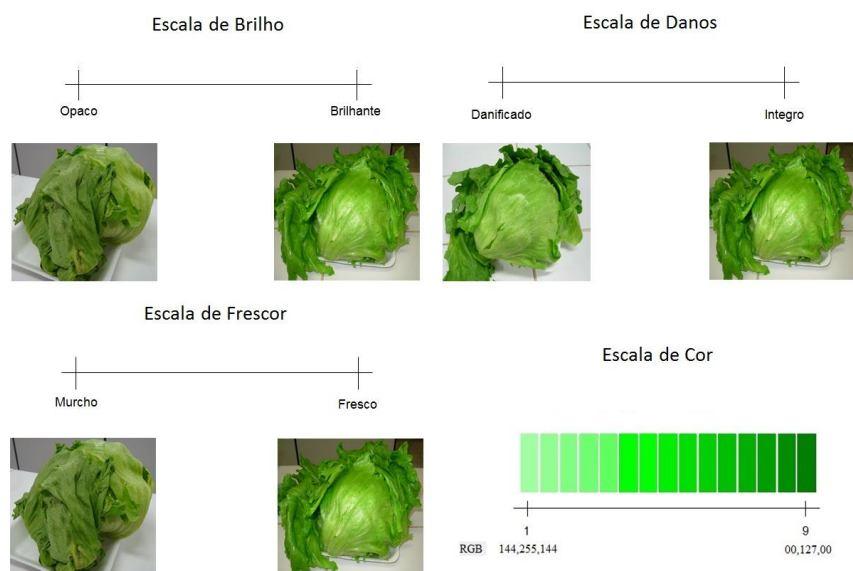


Figura 12: Modelo de ficha para análise sensorial

5.7 Delineamento experimental

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizados (DIC) com cinco repetições por tratamento, em que foi estudada a interação entre os fatores: método de resfriamento e tempo de conservação em dias.

Para análise estatística dos testes preliminares foi utilizado o teste de comparação de médias (Teste Tukey) a 5% de significância, com o auxílio do software Assistat (SANTOS e SILVA & AZEVEDO, 2002) para determinação e eliminação dos parâmetros nos testes preliminares, pois este se trata de um método simplificado e que atende bem a comparação entre três variáveis.

Para o experimento final foram analisados os resultados obtidos com a avaliação das variáveis físico-químicas e suas variações ao longo do armazenamento e utilizou-se a análise estatística multivariada.

O método utilizado foi o método de análise de componentes principais (ACP) que reduz a dimensão de um conjunto de dados multivariados através de procedimentos matemáticos (determinísticos)

Este processo consiste em um conjunto de variáveis correlacionadas ou não, e que foi transformado em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas chamadas componentes principais. Com a obtenção de conjunto de variáveis, os componentes principais são combinações lineares das variáveis arranjadas de maneira a compreender o máximo da variância das variáveis originais (HOFFMANN, 1992).

Os dados obtidos neste trabalho foram analisados através de análise multivariada utilizando o método da Análise de Componentes Principais (ACP) através do “software” SPLUS 7.0 (S-PLUS, 2000) e os gráficos representados através de rotina em ambiente Matlab®.

Em seguida, foi realizada uma análise variância para cada componente de cada variedade de alface observando se houve influência dos tratamentos de resfriamento. Através da análise dos componentes principais pode-se verificar qual tratamento foi mais eficaz para a diminuição da velocidade de deterioração do produto durante o armazenamento refrigerado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento Preliminar

O experimento ocorreu durante um período de 9 dias, pois as médias obtidas na análise sensorial de todas as cultivares e tratamentos após este período estavam menores que 5, indicando uma condição de perda total de qualidade. Os dados de análise sensorial para os experimentos preliminares estão disponíveis no APENDICE 1, e as tabelas de análise estatística para os testes preliminares estão disponíveis no APENDICE 2.

6.1.1 pH

Para os tratamentos e cultivares de alface observou-se valores de pH na faixa de 5,3 a $6,3 \pm 0,22$, próximos aos encontrados por MENEZES et al. (2005) e FREIRE et al. (2009), que obtiveram pH na faixa de 5,0 a 6,5 para diferentes cultivares de alface.

Dentre as cultivares analisadas, a cultivar “Vanda” mostrou-se resistente a alterações de pH, ou seja (com valores médios de $5,64 \pm 0,25$), apresentando um efeito tampão para variação do pH.

Dentre os tratamentos que apresentaram melhores resultados, o ar forçado com umidificação ($5,70 \pm 0,30$) e o evaporativo ventilador-meio poroso ($5,61 \pm 0,23$), mantiveram um comportamento similar da manutenção do pH até o 6º dia, isso é importante pois indica menor velocidade das reações do produto. Os tratamentos com água fria mostraram uma variação do pH ao 3º dia de armazenamento para ambas as variações do tratamento, não indicando diferença estatística.

Estas variações de pH se mostraram dentro da faixa normal para tecidos vegetais como descrito por TAIZ & ZEIGER (2004).

6.1.2 Ácido ascórbico

A variável ácido ascórbico apresentou uma degradação em todos os tratamentos. Contudo os tratamentos com maior eficiência na manutenção do ácido ascórbico foram o

evaporativo nebulização ($27,39 \pm 2,57\%$), ar forçado sem umidificação ($38,06 \pm 19,52\%$) e água fria imersão ($33,76 \pm 17,85\%$).

Os valores de ácido ascórbico para todas as cultivares e tratamentos estão acima do valor médio descrito por OSHE et al. (2001), $18,0\text{mg}.100\text{g}^{-1}$, o que pode ser explicado pelo período de desenvolvimento da cultura ter ocorrido no inverno, em que há maior disponibilidade de radiação solar, que segundo LEE & KADER (2000), quanto maior a intensidade de luz durante a estação de crescimento, maior é o teor de vitamina C nos tecidos vegetais.

6.1.3 Clorofila

Não houve diferença estatística significativa durante o período avaliado para as cultivares e tratamentos.

Os processos de resfriamento estudados não mostraram degradação, pois a clorofila está presente nos cloroplastos associada com carotenoides, lipídios e proteínas formando uma estrutura que impede sua degradação pela luz e esta estrutura pode ser perdida, seja por senescência, por extração do pigmento ou danos durante o processo tornando-as suscetíveis a fotodegradação (MAISTRO, 2001; PALIYATH et al., 2008; VIANA et al., 2008), e a diminuição da temperatura do produto pode ter conservado os cloroplastos mantendo o teor de clorofila.

6.1.4 Perda de massa

A perda de massa mostrou-se um parâmetro importante para determinação das melhores variações nos tratamentos, pois segundo THOMPSON (2004) e AGÜERO et al. (2008), evitar ou minimizar as perdas de água durante o armazenamento e a comercialização são fundamentais para minimizar as perdas de qualidade no produto (degradação dos principais nutrientes e perda da aparência atrativa).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), as perdas de água entre 3 e 6% são suficientes para causar redução na qualidade de muitos produtos, sendo que as hortaliças folhosas apresentam sintomas aparentes com perdas entre 3 a 4%, além de provocar um

aumento da susceptibilidade à desordem por frio, ativação dos processos da senescência e aumento da degradação por patógenos.

Observou-se valores de perda de massa para este estudo ao 9º dia de $20,18 \pm 6,06\%$ para cultivar “graciosa” e de $22,02 \pm 5,61\%$ para “vanda”, e uma degradação ao 6º dia de $24,41 \pm 6,77\%$ para as cultivares “marcela” e de $27,95 \pm 3,13\%$ para “lavinia” que tem por característica folhas mais finas e sensíveis que favorece assim a perda de massa.

Os melhores resultados foram obtidos para os dois tratamentos evaporativos, com menor perda de massa para todas as variedades, e destaque para o evaporativo ventilador-meio poroso ($19,65 \pm 2,83\%$), seguido dos tratamentos ar forçado com umidificação ($26,5 \pm 3,71\%$) e água fria aspersão ($30,92 \pm 2,83\%$).

6.1.5 Considerações sobre os experimentos preliminares

De acordo com os parâmetros avaliados nos experimentos preliminares (Tabela 1), foram determinadas as variações de tratamentos selecionados para o experimento final, ar forçado com umidificação, água fria aspersão e evaporativo ventilador-meio poroso, pois estes apresentaram menor degradação dos parâmetros físico-químicos (pH, ácido ascórbico e perda de massa).

Tabela 1: Valores médios das análises físico-químicas entre as cultivares estudadas para o experimento preliminar.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6	D9
pH				
Ar forçado com umidificação	$5,53 \pm 0,12$	$5,82 \pm 0,18$	$5,96 \pm 0,37$	$5,48 \pm 0,07$
Ar forçado sem umidificação	$5,80 \pm 0,12$	$5,63 \pm 0,05$	$5,53 \pm 0,15$	$5,37 \pm 0,10$
Água fria imersão	$5,38 \pm 0,15$	$5,48 \pm 0,14$	$5,87 \pm 0,10$	$5,74 \pm 0,06$
Água fria aspersão	$5,94 \pm 0,19$	$5,49 \pm 0,02$	$5,80 \pm 0,08$	$5,61 \pm 0,08$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$6,07 \pm 0,08$	$5,47 \pm 0,19$	$5,58 \pm 0,08$	$5,68 \pm 0,04$
Evaporativo nebulização	$6,18 \pm 0,10$	$5,29 \pm 0,10$	$5,57 \pm 0,05$	$5,43 \pm 0,04$
Controle	$6,09 \pm 0,09$	$5,64 \pm 0,10$	$5,59 \pm 0,06$	$5,71 \pm 0,08$
Ácido ascórbico ($\text{mg.}100\text{g}^{-1}$)				
Ar forçado com umidificação	$32,40 \pm 4,53$	$28,03 \pm 1,98$	$24,31 \pm 2,40$	$17,74 \pm 1,17$
Ar forçado sem umidificação	$32,19 \pm 3,98$	$27,39 \pm 1,71$	$22,81 \pm 2,76$	$19,39 \pm 4,74$
Água fria imersão	$26,90 \pm 1,58$	$23,74 \pm 2,02$	$24,90 \pm 1,54$	$19,85 \pm 1,33$
Água fria aspersão	$29,36 \pm 2,28$	$26,80 \pm 1,76$	$23,84 \pm 1,85$	$21,37 \pm 1,88$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$26,78 \pm 5,23$	$24,34 \pm 3,64$	$22,81 \pm 2,10$	$17,06 \pm 2,24$

Evaporativo nebulização	29,92 ± 2,10	27,91 ± 4,13	21,99 ± 1,99	15,45 ± 3,45
Controle	30,95 ± 3,03	24,76 ± 3,02	23,05 ± 2,28	19,90 ± 5,26
Clorofila (unidades SPAD)				
Ar forçado com umidificação	19,67 ± 1,37	19,18 ± 0,79	19,64 ± 3,34	21,59 ± 2,69
Ar forçado sem umidificação	22,17 ± 2,23	23,43 ± 3,93	23,36 ± 2,68	22,16 ± 2,81
Água fria imersão	23,58 ± 2,77	23,55 ± 4,04	21,14 ± 2,61	21,76 ± 2,12
Água fria aspersão	21,99 ± 2,28	23,91 ± 6,99	22,36 ± 3,97	22,88 ± 6,18
Evaporativo ventilador-meio poroso	21,13 ± 2,69	23,51 ± 1,43	24,52 ± 2,55	21,90 ± 1,98
Evaporativo nebulização	21,84 ± 2,41	22,17 ± 2,89	20,96 ± 2,81	20,79 ± 2,46
Controle	22,12 ± 2,08	21,69 ± 2,25	24,53 ± 4,73	19,44 ± 2,84
Perda de massa (%)				
Ar forçado com umidificação	0,00 ± 0,00	8,68 ± 3,17	19,77 ± 6,21	26,50 ± 8,26
Ar forçado sem umidificação	0,00 ± 0,00	9,96 ± 4,04	22,89 ± 7,39	28,60 ± 7,85
Água fria imersão	0,00 ± 0,00	6,75 ± 3,34	17,08 ± 6,69	19,65 ± 7,40
Água fria aspersão	0,00 ± 0,00	7,40 ± 2,22	18,48 ± 5,57	21,25 ± 6,22
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,00 ± 0,00	16,07 ± 4,32	26,00 ± 8,66	34,14 ± 9,10
Evaporativo nebulização	0,00 ± 0,00	18,98 ± 5,26	25,39 ± 6,73	34,30 ± 8,24
Controle	0,00 ± 0,00	5,99 ± 1,90	17,25 ± 5,78	24,99 ± 8,37

6.2 Experimento

Os dados referentes ao experimento final, com os tratamentos escolhidos como mais efetivos para cada tipo de variação nos testes preliminares são apresentados a seguir para quatro cultivares estudadas.

Os tratamentos aplicados foram ar forçado com umidificação, água fria aspersão, evaporativo ventilador-meio poroso e a manutenção do tratamento Controle.

O experimento ocorreu durante um período de 9 dias, pois as médias obtidas na análise sensorial de todas as cultivares e tratamentos após este período estavam menores que 5, indicando uma condição de perda total de qualidade. Os dados de análise sensorial para os experimentos preliminares estão disponíveis no APENDICE 3.

6.2.1 pH

O pH é um indicativo de deterioração do produto pois indica a acidificação com a senescência (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Os dados (Tabela 2) mostram uma acidificação durante o período de armazenamento, mantendo-se na faixa de 5,35 a $6,3 \pm 0,19$, que segundo JAY (2005) os valores de pH para alface devem estar em torno de 6,0.

Os tratamentos apresentaram um aumento do pH no 3º dia e no 6º dia, e a partir do 9º dia observou-se uma queda nos valores de pH, como descrito por WALOSZEK & WIECKOWSKI (2004), que indicou a foto-dependência do produto para degradação do pH, colaborando assim para validação destes dados e mostrando um comportamento similar durante a deterioração.

Porém esta característica não foi observada para o tratamento ar forçado com umidificação nas variedades ‘Graciosa’, ‘Vanda’ e ‘Marcela’, no qual apresentaram aumento dos valores de pH ($9,28 \pm 3,30\%$).

Os valores de pH apresentaram variação durante o período de armazenamento, porém mantendo o seu valor em uma faixa de normalidade para tecidos vegetais (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Tabela 2: Valores médios de pH para as cultivares estudadas.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6	D9
‘Graciosa’				
Ar forçado com umidificação	5,39 ± 0,06	5,65 ± 0,05	5,49 ± 0,11	6,02 ± 0,05
Água fria aspersão	5,51 ± 0,12	5,84 ± 0,14	5,63 ± 0,11	5,89 ± 0,13
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,40 ± 0,09	5,81 ± 0,05	5,54 ± 0,11	5,59 ± 0,06
Controle	5,50 ± 0,12	5,90 ± 0,06	5,56 ± 0,13	5,95 ± 0,05
‘Vanda’				
Ar forçado com umidificação	5,61 ± 0,10	5,66 ± 0,04	5,51 ± 0,03	5,92 ± 0,03
Água fria aspersão	5,42 ± 0,04	5,71 ± 0,07	5,54 ± 0,06	5,95 ± 0,06
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,59 ± 0,06	5,71 ± 0,08	5,68 ± 0,08	5,89 ± 0,08
Controle	5,34 ± 0,09	5,78 ± 0,03	5,50 ± 0,09	5,91 ± 0,09
‘Marcela’				
Ar forçado com umidificação	5,55 ± 0,11	5,81 ± 0,07	5,50 ± 0,09	6,14 ± 0,05
Água fria aspersão	5,48 ± 0,17	5,76 ± 0,07	5,46 ± 0,05	5,99 ± 0,04
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,51 ± 0,05	5,70 ± 0,05	5,52 ± 0,10	6,24 ± 0,17
Controle	5,50 ± 0,08	5,81 ± 0,02	5,53 ± 0,12	5,70 ± 0,14
‘Lavinia’				
Ar forçado com umidificação	5,61 ± 0,03	5,82 ± 0,04	5,60 ± 0,12	5,85 ± 0,07
Água fria aspersão	5,61 ± 0,05	5,93 ± 0,05	5,67 ± 0,17	5,92 ± 0,03
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,54 ± 0,10	5,85 ± 0,06	5,56 ± 0,05	5,88 ± 0,04
Controle	5,59 ± 0,12	5,87 ± 0,05	5,58 ± 0,07	5,63 ± 0,13

6.2.2 Ácido Ascórbico

Segundo CAMPOS et al. (2008) e SIMSON & STRAUS (2010), o ácido ascórbico trata-se de um dos mais importantes fatores de qualidade nutricional em muitas culturas hortícolas, sendo responsável por diversas atividades biológicas dentre elas se destaca o seu efeito antioxidante.

Observou-se uma diminuição do teor de ácido ascórbico para todas as cultivares de alface e tratamentos durante o período de armazenamento.

O teor de ácido ascórbico em frutas e hortaliças é influenciado por vários fatores como a genética da variedade, condições climáticas, práticas culturais, maturidade, métodos de colheita e procedimentos pós-colheita (LEE & KADER, 2000; PALIYATH et al., 2008).

Cuidado com a temperatura nos procedimentos pós-colheita é um fator importante para manter o teor de ácido ascórbico de frutas e hortaliças, e segundo LEE & KADER (2000) a degradação do ácido ascórbico se acelera em temperaturas mais altas e com maior duração de armazenamento.

Os valores de ácido ascórbico para todas as cultivares e para todos os tratamentos estudados diminuíram durante o período de armazenamento (Tabela 3). O tratamento evaporativo ventilador-meio poroso mostrou menores porcentagens de degradação ($26,92 \pm 3,73\%$) indicando melhor conservação para cultivar ‘Vanda’ com uma diminuição do teor de ácido ascórbico ao 9º dia de armazenamento de $19,66 \pm 3,68\%$.

O tratamento controle mostrou-se eficiente assim como o evaporativo ventilador-meio poroso ($26,67 \pm 3,46\%$). Os tratamentos ar forçado com umidificação e água fria aspersão mostraram menor eficiência, com diminuição do teor de ácido ascórbico na faixa de $34,61 \pm 4,22\%$ e $33,79 \pm 4,60\%$ respectivamente, com maior degradação para as cultivares ‘Marcela’ e ‘Lavinia’, indicando uma baixa durabilidade para ambas as cultivares.

Os valores de ácido ascórbico foram muito semelhantes aos encontrados por FREIRE et al. (2009), $20,4$ a $46,5 \text{ mg.100g}^{-1}$, e SILVA et al. (2011), $26,4$ a $42,9 \text{ mg.100g}^{-1}$. Isto pode ser justificado devido às condições climáticas encontradas para o local da cultura, que segundo LEE & KADER (2000), quanto maior a intensidade de luz durante a estação de crescimento, maior é a vitamina C nos tecidos vegetais.

ESPARZA RIVERA et al. (2006), ao realizar tratamento com água fria em alface obteve a mesma sistemática de diminuição do teor de ácido ascórbico (39% ao 7º dia de armazenamento) que encontrado neste experimento, que corroboram também com o descrito por AGUERO et al. (2011), que observou a degradação para diferentes posições na planta e diferentes tipos de armazenamento ao analisar a média entre as posições da planta ($16,83\%$ ao 6º dia de armazenamento).

Tabela 3: Valores médios de ácido ascórbico (mg.100g^{-1}) para as cultivares estudadas.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6	D9
‘Graciosa’				
Ar forçado com umidificação	$31,57 \pm 9,90$	$26,36 \pm 1,52$	$22,73 \pm 3,49$	$20,11 \pm 3,38$
Água fria aspersão	$33,82 \pm 2,96$	$26,73 \pm 3,68$	$23,16 \pm 1,56$	$20,98 \pm 5,31$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$31,98 \pm 8,69$	$30,60 \pm 1,26$	$25,79 \pm 2,55$	$21,52 \pm 2,31$
Controle	$28,36 \pm 3,18$	$27,17 \pm 2,95$	$24,22 \pm 2,50$	$22,12 \pm 2,63$
‘Vanda’				
Ar forçado com umidificação	$26,95 \pm 3,52$	$24,32 \pm 2,12$	$22,66 \pm 1,37$	$20,11 \pm 1,64$
Água fria aspersão	$31,45 \pm 3,17$	$28,06 \pm 2,23$	$25,27 \pm 2,44$	$22,78 \pm 2,16$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$28,49 \pm 3,76$	$27,12 \pm 3,09$	$26,15 \pm 2,68$	$22,89 \pm 3,60$
Controle	$29,39 \pm 2,38$	$29,64 \pm 1,75$	$23,84 \pm 1,65$	$21,85 \pm 1,59$

‘Marcela’				
Ar forçado com umidificação	30,08 ± 2,55	25,58 ± 1,77	19,99 ± 2,76	18,20 ± 2,04
Água fria aspersão	32,05 ± 2,27	24,01 ± 3,57	23,15 ± 2,71	21,81 ± 3,80
Evaporativo ventilador-meio poroso	28,28 ± 4,41	24,21 ± 2,14	22,82 ± 3,61	19,79 ± 1,64
Controle	28,07 ± 6,82	25,98 ± 4,71	23,90 ± 5,03	19,80 ± 4,62
‘Lavinia’				
Ar forçado com umidificação	27,12 ± 3,76	23,13 ± 1,78	19,49 ± 3,00	17,08 ± 1,48
Água fria aspersão	30,79 ± 3,56	24,01 ± 1,58	21,38 ± 1,44	19,18 ± 1,00
Evaporativo ventilador-meio poroso	26,01 ± 3,94	24,21 ± 1,19	21,62 ± 4,24	19,43 ± 2,61
Controle	28,51 ± 1,77	26,87 ± 2,10	21,60 ± 2,61	20,07 ± 1,84

6.2.3 Clorofila

A clorofila não apresentou degradação durante o período de armazenamento para todas as cultivares e tratamentos. Os processos estudados mostraram baixa degradação da clorofila presente no produto.

Isto pode ser explicado, pois a clorofila está presente nos cloroplastos associada com carotenoides, lipídios e proteínas, formando uma estrutura que impede sua degradação pela luz, esta estrutura pode ser perdida seja por senescência, por extração do pigmento ou danos durante o processo tornando-as suscetíveis a fotodegradação (MAISTRO, 2001; PALIYATH et al., 2008; VIANA et al., 2008), porém com a redução da temperatura do produto pode ter havido um retardo para o enfraquecimento da estrutura dos cloroplastos, tornando a degradação do teor de clorofila lenta.

As cultivares estudadas mostraram valores de clorofila durante o armazenamento semelhante para todos os tratamentos estudados, com os melhores resultados de conservação obtidos para cultivar ‘Vanda’ nos tratamento evaporativo ventilador-meio poroso e controle (Tabela 4).

Observou-se a presença de água nas folhas de alface durante o armazenamento quando o produto foi submetido ao resfriamento com ar forçado com umidificação e ao resfriamento com água fria por aspersão, este fato é importante, pois de acordo com AGÜERO et al. (2008) a diferença de pressão de vapor provocada pelo resíduo de água no alface pode enfraquecer os cloroplastos e favorecer a degradação da clorofila.

Os resultados foram semelhantes aos obtidos por AGÜERO et al. (2011) em altas umidades relativas e baixa temperatura (2°C), que para as folhas externas observou degradação, porém para as folhas internas com menor incidência de luz observou manutenção

do teor de clorofila, assim como MARTINEZ-SANCHES et al. (2011) justificam que fatores que influenciam a perda de água no produto aceleram a perda de clorofila.

Os valores de degradação da clorofila mantiveram-se menores ($11,50 \pm 5,70\%$) aos observados por KONSTANTOPOULOU et al. (2010), que encontrou perdas de até 25% em armazenamento a 5°C por 10 dias mostrando a eficiência da redução da temperatura do produto após a colheita.

Tabela 4: Valores médios de clorofila (unidades SPAD) para as cultivares estudadas.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6	D9
‘Graciosa’				
Ar forçado com umidificação	$40,54 \pm 3,15$	$41,39 \pm 6,05$	$40,11 \pm 5,62$	$36,2 \pm 7,19$
Água fria aspersão	$46,96 \pm 4,33$	$42,87 \pm 6,35$	$45,04 \pm 3,77$	$36,13 \pm 3,89$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$40,57 \pm 6,02$	$38,07 \pm 6,54$	$40,93 \pm 5,24$	$35,03 \pm 5,04$
Controle	$47,25 \pm 2,40$	$43,57 \pm 5,03$	$42,52 \pm 9,75$	$38,63 \pm 3,46$
‘Vanda’				
Ar forçado com umidificação	$21,73 \pm 1,22$	$21,58 \pm 5,19$	$22,20 \pm 1,84$	$20,62 \pm 2,57$
Água fria aspersão	$23,83 \pm 7,72$	$18,99 \pm 4,42$	$16,85 \pm 3,93$	$21,05 \pm 4,23$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$18,36 \pm 6,94$	$26,39 \pm 6,67$	$33,74 \pm 24,21$	$19,23 \pm 1,48$
Controle	$21,34 \pm 5,49$	$17,86 \pm 3,64$	$22,13 \pm 3,37$	$22,79 \pm 8,11$
‘Marcela’				
Ar forçado com umidificação	$19,30 \pm 2,30$	$20,24 \pm 2,44$	$22,20 \pm 4,55$	$17,03 \pm 2,40$
Água fria aspersão	$22,06 \pm 2,95$	$22,06 \pm 2,23$	$23,80 \pm 3,75$	$20,20 \pm 4,66$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$21,09 \pm 4,43$	$22,17 \pm 4,40$	$21,51 \pm 3,81$	$22,59 \pm 4,81$
Controle	$19,94 \pm 3,50$	$21,93 \pm 9,34$	$23,65 \pm 5,78$	$20,35 \pm 7,02$
‘Lavinia’				
Ar forçado com umidificação	$18,90 \pm 1,46$	$20,25 \pm 3,51$	$21,57 \pm 2,73$	$20,62 \pm 4,25$
Água fria aspersão	$18,46 \pm 2,42$	$20,10 \pm 2,43$	$23,88 \pm 2,58$	$20,91 \pm 2,92$
Evaporativo ventilador-meio poroso	$20,63 \pm 4,48$	$21,91 \pm 4,62$	$23,00 \pm 3,47$	$19,54 \pm 2,20$
Controle	$22,64 \pm 6,01$	$24,50 \pm 8,44$	$24,80 \pm 6,24$	$21,02 \pm 8,65$

6.2.4 Perda de Massa

Observou-se para a perda de massa que os melhores resultados foram apresentados pelos tratamentos, ar forçado com umidificação e evaporativo ventilador-meio poroso, com média de $23,77 \pm 4,08\%$ e de $25,36 \pm 2,23\%$ respectivamente (Tabela 5).

A perda de massa em produtos hortícolas consiste na redução do peso fresco do produto ao longo do tempo, e está diretamente relacionada à movimentação de água no produto após a colheita, segundo ANTONIALI (2000) a água é o componente mais abundante

nas hortaliças folhosas durante o armazenamento os produtos transpiram continuamente, quando a pressão do vapor d'água do ar ambiente for menor que a pressão do vapor d'água no tecido. Há assim um déficit e o produto perde água para o ambiente iniciando um estresse hídrico que tem por características a perda de turgidez (murchamento) e a redução do peso fresco (perda de massa) (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

As perdas de massa se aproximaram dos valores descritos por AGÜERO et al. (2011) em armazenamento entre 0 e 2°C, obteve valores de 18,00% para 5 dias com baixas umidades. MOREIRA et al. (2006) observou perdas de peso na faixa de 16% para 170h (aproximadamente 7 dias) de armazenamento em câmara, e explicou isto devido a três fatores: (1) evaporação da água restante na superfície produto após a lavagem ou tratamento, (2) desidratação, que é a perda de água devido à diferença de pressão de vapor de água entre o ambiente e o produto e (3) a respiração do produto.

Perda de massa é um fator importante para determinação da degradação do produto, ao controlar adequadamente os fatores descritos por MOREIRA et al. (2006) e AGUERO et al. (2008), podemos reduzir as perdas de massa e prolongar a vida útil do produto.

Tabela 5: Valores médios de perda de massa (%) para as cultivares estudadas.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6	D9
‘Graciosa’				
Ar forçado com umidificação	0,00 ± 0,00	12,28 ± 2,76	14,72 ± 2,06	21,55 ± 2,98
Água fria aspersão	0,00 ± 0,00	14,43 ± 0,81	19,70 ± 1,49	26,33 ± 14,38
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,00 ± 0,00	13,04 ± 3,09	17,09 ± 2,46	22,68 ± 2,14
Controle	0,00 ± 0,00	12,12 ± 0,93	18,41 ± 1,49	26,19 ± 2,31
‘Vanda’				
Ar forçado com umidificação	0,00 ± 0,00	9,21 ± 2,27	15,92 ± 1,53	22,70 ± 1,33
Água fria aspersão	0,00 ± 0,00	18,59 ± 2,44	22,70 ± 3,37	35,08 ± 2,85
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,00 ± 0,00	11,43 ± 2,82	18,11 ± 2,47	26,60 ± 2,34
Controle	0,00 ± 0,00	12,02 ± 0,67	18,23 ± 0,84	26,60 ± 0,81
‘Marcela’				
Ar forçado com umidificação	0,00 ± 0,00	8,54 ± 2,69	14,80 ± 2,57	21,03 ± 3,17
Água fria aspersão	0,00 ± 0,00	12,79 ± 1,02	21,56 ± 1,78	31,31 ± 2,48
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,00 ± 0,00	10,27 ± 2,14	17,23 ± 2,51	24,48 ± 2,28
Controle	0,00 ± 0,00	14,20 ± 2,19	22,04 ± 2,47	39,61 ± 13,49
‘Lavinia’				
Ar forçado com umidificação	0,00 ± 0,00	12,07 ± 2,20	20,88 ± 3,19	29,81 ± 3,69
Água fria aspersão	0,00 ± 0,00	22,67 ± 6,53	32,23 ± 5,50	44,17 ± 4,62
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,00 ± 0,00	10,72 ± 3,59	18,86 ± 3,43	27,69 ± 2,97
Controle	0,00 ± 0,00	15,80 ± 2,06	24,99 ± 2,50	27,93 ± 13,56

6.3 Análise Estatística

A seguir são apresentados os resultados referentes à análise estatística, realizada através de uma análise multivariada das componentes principais, proveniente dos parâmetros físico-químicos do primeiro ao nono dia de armazenamento.

6.3.1 Cultivar ‘Graciosa’

A Tabela 6 expressa a proporção da variância, a proporção acumulada da variância e as correlações entre as variáveis iniciais e as novas variáveis, chamadas de componentes principais, para cultivar ‘Graciosa’.

Tabela 6: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais, para cultivar ‘Graciosa’.

Variável	Componente principal 1	Componente principal 2
PH1	0,2642	0,3495
PH3	0,0399	0,3493
PH6	0,0881	0,1537
PH9	-0,0647	-0,0146
AA1	0,3162	-0,1117
AA3	-0,0489	-0,0129
AA6	-0,1053	0,1777
AA9	0,04223	0,2672
CRF1	0,7677	0,0558
CRF3	0,6599	0,4004
CRF6	0,7799	-0,2244
CRF9	0,6126	-0,2997
PM3	-0,0538	0,2341
PM6	0,1178	0,3786
PM9	0,4149	0,8945
Prop. Var.	0,3122	0,2103
Prop. Cum.	0,3122	0,5226

Observou-se na Tabela 6 que componente principal 1 e o componente principal 2 totalizam 52,26% dos dados, sendo usados assim para representar o conjunto das variáveis analisadas para esta variedade de alface. Os componentes principais 1 e 2 estão correlacionados com 10 das 15 variáveis físico-químicas do experimento. Principalmente com a variável clorofila (em

todos os dias de armazenamento) e perda de massa (9º dia), e apresentaram correlações de mais de 50%.

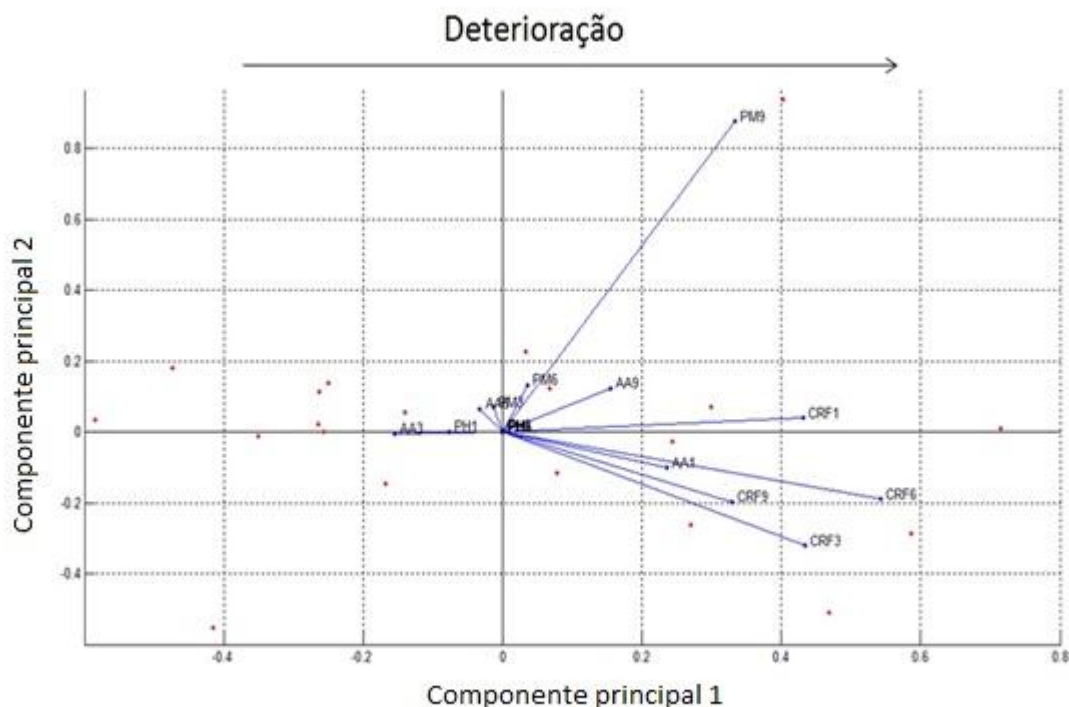


Figura 13: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para a cultivar ‘Graciosa’

Na Figura 13 constata-se que as variáveis localizam-se no lado positivo do eixo da componente principal 1, indicando que estas favorecem a deterioração do produto ao longo do tempo, indicando que os parâmetros clorofila (1º, 3º, 6º e 9º dia), ácido ascórbico (1º e 9º dia) e perda de massa (6º e 9º dia) colaboram para deterioração do produto. Através da componente principal 1 e 2, observa-se que a cultivar ‘Graciosa’ para os diversos tratamentos começam a deteriorar a partir do 3º dia.

Aplicou-se após esta análise de componentes principais a análise de variância, entre os tratamentos para o componente principal 1 e para o componente principal 2, comparando as variações no resfriamento em função da deterioração do produto (Tabela 7 e 8).

Tabela 7: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para a cultivar ‘Graciosa’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	366,835	122,278	1,6598 ns
Resíduo	16	1178,72	73,67	
Total	19	1545,55		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$);

ns - não significativo ($p \geq 0,05$);

Tabela 8: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para a cultivar ‘Graciosa’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	55,70457	18,56819	0,3014 ns
Resíduo	16	985,72239	61,60765	
Total	19	1041,42696		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$);

ns - não significativo ($p \geq 0,05$).

Como $p_{\text{valor}} > 0,05$ observou-se que os tratamentos ar forçado com umidificação, água fria aspersão, evaporativo ventilador-meio poroso e o tratamento controle, não diferiram estatisticamente durante o armazenamento para a cultivar ‘Graciosa’, degradando assim da mesma maneira e não sendo estatisticamente mais eficientes, com isso pode-se afirmar que o tipo de resfriamento não interferiu para qualidade final do produto, de acordo com as variáveis do componente principal 1 e do componente principal 2 durante os 9 dias de armazenamento.

6.3.2 Cultivar ‘Vanda’

A Tabela 9 expressa a proporção da variância, a proporção acumulada da variância e as correlações entre as variáveis iniciais e as novas variáveis, chamadas de componentes principais, para cultivar ‘Vanda’.

Tabela 9: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Vanda’.

Variável	Componente principal 1	Componente principal 2
PH1	-0,2885	-0,2435
PH3	0,1237	0,3393
PH6	-0,2615	0,0188
PH9	0,0313	0,447
AA1	0,1981	0,453
AA3	0,3073	0,4778
AA6	-0,0674	0,5924
AA9	0,0721	0,3423
CRF1	0,2924	0,3044
CRF3	-0,1699	-0,1408
CRF6	0,9946	0,0951
CRF9	0,0265	0,0107
PM3	0,0691	0,8573
PM6	0,0936	0,8811
PM9	0,2254	0,8891
Prop. Var.	0,4527	0,1924
Prop. Cum.	0,4527	0,6452

Observou-se na Tabela 9 que componente principal 1 e o componente principal 2 totalizam 64,52% dos dados para cultivar ‘Vanda’, sendo usado assim para representar o conjunto das variáveis medidas nas variações de tratamento. Os componentes principais se mostram correlacionados com 10 das 15 variáveis físico-químicas do experimento.

Para a componente principal 1, a clorofila (6º dia) está correlacionada com a deterioração, e para componente principal 2 podemos observar que a perda de massa se correlaciona com a deterioração a partir do 3º ao 9º dia de armazenamento.

Na Tabela 9 encontram-se os componentes principais que se correlacionam principalmente com as variáveis clorofila (1º dia e ao 6º dia de armazenamento), perda de massa (ao 3º dia, 6º dia e 9º dia), pH (1º dia, 3º e 9º dia) e ácido ascórbico (ao 1º e 3º dia), que apresentaram correlações de mais de 60%.

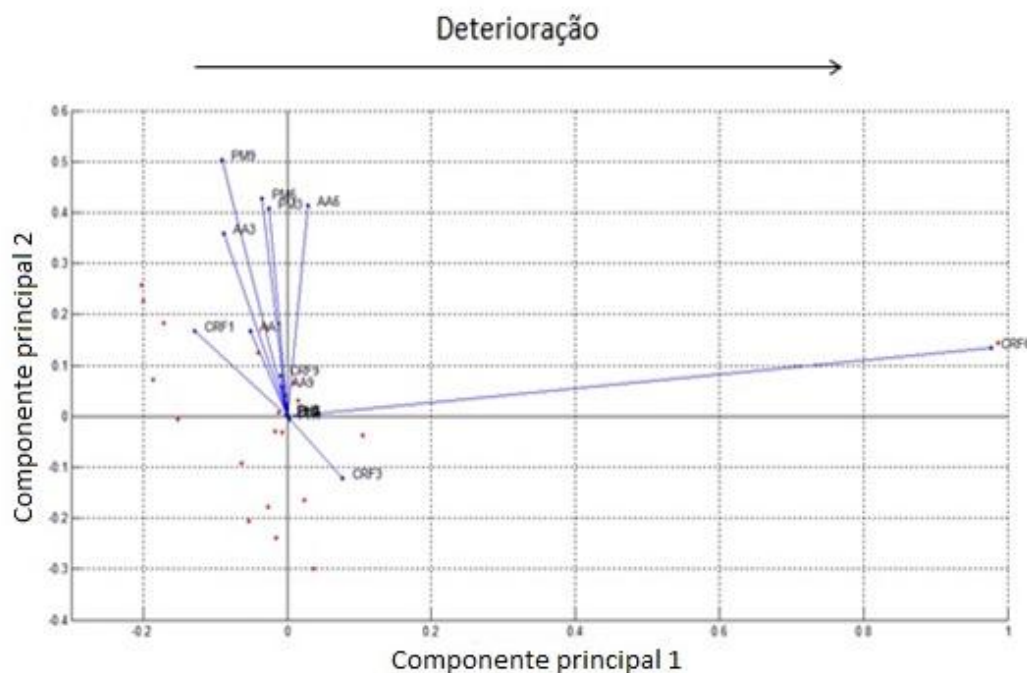


Figura 14: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Vanda’

Observa-se na Figura 14, que as variáveis para cultivar ‘Vanda’, localizam-se ao lado positivo do eixo da primeira componente principal 1, mostrando a deterioração do produto durante o armazenamento e indicando que os parâmetros clorofila (3º, 6º e 9º dia) e ácido ascórbico (6º e 9º dia), colaboram para deterioração do produto com altas correlações.

Os parâmetros perda de massa (3º, 6º e 9º dia), ácido ascórbico (1º, 3º, 6º e 9º dia) e clorofila (1º, 6º e 9º dia) estão posicionados ao lado positivo do eixo para componente principal 2, mostrando que houve alta correlação destes parâmetros com a deterioração.

Com a alta correlação para variável clorofila (6º dia) com a componente principal 1, podemos afirmar que o a variedade cresa para a variação do tratamentos começa a deteriorar de forma mais acentuada a partir do 6º dia, explicado pelo enfraquecimento dos cloroplastos que desencadeiam as principais reações de deterioração.

Aplicou-se após esta análise de componentes principais a análise de variância, entre os tratamentos para o componente principal 1 e para o componente principal 2, comparando as variações no resfriamento em função da deterioração do produto (Tabela 10 e 11).

Tabela 10: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Vanda’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	983,52586	327,84195	2,2360 ns
Resíduo	16	2345,89109	146,61819	
Total	19	3329,41695		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$);

ns - não significativo ($p \geq 0,05$);

Tabela 11: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Vanda’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1128,73909	376,24636	27,6446 **
Resíduo	16	217,76228	13,61014	
Total	19	1346,50137		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$);

ns - não significativo ($p \geq 0,05$);

Tabela 12: Teste de Tukey para as médias do componente principal 2 dos tratamentos para cultivar ‘Vanda’.

Teste de Tukey (1% de significância)		
Tratamento	Médias	
Ar forçado Umidificação	-11,3312	c
Água fria aspersão	9,78	a
Evaporativo ventilador-meio poroso	0,9219	b
Controle	0,9361	b

Observou-se pela Tabela 10 que não houve diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento para os tratamentos, indicando que para o componente principal 1 a diferença nos tratamentos não interfere na deterioração do produto. Na Tabela 11 observa-se que o componente principal 2 é responsável por 19,24% dos dados e se mostra estatisticamente diferente para os tratamentos de resfriamento.

Com o auxílio dos resultados das análises estatísticas do teste F descrito na Tabela 11, observou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade para o componente principal 2.

Em seguida aplicou-se o teste Tukey (Tabela 12), para ordenar os melhores tratamentos de resfriamento, observou-se que o tratamento ar forçado com umidificação mostrou maior eficiência, pois retira o calor de campo de forma mais rápida, mostrando uma menor degradação dos parâmetros físico-químicos.

O tratamento evaporativo ventilador-meio poroso e controle se mostraram igualmente eficientes para manutenção dos parâmetros físico-químicos, isto pode ser explicado devido à demora ou pouca retirada do calor de campo, ocupando a segunda melhor eficiência no tratamento.

O tratamento água fria aspersão mostrou menor eficiência em comparação aos outros métodos, este tratamento apresentou grande quantidade de água no interior das folhas do produto favorecendo a perda de massa e degradação dos componentes físico-químicos produto.

6.3.3 Cultivar ‘Marcela’

A Tabela 13 expressa a proporção da variância, a proporção acumulada da variância e as correlações entre as variáveis iniciais e as novas variáveis, chamadas de componentes principais, para cultivar ‘Marcela’.

Tabela 13: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Marcela’.

Variável	Componente principal 1	Componente principal 2
PH1	-0,224	0,0987
PH3	0,2464	-0,1939
PH6	-0,2956	0,0874
PH9	-0,6573	0,3921
AA1	0,346	-0,3127
AA3	0,8042	-0,2669
AA6	-0,0082	0,7717
AA9	-0,2144	0,5692
CRF1	0,3265	0,5963
CRF3	0,5566	0,5906
CRF6	0,6001	0,0427
CRF9	0,5339	0,6238
PM3	0,6452	-0,2556
PM6	0,5604	-0,1851

PM9	0,9861	-0,0506
Prop. Var.	0,5004	0,1788
Prop. Cum.	0,5004	0,6792

A Tabela 13 mostra que a componente principal 1 e o componente principal 2 totalizam 50,04% dos dados para esta variedade, sendo usado para representar o conjunto das variáveis medidas nas variações de tratamento para esta cultivar de alface, os componentes principais 1 e 2 estão correlacionados com 12 das 15 variáveis físico-químicas do experimento.

Os componentes principais se correlacionam principalmente com as variáveis clorofila (1º dia ao 9º dia de armazenamento), perda de massa (3º dia ao 9º dia), pH (9º dia), não indicando deterioração pois possui sinal negativo, e ácido ascórbico (1º e 3º dia).

Para a componente principal 1 a perda de massa ao (3º, 6º e 9º dia) está altamente relacionada com a deterioração principalmente ao 9º dia que possui uma correlação de 0,9861 (98,61%), a clorofila também se correlaciona com a deterioração para todos os dias de armazenamento mostrando que estes parâmetros são grandes responsáveis pela deterioração do produto.

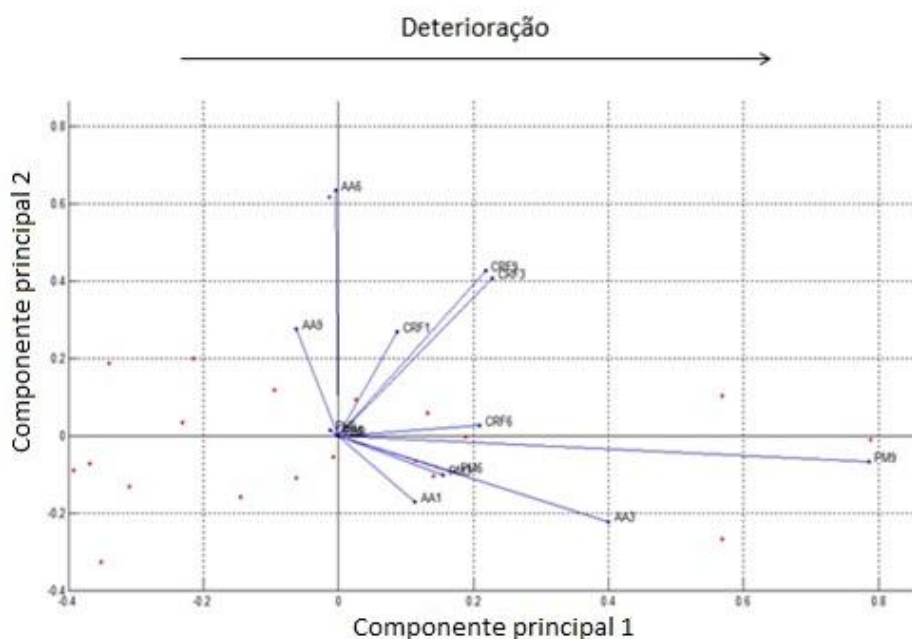


Figura 15: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Marcela’

A Figura 15 mostra que as correlações para variedade lisa localizam-se ao eixo positivo da componente principal 1 e 2, indicando a deterioração do produto do período de armazenamento e mostrando que os parâmetros perda de massa (3º dia ao 9º dia), clorofila (1º dia ao 9º dia) e ácido ascórbico (1º e 3º dia) colaboram para deterioração do produto através da componente principal 1.

Os parâmetros ácido ascórbico (3º e 6º dia) e clorofila (1º ao 9º dia) para componente principal 2, se colocam ao lado positivo do eixo, indicando que estas variáveis analisadas colaboram para a deterioração do produto.

Aplicou-se após esta análise de componentes principais a análise de variância entre os tratamentos para o componente principal 1 e para o componente principal 2, comparando as variações de resfriamento em função da deterioração do produto (Tabela 14 e 15).

Tabela 14: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Marcela’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1648,21393	549,400464	7,1879**
Resíduo	16	1222,9532	76,43457	
Total	19	2871,16712		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 15: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Marcela’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	290,74007	96,91336	2,1093 ns
Resíduo	16	735,11968	45,94498	
Total	19	1025,85975		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 16: Teste de Tukey para as médias do componente principal 1 dos tratamentos para cultivar ‘Marcela’.

Teste de Tukey (1% de significância)		
Tratamento	Médias	
Ar forçado Umidificação	-11,45917	c

Água fria aspersão	3,0081	ab
Evaporativo ventilador-meio poroso	-4,53723	b
Controle	12,9883	a

Houve diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento para os tratamentos (Tabela 14), indicando que para o componente principal 1 a diferença nos tratamentos interfere na deterioração do produto. A componente principal 1 responsável por 50,04% dos dados se mostra significativa para determinação do melhor método de resfriamento.

Observou-se pela Tabela 15, que não houve diferença significativa ao longo do tempo de armazenamento para os tratamentos para o componente principal 2 indicando que a diferença nos tratamentos não interfere na deterioração do produto.

Com o auxílio dos resultados do teste F descrito na Tabela 14, notou-se que houve diferença significativa para os tratamentos ao nível de 1% de probabilidade para a componente principal 1. Em seguida aplicou-se o teste Tukey (Tabela 16) para ordenar os melhores métodos de resfriamento.

O tratamento ar forçado com umidificação mostrou maior eficiência, pois retira o calor de campo de forma mais rápida, apresenta uma menor degradação parâmetros físico químicos, pois quanto menor a temperatura do produto menor a velocidade das reações que ocorrem após a colheita.

O tratamento evaporativo ventilador-meio poroso se mostra igualmente eficiente, ocupando a segunda posição para menor deterioração ao longo do tempo para os parâmetros físico-químicos, isto pode ser explicado devido ao processo de retirada de calor de campo ser lento, mantendo a velocidade e a degradação inicial após a colheita, ocupando a segunda melhor eficiência no tratamento.

Água fria aspersão e o controle se mostraram com menor eficiência em comparação aos outros métodos, devido a grande quantidade de água que se acumula no interior do produto no tratamento água fria aspersão, e a demora em atingir a temperatura ideal de armazenamento para o controle. Favorecendo a perda de massa e acelerando a degradação dos componentes físico-químicos do produto.

6.3.4 Cultivar ‘Lavinia’

A Tabela 17 expressa a proporção da variância, a proporção acumulada da variância e as correlações entre as variáveis iniciais e as novas variáveis, chamadas de componentes principais, para cultivar ‘Lavinia’.

Tabela 17: Correlações entre as variáveis iniciais e as componentes principais para cultivar ‘Lavinia’.

Variável	Componente principal 1	Componente principal 2
PH1	0,3316	0,1693
PH3	0,4698	0,0244
PH6	0,3682	-0,2092
PH9	0,4035	-0,1015
AA1	0,5645	-0,1198
AA3	0,3164	0,4981
AA6	0,2245	0,3841
AA9	0,1587	0,5933
CRF1	-0,2743	0,7573
CRF3	-0,2036	-0,8516
CRF6	-0,1088	0,7964
CRF9	-0,0802	0,6691
PM3	0,8546	0,3349
PM6	0,8472	0,3647
PM9	0,9312	-0,1952
Prop. Var.	0,4601	0,2281
Prop. Cum.	0,4601	0,6882

A Tabela 17 mostra que o componente principal 1 e o componente principal 2 totalizam 68,82% dos dados, usados para representar o conjunto das variáveis mensuradas, os componentes principais 1 e 2 estão correlacionados com todas as variáveis físico-químicas do experimento.

Observou-se que para a componente principal 1, as variável perda de massa ao (3º, 6º e 9º dia) está altamente relacionada com a deterioração principalmente ao 9º dia que possui uma correlação de 0,9312 (93,12%), bem como o 3º e o 6º dia (85,46% e 84,72%). Podemos observar que a variável pH (1º, 3º, 6º e 9º dias) e ácido ascórbico (1º e 3º dias) também se correlacionam com a deterioração para o período de armazenamento.

A componente principal 2, tem como variáveis principais de correlação a clorofila ao 3º dia com 0,8516, ou seja correlação de 85,16% desta variável com a deterioração, os outros valores de correlação altos não indicam deterioração pois estes apresentam sinal negativo, indicando assim que estes parâmetros não influenciaram na deterioração.

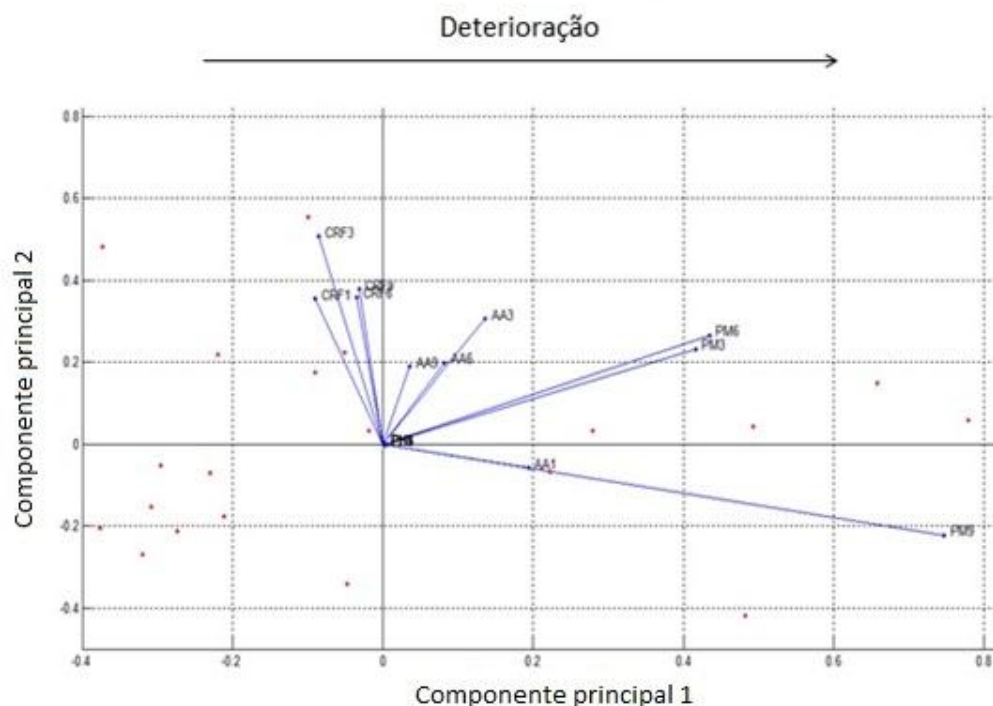


Figura 16: Relação entre o componente principal 1 e o componente principal 2 para as variáveis físico-químicas para cultivar ‘Lavinia’

Observou-se na Figura 16, que as correlações entre os componentes principais, localizam-se no eixo negativo da componente principal 1 e da componente principal 2. As variáveis perda de massa (3º, 6º e 9 dias) e ácido ascórbico (1º, 3º, 6º e 9º dias), indicam as características físico-químicas que mais colaboram para deterioração do produto, o parâmetro clorofila (1º, 3º, 6º e 9º dia) não interferiram para deterioração, através da componente principal 1.

Os parâmetros ácido ascórbico (3º e 6º e 9º dias), clorofila (1º ao 9º dia) e perda de massa (3º e 6º dias), indicaram para componente principal 2 que estes colaboram para deterioração do produto durante o armazenamento.

Aplicou-se após esta análise de componentes principais a análise de variância entre os tratamentos para o componente principal 1 e para o componente principal 2, comparando as variações no resfriamento em função da deterioração do produto (Tabela 18 e 19).

Tabela 18: Quadro de análise de variância do componente principal 1 para cultivar ‘Lavinia’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1961,85232	653,95077	11,3913 **
Resíduo	16	918,52903	57,40806	
Total	19	2880,38135		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

ns - não significativo ($p \geq 0,05$)

Tabela 19: Quadro de análise de variância do componente principal 2 para cultivar ‘Lavinia’.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	486,34102	162,11367	2,7552 ns
Resíduo	16	941,43053	58,83941	
Total	19	1427,77154		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns - não significativo ($p \geq .05$)

Tabela 20: Teste de Tukey para as médias do componente principal 1 dos tratamentos para cultivar ‘Lavinia’.

Teste de Tukey (1% de significância)		
Tratamento	Médias	
Ar forçado Umidificação	-5,97108	b
Água fria aspersão	16,66800	a
Evaporativo ventilador-meio poroso	-8,64105	b
Controle	-2,05588	b

A Tabela 18 mostra que houve diferença estatística indicando que para o componente principal 1 a diferença nos tratamentos, interfere na deterioração do produto, no entanto não houve diferença estatística significativa para os tratamentos comparando-se a componente principal 2 (Tabela 19), indicando que para este componente principal a diferença nos tratamentos não interfere para deterioração do produto.

Com o auxílio dos resultados das análises estatísticas do teste F descrito na Tabela 18, pode-se observar que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, para a componente principal 1.

Em seguida aplicou-se o teste Tukey (Tabela 20), para ordenar os melhores tratamentos de resfriamento, observou-se que o tratamento ar forçado com umidificação, evaporativo ventilador-meio poroso e controle, obtiveram maior eficiência.

Com relação aos resultados obtidos pelo tratamento água fria aspersão, não mostrou resultados satisfatórios quanto a qualidade final do produto para nenhuma das variáveis estudadas, favorecendo a perda de massa e degradação das características físico-químicas do produto.

6.3.5 Considerações sobre análise estatística

A análise estatística mostrou que os melhores métodos para resfriamento de alface foram classificados em ar forçado com umidificação, evaporativo ventilador-meio poroso, controle e água fria aspersão.

O melhor método não foi aquele que retirou de maneira mais rápida o calor do produto e sim o tratamento que teve uma equivalência em eficiência de resfriamento e manutenção das características físico-químicas do produto durante o período de armazenamento.

6.4 Análise de custo energético

Realizou-se uma análise econômica entre os dois melhores sistemas de resfriamento e armazenamento posterior do produto. Levaram-se em consideração os principais componentes de cada sistema e seus gastos energéticos durante aplicação do tratamento (Tabela 22).

Tabela 21: Resumo do gasto energético do processo de resfriamento com ar forçado e evaporativo ventilador-meio poroso (custo do kWh⁻¹ adotado pela CPFL em 2011).

AFU (Ar forçado com umidificação)					
Componente do sistema	Marca	Modelo	Potência (kW)	Consumo Energético (kWh)	Custo R\$.KWh ⁻¹
Unidade Condensadora	Danfoss	HCM	3,8	0,76	0,301264
Evaporador	MIPAL	HDL	3,62	0,724	0,2869936
Exaustor	MIPAL	-	3,73	0,746	0,2957144
Total				2,23	0,883972
EP (Evaporativo ventilador-meio poroso)					
Climatizador	Ecobrisa	EB50	0,3	0,198	0,0784872
Total				0,198	0,0784872

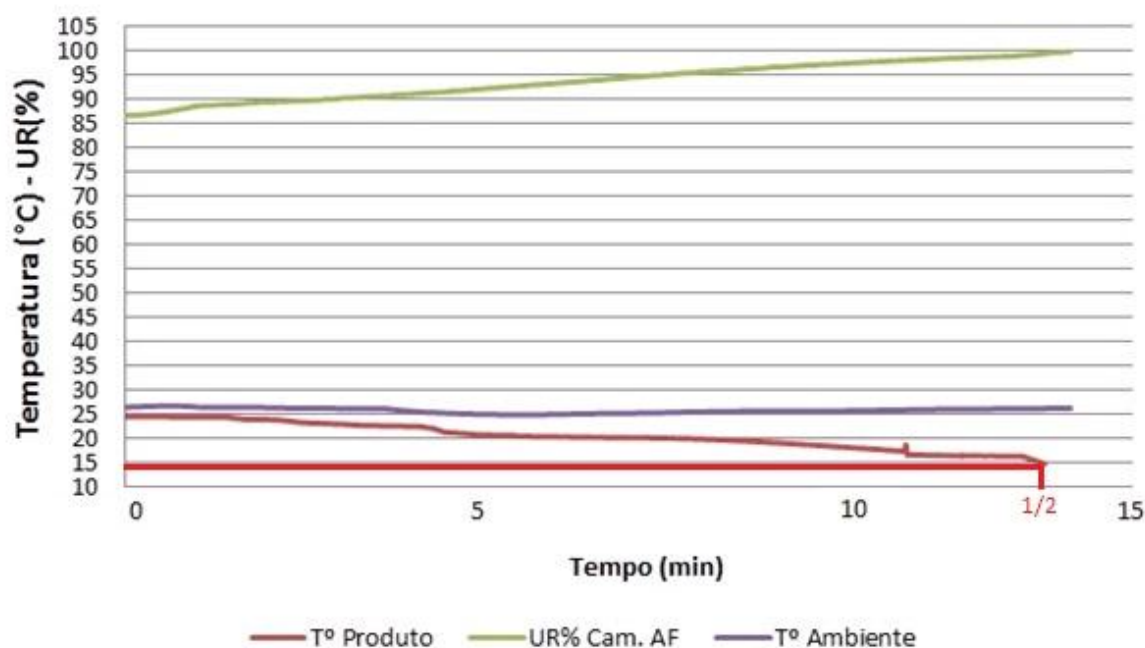


Figura 17: Valores de temperatura ambiente, temperatura do produto e umidade relativa durante o processo de resfriamento por ar forçado com umidificação

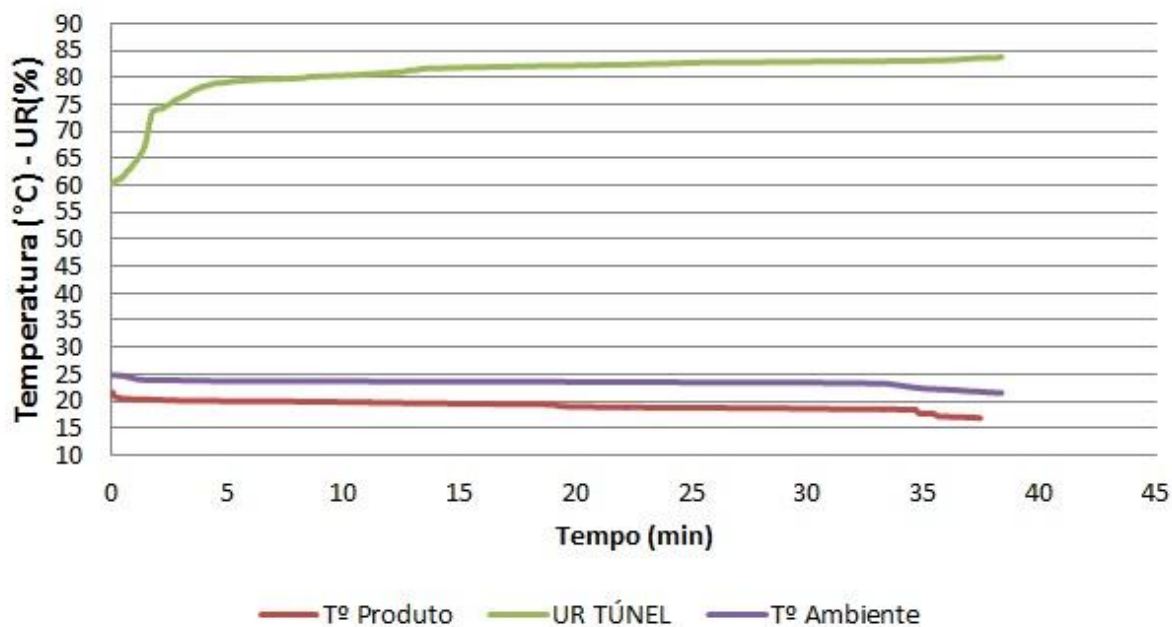


Figura 18: Valores de Temperatura Ambiente, Temperatura do Produto e Umidade relativa durante o processo de resfriamento Evaporativo ventilador-meio poroso

Com relação ao custo benefício, o tratamento ar forçado com umidificação se mostrou um processo com maior custo quando relacionamos ao evaporativo ventilador-meio poroso que se mostrou um processo com consumo energético menor devido aos seus equipamentos terem uma potência equivalente a 2,69% em comparação ao ar forçado com umidificação.

Analisando as Figuras 17 e 18, o processo ar forçado com umidificação se torna mais atrativo ao produtor, pois apesar de ter maior custo energético possui maior capacidade estática e velocidade de resfriamento, superior ao evaporativo ventilador-meio poroso.

A velocidade do processo de resfriamento diminui a velocidade das reações no produto, o tratamento evaporativo ventilador-meio poroso mostrou um tempo de resposta maior e temperaturas mais altas ao fim do processo. Assim observou-se que o tratamento ar forçado com umidificação se mostra mais interessante em termos de aplicabilidade e manutenção da qualidade do produto.

6.5 Considerações finais

Os tratamentos ar forçado com umidificação, evaporativo ventilador-meio poroso e controle, são indicados para aplicação em todas as variedades de alface estudadas, assim como o tratamento que obteve os piores resultados, água fria aspersão se mostrou com bons resultados para cultivar ‘Graciosa’.

Quanto do ponto de vista energético os gastos com o evaporativo ventilador-meio poroso são muito menores que quando se comprado ao ar forçado com umidificação, que necessita de maiores investimentos com relação ao evaporativo ventilador-meio poroso que se trata apenas de um protótipo de modelo de resfriamento.

Outro fator a se observar são as propriedades físico-químicas que mais influenciam na qualidade da alface, como a perda de massa que influencia a qualidade do produto e está diretamente ligada a clorofila, que devido ao enfraquecimento dos tecidos começa a se degradar e desencadeia os efeitos de deterioração seguidos de degradação do ácido ascórbico.

Assim em alguns tratamentos ficou evidenciado que a velocidade da retirada de calor do produto diminui os efeitos deste enfraquecimento dos cloroplastos retardando a degradação do produto.

7 CONCLUSÕES

- O melhor método estudado para o resfriamento de alface foi o ar forçado com umidificação.
- O efeito dos tratamentos com alta umidade se mostraram benéficos ao produto, evitando o contato direto do produto com água.
- Os melhores métodos selecionados para o experimento final foram ar forçado com umidificação, água fria aspersão e evaporativo ventilador-meio poroso.
- Observou-se para todos os tratamentos a manutenção da vida útil do produto até o 6º dia de armazenamento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, P. G.; ABREU, V. M. N. **Avaliação do sistema de resfriamento evaporativo por meio de pad-cooling**, Embrapa suinicultura, Concordia, 2006, 7p (Comunicado Técnico nº436).

AGÜERO, M. V.; BARG M. V.; YOMMI A.; CAMELO A.; ROURA S. I. Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. **Journal of Food Science**, v.73, n.1, p.47-55, 2008.

AGÜERO, M. V.; PONCEA, A. G.; MOREIRA, M. R.; ROURA, S. I. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon. **Postharvest Biology and Technology**, v.2, n.59, p.124-131, 2011.

ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M. D.; GUTIERREZ, A. S. D.; TAVARES, M. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP: perfil dos atacadistas. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.23, n.2, p.324-328, abr.-jun, 2005.

ANTONIALI, S.; **Resfriamento rápido com ar forçado para conservação pós-colheita de alface "crespa"**. 2000. Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas.

ANTONIALI, S.; SANCHES, J. ; NACHILUK, K. **Mais alimentos ou menos perdas?** Disponível em <http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=623> Acesso em 21.novembro.2011.

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry**. Arlington, USA, 16ed ,v.2, 1995.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). **Systems and Applications: Methods of precooling of fruits, vegetables and flowers**.

Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, c.26, 2002.

BEN ASHER, J.; EPHATH, J. E.; SHOMRON, M.; BLUMBERG D.G. Cooling of leafy vegetables in greenhouses. **Acta Horticulture**, v.797, p.87-94, 2008.

BROSNAN, T.; SUN, D. Precooling techniques and applications for horticultural Products: a review. **International Journal of Refrigeration**, v.24, n.2, p.154-170, 2001.

CAMPOS, F. M.; MARTINO, H. S. D.; SABARENSE, C. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, M. H. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: Uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.4, p.481-490, out-dez, 2008.

CEASA, **Qualidade, variedade, compromisso social e ambiental**. Folder Institucional, Prefeitura Municipal de Campinas. Abril, 2010.

CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças. **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v.1, p.67-80, 2006.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Editora UFLA, Lavras, p.320, 2005.

CHO, S. D.; KIM, G. H.; KIM, D. M. Evaluation of quality attributes of fresh-cut lettuce stored at different temperatures. **Acta Horticulturae**, v.837, p.161-166, 2009.

CORTEZ, L. A. B.; HONORIO, S. L.; MORETTI, C. L. **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília, Embrapa, p.170, 2002.

CRUZ, A. G.; CENCI, S. A.; MAIA, C. A. Pré-requisitos para implementação do sistema APPCC em uma linha de alface minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.104-109, jan.-mar., 2006.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Distribuição geográfica da produção.** Embrapa Hortaliças, Gama. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm>. Acesso em 12.novembro.2011.

ESPARZA RIVERA, J. R.; STONE, M. B.; STUSHNOFF, C.; PILON-SMITS, E.; KENDALL, P. A. Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. **Journal of Food Science**, v.71, n.3, p.270-276, abril, 2006.

FERREIRA, M. D. **Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças.** Embrapa instrumentação agropecuária, São Carlos, 2008, 144p.

FREIRE JÚNIOR, M.; DELIZA, R.; CHITARRA, A. B. Alterações sensoriais em alface hidropônica cv. Regina minimamente processada e armazenada sob refrigeração. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.63-66, março, 2002.

FREIRE, A. G.; OLIVEIRA, F. A.; CARRILHO, M. J. S. O.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREITAS, D. C. Qualidade de cultivares de alface produzida em condições salinas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.81-88, out.-dez., 2009.

FURTINI, L. L.; ABREU, L. R. Utilização de APPCC na indústria de alimentos. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.30, n.2, p.358-363, mar.-abr., 2006.

GETINET, H.; T. SEYOUM, T.; WOLDETSADIK, K. The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v.87, n.4, p.467-478, 2008.

GIBBON, J. M. Some observations of temperatures and cooling rates of vegetables in commercial cold stores. **Journal agricultural engineering research**, n.1, v.17, p.332-337, 1972.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2009, 7 p (Comunicado Técnico, n.75).

HOFFMAN, R. **Componentes principais**. Série Didática, n.76, Piracicaba: ESALQ, 1992, 25p.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo, v.1, 3ed., 2004.

JAIN, D. Development and testing of two-stage evaporative cooler. **Building and Environment**, v.42, n.7, p.2549–2554, 2007.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern food microbiology**. 7ed., New York. 2005, 125p.

KADER, A. A.; LIPTON, W. J.; MORRIS, Systems for scoring quality of harvested lettuce. **HortScience**, v.8, n.5, p.408-409, 1973.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis, 3ed., 2002, 311p.

KONSTANTOPOULOU, E.; KAPOTIS, G.; SALACHAS, G.; PETROPOULOS, S. A.; KARAPANOS, I. C.; PASSAM, H. C. Nutritional quality of greenhouse lettuce at harvest and after storage in relation to N application and cultivation season. **Scientia Horticulturae**, v.125, n.2, p.93-95, 2010.

KUMAR, R.; KUMAR, A.; MURTHY U. N. Heat transfer during forced air precooling of perishable food products. **Biosystems Engineering**, v.99, n.2, p. 228-233, 2008.

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, Junho, 2002.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, n.3, p.207–220, 2000.

LIAO, C.; CHIU, K. Wind tunnel modeling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan region. **Building and Environment**, v.37, n.2, p.177–187, 2002.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. **Armazenamento de hortaliças**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2001, 127p.

LUENGO, R. F. A.; FILHO, W. C.; JACOMINO, A. P. Participação do custo da embalagem na composição do custo de produção e do preço de atacado do tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.21, n.4, p.719-721, out.-dez., 2003.

MAISTRO, L. C. Alface minimamente processada: uma revisão. **Revista Nutrição**, Campinas, v.3, n.14, p.219-224, set.-dez., 2001.

MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A.; TUDELA, J. A.; LUNA, C.; ALLENDE, A.; GIL, M. I. Low oxygen levels and light exposure affect quality of fresh-cut Romanie lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v.59, n.1, p.34-42, 2011.

MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Atividade respiratória e evolução de etileno em alface crespa minimamente processada armazenada sob duas temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.6, p.1985-1990, 2008.

MATTOS, L. M; MORETTI, C. L.; CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.4, p.504-508, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 2ed. Florida – USA: CRC Press, 1991, 354 p.

MELLO, J. C.; DIETRICH, R.; MEINERT, E. M.; TEIXEIRA, E.; AMANTE, E. R. Efeito do cultivo orgânico e convencional sobre a vida de prateleira de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.3, p.418-426, set.-dez., 2003.

MENEZES, E. M. S.; FERNANDES, E. C.; SABAA-SRUR, A. U. O. Folhas de alface lisa (*Lactuca sativa*) minimamente processadas armazenadas em atmosfera modificada: Análises físicas, químicas e físico-químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.1, n.25, p.60-62, jan.-mar, 2005.

MORAES, I. V. M. **Conservação de hortaliças**, Rede de tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, nov., 2006, 34p. (Dossiê técnico).

MOREIRA, M. R.; PONCE, A. G.; DEL VALLE, C. E.; ANSONERA, R.; ROURA, S. I. Effects of abusive temperatures on the postharvest quality of lettuce leaves: ascorbic acid loss and microbial growth. **Journal of Applied Horticulture**, v.2, n.8, p.109-113, jul.-dez. 2006.

MITCHELL, F. G.; GUILLOU, R.; PARSONS, R. A. **Commercial cooling of fruits and vegetables: Manual series**. University of California, Davis, n.43, 1973, 44p.

MOHSENIN, N. N. **Thermal properties of foods and agricultural materials**, USA, 1980, 405p.

MORETTI, C. L. Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, julho, 2003 (Suplemento CD-Rom).

OHSE, S.; NETO, D. D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidropônia. **Scientia Agrícola**, v.58, n.1, p.181-185, jan.-mar. 2001.

OHSE, S.; RAMOS, D. M.; CARVALHO, S. M.; FETT, R.; OLIVEIRA, J. L. B. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.407-414, 2009.

PALIYATH, G.; MURR, D. P.; HANDA, A. K.; LURIE, S. **Postharvest biology and technology of fruits, vegetables and flowers**. 1ed, 2008.

SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C. C.; ALCÂNTARA, L. M.; OLIVEIRA, T. W. S.; RODRIGUES, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.264-269, abr.-jun. 2006.

SANTOS E SILVA, F. A.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SALTVEIT, M. E. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Dept. of Agriculture (USDA), **Agriculture Handbook 66**, Washington, 2004.

SILVA, J. C. T. R. **Estudo de um sistema de resfriamento com ar forçado com monitoramento do consumo de energia elétrica**, 2010, Dissertação Mestrado em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E. A.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.2, p.242-245, abr.-jun., 2011.

SIMON, S. P.; STRAUS, M. **Post-harvest technology of horticultural crops**. Jauipur. 2010, 118p.

SINGH, A.K., GOSWAMI, T.K.; Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables: A review. **Journal of Food Science and Technology**, v.43, n.1, p.1-7, jan., 2006.

S-PLUS. **Guide to statistics**. Data analysis products division, MathSoft, Seattle, Washington, 2000.877p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed., 2004, 1265p.

TERUEL, B.; CORTEZ, L. B.; LINCOLN, N. Estudo comparativo do resfriamento de laranja valência com ar forçado e com água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.2, n.23, p.174-178, mai.ago., 2003.

TERUEL, B. J.; SILVEIRA, P.; MARQUES, F.; CAPPELLI, N. Interface homem-máquina para controle de processos de resfriamento com ar forçado visando à economia de energia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.705-710, mai.-jun., 2008.

THOMPSON J. F. Pre-cooling and storage facilities. United States Dept. of Agriculture (USDA), **Agriculture Handbook 66**, Washington, 2004.

USAID (United States Agency for International Development), Empowering Agriculture: Energy options for horticulture, mar, 2009, 26p.

VIANA, M. C. M. ; FREIRE F. M.; GONÇALVES L. D.; MASCARENHAS M. H. T.; LARA J. F. R.; ANDRADE C. L. T.; PURCINO H. M. A. Índice de clorofila na folha de

alface submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Horticultura brasileira**, v.26, n.2, p.86-90, jul.-ago., 2008 (Suplemento - CD Rom).

WALOSZEK, A.; WIECKOWSKI, S. Effects of pH on the kinetics of light-dependent proton flux in thylakoids isolated from lettuce leaves. **Plant Science**, v.166, n.2, p.479–483, 2004.

WORKNEH, T. S.; WOLDETSADIK, K. Forced ventilation evaporative cooling: a case study on banana, papaya, orange, mandarin, and lemon. **Tropical Agriculture Journal**, n.3, v.81, p.179–185, 2004.

9 APENDICE 1

Dados referentes a análise sensorial, os dados de análise sensorial foram usados apenas para determinar a finalização do experimento. Para comparação dos resultados foi aplicado um teste de comparação de médias de Tukey, e observar diferença estatística entre os tratamentos ao longo do tempo, em que letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si.

9.1 Cor

Tabela 22: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo (dias)	D1	D3	D6
Ar forçado com umidificação	5,65 a	4,94 a	3,69 a
Ar forçado sem umidificação	6,41 a	5,88 a	4,15 a
Água fria imersão	4,97 a	5,62 a	3,89 a
Água fria aspersão	6,33 a	4,35 a	3,55 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,37 a	6,44 a	4,45 a
Evaporativo nebulização	5,73 a	5,41 a	3,27 a
Controle	5,73 a	5,06 a	3,58 a

Tabela 23: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,53 a	4,70 a	4,71 a
Ar forçado sem umidificação	5,41 a	4,55 a	3,74 a
Água fria imersão	4,78 a	5,37 a	4,00 a
Água fria aspersão	5,05 a	5,09 a	4,56 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,78 a	4,29 a	3,84 a
Evaporativo nebulização	4,64 a	5,23 a	4,01 a
Controle	5,13 a	4,75 a	4,26 a

Tabela 24: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,13 a	5,00 a	3,64 a
Ar forçado sem umidificação	4,72 a	5,11 a	3,59 a
Água fria imersão	5,02 a	5,06 a	3,67 a
Água fria aspersão	4,21 a	4,96 a	3,07 a

Evaporativo ventilador-meio poroso	4,90 a	5,02 a	3,88 a
Evaporativo nebulização	4,60 a	4,69 a	3,11 a
Controle	5,85 a	5,71 a	4,07 a

Tabela 25: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,32 a	4,62 a	3,83 a
Ar forçado sem umidificação	3,89 a	3,95 a	3,29 a
Água fria imersão	4,18 a	4,76 a	3,62 a
Água fria aspersão	4,45 a	4,46 a	3,65 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,60 a	5,19 a	4,13 a
Evaporativo nebulização	4,36 a	4,75 a	3,80 a
Controle	4,48 a	5,33 a	4,11 a

9.2 Frescor

Tabela 26: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	3,81 ab	3,92 ab	2,38 a
Ar forçado sem umidificação	4,18 ab	4,82 ab	3,26 a
Água fria imersão	4,92 ab	4,07 ab	1,99 a
Água fria aspersão	4,32 ab	5,59 a	2,75 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,58 a	5,19 a	2,78 a
Evaporativo nebulização	2,92 b	2,85 b	1,97 a
Controle	4,11 ab	5,18 a	3,16 a

Tabela 27: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,82 a	4,25 a	3,18 a
Ar forçado sem umidificação	6,11 a	4,74 a	2,65 a
Água fria imersão	6,88 a	5,03 a	2,65 a
Água fria aspersão	7,61 a	4,27 a	2,53 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,59 a	4,12 a	2,15 a
Evaporativo nebulização	6,71 a	4,04 a	2,50 a
Controle	6,03 a	4,93 a	3,27 a

Tabela 28: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	3,66 a	3,04 b	1,98 a
Ar forçado sem umidificação	3,71 a	2,73 b	1,90 a
Água fria imersão	5,59 a	3,78 ab	1,87 a
Água fria aspersão	4,84 a	5,18 a	2,16 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	3,98 a	3,57 ab	1,90 a
Evaporativo nebulização	3,55 a	3,19 b	1,82 a
Controle	5,41 a	3,06 b	2,09 a

Tabela 29: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,26 b	2,68 abc	1,52 a
Ar forçado sem umidificação	5,91 ab	3,25 abc	2,06 a
Água fria imersão	7,26 a	3,98 ab	1,63 a
Água fria aspersão	6,41 ab	4,33 a	2,64 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,09 ab	2,95 abc	1,75 a
Evaporativo nebulização	4,38 b	2,18 c	1,56 a
Controle	4,50 b	2,33 bc	1,61 a

9.3 Danos Mecânicos

Tabela 30: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,35 a	4,72 ab	3,35 a
Ar forçado sem umidificação	4,87 a	5,25 ab	3,99 a
Água fria imersão	5,44 a	3,94 b	3,18 a
Água fria aspersão	3,87 a	6,35 a	3,31 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,53 a	4,93 ab	4,06 a
Evaporativo nebulização	3,29 a	3,85 b	2,45 a
Controle	4,18 a	5,89 ab	3,46 a

Tabela 31: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,68 a	5,29 a	4,12 a
Ar forçado sem umidificação	6,18 a	5,60 a	3,19 a
Água fria imersão	7,12 a	5,39 a	3,48 a
Água fria aspersão	7,55 a	4,41 a	4,46 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,78 a	4,33 a	2,79 a
Evaporativo nebulização	6,79 a	5,36 a	3,43 a
Controle	6,63 a	5,94 a	4,51 a

Tabela 32: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,86 a	3,68 a	1,81 a
Ar forçado sem umidificação	5,19 a	4,55 a	2,83 a
Água fria imersão	5,99 a	4,57 a	3,00 a
Água fria aspersão	5,79 a	5,48 a	2,81 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,56 a	4,69 a	2,19 a
Evaporativo nebulização	5,28 a	4,03 a	2,48 a
Controle	5,72 a	4,41 a	2,27 a

Tabela 33: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,86 a	3,94 a	1,95 a
Ar forçado sem umidificação	6,30 a	4,54 a	2,40 a
Água fria imersão	6,30 a	4,40 a	2,21 a
Água fria aspersão	6,61 a	4,67 a	2,84 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,02 a	3,99 a	2,49 a
Evaporativo nebulização	5,27 a	3,37 a	1,85 a
Controle	6,11 a	3,66 a	1,72 a

9.4 Brilho:

Tabela 34: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	3,98 a	3,69 ab	2,45 a

Ar forçado sem umidificação	4,86 a	3,66 ab	3,18 a
Água fria imersão	4,82 a	3,92 ab	2,14 a
Água fria aspersão	3,28 a	5,12 a	2,99 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,27 a	4,58 ab	2,63 a
Evaporativo nebulização	3,28 a	3,11 b	1,91 a
Controle	3,59 a	4,62 a	3,04 a

Tabela 35: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,40 a	3,79 ab	3,53 a
Ar forçado sem umidificação	5,57 a	4,33 ab	2,57 a
Água fria imersão	6,91 a	5,23 a	2,59 a
Água fria aspersão	7,39 a	4,31 ab	2,86 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,24 a	3,57 b	2,48 a
Evaporativo nebulização	6,17 a	4,33 ab	2,64 a
Controle	6,09 a	4,95 ab	3,53 a

Tabela 36: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,12 a	2,91 a	1,93 a
Ar forçado sem umidificação	4,32 a	3,03 a	1,98 a
Água fria imersão	5,18 a	3,64 a	2,10 a
Água fria aspersão	5,30 a	4,29 a	2,08 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	3,99 a	3,26 a	1,85 a
Evaporativo nebulização	4,12 a	3,61 a	2,06 a
Controle	4,91 a	3,09 a	2,06 a

Tabela 37: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,06 a	2,94 ab	1,46 a
Ar forçado sem umidificação	5,79 a	3,47 ab	2,04 a
Água fria imersão	6,35 a	3,95 ab	2,04 a
Água fria aspersão	5,95 a	4,63 a	2,42 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,87 a	3,17 ab	1,90 a
Evaporativo nebulização	5,20 a	2,41 b	1,61 a
Controle	4,95 a	2,50 b	1,69 a

9.5 Aspecto Geral

Tabela 38: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	3,81 a	3,81 bc	2,41 a
Ar forçado sem umidificação	4,48 a	4,89 ab	3,05 a
Água fria imersão	5,21 a	4,07 bc	2,18 a
Água fria aspersão	4,36 a	5,89 a	2,52 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,63 a	4,83 ab	2,81 a
Evaporativo nebulização	3,14 a	3,06 c	1,84 a
Controle	3,97 a	4,77 ab	3,02 a

Tabela 39: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,09 a	4,61 ab	3,48 a
Ar forçado sem umidificação	6,31 a	5,16 ab	2,82 a
Água fria imersão	7,11 a	5,28 ab	2,91 a
Água fria aspersão	7,69 a	4,40 ab	3,15 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,86 a	3,80 b	2,23 a
Evaporativo nebulização	6,45 a	4,64 ab	2,30 a
Controle	6,30 a	5,74 a	3,12 a

Tabela 40: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	4,62 a	3,56 a	1,91 a
Ar forçado sem umidificação	4,95 a	3,27 a	2,02 a
Água fria imersão	5,89 a	3,91 a	2,17 a
Água fria aspersão	5,19 a	4,74 a	2,28 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,51 a	3,58 a	1,89 a
Evaporativo nebulização	4,30 a	3,52 a	2,06 a
Controle	5,74 a	3,65 a	1,99 a

Tabela 41: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento preliminar na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,09 a	2,94 ab	1,63 a

Ar forçado sem umidificação	5,89 a	3,37 ab	2,04 a
Água fria imersão	6,71 a	4,03 a	1,74 a
Água fria aspersão	6,51 a	4,28 a	2,39 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,84 a	3,63 ab	2,04 a
Evaporativo nebulização	5,01 a	2,28 b	1,56 a
Controle	4,72 a	2,88 ab	1,56 a

10 APENDICE 2

A seguir são apresentados os dados referentes às análises físico-químicas, do experimento preliminar. Para comparação dos resultados foi aplicado um teste de comparação de médias de Tukey. Letras minúsculas indicam a comparação para os tratamentos e letras maiúsculas indicam comparação ao longo do tempo.

10.1 pH

Tabela 42: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,65 c B	6,09 a A	6,21 a A	5,43 bc C
Ar forçado sem umidificação	5,90 b A	5,68 b B	5,41 e C	5,44 bc C
Água fria imersão	6,17 a A	5,69 b B	5,62 d B	5,64 abc B
Água fria aspersão	6,29 a A	5,35 c C	5,56 d B	5,38 c C
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,97 b A	5,50 bc B	5,87 c A	5,55 abc B
Evaporativo nebulização	5,58 c C	5,61 b C	6,00 b A	5,80 a B
Controle	6,22 a A	5,58 bc B	5,59 d B	5,65 ab B

Tabela 43: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,39 c C	5,74 a B	6,15 a A	5,58 abc BC
Ar forçado sem umidificação	5,62 b A	5,56 b A	5,41 c B	5,35 c B
Água fria imersão	6,01 a A	5,42 c C	5,63 cd B	5,68 ab B
Água fria aspersão	6,07 a A	5,14 d C	5,52 de B	5,42 bc B
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,71 b A	5,47 bc B	5,70 c A	5,65 ab A
Evaporativo nebulização	5,39 c B	5,54 bc B	5,90 b A	5,75 a A
Controle	6,03 a A	5,78 a B	5,61 cd B	5,69 ab B

Tabela 44: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,61 d B	5,70 a B	6,09 a A	5,51 c B
Ar forçado sem umidificação	5,84 cd A	5,63 ab B	5,72 b B	5,47 c C
Água fria imersão	6,01 abc A	5,52 ab C	5,64 b BC	5,73 ab B
Água fria aspersão	6,18 a A	5,30 c C	5,64 b B	5,47 c BC
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,92 bc A	5,51 b B	5,79 b A	5,54 bc B
Evaporativo nebulização	5,21 e C	5,47 bc B	5,82 b A	5,66 abc A

Controle	6,09 ab A	5,56 ab C	5,67 b C	5,84 a B
----------	-----------	-----------	----------	----------

Tabela 45: Dados de pH para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,47 d B	5,76 a A	5,42 d B	5,43 c B
Ar forçado sem umidificação	5,85 c A	5,66 ab B	5,59 b B	5,24 c C
Água fria imersão	6,12 ab A	5,24 d D	5,46 cd C	5,70 ab B
Água fria aspersão	6,18 a A	5,36 cd C	5,57 bc B	5,47 bc BC
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,18 ab A	5,49 bc C	5,85 a B	5,71 a B
Evaporativo nebulização	5,36 d B	5,29 d B	5,77 a A	5,76 a A
Controle	6,04 b A	5,64 ab B	5,52 bcd B	5,69 ab B

10.2 Ácido ascórbico

Tabela 46: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	27,10 b A	25,51 a A	24,51 a A	18,81 ab A
Ar forçado sem umidificação	37,89 a A	26,60 a B	23,34 a B	13,81 ab C
Água fria imersão	25,59 b A	22,90 a A	22,41 a AB	16,81 ab B
Água fria aspersão	31,64 ab A	32,45 a A	24,99 a A	11,54 b B
Evaporativo ventilador-meio poroso	26,59 b A	25,78 a A	22,20 a AB	19,91 a B
Evaporativo nebulização	25,95 b A	25,88 a A	25,64 a A	19,63 a A
Controle	26,59 b A	21,65 a A	20,43 a A	12,51 b B

Tabela 47: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	32,68 a A	28,99 a AB	22,65 bc BC	16,16 c C
Ar forçado sem umidificação	28,62 a A	27,36 a A	24,50 abc A	22,71 ab B
Água fria imersão	26,16 a A	26,14 a A	24,42 abc A	19,50 abc A
Água fria aspersão	26,93 a A	29,22 a A	21,05 c B	19,19 bc B
Evaporativo ventilador-meio poroso	30,19 a A	29,33 a A	26,25 a AB	21,90 ab A
Evaporativo nebulização	28,55 a A	21,11 a B	26,71 a A	19,06 bc C
Controle	31,42 a A	27,17 a AB	25,58 abc B	24,76 a B

Tabela 48: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	38,13 a A	30,09 a AB	27,64 a BC	17,57 ab C
Ar forçado sem umidificação	31,13 a A	29,77 a A	24,66 a A	23,30 a A
Água fria imersão	33,96 a A	28,31 a A	24,42 a AB	14,13 b B
Água fria aspersão	31,11 a A	27,44 a AB	21,05 a BC	13,75 b C
Evaporativo ventilador-meio poroso	31,97 a A	26,68 a AB	22,59 a B	23,81 a B
Evaporativo nebulização	27,91 a A	24,53 a AB	23,82 a AB	18,92 ab B
Controle	32,32 a A	27,54 a AB	24,18 a B	22,09 a B

Tabela 49: Dados de ácido ascórbico para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	31,69 a A	27,52 a AB	22,47 a BC	18,42 a C
Ar forçado sem umidificação	31,13 a A	25,82 a A	18,77 a B	17,77 a B
Água fria imersão	21,42 b A	20,01 a A	19,99 a A	17,80 a A
Água fria aspersão	30,01 a A	22,56 a B	20,89 a B	17,32 a B
Evaporativo ventilador-meio poroso	28,70 ab A	25,42 a AB	24,32 a AB	19,87 a B
Evaporativo nebulização	25,21 ab A	23,44 a A	23,44 a A	21,80 a A
Controle	33,49 a A	22,70 a B	22,02 a B	20,27 a B

10.3 Clorofila

Tabela 50: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	21,09 a A	20,21 b A	23,06 a A	21,18 a A
Ar forçado sem umidificação	24,70 a A	29,13 ab A	26,93 a A	25,16 a A
Água fria imersão	24,91 a A	25,63 ab A	27,59 a A	24,45 a A
Água fria aspersão	25,05 a A	25,91 ab A	23,55 a A	19,69 a A
Evaporativo ventilador-meio poroso	24,78 a A	34,29 a A	28,15 a A	31,87 a A
Evaporativo nebulização	24,49 a AB	29,37 ab A	22,34 a AB	18,87 a B
Controle	24,81 a A	23,14 a A	29,49 a A	20,41 a A

Tabela 51: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	19,81 a A	18,26 a A	17,59 ab A	18,74 a A

Ar forçado sem umidificação	23,30 a A	20,60 a A	21,86 ab A	18,56 a A
Água fria imersão	20,59 a A	22,99 a A	25,26 a A	21,79 a A
Água fria aspersão	20,51 a A	20,72 a A	17,05 b A	19,19 a A
Evaporativo ventilador-meio poroso	21,69 a A	20,11 a A	19,76 ab A	19,32 a A
Evaporativo nebulização	25,79 a A	22,72 a A	24,24 ab A	23,70 a A
Controle	22,27 a A	24,09 a A	25,17 a A	18,02 a A

Tabela 52: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	17,80 a A	19,15 a A	21,85 a A	25,25 a A
Ar forçado sem umidificação	19,78 a A	21,03 a A	23,81 a A	23,36 a A
Água fria imersão	20,49 a A	22,95 a A	23,71 a A	21,77 a A
Água fria aspersão	22,25 a A	22,83 a A	22,27 a A	24,46 a A
Evaporativo ventilador-meio poroso	19,23 a A	21,86 a A	21,77 a A	21,94 a A
Evaporativo nebulização	24,53 a A	22,11 a A	19,27 a A	22,91 a A
Controle	21,63 a A	19,81 a A	25,37 a A	22,92 a A

Tabela 53: Dados de clorofila para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	20,01 a A	19,10 a A	16,06 a A	21,21 a A
Ar forçado sem umidificação	20,91 a A	22,98 a A	20,85 a A	21,56 a A
Água fria imersão	18,53 a A	22,47 a A	21,54 a A	19,60 a A
Água fria aspersão	19,56 a A	19,24 a A	21,00 a A	19,81 a A
Evaporativo ventilador-meio poroso	22,28 a A	19,41 a A	19,78 a A	18,39 a A
Evaporativo nebulização	19,53 a A	20,02 a A	18,71 a A	21,56 a A
Controle	19,77 a A	19,75 a A	18,08 a A	16,41 a A

10.4 Perda de massa

Tabela 54: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	0 a	8,97 abc	15,75 ab	21,30 abc
Ar forçado sem umidificação	0 a	12,44 a	20,69 a	27,29 a
Água fria imersão	0 a	10,20 ab	15,79 ab	22,90 ab
Água fria aspersão	0 a	13,35 a	18,71 a	26,87 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	0 a	4,29 cd	11,67 b	13,80 cd
Evaporativo nebulização	0 a	3,28 d	10,66 b	12,04 d

Controle	0 a	5,64 bcd	11,51 b	17,07 bcd
----------	-----	----------	---------	-----------

Tabela 55: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	0 a	5,32 b	15,81 bc	19,73 bc
Ar forçado sem umidificação	0 a	4,69 b	13,42 c	19,98 bc
Água fria imersão	0 a	19,30 a	22,66 a	31,51 a
Água fria aspersão	0 a	15,99 a	20,74 ab	27,86 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	0 a	7,34 b	16,09 bc	18,56 bc
Evaporativo nebulização	0 a	4,59 b	13,29 c	15,48 c
Controle	0 a	4,24 b	14,30 c	21,02 b

Tabela 56: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	0 a	7,59 bc	18,68 c	26,99 b
Ar forçado sem umidificação	0 a	9,00 bc	27,96 ab	28,10 b
Água fria imersão	0 a	15,42 ab	35,76 a	38,02 a
Água fria aspersão	0 a	21,65 a	29,44 ab	38,91 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	0 a	8,92 bc	22,12 bc	25,39 b
Evaporativo nebulização	0 a	8,95 bc	18,55 c	22,41 b
Controle	0 a	5,40 c	18,39 c	25,40 b

Tabela 57: Dados de perda de massa para o experimento preliminar referente a cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	0 a	12,87 bc	28,87 a	37,98 a
Ar forçado sem umidificação	0 a	13,71 bc	29,50 a	39,02 a
Água fria imersão	0 a	19,36 ab	29,81 a	44,15 a
Água fria aspersão	0 a	24,93 a	32,68 a	43,56 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	0 a	9,07 c	24,06 a	27,27 b
Evaporativo nebulização	0 a	10,21 c	25,84 a	28,68 b
Controle	0 a	8,70 c	24,83 a	36,47 a

11 APENDICE 3

Dados referentes a análise sensorial realizada durante o experimento final, estes os dados foram usados apenas para determinar a finalização do experimento. Para comparação dos resultados foi aplicado um teste de comparação de médias de Tukey, e observar diferença estatística entre os tratamentos ao longo do tempo, em que letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si.

11.1 Cor

Tabela 58: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,92 a	7,48 a	6,14 a	5,97 a
Água fria aspersão	7,09 a	7,31 a	5,49 a	6,61 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,17 a	6,65 a	5,59 a	6,77 a
Controle	7,03 a	6,73 a	5,38 a	6,37 a

Tabela 59: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,47 a	4,97 a	4,04 a	4,55 a
Água fria aspersão	5,38 a	4,66 a	4,14 a	4,10 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,59 a	4,91 a	4,04 a	4,07 a
Controle	5,52 a	5,34 a	4,19 a	4,66 a

Tabela 60: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,21 a	4,13 b	3,77 ab	4,08 a
Água fria aspersão	5,28 a	5,50 ab	4,19 ab	4,33 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	4,60 a	4,92 ab	3,65 b	3,60 a
Controle	6,57 a	6,27 a	5,40 a	5,16 a

Tabela 61: Dados de análise sensorial para o parâmetro cor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,59 a	5,23 a	4,00 a	4,15 a
Água fria aspersão	6,16 a	6,04 a	3,77 a	4,22 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,50 a	6,29 a	4,91 a	5,14 a
Controle	5,86 a	5,45 a	4,54 a	4,65 a

11.2 Frescor

Tabela 62: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,38 a	2,56 a	2,71 a	1,88 a
Água fria aspersão	6,93 a	3,77 a	3,09 a	2,59 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,02 a	3,87 a	3,15 a	2,77 a
Controle	5,29 a	3,50 a	3,10 a	1,98 a

Tabela 63: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,52 a	5,84 a	4,30 a	3,14 a
Água fria aspersão	7,94 a	6,66 a	5,00 a	3,95 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,98 a	6,50 a	5,14 a	3,41 a
Controle	6,97 a	6,05 a	4,52 a	2,76 a

Tabela 64: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,27 a	3,53 a	2,94 a	2,07 a
Água fria aspersão	6,75 a	4,95 a	3,79 a	2,97 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,24 a	5,09 a	3,66 a	2,65 a
Controle	7,56 a	5,12 a	4,09 a	3,02 a

Tabela 65: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,61 a	6,18 a	4,51 a	2,55 a
Água fria aspersão	8,11 a	6,10 a	4,68 a	2,41 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	8,16 a	6,69 a	4,41 a	2,48 a
Controle	7,74 a	6,79 a	3,98 a	3,77 a

11.3 Danos Mecânicos

Tabela 66: Dados de análise sensorial para o parâmetro danos mecânicos referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,13 a	4,22 a	4,87 a	2,87 a
Água fria aspersão	6,79 a	4,37 a	4,11 a	2,97 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,65 a	4,16 a	4,42 a	2,68 a
Controle	5,51 a	4,26 a	4,26 a	2,70 a

Tabela 67: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,98 a	6,46 a	5,42 a	3,20 a
Água fria aspersão	7,99 a	6,69 a	5,76 a	4,17 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,78 a	5,18 a	5,19 a	3,67 a
Controle	7,64 a	6,34 a	5,64 a	3,18 a

Tabela 68: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,50 a	4,55 a	3,44 a	2,46 a
Água fria aspersão	6,98 a	4,85 a	4,49 a	2,67 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,01 a	5,88 a	4,10 a	2,39 a
Controle	7,19 a	5,62 a	4,52 a	3,11 a

Tabela 69: Dados de análise sensorial para o parâmetro frescor referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,75 a	6,94 a	6,04 a	3,42 a
Água fria aspersão	7,95 a	6,34 a	5,42 a	2,69 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	8,18 a	7,11 a	5,76 a	3,24 a
Controle	7,84 a	6,32 a	4,15 a	3,90 a

11.4 Brilho

Tabela 70: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	5,69 a	2,50 a	2,58 a	1,73 a
Água fria aspersão	6,05 a	3,60 a	2,78 a	2,43 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,16 a	3,79 a	3,22 a	2,24 a
Controle	5,30 a	3,37 a	3,69 a	1,90 a

Tabela 71: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,08 a	5,27 a	4,64 a	2,48 a
Água fria aspersão	7,50 a	6,77 a	4,67 a	3,33 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,74 a	5,89 a	4,09 a	2,90 a
Controle	6,81 a	6,02 a	4,27 a	2,55 a

Tabela 72: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,07 a	4,16 a	3,51 a	1,77 a
Água fria aspersão	6,07 a	4,78 a	3,95 a	2,61 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,78 a	4,89 a	3,83 a	2,32 a
Controle	6,98 a	4,88 a	3,90 a	2,48 a

Tabela 73: Dados de análise sensorial para o parâmetro brilho referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,71 a	5,96 a	4,02 a	2,59 a
Água fria aspersão	7,33 a	5,84 a	4,34 a	2,06 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,51 a	6,07 a	4,18 a	2,68 a
Controle	7,07 a	6,50 a	4,23 a	3,16 a

11.5 Aspecto Geral

Tabela 74: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Graciosa’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,12 a	3,00 a	2,74 a	2,43 a
Água fria aspersão	6,50 a	3,92 a	3,00 a	2,71 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	5,97 a	4,42 a	3,55 a	2,68 a
Controle	5,50 a	4,16 a	3,15 a	2,32 a

Tabela 75: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Vanda’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,50 a	6,07 a	4,65 a	2,96 a
Água fria aspersão	7,80 a	6,70 a	4,98 a	4,13 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	7,89 a	6,56 a	4,76 a	3,45 a
Controle	6,95 a	6,44 a	4,88 a	3,02 a

Tabela 76: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Marcela’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	6,12 a	4,13 a	3,13 a	2,14 a
Água fria aspersão	6,57 a	4,83 a	3,83 a	2,78 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	6,05 a	5,27 a	3,74 a	2,40 a
Controle	7,68 a	5,42 a	4,40 a	3,03 a

Tabela 77: Dados de análise sensorial para o parâmetro aspecto geral referente ao experimento final na cultivar ‘Lavinia’.

Trat./Tempo	D1	D3	D6	D9
Ar forçado com umidificação	7,57 a	6,32 a	4,84 a	3,19 a
Água fria aspersão	7,98 a	6,23 a	4,67 a	2,61 a
Evaporativo ventilador-meio poroso	8,02 a	7,07 a	4,45 a	3,18 a
Controle	7,66 a	6,64 a	3,92 a	3,68 a