

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Produção, qualidade e parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob
hidroponia com águas salinas**

Dalva Paulus

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

**Piracicaba
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Dalva Paulus
Engenheiro Agrônomo

**Produção, qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob
hidroponia com águas salinas**

Orientador:
Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

**Tese apresentada para a obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem**

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Paulus, Dalva

Produção, qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas / Dalva Paulus. - - Piracicaba, 2008.
105 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Águas salinas 2. Alface 3. Hidroponia I. Título

CDD 635.52
P333p

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

TOCANDO EM FRENTE

Ando devagar porque já tive pressa
 É leve esse sorriso porque já chorei demais
 Hoje me sinto mais forte, mais feliz, quem
 sabe

Eu só levo a certeza de que muito pouco eu
 sei
 Eu nada sei

Conhecer as manhas e as manhãs,
 o sabor das massas e das maçãs
 É preciso amor pra poder pulsar,
 é preciso paz pra poder sorrir
 É preciso chuva para florir

Penso que cumprir a vida seja simplesmente
 Compreender a marcha e ir tocando em
 frente
 Como um velho boiadeiro levando a boiada
 Eu vou tocando os dias pela longa estrada eu
 vou
 Estrada eu sou

Conhecer as manhas e as manhãs,
 o sabor das massas e das maçãs

É preciso amor pra poder pulsar,
 é preciso paz pra poder sorrir
 É preciso a chuva para florir

Todo mundo ama um dia, todo mundo chora
 Um dia a gente chega, no outro vai embora
 Cada um de nós compõe a sua história
 E cada ser em si carrega o dom de ser capaz
 De ser feliz

Conhecer as manhas e as manhãs,
 o sabor das massas e das maçãs
 É preciso amor pra poder pulsar,
 é preciso paz pra poder sorrir
 É preciso a chuva para florir

Ando devagar porque já tive pressa
 É leve esse sorriso porque já chorei demais
 Cada um de nós compõe a sua história
 E cada ser em si carrega o dom de ser capaz
 De ser feliz...

(Autores: Almir Sater e Renato Teixeira)

Aos meus pais, Bernardo e Verani

Dedico.

Ofereço este trabalho ao meu esposo Gilnei, que encarou este desafio, auxiliando-me e estando do meu lado, nos momentos mais difíceis dessa jornada e, principalmente, pela sua dedicação e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por conduzir meus caminhos nos momentos mais difíceis.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Departamento de Engenharia Rural e Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem), por proporcionar a oportunidade de cursar o doutorado nessa instituição.

Ao Professor Dr. Durval Dourado Neto, pela orientação e amizade.

Ao Doutor Paulo Augusto Manfron, Professor da Universidade Federal de Santa Maria, pela amizade e indicação de caminhos.

Ao Doutor Tales Miler Soares, pelas sugestões e contribuições para a realização desse trabalho.

Aos amigos Kelly, Rochane, Lucas, Adalberto, Fabiana, Priscyla e Rodrigo pela amizade e contribuição na realização dos trabalhos.

Agradeço aos professores, funcionários e colegas de pós-graduação pela convivência e amizade.

Agradeço às empresas: METALCORTE/EBERLE (Leandra Sartori), HIDROGOOD (Carlos Banho e Carlos Orlandi), TIGRE (Olacir Martins Luciano), PERENNE (José Roberto Ramos) e HANNA INSTRUMENTS (Marcio Siqueira), pelo apoio e fornecimento de equipamentos.

Agradeço também ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 DESENVOLVIMENTO.....	17
2.1 Revisão bibliográfica	17
2.1.1 Efeitos da salinidade na agricultura.....	17
2.1.2 Efeito da salinidade sobre as culturas.....	19
2.1.2.1 Síntese de proteínas	20
2.1.2.2 Teor de nitrato.....	20
2.1.2.3 Teor de clorofila	21
2.1.3 A cultura da alface	22
2.1.4 Influência das condições ambientais na produção de alface	24
2.1.5 Cultivo hidropônico	25
2.1.6 Qualidade da água para o cultivo em hidroponia	27
2.1.7 Uso de água salina em hidroponia para cultivo de alface.....	27
2.1.8 Análise de crescimento e desenvolvimento	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1 Descrição das variedades cultivadas.....	35
3.2 Manejo da cultura	36
3.3 Tratamentos e delineamento experimental	39
3.4 Parâmetros avaliados	39
3.4.1 Análise de crescimento	39
3.4.2 Absorção e acúmulo de nutrientes nas folhas de alface hidropônica	40
3.4.3 Análise do teor de nitrato.....	40
3.4.4 Determinação da quantidade de clorofila	41
3.4.5 Teor de prolina.....	41
3.4.6 Análise sensorial.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42

4.1	Experimento I	42
4.1.1	Caracterização climática.....	42
4.1.2	Crescimento e produção de alface variedade cultivada Verônica	43
4.1.3	Análise de tecidos	55
4.1.4	Teor de nitrato e análise sensorial	57
4.2	Experimento II	67
4.2.1	Caracterização climática.....	67
4.3	Crescimento e produção de alface (variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa).....	69
4.4	Teor de prolina.....	78
4.5	Análise da água da solução nutritiva	83
4.6	Teor de nutrientes	85
5	CONCLUSÕES	90
	REFERÊNCIAS	90
	ANEXOS.....	101

RESUMO

Produção, qualidade, parâmetros fisiológicos e bioquímicos de alface sob hidroponia com águas salinas

Diante da previsão de escassez de água no mundo, torna-se necessário desenvolver tecnologias que permitem o reaproveitamento de águas salinas. A hidroponia é uma técnica de cultivo sem solo que permite obter produtos de alta qualidade, maior produção por área, menor gasto de água e insumos agrícolas, contribuindo com a preservação dos recursos naturais e do ambiente. A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais importante produzida no sistema hidropônico (NFT). O uso de água salina na produção de hortaliças constitui no momento atividade essencial, tendo em vista o aumento da demanda de água doce, tanto pela atividade agrícola quanto pelo abastecimento urbano e industrial. Dessa forma os objetivos do trabalho são: i) avaliar o crescimento, a produção e qualidade de duas variedades cultivadas de alface (Verônica e Pira Roxa) em sistema hidropônico NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) com a utilização de águas salinas no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina diária evapotranspirada ao longo do ciclo de cultivo; ii) avaliar a qualidade, os parâmetros fisiológicos e bioquímicos (teor de nitrato, clorofila e prolina). Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido localizado na área experimental do Setor de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, no município de Piracicaba-SP. O delineamento experimental foi blocos ao acaso. Avaliaram-se cinco níveis de salinidade obtidos com a adição de NaCl, que resultaram em diferentes condutividades elétricas da água: 0,42, 1,53, 3,52, 5,55 e 7,43 (dS.m⁻¹) e duas variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa. Os resultados revelaram que a salinidade da água reduziu o crescimento e a produção de forma linear decrescente. A tolerância à salinidade de alface variedade cultivada Verônica foi superior em relação à variedade cultivada Pira Roxa. A salinidade alterou o teor de nitrato, prolina e clorofila, sendo o efeito superior na cv. Pira Roxa, denotando ser um mecanismo de defesa à salinidade. Com relação à produtividade comercial, obteve-se uma perda de 69% e 64% para as variedades cultivadas Pira Roxa e Verônica, respectivamente, quando se utilizou água mais salina (7,43 dS.m⁻¹). Os resultados obtidos em sistema de cultivo NFT podem indicar a possibilidade do uso da água salina como alternativa para produção de hortaliças para produtores que tem disponibilidade de água salina e restrita disponibilidade de água doce.

Palavras-chave: Águas salinas; Hidroponia; *Lactuca sativa*

ABSTRACT

Production, quality, physiologic and biochemical parameters of lettuce under soil less with saline waters

Before the forecast of shortage of water in the world, becomes necessary to develop technologies that allow the reuse of saline waters. The NFT (Nutrient Film Technique) is a cultivation technique soil less that allows to obtain products of high quality, larger production for area, minor expense of water and agricultural inputs, contributing with the preservation of the natural resources and environment. A lettuce (*Lactuca sativa*) is the most important vegetable produced in the hydroponic system (NFT). The use of saline water in the production of vegetables constitutes in the moment essential activity, tends in view the increase of the demand of fresh water, so much for the agricultural activity as for the urban and industrial supplying. The objectives of the work were: i) to evaluate the growth, the production and quality of two cultivates of lettuce (Verônica and Pira Roxa) cultivated in hydroponic system NFT (Nutrient Film Technique) with the use of saline waters in the preparation of the nutrient solution and replacement of the evapotranspiration along the cultivation cycle; ii) to evaluate quality, the physiologic and biochemical parameters (nitrate, chlorophyll and proline content). The experiments were carried out in atmosphere protected on the experimental area of the Irrigation and Drainage Section of the University of São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. The experimental design used was randomized blocks. It were evaluated five salinity levels obtained with the addition of NaCl that resulted in different electrical conductivities of the water (0.42, 1.53, 3.52, 5.55 and 7.43 dS.m⁻¹); and two cultivated variety of lettuce Verônica and Pira Roxa. The results revealed that the salinity of the water reduced the growth and production in a decreasing lineal. The tolerance to salinity of the lettuce cultivated variety Verônica was superior in relation cultivated variety Pira Roxa. The salinity altered the contents of nitrate, proline and chlorophyll, being the superior effect in the cv. Pira Roxa, denoting to be a defense mechanism the salinity. The commercial productivity was obtained a loss of 69% and 64% for cultivated variety Pira Roxa and Verônica, respectively, when more saline water was used (7,43 dS.m⁻¹). The results obtained in cultivation system NFT they can indicate the possibility of the use of the saline water as alternative for production of vegetables for producers that has availability of saline water and restricted of fresh water.

Keywords: Salinity waters; Soil less; *Lactuca sativa*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa-de-vegetação utilizada para condução dos experimentos	32
Figura 2 - Eletrobomba utilizado para circulação da solução nutritiva.....	33
Figura 3 - Sistema injetor de solução nutritiva (a), Frasco adaptado como tampão de saída no perfil hidropônico (b), reservatório de solução nutritiva (c) e perfis de polipropileno com quatro pontos de sustentação (d).	34
Figura 4 - Reservatório de abastecimento automático de água.	35
Figura 5-Alface variedade cultivada Verônica (a) e variedade cultivada Pira Roxa (b).....	36
Figura 6 - Berçário para produção de mudas.....	37
Figura 7 - Sensor eletrônico específico para testes rápidos de nitrato (a), Clorofilômetro portátil- (Chlorophyll Meter SPAD-502) (b)	41
Figura 8 - Temperaturas (°C) máxima, mínima, média e umidade relativa do ar (%) durante o período de condução do experimento.....	43
Figura 9 - Radiação solar líquida incidente ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) durante o período de condução do experimento	43
Figura 10 - Número de folhas de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	45
Figura 11 - Massa de matéria fresca das folhas (a), do caule (b) e da parte aérea (c) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	46
Figura 12 - Massa da matéria seca das folhas (a), do caule (b), da parte aérea (c) e da raiz (d) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	48
Figura 13 - Área foliar (a) e área foliar específica (b) da alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água	49
Figura 14 - Diferença de coloração e espessura das folhas de alface variedade cultivada Verônica produzida com água salina (T_7) e não salina (T_{este}) (a) e aspecto coriáceo e espessura das folhas de alface variedade cultivada Verônica produzida com os níveis de salinidade mais elevados (T_5) e (T_7) (b)	51

Figura 15 - Consumo de água da alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	52
Figura 16 - Teor de água na parte aérea em função da salinidade da água de alface variedade cultivada Verônica.....	53
Figura 17 - Diferenças de aspecto visual, redução de crescimento (a) e nanismo, sem sintomas de deficiência nutricional ou toxidez por sódio (b) de alface variedade cultivada Verônica produzida com água salina (T ₇) em relação ao tratamento testemunha produzido com água não salinizada.....	53
Figura 18 - Teores foliares de nitrogênio, potássio (a), cálcio, magnésio (b), fósforo, enxofre (c), sódio e cloreto (d) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	56
Figura 19 - Teor de nitrato na seiva de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	58
Figura 20 - Frequência de notas dos provadores para o atributo sabor nos tratamentos: Testemunha (a), T ₁ (b), T ₃ (c), T ₅ (d), T ₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água	59
Figura 21– Frequência de notas dos provadores para o atributo aparência nos tratamentos: Testemunha (a), T ₁ (b), T ₃ (c), T ₅ (d), T ₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água	60
Figura 22 - Frequência de notas dos provadores para o atributo textura nos tratamentos: Testemunha (a), T ₁ (b), T ₃ (c), T ₅ (d), T ₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água	61
Figura 23 - Frequência de notas dos provadores para o atributo impressão global nos tratamentos: Testemunha (a), T ₁ (b), T ₃ (c), T ₅ (d), T ₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água	62
Figura 24 - Variação das temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e umidade relativa do ar no interior da casa-de-vegetação durante o período de condução do experimento. Piracicaba, 2008	68
Figura 25 - Radiação solar líquida incidente (MJ.m ⁻² .dia ⁻¹) durante o período de condução do experimento	68

Figura 26 - Consumo de água de alface cv. Verônica e Pira Roxa conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água.....	70
Figura 27 - Número de folhas (a), massa fresca das folhas (b), massa fresca do caule (c), massa fresca da parte aérea (d) obtida em função de diferentes níveis de salinidade da água de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa. Piracicaba, 2008	72
Figura 28 - Massa seca das folhas (a), massa seca do caule (b), massa seca total (c) e massa seca das raízes (d) obtida em função de diferentes níveis de salinidade da água de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa.....	73
Figura 29-Área foliar de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função de diferentes níveis de salinidade da água.	74
Figura 30 - Relação raiz/parte aérea de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função de diferentes níveis de salinidade da água.....	75
Figura 31 – Teor de água parte aérea de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água.....	76
Figura 32 - Teor de nitrato de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água.....	78
Figura 33 - Teor de prolina nas folhas de alface variedades cultivadas Pira Roxa e Verônica obtidos em função de diferentes níveis de salinidade da água	79
Figura 34 – Teor de clorofila total (SPAD) de alface cv. Verônica (a) e cv Pira Roxa (b) em função da salinidade da água.....	81
Figura 35 - Concentrações de clorofila total - SPAD (a) e extrato (b), clorofila a (e), clorofila b (f) de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, em função da salinidade da água	82
Figura 36 - Diferenças visuais entre plantas de alface variedades cultivadas Verônica (a) e Pira Roxa (b) produzidas com utilização de água não salina e o nível mais elevado da salinidade da água (7,43 dS.m ⁻¹). Comparação visual entre os níveis mais elevados de salinidade (5,55 e 7,43 dS.m ⁻¹) nas variedades cultivadas de alface Verônica (c) e Pira Roxa (d) produzidas em função da salinidade água	85
Figura 37 - Concentração de nutrientes (g.kg ⁻¹): N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e), S (f), Na (g) e Cl (h) das folhas de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações das etapas de produção da alface em cada um dos experimentos.	37
Tabela 2 - Concentração de nutrientes e quantidades de fertilizantes para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface (FURLANI, 1998).....	38
Tabela 3 - Concentrações de NaCl, Cl, Na nos diferentes tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de alface.	39
Tabela 4 - Condutividade elétrica da solução nutritiva preparada com água salina e sua média ponderada no tempo em função da salinidade da água de reposição ao longo do Experimento I.....	44
Tabela 5 - Massa de matéria fresca e seca da parte aérea, em valores absolutos e relativos à testemunha, em função da salinidade da água no Experimento I.....	54
Tabela 6 - Teores foliares de Cl e Na em base de massa de matéria seca de alface cv Verônica e seu aumento percentual nos diferentes níveis de salinidade da água em sistema hidropônico.....	57
Tabela 7- Resultados do teste de preferência aplicando escala hedônica para as amostras de alface cv. Verônica nos diferentes tratamentos com uso de água salina.....	63
Tabela 8 - Características das amostras fornecidas pelos provadores para os tratamentos Testemunha e T ₁	64
Tabela 9 - Características das amostras fornecidas pelos provadores para os tratamentos T ₃ , T ₅ e T ₇	65
Tabela 10 - Intenção de compra pelos provadores de alface “Verônica” em função dos níveis de salinidade da água.....	66
Tabela 11- Condutividade elétrica da solução nutritiva preparada com água salina e sua média ponderada no tempo em função da salinidade da água de reposição ao longo do Experimento II.....	69
Tabela 12 - Número de folhas, massa fresca das folhas, massa fresca do caule e massa fresca da parte aérea das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa cultivadas em hidroponia sob diferentes níveis de salinidade da água.....	71

Tabela 13 - Massa de matéria fresca e seca da parte aérea de alface das variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em valores absolutos e relativos à testemunha em função da salinidade da água.....	76
Tabela 14 - Concentração de nutrientes da água (mg L^{-1}) da solução nutritiva utilizada durante o cultivo das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa nos diferentes níveis de salinidade da água.....	83
Tabela 15 - Teores foliares de Cl e Na em base de massa de matéria seca e seu aumento percentual das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa de acordo com a salinidade da água.....	89
Tabela 16 - Acúmulo foliar de Cl e Na por planta de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa com a salinidade da água.....	89

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos tornou o uso da irrigação imperativo em todo o mundo, sobretudo em regiões semi-áridas, como as do Nordeste Brasileiro, onde ocorre deficiência hídrica na maior parte do ano. É imprescindível o uso de irrigação nessas áreas para se garantir uma boa produção agrícola, principalmente de cultivos exigentes em água, como é o caso da alface.

Apesar dos benefícios da irrigação, é preciso considerar que a água contém sais solúveis e seu uso indevido, na ausência de lixiviação, tem provocado a salinização de solos, reduzindo o crescimento/desenvolvimento das plantas, por baixar o potencial osmótico da solução do solo, causando o estresse hídrico e também, por ocasionar problemas de toxicidade e de desordem nutricional.

O problema de escassez de água no mundo é um problema diagnosticado, especialmente, em países com grandes regiões semi-áridas como o Brasil. Diante do quadro de baixa oferta de água potável, a geração de tecnologias e pesquisa que permitam o uso de águas salinas na produção de alimentos tornam-se importantes para o cenário agrícola.

Uma tendência na olericultura no Brasil nos últimos anos tem sido a redução da dimensão das áreas cultivadas e o aumento da eficiência das técnicas de cultivo visando maiores produtividades. Além disso, o mercado consumidor está cada vez mais exigente, buscando produtos de alta qualidade e produzidos de forma a atender a área social e ambiental.

Os cultivos hidropônicos representam uma alternativa ao cultivo convencional, apresentam inúmeras vantagens para o consumidor, produtor e para o meio ambiente, como: obtenção de produtos de alta qualidade, ciclo curto, com maior produtividade, menor custo de mão-de-obra e o uso racional de água e insumos agrícolas, contribuindo para preservação do ambiente.

No Brasil, a alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça mais importante produzida no sistema hidropônico NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). Como padrão, soluções nutritivas são preparadas usando água de alta qualidade e a condutividade elétrica é monitorada diariamente para valores adequados entre 1,4 a 2,0 dS.m⁻¹, com o objetivo de prevenir estresse salino. O uso de soluções nutritivas preparadas com água de baixa qualidade ou pelo reuso de soluções nutritivas tem sido considerada uma possibilidade para essa cultura.

O uso de água salina na produção de hortaliças constitui no momento atividade essencial, tendo em vista o aumento da demanda de água doce, tanto pela atividade agrícola quanto pelo abastecimento urbano e industrial.

Soares (2007) em trabalhos realizados com alface em hidroponia com utilização de água salina concluiu que tanto em hidroponia NFT quanto em solo, a tolerância à salinidade foi maior que a indicada na literatura (MAAS; HOFFMAN, 1977). Pesquisas quanto à utilização de águas salinas no preparo da solução nutritiva e reposição da água evapotranspirada para diferentes variedades cultivadas de alface justificam a importância da realização desse estudo, o que pode ser uma alternativa de renda para o agricultor que apresenta somente a opção de água salina na propriedade.

Considerando as premissas expostas, tem-se como objetivos: (i) avaliar o crescimento, a produção e qualidade de duas variedades cultivadas de alface (Verônica e Pira Roxa) em sistema hidropônico NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) com a utilização de águas salinas no preparo da solução nutritiva e na reposição da lâmina diária evapotranspirada ao longo de todo o ciclo de cultivo, e (ii) avaliar a qualidade (análise sensorial) e os parâmetros fisiológicos e bioquímicos (teor de nitrato, clorofila e prolina) da alface produzida em hidroponia utilizando águas salinas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Efeitos da salinidade na agricultura

Estimativas da extensão das condições de salinidade por todo o mundo variam, mas chegam a um bilhão de hectares (EPSTEIN et al., 1980). Dado que a área com solo no mundo soma 13 bilhões de hectares (EPSTEIN; BLOOM, 2006) cerca de 8% é afetada por sais. Nenhum continente está livre de solos afetados por sais (PESSARAKLI; SZABOLCS, 1999). Embora a salinidade seja um fenômeno natural, se a evaporação excede a precipitação, a atividade humana da irrigação contribui imensamente para a salinização (EPSTEIN; BLOOM, 2006). De acordo com os autores, a água de irrigação em si invariavelmente contém sais dissolvidos e, em adição, a drenagem inadequada pode causar acúmulo de sais no solo.

Em todo o mundo, vem aumentando a necessidade de se utilizar águas de qualidade inferior na agricultura, priorizando o uso intensivo das de boa qualidade para consumo humano e

para outros fins mais restritivos; esta preocupação estará presente na expansão das áreas irrigadas, em geral (AYERS; WESTCOT, 1999).

O uso de águas salinas na irrigação de produtos agrícolas é um desafio que vem sendo superado, com sucesso, em diversos países, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo da cultura, do solo e da água de irrigação (RHOADES et al., 2000). Cada material vegetal possui seu limite de tolerância, denominado 'Salinidade Limiar' (SL), acima do qual o seu rendimento é reduzido com o incremento da salinidade do solo.

O acúmulo de sais no solo poderá ser de origem primária (intemperismo químico da rocha básica), ou secundária, causado pelos sais contidos na água de irrigação (RICHARDS, 1974). Diante das condições climáticas presentes no semi-árido, o aumento do teor de sais solúveis no solo é um processo natural, pois o déficit de precipitação em relação a evapotranspiração aumenta a concentração de sais nas camadas superficiais do solo. Neste processo, o uso da irrigação implica necessariamente na incorporação gradativa de sais no solo, sobretudo nas camadas de atividade radicular, com reflexos depressivos sobre o crescimento e desenvolvimento das culturas (RICHARDS, 1974; YEO, 1999). Estudos confirmam que a água da irrigação é o maior veículo causador de problemas relacionados à salinidade e/ou sodicidade dos solos, aliada ao manejo inadequado das áreas irrigadas podem acelerar o processo, principalmente em condições de drenagem deficiente (RICHARDS, 1974; OLIVEIRA, 1997).

A dessalinização de água é uma alternativa inovadora e eficaz de conversão de água salgada em água potável de boa qualidade, já consolidada em diversos países do mundo. Com a tecnologia disponível hoje, a água salinizada pode ser tratada, reduzindo-se o teor de sais, por diferentes métodos, dentre os quais, pode-se citar a osmose reversa e a eletrodialise que são os dois processos mais utilizados na purificação de água. Nas concentrações totais de sólidos solúveis maiores que 5000 ppm, a osmose reversa se destaca, pela maior eficiência e entre 500 a 5000 ppm a eletrodialise é o processo mais viável (STRANTHMANN, 1994).

Um problema, porém, do uso dessa tecnologia é a produção de resíduos, com elevada concentração salina. Para a obtenção de um determinado volume de água dessalinizada, sempre há a produção de outro volume de resíduos salinos, proporção esta que depende da taxa de recuperação de cada equipamento. O acondicionamento dos rejeitos em bacias de evaporação para obtenção de sais, bem como para criação de animais aquáticos e para irrigação de plantas halófitas com potencial forrageiro, como a erva sal (*Atriplex* sp.) e alimentar, pode se constituir

uma boa opção para conciliar a produção de água de boa qualidade com a produção de alimentos para as populações da zona semi-árida, e, ao mesmo tempo, preservar o equilíbrio ambiental da região (VIEIRA, 2002).

2.1.2 Efeito da salinidade sobre as culturas

Em condições salinas ocorre uma redução na disponibilidade de água, ou seja, com o acúmulo de sais no solo o potencial total da água do solo irá sofrer uma redução, ocasionado pela contribuição do potencial osmótico. Como a água tende a deslocar-se do ponto de maior para menor potencial, haverá um maior gasto de energia para a absorção de água, apesar do potencial osmótico não ser similar ao mátrico, já que as plantas adaptam-se diferentemente às condições de salinidade (LIMA, 1997). Embora algumas plantas possuam mecanismos de ajuste osmótico e consigam sobreviver, o fato da planta entrar mais rapidamente em condições de estresse, provoca o fechamento dos estômatos reduzindo a fotossíntese e diminuindo assim a translocação de nutrientes da raiz para parte aérea, além de promover um gasto de energia para absorção de íons na forma ativa.

No caso da hidroponia em sistema NFT, não há aumento do ψ_{os} por concentração, desde que o reservatório tenha abastecimento de água constante (SOARES 2007).

O cálculo da pressão osmótica total é dado pelo somatório das pressões osmóticas parciais de cada sal adicionado (RODRIGUES, 2002) e/ou presente na água.

O efeito da salinidade sobre o crescimento da planta e produção tem sido atribuído à simultânea redução da área foliar e crescimento da raiz, afetando fotossíntese e absorção de água e nutrientes (SHANONN; GRIEVE, 1999; MUNNS; TERRMAAT, 1986).

A salinidade afeta vários processos ao longo do ciclo de vida da planta. A resposta da planta ao excesso de sal é complexa e envolve alterações na sua morfologia, fisiologia, metabolismo e anatomia. Além de alterações na composição de aminoácidos, a salinidade afeta também a morfologia e abertura estomática das plântulas submetidas a este tipo de estresse, reduz severamente a quantidade de água transpirada pelas plantas durante seu ciclo, sendo que este efeito é maior quando a demanda evaporativa do ar é alta (LACERDA, 1995; SILVA, 1998). Esta redução pode estar relacionada com o tempo de estresse e com as alterações dos parâmetros morfofisiológicos como área foliar, a densidade dos estômatos, a condutância estomática e a transpiração (GARCÍA LEGAZ et al., 1993; KURBAN et al., 1999; ROMERO ARANDA et al., 2001).

Em geral, os níveis elevados de salinidade da água reduzem a produção das plantas, mas por outro lado, a salinidade melhora sua qualidade, como observado por François e Maas (1994) em plantas produzidas em solo e hidroponia. Em cultivo hidropônico de tomate, aumentando os níveis de salinidade da solução nutritiva, aumentou a concentração de açúcares e ácidos orgânicos nas frutas e melhorou o sabor e firmeza da polpa do tomate (PETERSEN et al., 1998).

2.1.2.1 Síntese de proteínas

Alterações na síntese de proteínas devido à salinidade podem ser citadas a redução na síntese de um novo e/ou aumento na quebra de um aminoácido. Os vegetais podem reagir, produzindo novos tipos de proteínas, como resultado da expressão genética diferenciada.

As mudanças nos padrões de transcrição das plantas e síntese de proteínas devido ao estresse salino são devidas às mudanças transcricionais na utilização dos genes do mRNA. Numerosos estudos têm sugerido que a expressão genética da planta está intimamente relacionada aos controles dos processos de ajuste do turgor, interrupção da elongação das células e crescimento durante o estresse hídrico. Nesse processo, ocorre uma alteração dos polissomos mediante desagregação, o que reduz a taxa de síntese de outras proteínas (CUSHMAN et al., 1990).

A prolina é um aminoácido que se acumula em plantas superiores em situação de estresse (hídrico, salino, SO₂). É uma “substância compatível”, ou seja, substância osmoticamente ativa, que mesmo em concentração elevada, não influencia na atividade de enzimas citoplasmáticas, tendo por isso, uma reação de proteção. O aumento na tolerância ao estresse salino pode estar relacionado com o aumento da concentração em plantas, que se acumularia no citoplasma servindo para contrabalançar um excesso de sal armazenado no vacúolo, levando a um ajuste osmótico (GOAS et al., 1980 citados por PEREZ; MORAES, 1994).

2.1.2.2 Teor de nitrato

As hortaliças juntamente com a água potável, representam as principais fontes alimentares fornecedoras de nitrato ao homem. Com uma suplementação abundante de nitrogênio, a absorção de nitrato pela planta pode exceder a redução e assimilação deste, levando à sua acumulação. Efeitos perigosos à saúde humana podem ocorrer quando vegetais ricos em nitrato são consumidos. Por essa razão têm-se estabelecido limites para o teor de nitrato em vegetais (SANTOS, 2000). Os produtores de hortaliças buscam encontrar práticas culturais para prevenir

ou reduzir o acúmulo de nitrato em vegetais, que pode ser alto em cultivos em ambiente protegido dependendo da época do ano.

Pardossi et al. (1999) observaram baixo acúmulo de nitrato em trabalhos com plantas de salsa ou aipo submetidas a diferentes níveis de salinidade (2,0 dS.m⁻¹, 6,0 dS.m⁻¹ e 10 dS.m⁻¹) mediante adição de NaCl. Segundo os autores os resultados de nitrato são em função da redução da absorção de nitrato devido ao antagonismo existente com o cloreto presente na solução nutritiva. Indicando que, o que levou ao declínio na concentração de nitrato na folhas de salsa foi devido ao aumento da concentração de cloreto. O cloreto é um substituto osmótico do nitrato em meio salino. Blom Zandstra e Lampe (1993) encontraram resultados semelhantes em alface.

Os limites máximos de nitrato permitido em alimentos não estão bem definidos e são muitos divergentes entre autores e países, mas a Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceram como admissível a dose diária de nitrato de 3,65 mg.kg⁻¹ de massa corpórea (WHO, 1974). O limite máximo permitido para teores de nitrato na massa fresca de alimentos pela comunidade europeia varia de 1500 a 4500 mg.kg⁻¹, dependendo da época do ano (MCCALL; WILLUMSEN, 1998).

O nitrato ingerido por alimentos pela população humana sofre na boca, ação microbiana, reduzindo-se a nitrito. Este, na corrente sanguínea, oxida o ferro (Fe²⁺ para Fe³⁺) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina. Essa forma de hemoglobina é incapaz de transportar o oxigênio, causando a chamada metahemoglobinemia. Enquanto esse processo é reversível em pessoas adultas, pode levar lactentes à morte, principalmente até os três meses de idade (MAYNARD et al., 1976).

A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas é de caráter genético, sendo, porém, grandemente influenciada por outros fatores, tais como: disponibilidade de íon, disponibilidade de molibdênio, intensidade luminosa, temperatura, umidade relativa do ar, época de cultivo, sistema de cultivo, entre outros (MAYNARD et al., 1976).

2.1.2.3 Teor de clorofila

Quando as plantas são submetidas a altos níveis de sais, esta mostrará sinais de estresse, como: produção de antocianina e a degradação da clorofila. Esses sinais de estresse podem ocorrer se os efeitos adversos osmótico e íons específicos da absorção de sais excedem o nível de tolerância da planta, ocorrem distúrbios funcionais e injúrias. A fotossíntese é limitada, não

somente devido ao fechamento estomático, mas, também, pelo efeito do sal sobre os cloroplastos, em particular sobre o transporte de elétrons e sobre os processos secundários (LARCHER, 2004).

De acordo com Jamil et al. (2007) o estresse salino reduz clorofila a, b e total em plantas sensíveis a salinidade. Segundo os autores, condições salinas conduzem a destruição da estrutura do cloroplasto, degradando a enzima clorofilase, o que leva a redução do conteúdo de clorofila.

2.1.3 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence a maior família das dicotiledôneas, a Asteraceae (Compositae), da subfamília Cichorioideae e do gênero *Lactuca* (LOPES, 2002), provavelmente tenha sua origem no Mediterrâneo e percorreu vários locais até chegar ao Brasil, trazida pelos portugueses (SANTOS, 2000). Sendo uma planta herbácea, delicada, com caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça”, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a variedade cultivada (FILGUEIRA, 2000). Segundo o autor, as variedades cultivadas de alface existentes no mercado podem ser reunidas em seis grupos distintos, considerando o aspecto das folhas e a formação ou não da cabeça: Repolhuda-manteiga, Repolhuda-crespa (americana), Solta lisa, Solta crespa, Mimosa e Romana.

Diversas variedades cultivadas comerciais de alface são plantadas em todo o Brasil, no entanto, não existem variedades cultivadas específicas para cultivo sem solo, havendo sim, algumas mais adaptadas ao meio hidropônico, como a cv. Verônica, Regina e Vera.

A cultura da alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil (CEASA- Campinas, 2007) apresenta ciclo curto e possibilidade de produção durante o ano todo, permitindo assim rápido retorno financeiro e também pelas quantidades nutricionais (fonte de vitaminas e sais minerais) que a mesma apresenta. A literatura especializada em hidroponia afirma que a alface (*Lactuca sativa* L.) é a planta cultivada em maior escala pela Técnica do NFT (*Nutrient Film Technique* ou fluxo laminar de solução). Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo (OHSE, 2001). Araújo (1999) comenta que a alface, devido a sua aceitação e simplicidade de manejo, é a hortaliça mais produzida pelo método de hidroponia no Brasil.

O segmento de alface predominante no Brasil é do tipo crespa, com 70% do mercado. Seu sucesso deve-se ao fato de não formar cabeça, com folhas flabeladas que facilita seu transporte e manuseio durante a comercialização. A alface tipo crespa tem maior adaptabilidade para o cultivo

de verão, em contraste com o tipo lisa. A preferência da alface tipo crespa no Brasil é um fato único em relação à alficultura mundial (COSTA ; SALA, 2005).

Segundo os autores, existe um mercado crescente e promissor para outros segmentos varietais como alface vermelha que tem demonstrado grande potencialidade de crescimento. É muito utilizada para o preparo de saladas mistas que constitui uma mistura de diferentes folhosas. Além de conferir maior atratividade para o consumidor, pode contribuir no processo educativo alimentar para estimular o consumo de saladas pelas crianças. O conceito da alface vermelha foi desenvolvido para um nicho de mercado da Europa e EUA, que demandam por mini-alfaces. Para atender ao nicho de mercado de alface vermelha, foi desenvolvida a cv. Pira Roxa pela ESALQ/USP com resistência múltipla ao míldio, mosaico da alface (LMV). Por ser desenvolvida para o clima tropical e apresentar características de pendoamento lento, pode ser cultivada o ano todo.

Seu consumo *per capita* anual ainda é relativamente baixo sendo que na região metropolitana de São Paulo este índice fica em torno de 3,1 kg. De acordo com os dados da CEAGESP-SP, esse volume de comercialização de alface no ano de 1997 ficou em torno de 9.780 toneladas (AGRIANUAL, 2000). O volume comercializado para o ano de 2004 foi de 26.407 toneladas, sendo que a alface crespa foi responsável pela produção de 12.364 toneladas, correspondendo a 46,82% do volume comercializado no estado (AGRIANUAL, 2006).

No entanto, neste valor não é contabilizado o volume comercializado diretamente entre produtor e varejo, que é uma rota de comercialização de alface que tem tido um ganho significativo nos últimos anos (BRANCO, 2001).

Até o início da década de oitenta, o cultivo da alface no Brasil era restrito às regiões de clima ameno, próximas aos grandes centros urbanos, as quais possibilitavam o cultivo durante todo ano (BRANCO, 2001).

O melhoramento genético da alface possibilitou a adaptação da espécie ao clima tropical, com plantas resistentes a temperaturas mais elevadas, sem acarretar prejuízos ao crescimento e ao sabor (NAGAI, 1980).

Outra tecnologia que proporcionou aumento da produção dessa folhosa foi o cultivo protegido, a qual possibilitou a oferta do produto nos períodos de entressafra.

Devido a essas duas grandes evoluções técnicas que ocorreram na cultura da alface, aliadas ao aumento de consumo no país, seu cultivo se expandiu para todo o território nacional, principalmente, próximo aos grandes centros urbanos como Belo Horizonte, Brasília, Curitiba,

capitais do nordeste e grandes cidades do interior de São Paulo que no passado dependiam da produção do cinturão verde da capital do estado (BRANCO, 2001).

2.1.4 Influência das condições ambientais na produção de alface

A alface é uma planta muito sensível às condições climáticas. Fatores como fotoperíodo, intensidade de luz, concentração de dióxido de carbono (CO₂) e, particularmente, a temperatura influencia acentuadamente no crescimento e no desenvolvimento da planta de alface (PANDURO,1986; MULLER,1991).

A temperatura do ar (BRUNINI et al., 1976) e a troca de água entre a planta e o ambiente (HAMADA; TESTEZLAF, 1996) são os fatores citados como determinantes da quantidade e qualidade do crescimento da planta de alface.

A temperatura basal inferior varia em função da fase fenológica da cultura. Brunini et al. (1976) citam os valores de 6 e 10°C para as fases de germinação a transplante e transplante a colheita, respectivamente.

A temperatura média mensal ideal para o bom desenvolvimento de plantas de alface varia de 15 a 18°C, com máximo de 21 a 24°C e mínimo de 7°C, sendo as temperaturas altas responsáveis pela emissão do talo floral ou “bolting” (BRUNINI et al., 1976). Em trabalho mais recente, Slack *et al.* (1994), citados por Silva et al. (1999) sugerem como temperaturas cardeais (temperatura basal inferior e superior) os valores de 4,4 e 21,1°C para a cultura da alface.

Com relação à temperatura no sistema hidropônico de cultivo, Bliska Júnior e Honório (1996), recomendam que a temperatura da solução nutritiva não deva ultrapassar os 30°C sob pena de causar danos às plantas e que as temperaturas diurna e noturna devem ficar próximas de 16°C e 10°C respectivamente, durante a época fria e 24°C e 15°C na época quente, fazendo uma ressalva que deve ocorrer variação com a espécie e variedade cultivada usada.

O fotoperíodo também afeta a cultura da alface, pois esta exige dias curtos para se manter na fase vegetativa e dias longos para que ocorra o pendoamento (ROBINSON et al., 1983). Sabe-se que os valores críticos, para temperatura e fotoperíodo, variam amplamente, entre as diferentes variedades cultivadas.

Segundo Conti (1994), o comprimento do dia não é problema para o cultivo de verão no Brasil, pois as variedades cultivadas européias importadas já estão adaptadas a dias mais longos do que os que ocorrem no país. Entretanto, em condições de menores latitudes, verifica-se o aumento da temperatura.

2.1.5 Cultivo hidropônico

O cultivo hidropônico pode ser definido como a ciência do crescimento e desenvolvimento das plantas sem a utilização do solo, usando substratos inertes, como cascalho, areia, turfa, vermiculita ou serragem, nos quais se acrescenta uma solução de nutrientes que contém todos os elementos essenciais (RESH, 1995).

O termo hidroponia é relativamente recente e foi proposto em 1930 por William F. Gericke, pesquisador da Universidade da Califórnia que popularizou o cultivo de plantas sem solo, com seus ensaios em nutrição vegetal (JONES Jr., 1982).

A técnica de cultivo hidropônico foi adaptada a diversas situações: *Nutrient Film Technique* (NFT), denominada técnica do fluxo laminar de nutrientes; *deep film technique* (DFT), denominada *floating*; em substrato; e aeroponia, sistema em que as raízes das plantas ficam suspensas recebendo água e nutrientes por atomizadores. Cooper (1996) comenta que o principal sistema de cultivo hidropônico usado atualmente no Brasil é o NFT (*Nutriente Film Technique*). Em nossas condições, as culturas da alface e da rúcula são as mais cultivadas.

As instalações de um sistema NFT para cultivo de hortaliças folhosas são compostas basicamente por uma casa-de-vegetação (estufa), contendo: bancada para produção de mudas e de cultivo; canais de cultivo apoiados na bancada; reservatório para solução nutritiva; conjunto motobomba; temporizador (timer) e, encanamentos e registros para distribuição e retorno de solução nutritiva (FURLANI, 1998). O sistema NFT permite produzir alface durante todo o ano, no entanto, depende de variedades apropriadas, acompanhamento técnico especializado, manejo, estruturas e equipamentos adequados para minimizar as perdas.

O cultivo hidropônico tem vantagens e desvantagens em relação ao cultivo tradicional a campo aberto e cultivo protegido no solo. Como vantagens podem-se citar o uso de pequenas áreas próximas aos centros urbanos, a obtenção de alta produtividade, possibilidade de produzir produtos de boa qualidade durante o ano todo, redução no uso de defensivos agrícolas, uso eficiente e econômico da água e fertilizantes, menor risco de contaminação por patógenos. Como desvantagem pode-se mencionar o alto custo de implantação do sistema, acompanhamento permanente do sistema, dependência de energia elétrica, fácil disseminação de patógenos pelo sistema e pela própria solução nutritiva (FAQUIN et al., 1999).

O sistema hidráulico de um conjunto hidropônico NFT é fechado, ou seja, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório, passa pelas raízes das plantas que se encontram nos

canais e volta por gravidade para o mesmo reservatório. Como a solução nutritiva é composta por sais, deve-se dar preferência para materiais resistentes à corrosão.

As bancadas de cultivo no sistema NFT, segundo Faquin et al. (1999), devem ser montadas a 1,0 m de altura do solo, com largura entre 1,5 a 2,0 m, e possuindo comprimento que pode variar entre 12 e 30 m. Os canais por onde circula a solução nutritiva por gravidade e se desenvolvem as raízes da alface devem ter uma declividade entre 2 a 4%. Os canais podem ser constituídos por telhas de cimento amianto forradas com filme plástico, tubos de PVC (75 ou 100 mm) e canais com perfil fabricado especialmente para hidroponia. Para cobertura dos canais e sustentação das plantas, Faquin et al. (1999) e Furlani (1998) recomendam o uso de placas de isopor perfuradas (1,5 ou 2 cm de espessura), filmes dupla face (150 micras a 200 micras) e placas de *Tetra Pak*. Segundo Furlani (1998), a principal vantagem das calhas Poli Vinil Carbono (PVC), em relação às telhas de fibrocimento é que o espaçamento entre linhas de plantas pode ser facilmente manejado, além de permitir a montagem das mesas mais rapidamente.

De acordo com Furlani (1998) o depósito para armazenar a solução nutritiva deve ser dimensionado em função do número de plantas cultivadas. Recomenda-se também que o mesmo deve situar-se em local protegido da radiação solar para evitar aquecimento e desenvolvimento de algas, de preferência enterrado no solo, para manter a temperatura e facilitar o retorno por gravidade da solução.

A tubulação de condução da solução nutritiva até as bancadas (tubulação de recalque), geralmente constituídas de tubos de PVC soldáveis, deve apresentar as seguintes características: conter registros individuais para controle da vazão nos canais de cultivo (1,5 a 2,0 L.min⁻¹); a tubulação de retorno da solução das bancadas para o reservatório deve ser de tubos PVC 100 mm; as tubulações de recalque e retorno devem ser enterradas para evitar o aquecimento excessivo da solução circulante; o conjunto motobomba deve ficar instalado abaixo do nível superior do depósito de solução (afogada). O manejo do sistema no período diurno e noturno é realizado de forma alternada quanto à circulação da solução nutritiva. No período diurno a circulação da solução nutritiva fica entre 15 e 20 min e o sistema permanece desligado no intervalo entre 10 e 15 min. Para o período noturno a circulação da solução fica entre 10 e 15 min e desligado entre 3 e 4 h (FAQUIN et al., 1999).

2.1.6 Qualidade da água para o cultivo em hidroponia

A qualidade da água é fator a ser considerado na seleção de áreas mais favoráveis para o cultivo hidropônico, é necessário ter conhecimento sobre as propriedades químicas limitantes para o cultivo, tais como: pH, alcalinidade, sais solúveis, cálcio, magnésio, boro, flúor, cloreto, sulfatos, sódio, carbonato e ferro. Sendo que, a análise química e microbiológica da água o primeiro passo a ser dado na elaboração do projeto de cultivo hidropônico Rodrigues (2002).

No preparo de solução nutritiva utilizando água salina, ou seja, aquela que contém cloreto de sódio, Resh (1995) e Schwarz (1968) afirmam que se evite utilizar água que contenha mais de 50 mg.L⁻¹ de cloreto de sódio em cultivos hidropônicos.

De acordo com Rodrigues (2002) algumas pesquisas realizadas no exterior, indicam a possibilidade de utilizar águas salinas com mais de 2500 ppm de teor de sais no cultivo de várias plantas, desde que a água se movimente livremente no sistema radicular e que haja drenagem.

Em relação aos padrões de qualidade de água recomendados para os cultivos sem solo, Benoit (1992) recomenda como valores máximos: 11,5 mg.L⁻¹ de Sódio, 35,5 mg.L⁻¹ de Cloro, 80,2 mg.L⁻¹ de cálcio, 12,2 mg.L⁻¹ de magnésio, 48,1 mg.L⁻¹ de sulfato, 244 mg.L⁻¹ de carbonato, 0,0027 mg.L⁻¹ de boro, 0,063 mg.L⁻¹ de cobre, 0,028 mg.L⁻¹ de ferro, 0,549 mg.L⁻¹ de manganês, 0,327 mg.L⁻¹ de zinco, 0,270 mg.L⁻¹ de boro, 0,475 mg.L⁻¹ de flúor e condutividade elétrica de 0,5 dS.m⁻¹ a 25°C.

2.1.7 Uso de água salina em hidroponia para cultivo de alface

A cultura da alface é classificada como moderadamente sensível a salinidade do solo pela FAO (AYERS; WESTCOT, 1999), sendo seu rendimento potencial alcançado quando a condutividade elétrica do extrato saturado atinge o valor limiar de 1,3 dS.m⁻¹ acima desse valor ocasiona 13% de decréscimo de rendimento da alface. Vale ressaltar, entretanto, que essa classificação é relativa por depender das condições ambientais e da planta (fase fenológica, estado nutricional), inclusive podendo variar entre variedades cultivadas de uma mesma espécie (MAAS; HOFFMAN, 1977).

Quando o objetivo é aproveitar águas salinas tem-se preferido escolher as culturas que são classificadas como tolerantes e de ciclo curto, para que os efeitos da salinidade na planta sejam menores e não reduzam tanto a produção (SOARES, 2007).

A relação linear entre a salinidade e os rendimentos, desenvolvida por Maas e Hoffman (1977) é apresentado na seguinte equação. Segundo Ferreira et al. (2005), esse modelo é usado

praticamente em todos os trabalhos relacionados à produtividade relativa em função da salinidade.

$$y = 100 - b(CE_{es} - SL) \quad (1)$$

em que y se refere ao rendimento potencial (%); CE_{es} à salinidade do extrato de saturação ($dS.m^{-1}$); SL à salinidade limiar da cultura ($dS.m^{-1}$); b à diminuição do rendimento por aumento unitário da salinidade acima do valor de SL [$%.(dS.m^{-1})^{-1}$].

Soares (2007) propôs adaptar o modelo de Maas e Hoffman (1977) ao requerimento mínimo de salinidade (por nutrientes), tal qual exposto por Sonneveld (1991) para tolerância em cultivos sem solo. Segundo o autor, considerando o mesmo valor de salinidade mínima (S_m) para a hidroponia NFT e para o solo, reescreve-se a equação de Maas e Hoffman (1977), em conformidade às condicionais do modelo proposto por Sonneveld (1991) e apresentado a seguir.

$$Pr \leq 100\%, \text{ se } 0 \leq CE \leq S_m$$

$$Pr = 100\%, \text{ se } S_m < CE \leq SL$$

$$Pr = 100 - b(CE - SL), \text{ se } SL < CE \leq S_z$$

$$Pr = 100\%, \text{ se } CE \geq S_z \quad (2)$$

em que Pr se refere à produtividade relativa (%); S_m à concentração mínima de nutrientes para o crescimento ótimo ($dS.m^{-1}$); CE à salinidade da solução nutritiva ou do solo ($dS.m^{-1}$) e S_z à salinidade acima da qual o rendimento é zero ($dS.m^{-1}$).

Shannon, McCreight e Draper (1983) e Shannon e McCreight (1984), citados por Soares (2007), verificaram diferenças entre variedades cultivadas de alface quanto à salinidade. Pasternak et al. (1986), trabalhando com níveis de salinidade obtidos pela adição de $NaCl$ e $CaCl_2$ (3:1 em base gravimétrica), também verificaram essas diferenças. Além disso, para as variedades cultivadas mais sensíveis, Pasternak et al. (1986) encontraram um valor de salinidade limiar igual a $1,98 dS.m^{-1}$ e uma diminuição no rendimento de $5,6 \%$ para cada aumento unitário na salinidade acima da limiar.

Em trabalhos recentes, Soares (2007) concluiu que é possível utilizar águas salinas para produção de alface em hidroponia, podendo a tolerância aos sais ser superior aquela obtida em cultivos convencionais baseados em solo. Segundo o autor, além de maior salinidade limiar, a hidroponia em NFT proporcionou menor declividade na redução da produtividade pela salinidade, sendo estimada uma perda de $8,32 \%$ ($dS.m^{-1}$) contra $11,47 \%$ ($dS.m^{-1}$) em solo, sendo

que em hidroponia em sistema NFT a tolerância á salinidade foi maior que a indicada na literatura de referência (MAAS; HOFFMAN, 1977).

A tolerância aos sais das diversas variedades, o estágio de desenvolvimento, a reposição de nutrientes na solução nutritiva e a frequência de irrigação são alguns fatores que devem ser considerados ao utilizar água salina (RESH, 1992). Segundo o autor, águas salinas são aquelas que contém cloreto de sódio. Águas com alto conteúdo salino podem ser utilizadas em cultivo hidropônico, porém as plantas que se desenvolvem nessas águas estão limitadas aquelas denominadas como tolerantes a sais e moderadamente tolerantes a sais, tais como: tomates, pepinos e alface. Rodrigues (2002) também aponta a alface como cultura tolerante à salinidade. Contrariando assim, a classificação de tolerância da alface para cultivo em solo apresentada por Ayers e Westcot (1999).

Andriolo et al. (2005) avaliaram o crescimento da alface cv. Vera em hidroponia, utilizando cinco níveis de salinidade obtidos pelas variações na concentração da solução nutritiva, porém sem íons tóxicos. Os autores registraram salinidade limiar de $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$ e redução linear de 14,9% (dS.m^{-1}), esse valores foram mais elevados que aqueles de $1,3 \text{ dS.m}^{-1}$ e 13% citados por Ayers e Westcot (1999) para o cultivo em solo. Segundo Soares (2007) desconsiderando efeitos da genética e do clima, podem indicar uma maior tolerância aos sais pela espécie, não apenas em função da fonte salina, mas também em decorrência das diferenças existentes entre os sistemas hidropônico e convencional, o que foi comprovado nos trabalhos realizados pelo autor com alface Verônica em sistema NFT.

O efeito da salinidade sobre o desenvolvimento das plantas em sistema hidropônico ainda carece de mais estudos.

A pressão osmótica provocada pela quantidade de sais solúveis totais também deve ser considerada. Dependendo da concentração total de sais em alta pressão osmótica as raízes têm dificuldade em absorver água, afetando o crescimento e a produção da planta. Pressões osmóticas extremamente altas (acima de 10 atm) em curtos períodos causam menos danos do que pressões moderadamente altas de 4 a 5 atm em períodos prolongados (SCHWARZ, 1968). Segundo o autor, os sintomas por toxicidade por sais apresentados pelas plantas são crescimento raquítico com folhas pequenas que apresentam coloração verde escura e queima das margens das folhas e, finalmente, os tecidos da planta podem apresentar tonalidade azulada ou esbranquiçada.

Para o cultivo hidropônico a qualidade da água é um requisito principal para o sucesso do sistema de cultivo. A salinidade da água pode ser muitas vezes devido à presença de sais, como: sódio, cloreto ou bicarbonatos. O Cloreto pode ser tóxico para as plantas e pode induzir ao estresse hídrico (GREENWAY; MUNNS, 1980), desbalanço nutricional (LAUCHI; EPSTEIN, 1990) e reduzindo o crescimento até levar a morte das plantas, especialmente em condições de alta temperatura. Porém, deve-se considerar que positivos efeitos do cloreto na qualidade dos alimentos de algumas espécies folhosas tem sido noticiado. A alta presença de cloreto na solução nutritiva reduz acumulação de nitrato nas folhas, como cloretos são antagonistas da absorção de nitratos Awang e Atherton (1994).

2.1.8 Análise de crescimento e desenvolvimento

Para estimar alguns índices fisiológicos, faz-se necessário conhecer a variação temporal da massa seca e do índice de área foliar. Na avaliação da massa de matéria seca deve haver uma padronização dos métodos de secagem do material, pois a quantidade de água no tecido vegetal varia com a hora do dia, com as condições ambientais e com o estágio de desenvolvimento da planta. A variação temporal da área foliar em geral aumenta até um máximo, onde permanece por algum tempo, decrescendo em seguida, devido a senescência das folhas velhas. Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (PEREIRA; MACHADO, 1987).

Além desses índices relacionados à cultura, existem importantes fatores climáticos a serem considerados, tais como radiação solar e temperatura (GOUDRIAAN, 1994).

O crescimento de um organismo é definido como uma alteração em seu volume e peso, conforme Fernández *et al.* (1982), ou ainda, como a variação temporal da quantidade de matéria das plantas (PEREIRA; MACHADO, 1987). É um fenômeno quantitativo afetado pela altitude e longitude e que pode ser mensurado por meio de parâmetros, tais como acúmulo de matéria seca, número de nós, índice de área foliar (IAF), entre outros.

A análise de crescimento descreve as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade. Alguns índices fisiológicos, como o índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa assimilatória líquida (TAL) podem ser comparados na tentativa de explicar as diferenças na produção econômica de diferentes

variedades cultivadas ou de uma mesma variedade cultivada submetida a diferentes tratamentos (MACHADO et al., 1982).

A determinação da área foliar é importante, porque as folhas são as principais responsáveis pela captação de energia solar e pela produção de matéria orgânica, por meio da fotossíntese (MAGALHÃES, 1986).

Os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para a avaliação do grau de estresse e da capacidade da planta de superar o estresse salino (LARCHER, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente protegido do tipo arco simples, localizado no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior “Luiz de Queiroz” ESALQ-USP, na cidade de Piracicaba, Estado de São Paulo. Conforme classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, subtropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. As temperaturas médias mensais variam de 24,8°C no verão e 17,1°C no inverno, sendo a média anual igual a 21,4° C. As chuvas são da ordem de 1.278 mm anuais, ocorrendo cerca de 1.000 mm de outubro a março e 278 mm de abril a setembro (SENTELHAS, 1998).

As dimensões do ambiente protegido foram de 17,80 m de comprimento, 7,10 m de largura, pé-direito de 4,30 m (incluindo 1,35 m de altura do arco) e orientação leste-oeste, localizada nas coordenadas geográficas 22° 42' 89,4" latitude Sul, 47° 37' 46,2" de longitude Oeste, 540 m de altitude. O ambiente é protegido no teto por filme transparente de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura e aditivo anti ultravioleta, e nas laterais por telas de sombreamento ‘sombrite’ 50%, havendo cortinas laterais feitas com o mesmo filme de polietileno (Figura 1). Com o objetivo de reduzir a temperatura do interior da casa-de-vegetação em dias muito quentes, foi instalada internamente, a 2,70 m de altura, uma malha termorrefletora (aluminet 50-I) com sombreamento de 50 a 54 % e tamanho do orifício de 2,5 x 10 mm. O piso da casa-de-vegetação foi coberto por geotêxtil de poliéster ‘bidim’, coloração preta, visando aumentar a vida útil do sistema de bombeamento e melhorar as condições fitossanitárias (SOARES, 2007).



Figura 1 - Casa-de-vegetação utilizada para condução dos experimentos

O sistema utilizado foi o NFT (Técnica do fluxo laminar de nutrientes), onde a solução nutritiva foi distribuída nos canais de cultivo, numa vazão de 1,6 L por minuto por uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076 (acionada por motor monofásico, 120 V de tensão, 60 Hz de frequência, corrente nominal de 2A, isolamento classe B, 130° C) funcionando em sistema afogado (Figura 2).



Figura 2 - Eletrobomba utilizado para circulação da solução nutritiva

Uma tubulação de PVC conduz a solução nutritiva bombeada do reservatório até a parte mais alta do canal de cultivo onde é distribuída no perfil por dois emissores que saem da tubulação e se prolongam por mangueiras flexíveis até o perfil hidropônico (Figura 3a). Para direcionar o retorno da solução nutritiva recolhida no final do canal de cultivo, adaptou-se um frasco plástico branco (Figura 3b).

Para o armazenamento da solução nutritiva, na quantidade de 45 litros, foram utilizados reservatórios de plástico azul com capacidade de 60 litros (Figura 3c).

Cada parcela representou um canal de cultivo de polipropileno com aditivo anti ultravioleta, de tamanho médio, diâmetro comercial de 100 mm, comprimento de 2,8 m. Os canais de cultivo ficaram espaçados 0,53m e foram sustentados por quatro pontos de apoio de madeira, instalados a uma altura média de 0,85 m, com declividade de 3,3 % (Figura 3d). O espaçamento utilizado foi de 0,25m x 0,30m entre plantas e entre linhas. Entre os pares de parcelas, foi deixado um corredor de 0,95 m de largura para facilitar a operacionalidade.

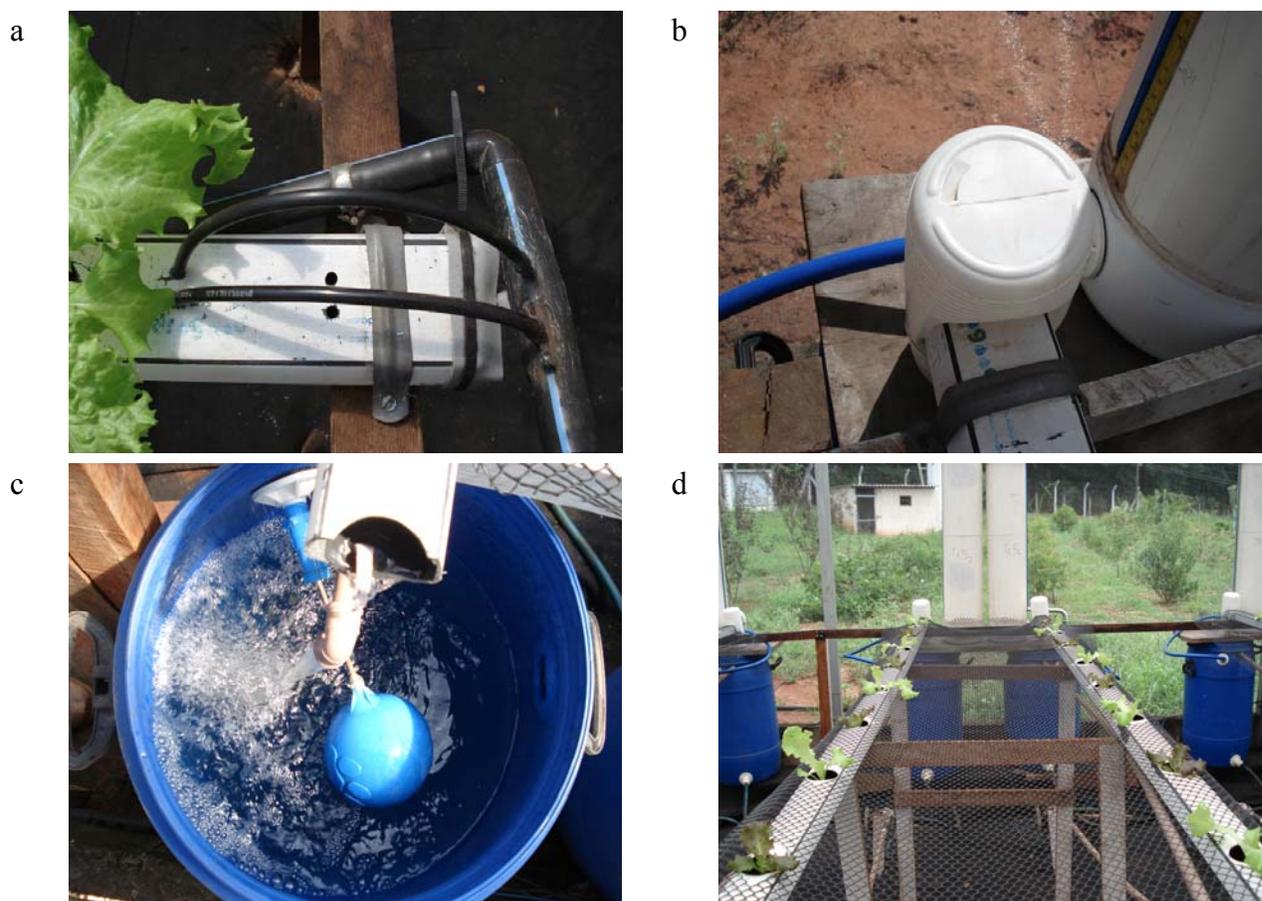


Figura 3 - Sistema injetor de solução nutritiva (a), Frasco adaptado como tampão de saída no perfil hidropônico (b), reservatório de solução nutritiva (c) e perfis de polipropileno com quatro pontos de sustentação (d)

Com o objetivo de calcular o volume evapotranspirado por planta, num dado período, utilizou-se depósitos de abastecimento automático construídos com tubulação de PVC Tigre de seção contínua e diâmetro de 200 mm. O depósito de abastecimento, individualizado para cada parcela, foi dotado de uma régua graduada, fixada junto a uma mangueira transparente (Figura 4). Este tipo de sistema permitiu a saída automática de água para o reservatório de solução nutritiva mediante uma torneira-bóia, possibilitando a manutenção do volume contido naquele. O volume evapotranspirado foi calculado conforme equação (3) proposta por Soares (2007).

$$V_{ETC} = \frac{(L_f - L_i) \times \pi \times D^2}{4 \times n \times \Delta T} \quad (3)$$

em que V_{ETC} se refere ao volume evapotranspirado ($m^3.planta^{-1}.dia^{-1}$); L_f à leitura final do nível da água no depósito (m); L_i à leitura inicial do nível da água no depósito (m); D ao diâmetro interno do reservatório (m); ΔT ao intervalo de tempo entre as leituras, dias; e n ao número de plantas no perfil no intervalo de tempo ΔT .



Figura 4 - Reservatório de abastecimento automático de água

3.1 Descrição das variedades cultivadas

Foram utilizadas as variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa. A alface Verônica apresenta folhas do tipo crespa, indicada para plantio o ano todo, principalmente em semeaduras de verão (Figura 5a). As plantas apresentam coloração verde-clara, tamanho grande, com tolerância ao pendoamento precoce (Santos, 2000). Já a variedade cultivada Pira Roxa apresenta pendoamento lento nas condições de cultivo de verão, plantas vigorosas, com folhas crespas, semi-eretas e de coloração vermelha intensa e brilhante na parte superior (Sala; Costa, 2005) (Figura 5b).

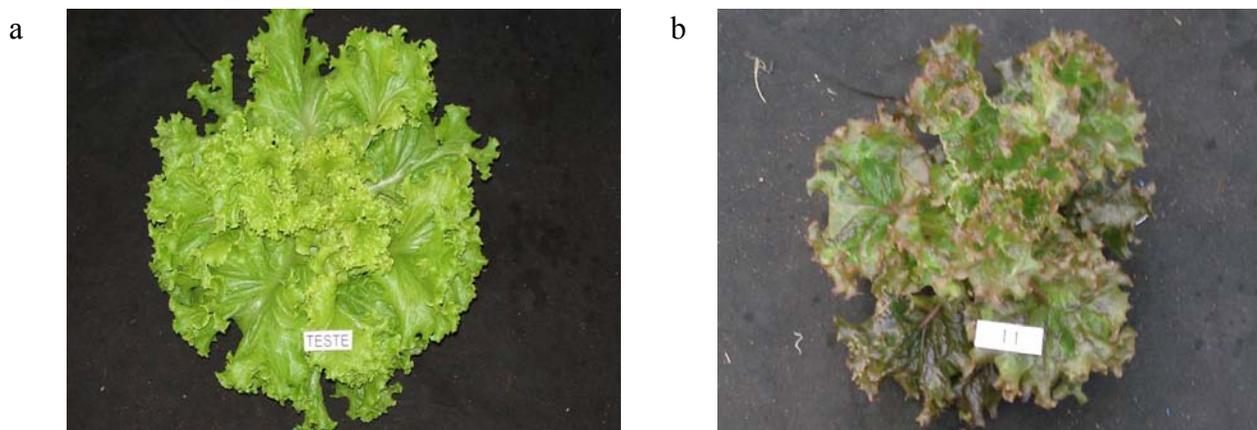


Figura 5 - Alface variedade cultivada Verônica (a) e variedade cultivada Pira Roxa (b)

3.2 Manejo da cultura

Sementes peletizadas de alface crespa variedade cultivada Verônica e Pira Roxa foram plantadas em placas de espuma fenólica (2,5 x 2,5 x 3cm), em orifícios com 0,5 cm de profundidade, 0,3 cm de diâmetro e formato cônico, feitos com a ponta de uma caneta esferográfica. Antes da perfuração, as placas de espuma fenólica foram lavadas abundantemente com água corrente para isentar o meio de substâncias contaminantes. Em cada orifício foi colocada uma semente, deixando-se a placa em ambiente escuro por aproximadamente 35 horas. Posteriormente, as mudas foram levadas para a casa-de-vegetação onde foram irrigadas diariamente com água. Com sete dias, as mudas foram transplantadas para o berçário (Figura 6) onde foram irrigadas, com solução nutritiva (FURLANI, 1998) diluída a 50 % e posteriormente foram irrigadas com solução nutritiva a 100 %, visando sua adaptação às condições experimentais, evitando-se possível choque osmótico (SOARES, 2007). Na Tabela 1 estão descritas as etapas de produção de mudas de alface até a colheita dos experimentos.



Figura 6 - Berçário para produção de mudas

Tabela 1 - Informações das etapas de produção da alface em cada um dos experimentos

Exp.	Sistema	Produção das mudas	Plantio	DAS*	Transplante	DAT*	Colheita	Ciclo (dias)
I	NFT	Berçário NFT	04/8/07	23	28/08/07	24	21/10/07	47
II	NFT	Berçário NFT	03/12/07	20	24/12/07	23	16/01/08	43

*DAS = dias após a sementeira; DAT = dias após o transplante.

A solução nutritiva utilizada foi baseada em Furlani (1998) (Tabela 2), caracterizada com condutividade elétrica ao redor de $2,00 \text{ dS.m}^{-1}$ quando composta a partir de água com baixa salinidade ($0,20 \text{ dS.m}^{-1}$). Para o segundo cultivo, no período de verão, optou-se em utilizar a concentração da solução nutritiva a 75%. De acordo com Santos (2000) no período de verão, em

razão das plantas absorverem mais água e, portanto, mais nutrientes, recomenda-se utilizar a solução nutritiva diluída a 75%.

Tabela 2 - Concentração de nutrientes e quantidades de fertilizantes para o preparo de 1.000 L de solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface (FURLANI, 1998)

Fertilizante	g (1000 L) ⁻¹													
	NH ₄	NO ₃	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	
Nitrato de Cálcio	750	7,5	108,75		142,5									
Nitrato de Potássio			65	182,5										
Fosfato Monoamônico	150	16,5		39										
Sulfato de Magnésio	400					40	52							
Sulfato de Cobre	0,15								0,02					
Sulfato de Zinco	0,3													0,07
Sulfato de Manganês	1,5										0,39			
Ácido Bórico	1,8							0,31						
Molibdato de sódio	0,15												0,06	
FeEDTA -13% Fe	16									2,08				
Recomendações		24	173,75	39	182,5	142,5	40	52	0,31	0,02	2,08	0,39	0,06	0,07

A solução nutritiva foi preparada com água salina e a reposição da água evapotranspirada foi feita utilizando-se diferentes águas salinas. A salinidade foi obtida adicionando NaCl à água tratada disponibilizada no campus, a água utilizada apresentou CE de 0,33 dS.m⁻¹, de acordo com análise de água oriunda de uma das Estações de Tratamento de Água do campus da ESALQ/USP (Anexo A). Somente para a “Testemunha” foi reposta água sem adição de NaCl. A evolução da salinidade mediante reposição com as águas salinas foi acompanhada com medições periódicas da CE da solução. O volume do reservatório de solução nutritiva foi mantido em torno de 45L mediante o sistema de abastecimento automático.

Para monitorar a extração de nutrientes e a necessidade de reposição de nutrientes na solução nutritiva foram coletadas semanalmente amostras da solução nutritiva.

O controle da circulação da solução nutritiva foi realizado com o auxílio de um temporizador analógico programado para acionar a eletrobomba durante 15 minutos, com intervalos de 15 minutos, no período das 06:00 às 11:00; irrigação constante das 11:00 às 14:00; irrigações a cada 15 minutos, das 14:00 às 19:00; irrigações de 15 minutos às 21:00, 23:00, 02:00.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Para o primeiro experimento utilizou-se o delineamento blocos casualizados, sendo que a casa-de-vegetação foi dividida em 6 blocos e em cada um desses foram aleatorizados os 6 tratamentos indicados na Tabela 3. No segundo experimento, foram utilizados 7 blocos ao acaso em esquema fatorial duas variedades cultivadas e cinco tratamentos menos o T₂.

Tabela 3 - Concentrações de NaCl, Cl, Na nos diferentes tratamentos aos quais foram submetidas as plantas de alface.

Tratamento	NaCl (g.L ⁻¹)	Cl (mmol _c .L ⁻¹)	Na (mmol _c .L ⁻¹)
Testemunha	0	0	0
T ₁	0,585	10	10
T ₂	1,17	20	20
T ₃	1,755	30	30
T ₅	2,925	50	50
T ₇	4,095	70	70

3.4 Parâmetros avaliados

3.4.1 Análise de crescimento

No momento da colheita mediu-se o número de folhas. As plantas colhidas foram separadas em parte aérea e raízes e pesadas em balança de precisão (0,01 g) para obtenção da massa de matéria fresca. A parte aérea e as raízes foram submetidas à pré-secagem e, posteriormente, levadas a estufa com circulação de ar à temperatura de 65°C para obtenção das respectivas massas de matéria seca.

A área foliar foi determinada por um integrador de área, marca LI-COR modelo LI-3100.

O teor de água nas folhas e a razão entre as massas de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular foram determinados utilizando-se as médias dessas variáveis em cada parcela, conforme as equações propostas por Soares (2007).

$$U = \left(\frac{MFPA - MSPA}{MFPA} \right) \times 100 \quad (4)$$

em que U se refere ao teor de água na parte aérea (%); $MFPA$ à massa de matéria fresca da parte aérea, g; $MSPA$ à massa de matéria seca da parte aérea (g).

$$\frac{MSR}{MSPA} \quad (5)$$

em que $\frac{msr}{mspa}$ se refere à relação das massas de matéria seca da raiz e da parte aérea, adimensional; MSR à massa de matéria seca do sistema radicular, g; e MSPA à massa de matéria seca da parte aérea (g).

As produtividades percentuais da alface em função da salinidade em cada tratamento foram calculadas em relação à produtividade obtida com o tratamento Testemunha.

$$PR = \left(\frac{MFPA_{TRAT}}{MFPA_{TESTEMUNHA}} \right) \times 100 \quad (6)$$

em que PR se refere à produtividade relativa (%); $MFPA_{TRAT}$ à massa de matéria fresca da parte aérea de um dado tratamento (g); e $MFPA_{TESTEMUNHA}$ à massa de matéria fresca da parte aérea da testemunha (g).

Os resultados foram processados no programa SAS (SAS, 1999) para análise de variância e de regressão.

3.4.2 Absorção e acúmulo de nutrientes nas folhas de alface hidropônica

Após a secagem das folhas em estufas realizou-se a moagem para determinar os níveis de nutrientes e possíveis acúmulos de elementos em níveis fitotóxicos ou capazes de comprometer a segurança alimentar. A absorção e acúmulo de nutrientes foram determinados conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

3.4.3 Análise do teor de nitrato

A metodologia utilizada para avaliar o teor de nitrato na seiva da alface consistiu na coletada da folha mais jovem completamente expandida de cada parcela. Com auxílio de uma tesoura, a nervura central dessa folha foi separada do limbo e cortada em pedaços, os quais foram prensados em uma prensa manual (esmagador de alho). O extrato foi avaliado em sensor eletrônico específico para testes rápidos de nitrato (Figura 7a).

3.4.4 Determinação da quantidade de clorofila

O teor de clorofila total foi determinado pela leitura SPAD com a utilização do clorofilômetro portátil (Chlorophyll Meter SPAD-502) desenvolvido por Minolta (1989) (Figura 7b). As leituras foram realizadas nas quatro plantas centrais, na terceira folha jovem, completamente expandida, tomando-se o cuidado de evitar as nervuras das folhas. No momento da colheita, determinou-se o teor de clorofila a, clorofila b e clorofila total. A análise foi baseada na metodologia modificada de Lee et al. (1987) e Moran (1982).

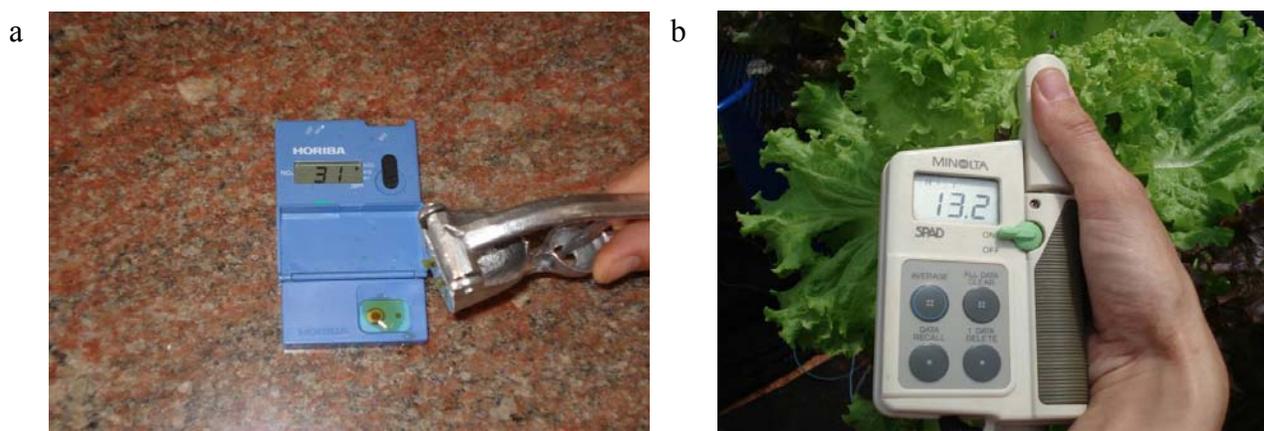


Figura 7 - Sensor eletrônico específico para testes rápidos de nitrato (a), Clorofilômetro portátil- (Chlorophyll Meter SPAD-502) (b)

3.4.5 Teor de prolina

A determinação do teor de prolina foi realizada conforme a metodologia descrita por BATES (1973) (ANEXO B).

3.4.6 Análise sensorial

A análise sensorial teve como objetivos verificar as notas dadas mediante escala hedônica, recebidas por cada tratamento da alface Verônica, avaliando possíveis diferenças de aceitação das amostras, o quanto o indivíduo gostou ou desgostou das folhas e a intenção de compra pelos provadores (ANEXO C).

Dezoito provadores do sexo feminino e sete provadores do sexo masculino, totalizando 25 pessoas, estudantes e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP, foram voluntários para a análise sensorial considerando-se a sua disponibilidade, o seu interesse e o seu poder discriminativo para avaliar a diferença sensorial entre cinco diferentes tratamentos de alface Verônica.

O preparo das quatro amostras seguiu a metodologia: (i) recepção das amostras no Laboratório de Análise Sensorial localizado nas dependências do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP); (ii) as amostras foram separadas de acordo com os cinco tratamentos utilizados no teste: Testemunha, T₁, T₃, T₅ e T₇; (iii) foram retiradas as folhas mais tenras de cada unidade, em seguida elas foram lavadas com água corrente e acondicionadas em bacias (a sala estava com o ar condicionado ligado para evitar que as folhas murchassem rapidamente).

Para os testes sensoriais, uma folha de cada amostra foi servida, em pratos plásticos brancos. Os recipientes foram codificados com números de três dígitos, é válido lembrar que as amostras foram casualizadas. Cada provador recebeu cinco amostras codificadas e foi orientado a prová-las da esquerda para a direita, tomar um pouco de água no início e entre uma amostra e outra, e a representar na escala hedônica estruturada mista de sete pontos (7 = gostei muito; 1 = desgostei muito) o quanto gostou ou desgostou de cada amostra para as variáveis: Sabor, Textura (crocância), Aparência e Impressão Global.

Foi realizada na mesma ficha de avaliação, uma pesquisa para averiguar o que os provadores mais apreciaram e o que menos gostaram de cada amostra. Foi feita ainda, uma análise de mercado e consumo entre eles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I

4.1.1 Caracterização climática

Durante o período de condução do experimento, as condições climáticas foram favoráveis para o desenvolvimento da alface variedade cultivada Verônica. Pode-se observar que a temperatura média do ar no interior da casa-de-vegetação foi de 21°C. As temperaturas mínimas atingidas ficaram entre 14°C e 20°C e as máximas variaram de 24°C a 34°C (Figura 8). A radiação solar líquida incidente média de 7 MJ.m⁻².dia⁻¹ (Figura 9). As condições ambientais foram próximas às ótimas (15-25°C) para alface (GOTO, 1998).

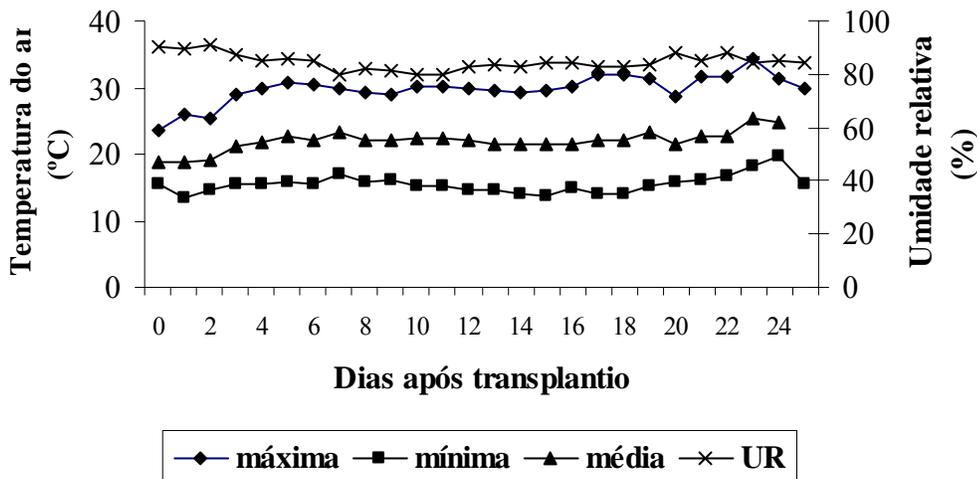


Figura 8 - Temperaturas (°C) máxima, mínima, média e umidade relativa do ar (%) durante o período de condução do experimento

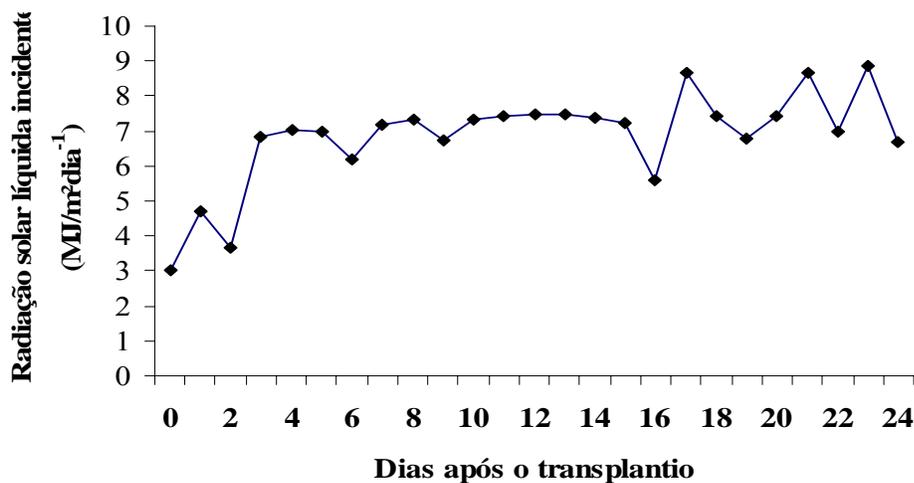


Figura 9 - Radiação solar líquida incidente ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) durante o período de condução do experimento

4.1.2 Crescimento e produção de alface variedade cultivada Verônica

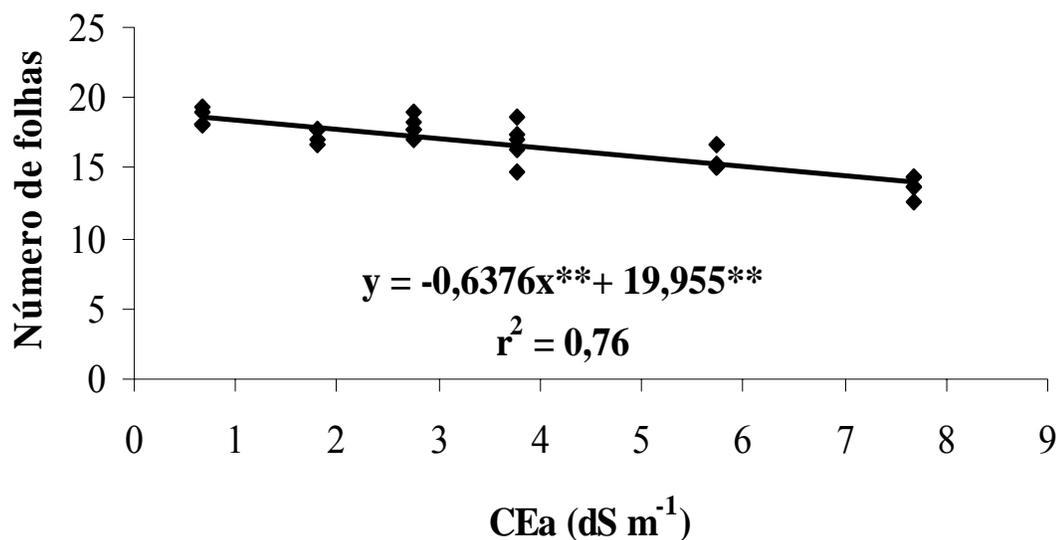
Observou-se que ao utilizar águas salinas no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração da alface Verônica, verificou-se salinização crescente nos tratamentos salinos nas condições em que o experimento foi desenvolvido. Para o tratamento com água não

salina, verificou-se redução da salinidade da solução nutritiva em decorrência do consumo de nutrientes que é superior ao acúmulo de sais dissolvidos na água (Tabela 4).

Tabela 4 - Condutividade elétrica da solução nutritiva preparada com água salina e sua média ponderada no tempo em função da salinidade da água de reposição ao longo do Experimento I

CEa (dS.m ⁻¹)	Trat	CEsol (dS.m ⁻¹)								Média Ponderada (dS.m ⁻¹)
		0 DAT	3 DAT	6 DAT	8 DAT	12 DAT	16 DAT	21 DAT	24 DAT	
0,67	Test	2,21	2,19	2,21	2,14	2,17	1,99	1,73	1,59	1,99
1,80	T ₁	3,11	3,15	3,16	3,22	3,27	3,62	3,65	3,63	3,38
2,77	T ₂	3,89	3,95	4,15	4,22	4,38	5,06	5,36	5,41	4,64
3,77	T ₃	4,72	5,02	5,21	5,36	5,53	6,48	6,96	7,29	5,95
5,73	T ₅	6,86	6,98	7,41	7,79	7,92	9,04	10,14	10,43	8,52
7,69	T ₇	8,43	8,76	9,23	9,70	9,90	11,26	12,65	12,94	10,61

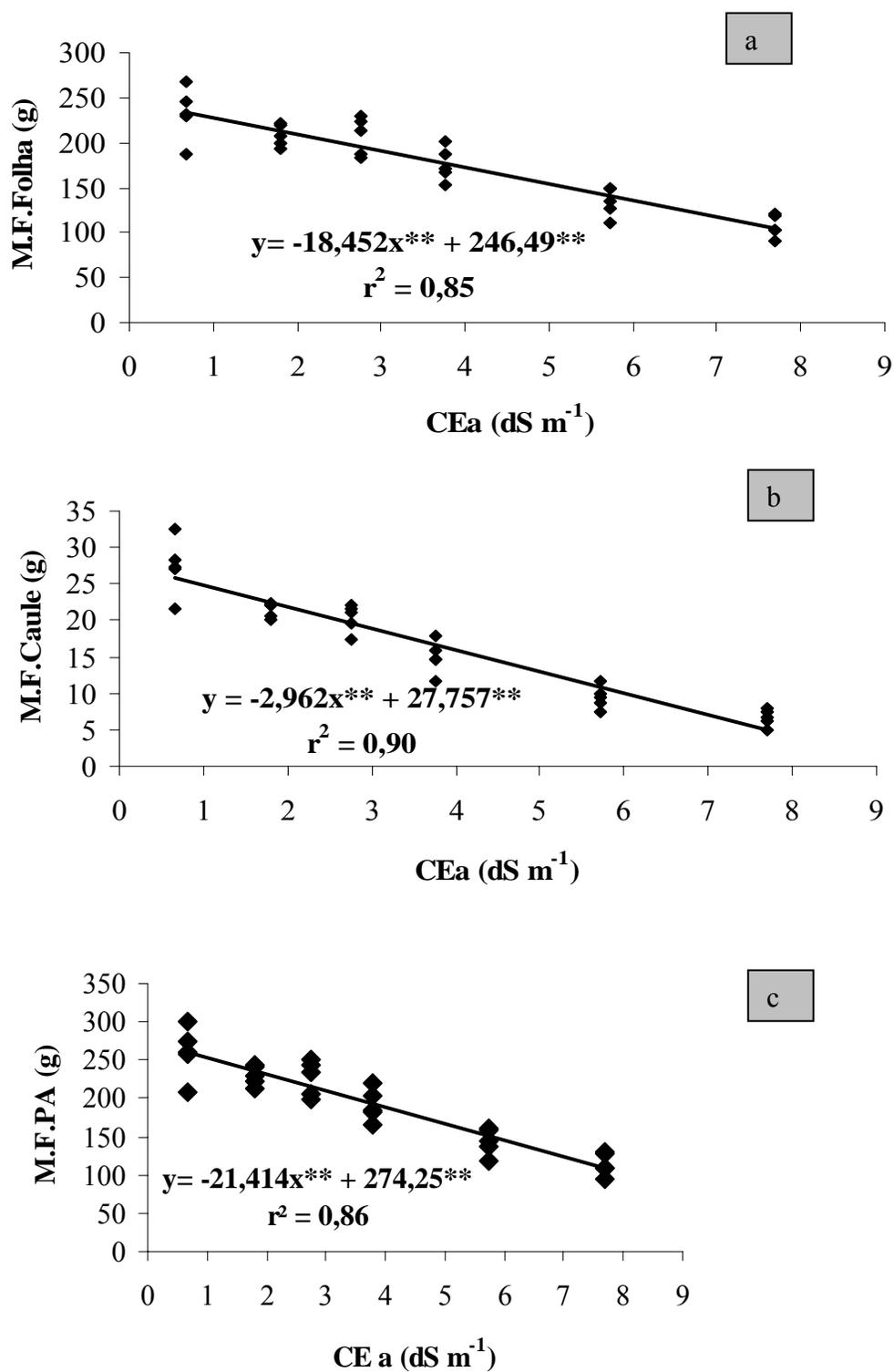
O número de folhas foi afetado pela salinidade da água, conforme estudos de regressão, o efeito foi linear, havendo decréscimo de 3,20% relativo à água não salina, por incremento unitário de CEa.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

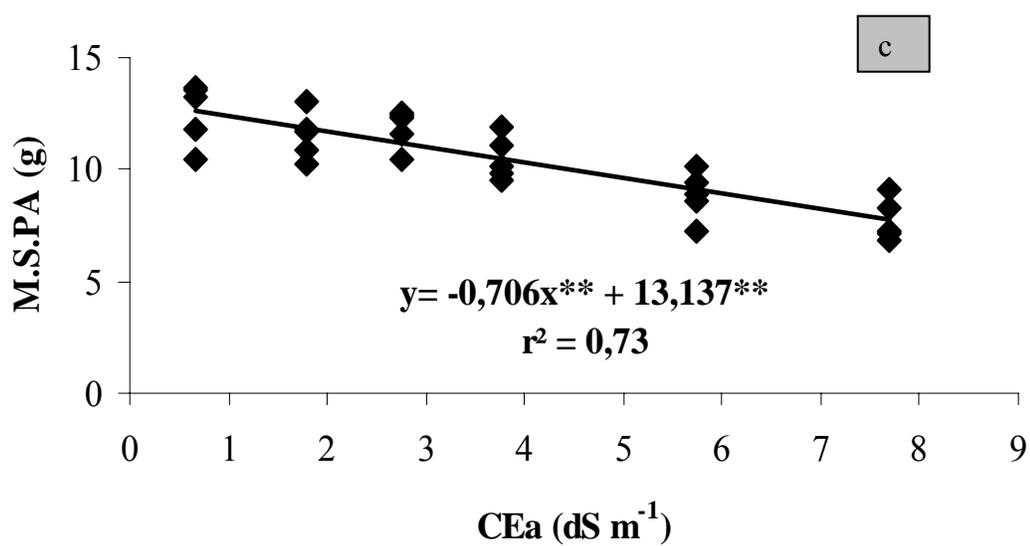
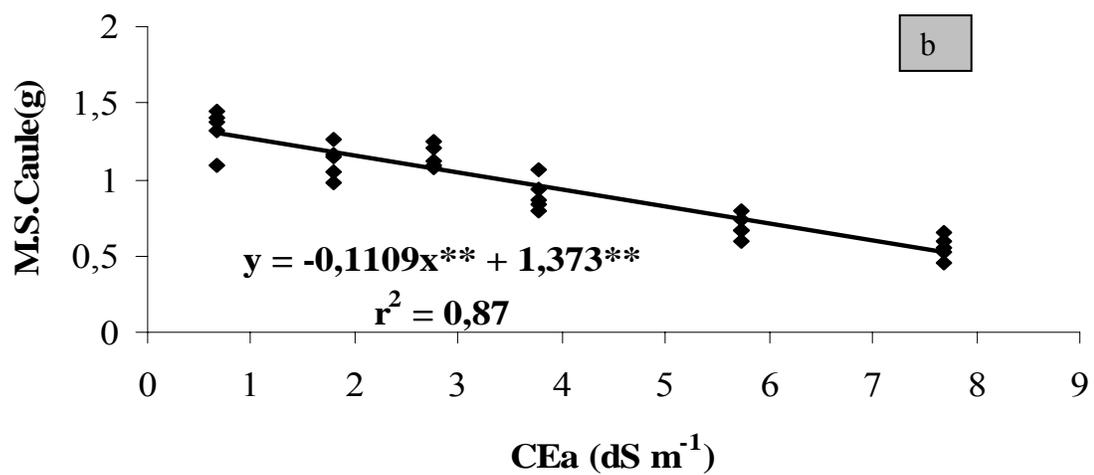
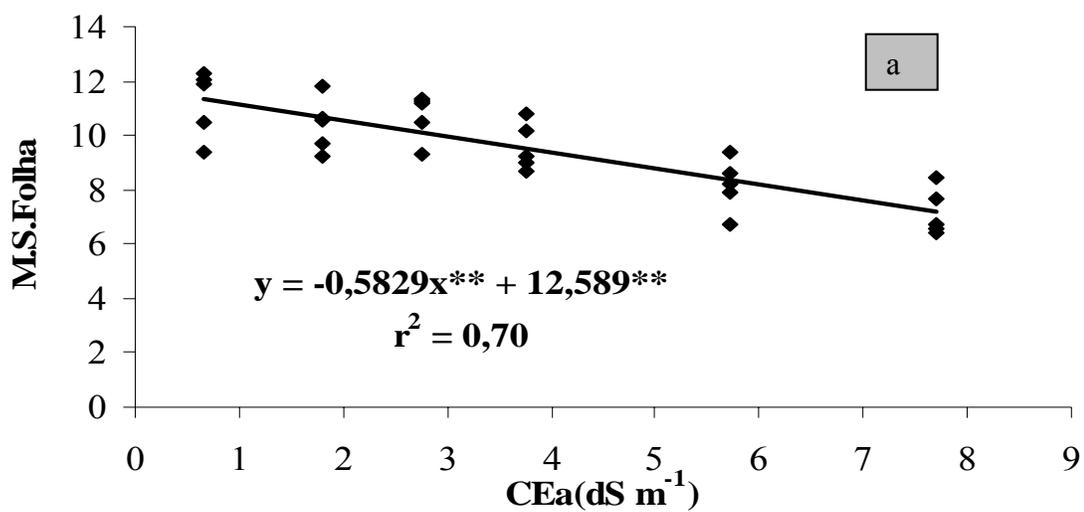
Figura 10 - Número de folhas de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

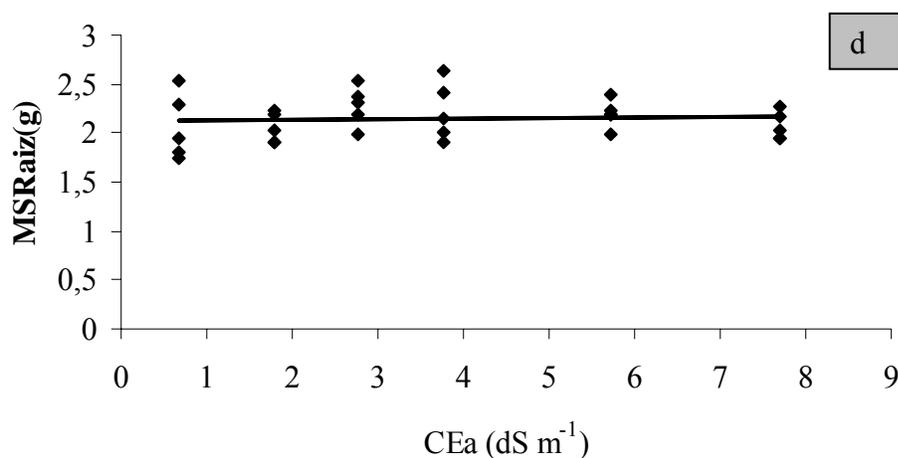
Dentro das condições em que o experimento foi conduzido, a massa fresca das folhas, massa fresca do caule, massa fresca total foram afetados pela salinidade da água, sendo linear decrescente o efeito, segundo os estudos de regressão (Figura 11a, 11b e 11c). O mesmo comportamento foi observado para a massa de matéria seca do caule, das folhas e para o acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (Figura 12a, 12b, 12c). Já para massa de matéria seca das raízes não houve significância (Figura 12d).



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 11 - Massa de matéria fresca das folhas (a), do caule (b) e da parte aérea (c) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

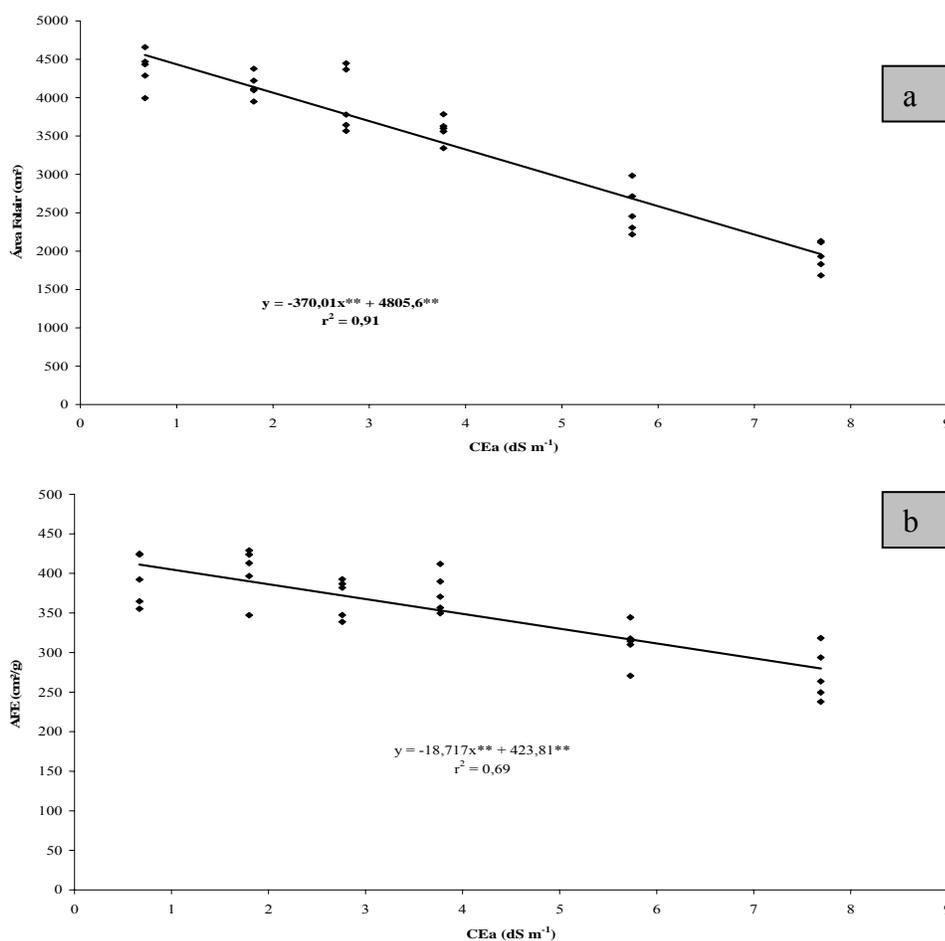




(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 12 - Massa da matéria seca das folhas (a), do caule (b), da parte aérea (c) e da raiz (d) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

Com relação à área foliar e área foliar específica o efeito da salinidade da água foi linear, sendo as folhas dos tratamentos T₅ (5,73 dS.m⁻¹) e T₇ (7,69 dS.m⁻¹) as mais afetadas em termos de área foliar (Figura 13a). O modelo permite estimar, teoricamente que a declividade por incremento unitário de CEa (dS.m⁻¹) foi de 4,20% e 7,20% para T₅ e T₇, respectivamente. Indicando um valor alto de declividade percentual para a área foliar, o que representa significativo efeito da salinidade da água sobre a área foliar da alface variedade cultivada Verônica.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 13 - Área foliar (a) e área foliar específica (b) da alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

Para a cultura da alface a fitomassa da parte aérea é decorrente da alocação de fotoassimilados nas diferentes partes da planta (raiz, caule e folhas). Segundo Soares (2007) os resultados da produção da massa de matéria fresca da parte aérea da alface variedade cultivada Verônica em função das águas salinas foram decorrentes das reduções das massas das folhas, do caule, da área foliar e do teor de água dos tecidos, o que se verificou com os resultados obtidos com a utilização de águas salinas.

A redução na massa da matéria seca das plantas nos níveis mais elevados de salinidade da água pode ser atribuído à redução da área foliar. Greenway e Muns (1980) sugerem que a

salinidade exerce efeito direto sobre a expansão ou divisão da célula, onde o efeito principal da salinidade ocorre sobre a redução da área foliar.

Considerando que no sistema hidropônico a disponibilidade de água para o crescimento da alface não é limitante, à medida que o gradiente de potencial hídrico favorece a absorção, devido a osmoregulação. Portanto, a redução na área foliar, como consequência do estresse salino, pode representar a inabilidade das plantas para discriminar entre os estresses hídrico e salino (BINZEL et al., 1985) ao invés de um mecanismo de adaptação (GREENWAY e MUNNS, 1980).

A área foliar específica da “Testemunha” ($401,90 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) foi maior em relação a T_7 ($272,58 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$). As folhas produzidas nesse tratamento foram menos espessas (Figura 14a). A espessura dos níveis de salinidade mais elevados (T_5 e T_7) estão de acordo com os sintomas de aspecto coriáceo e as folhas mais quebradiças observadas nesse trabalho (Figura 14b) e descritos por Soares (2007).

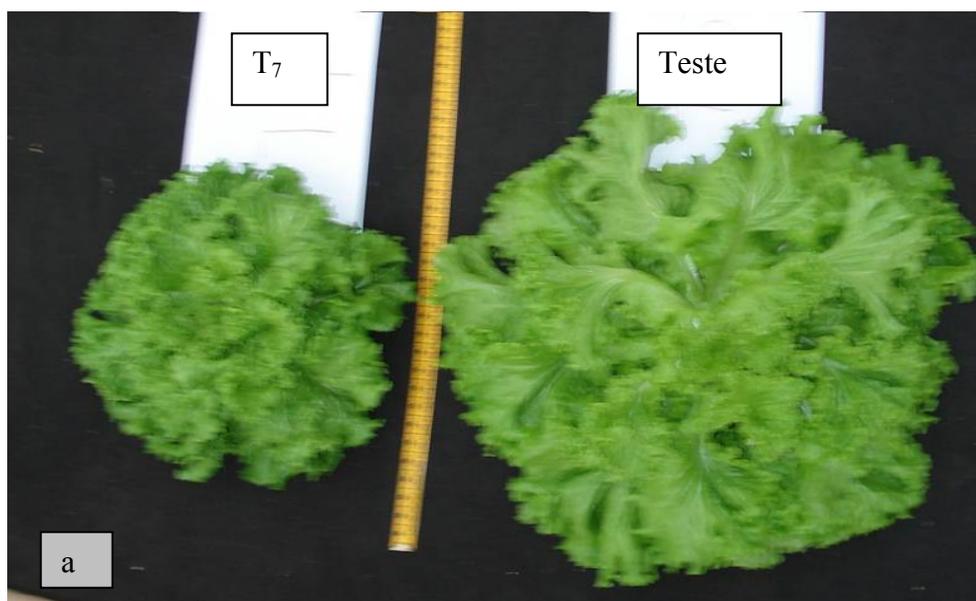
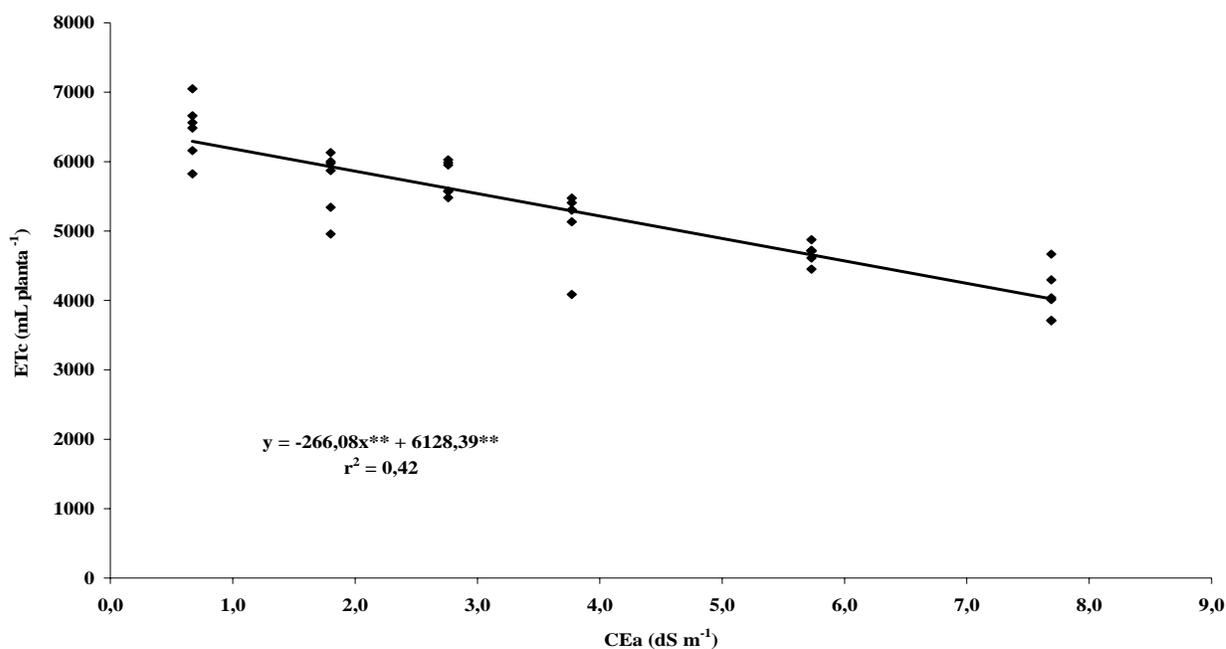




Figura 14 - Diferença de coloração e espessura das folhas de alface variedade cultivada Verônica produzida com água salina (T₇) e não salina (Teste) (a) e aspecto coriáceo e espessura das folhas de alface variedade cultivada Verônica produzida com os níveis de salinidade mais elevados (T₅) e (T₇) (b)

Com relação ao consumo hídrico verificou-se que o decréscimo da evapotranspiração seguiu tendência linear com o aumento da salinidade da água. De acordo com a equação de regressão (Figura 15) o decréscimo da evapotranspiração, em relação à testemunha, foi de 4,34% por incremento unitário de CEa. No nível mais alto de salinidade (T₇) o consumo de água foi menor 37% (4071 mL.planta⁻¹) em relação à testemunha (6456 mL.planta⁻¹). A redução no consumo de água nos níveis mais elevados de salinidade pode ser explicado pelo efeito osmótico no sistema radicular. Em sistema hidropônico, Soares (2007) reporta a diminuição linear do consumo hídrico em função do aumento da salinidade da água de reposição. O autor encontrou em relação à água de baixa salinidade, uma redução de 17,5% no consumo hídrico para a água de 7,46 dS.m⁻¹. A redução do consumo de água pelas plantas com o aumento da salinidade também foi verificado por Viana et al. (2004) em trabalhos com mudas de alface variedade cultivada Elba, em vasos.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 15 - Consumo de água da alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

De acordo com a análise de regressão, o teor de água dos tecidos também decresceu com o aumento dos sais na água, cujos resultados se ajustaram a uma equação de 1º grau, indicando efeito linear da salinidade da água sobre o teor de água dos tecidos (Figura 16). Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por Soares (2007), que verificou menor umidade da parte aérea com o aumento da salinidade.

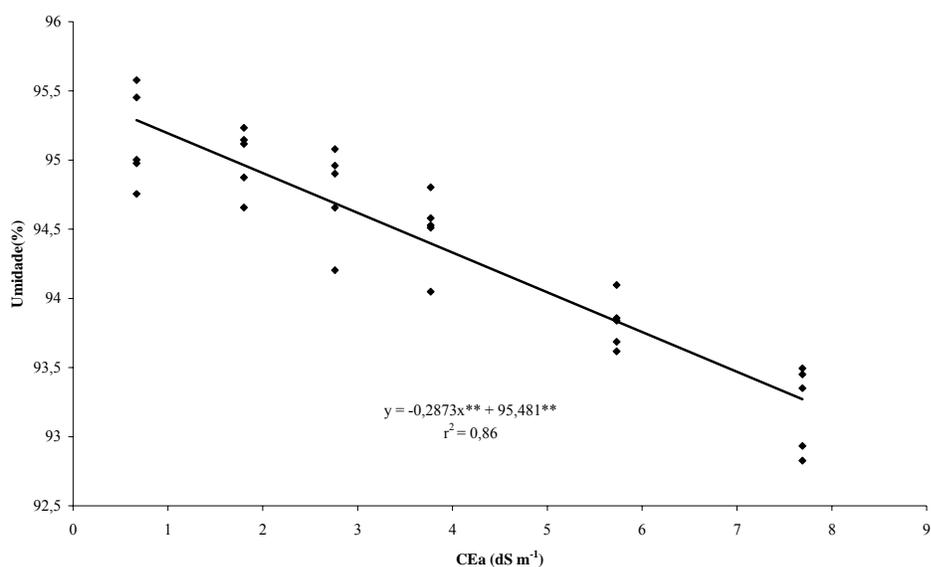


Figura 16 - Teor de água na parte aérea em função da salinidade da água de alface variedade cultivada Verônica

Durante o experimento I os sintomas observados nos níveis de salinidade (T₅ e T₇) foram de nanismo, o que refletiu na redução do crescimento e as folhas coriáceas com coloração verde mais intensa (Figura 17a). Os níveis de salinidade estudados não resultaram em sintomas visuais de deficiência nutricional e não foram constatados sintomas de toxicidade por sódio (Figura 17b), sintomas semelhantes foram descritos por Soares (2007) com a mesma variedade cultivada.

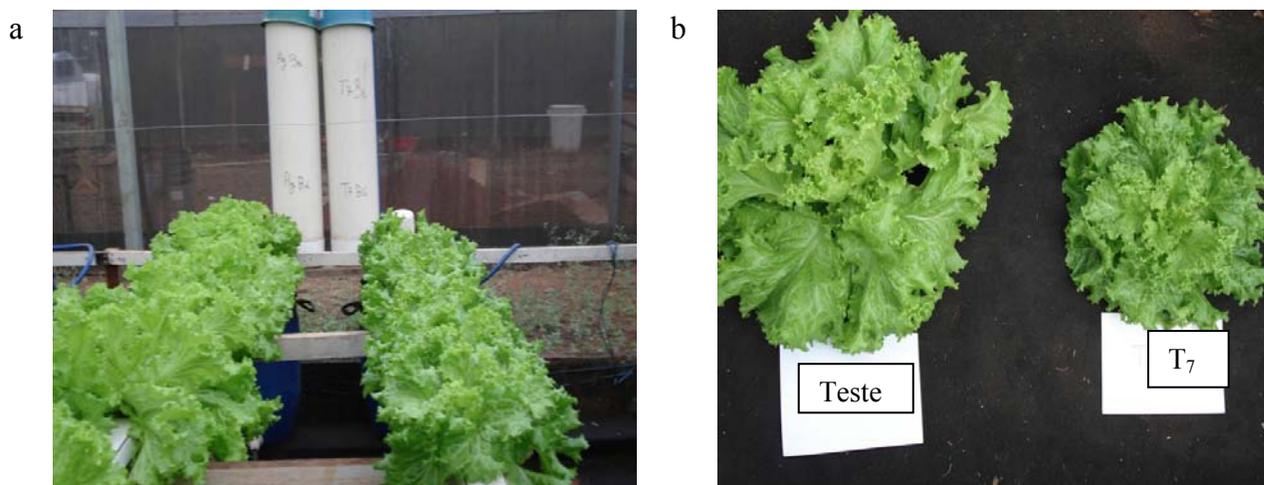


Figura 17 - Diferenças de aspecto visual, redução de crescimento (a) e nanismo, sem sintomas de deficiência nutricional ou toxidez por sódio (b) de alface variedade cultivada

Verônica produzida com água salina (T₇) em relação ao tratamento testemunha produzido com água não salinizada

Analisando a qualidade comercial da alface variedade cultivada Verônica para fins de comercialização, que é determinada principalmente pela massa de matéria fresca e coloração, verificou-se que a alface produzida nos diferentes níveis de salinidade não apresentou injúrias severas que pudessem afetar o preço de venda, portanto, toda a massa de matéria fresca foi considerada como produtividade comercial. Para fins comerciais, obteve-se uma perda de 56,16 % quando se utilizou a água mais salina (7,69 dS.m⁻¹). Em relação à produção de massa de matéria seca, a perda pelo uso dessa água foi de 38,42% (Tabela 5). Soares (2007), em diferentes trabalhos em sistema NFT com alface Verônica utilizando água doce para o preparo da solução nutritiva e água salina para a reposição do volume consumido obteve perda de 19,3% com relação à produtividade comercial.

Tabela 5 - Massa de matéria fresca e seca da parte aérea, em valores absolutos e relativos à testemunha, em função da salinidade da água no Experimento I

Tratamento	CEa (dS.m ⁻¹)	CEsol (dS.m ⁻¹)	MFPA (g)	MFPA (%)	MSPA (g)	MSPA (%)
Testemunha	0,67	2,21	259,71	100	12,54	100
T ₁	1,8	3,10	230,22	88,65	11,51	91,83
T ₂	2,76	3,88	227,33	87,53	11,87	94,67
T ₃	3,77	4,72	190,81	73,47	10,48	83,61
T ₅	5,73	6,86	143,45	55,24	8,86	70,69
T ₇	7,69	8,43	113,86	43,84	7,72	61,58

Fazendo uma análise de produção proposta por Soares (2007), onde por exemplo, se tiver água não salina (0,67 dS.m⁻¹) disponível, mas com a restrição de 20 m³.mês⁻¹ e disponibilidade sem restrição de água salina (7,69 dS.m⁻¹), calculando a previsão de produção mensal de alface variedade cultivada Verônica, tendo como convenção um pé de alface como produção máxima por planta.

Utilizando água salina para o preparo da solução nutritiva e para a reposição do volume consumido: (i) volume de solução nutritiva fornecido por planta: 5 L; (ii) consumo de água doce

por planta: 6,4 L; (iii) consumo de água salina por planta: 4,071 L; (iv) produção relativa (Pr): 43,84%; (v) número total de plantas = $\frac{20.000}{6,4}$: 3125 plantas; (vi) produção = 3125 plantas x 0,4384 e (vii) produção: 1370 pés mês⁻¹.

Utilizando água não salina para o preparo da solução nutritiva e para a reposição do volume consumido: (i) volume de solução nutritiva fornecido por planta = 2 L (conforme Soares, 2007); (ii) consumo de água por planta: 5,15 L; (iii) produção relativa (Pr): 100%; (iv) número total de plantas: $\frac{20.000}{(2 + 5,15)}$ (2.797 plantas); (v) produção: 2.797 plantas x 1,00 e (vi) produção: 2.797 pés mês⁻¹.

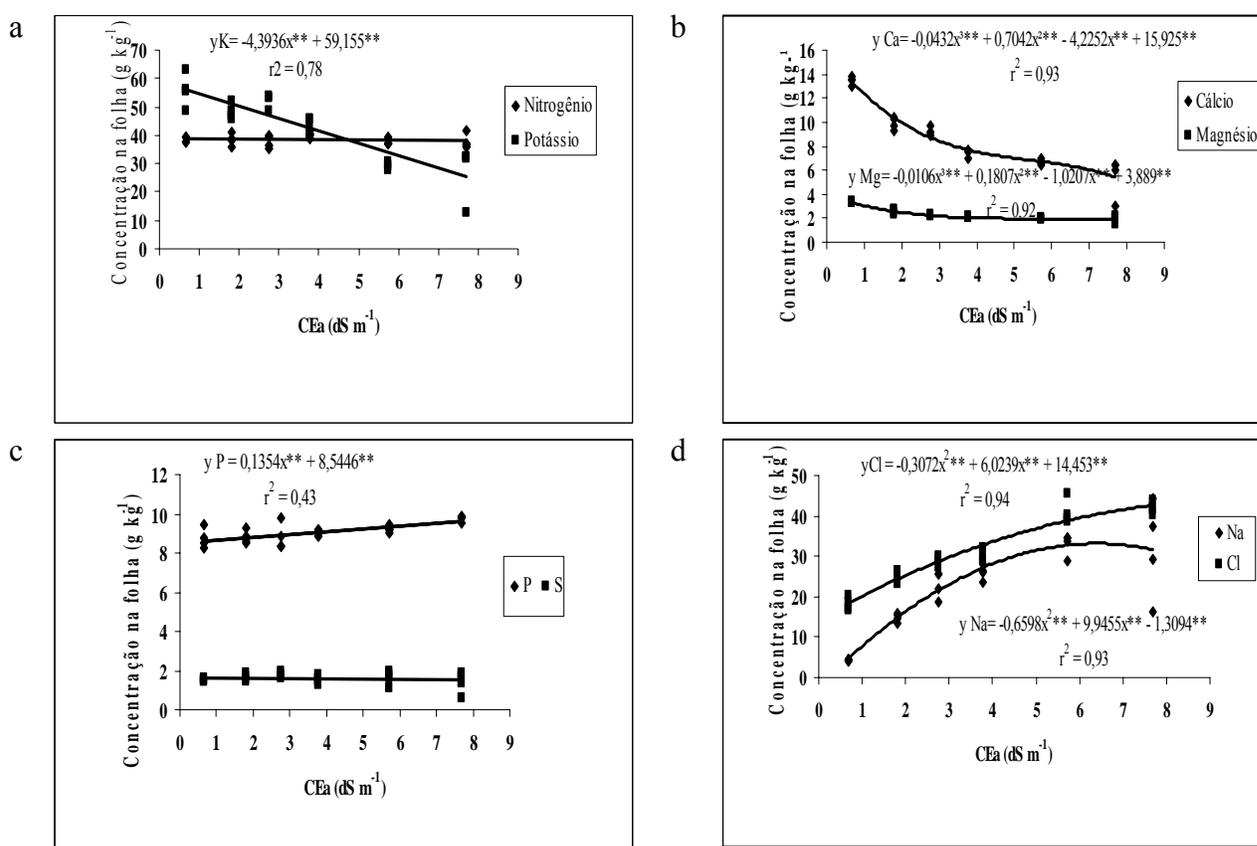
Comparando os dados da simulação com água salina e água não salina, a produção com água salina no nível mais alto de salinidade foi inferior (51%) a produção com água não salina. Soares (2007) demonstrou que utilizando água não salina para o preparo da solução nutritiva e água salina para a reposição do volume consumido a produção de alface Verônica foi de 3.229 pés mês⁻¹. Segundo o autor, os dados da simulação não indicam maior viabilidade econômica da utilização de água salina, mas o número de plantas produzidas com valor comercial equivalente. Por outro lado, se for analisar o insumo água salina no contexto custo de oportunidade, que os agricultores estão incorrendo, por não utilizar a água salina, por falta de informação ou conhecimento da viabilidade da utilização de águas salinas.

4.1.3 Análise de tecidos

Com relação à concentração de nutrientes nas folhas de alface cv. Verônica verificou-se que o teor de potássio, cálcio, fósforo e magnésio diminuíram com o aumento da salinidade da água, sendo o comportamento linear e cúbico, respectivamente (Figura 18a, 18b e 18c). A concentração de nitrogênio e enxofre não foram influenciados pela salinidade da água (Figura 18a e 18c).

Os teores de Cl e Na aumentaram significativamente com os níveis de salinidade da água, sendo quadrático o efeito da salinidade da água sobre o teor de Cl e Na (Figura 18d). Apesar do acúmulo relativo de Cl e Na nas folhas de alface seja alto (Tabela 6). Por outro lado, observou-se que a extração por planta, apresenta baixa exportação de sais na folhas, o que condiz com a diminuição do acúmulo de massa seca.

Os resultados de análise foliar e exportação de sais pelas folhas estão de acordo com os resultados obtidos por Soares (2007). Segundo o autor, a alface não exporta em teores significativos a quantidade de sais incorporados com o uso de águas salinas. Se for o caso de cultivos sucessivos, pensando em reaproveitar os nutrientes, os íons tóxicos acumulados na solução nutritiva tornam-se um complicador. Nesse sentido, com a finalidade de reaproveitamento dos nutrientes do efluente de produção da alface com águas salinas, Soares (2007) sugere buscar irrigar outras culturas.



(ns), (*), (**), (***) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 18-Teores foliares de nitrogênio, potássio (a), cálcio, magnésio (b), fósforo, enxofre (c), sódio e cloreto (d) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

Tabela 6 - Teores foliares de Cl e Na em base de massa de matéria seca de alface cv Verônica e seu aumento percentual nos diferentes níveis de salinidade da água em sistema hidropônico

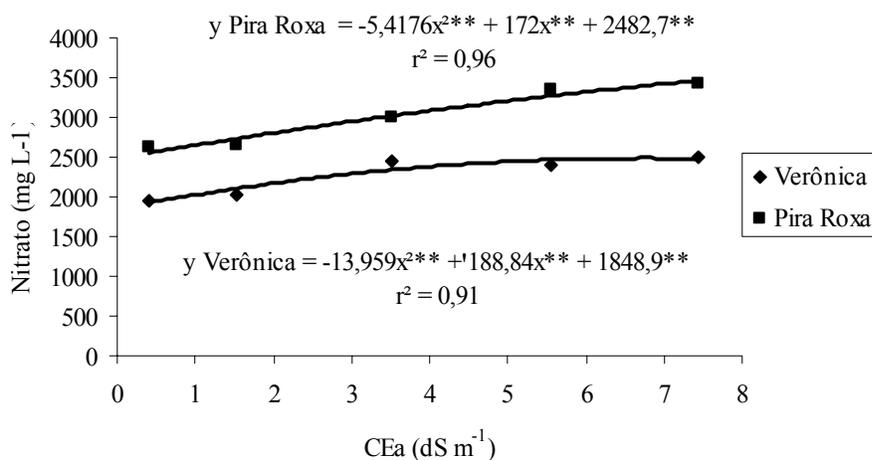
Tratamento	Cl (g kg ⁻¹)	Na (g kg ⁻¹)	Cl (%)	Na (%)
Testemunha	18,25	4,213	0	0
T ₁	25,00	14,85	37,0	252,5
T ₂	28,75	22,95	57,5	444,7
T ₃	30,25	26,025	65,8	517,7
T ₅	41,00	31,775	124,7	654,2
T ₇	41,75	33,00	128,8	683,3

4.1.4 Teor de nitrato e análise sensorial

O teor de nitrato foi diferenciado nos níveis de salinidade da água da solução nutritiva, sendo quadrático o efeito dos estudos de regressão (Figura 19). O menor nível de nitrato foliar (2516,7 mg.kg⁻¹ de massa de matéria fresca) foi relacionado à condutividade elétrica da “Testemunha”. Pode-se observar que em relação à água não salina (0,67 dS.m⁻¹) aumentando a salinidade da água para T₅ (5,73 dS.m⁻¹), o teor foliar de nitrato aumentou de 2516,7 mg.kg⁻¹ para 3617,7 mg.kg⁻¹ de massa de matéria fresca. Os níveis intermediários de salinidade apresentaram tendência de aumento de nitrato foliar. Segundo Soares (2007) esses resultados podem ser explicados em função da alta taxa de produção de fitomassa nos tratamentos submetidos às menores CE. De acordo com Wright e Davison (1964) em algumas culturas o teor de nitrato tem sido associado positivamente com o rendimento máximo.

A tendência do aumento do teor de nitrato com os níveis mais elevados de salinidade pode ser explicado pelo ajuste osmótico para que a planta consiga absorver água quando submetida a condições de baixo potencial total de água (CHUNG; JIN; CHO, 2005).

Os teores de nitrato obtidos encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela comunidade européia.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 19 - Teor de nitrato na seiva de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

Analisando os resultados das frequências das notas dadas como respostas pelos provadores, após provarem todas as amostras, para os atributos sabor (Figura 20a, 20b, 20c, 20d e 20e); aparência (Figura 21a, 21b, 21c, 21d e 21e); textura (Figura 22a, 22b, 22c, 22d e 22e); impressão global (Figura 23a, 23b, 23c, 23d e 23e). Pode-se observar que as amostras não diferiram sensorialmente, pela análise da variância ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) (Anexo D), indicando homogeneidade e concordância quanto aos julgamentos fornecidos pelos provadores. Pode-se observar que, nas respostas dos provadores para os atributos: sabor, aparência, textura e impressão global em todos os níveis de salinidade da água, a maioria dos provadores gostou muito da alface cv. Verônica.

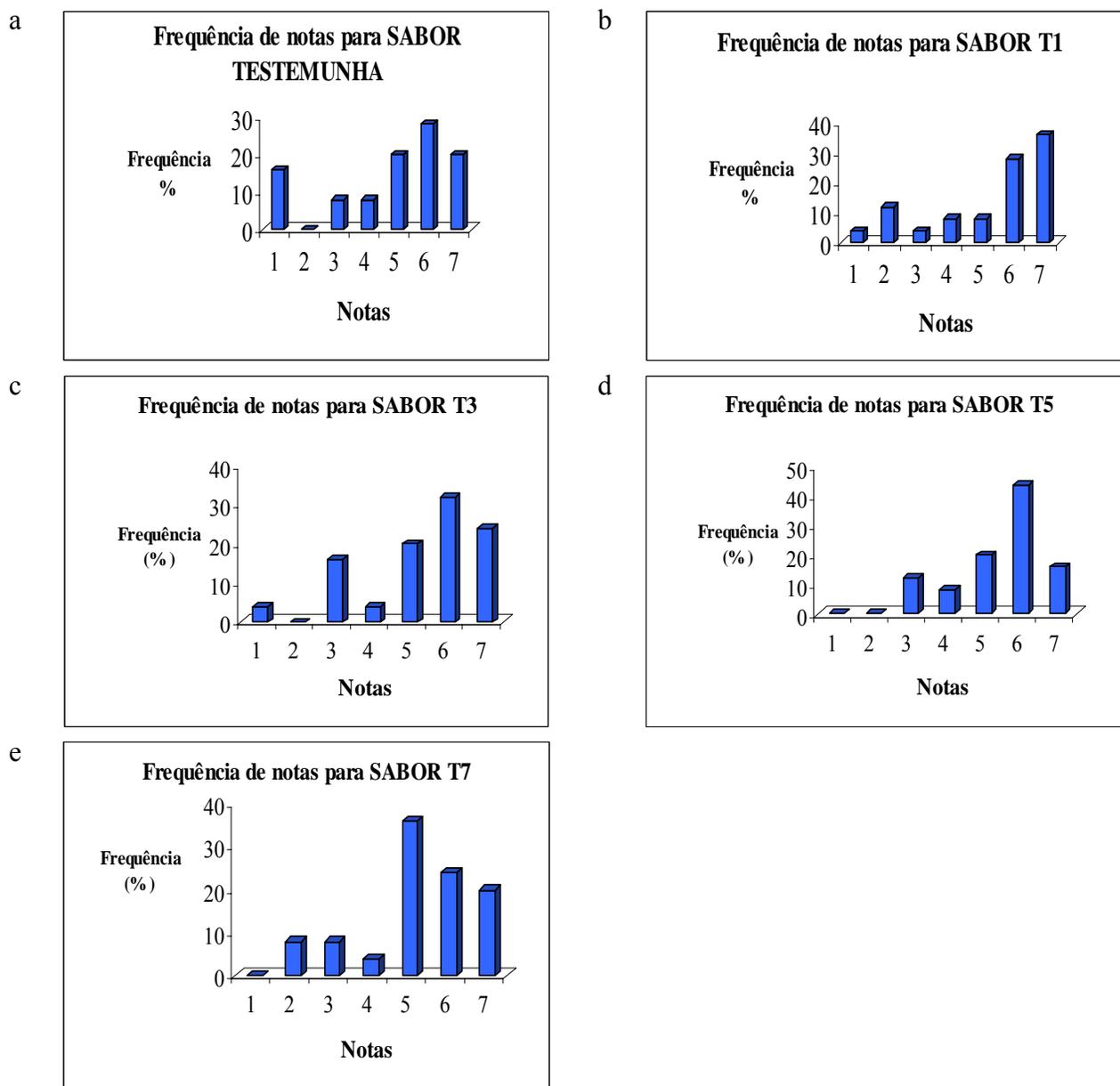


Figura 20 - Frequência de notas dos provadores para o atributo sabor nos tratamentos: Testemunha (a), T₁ (b), T₃ (c), T₅ (d), T₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

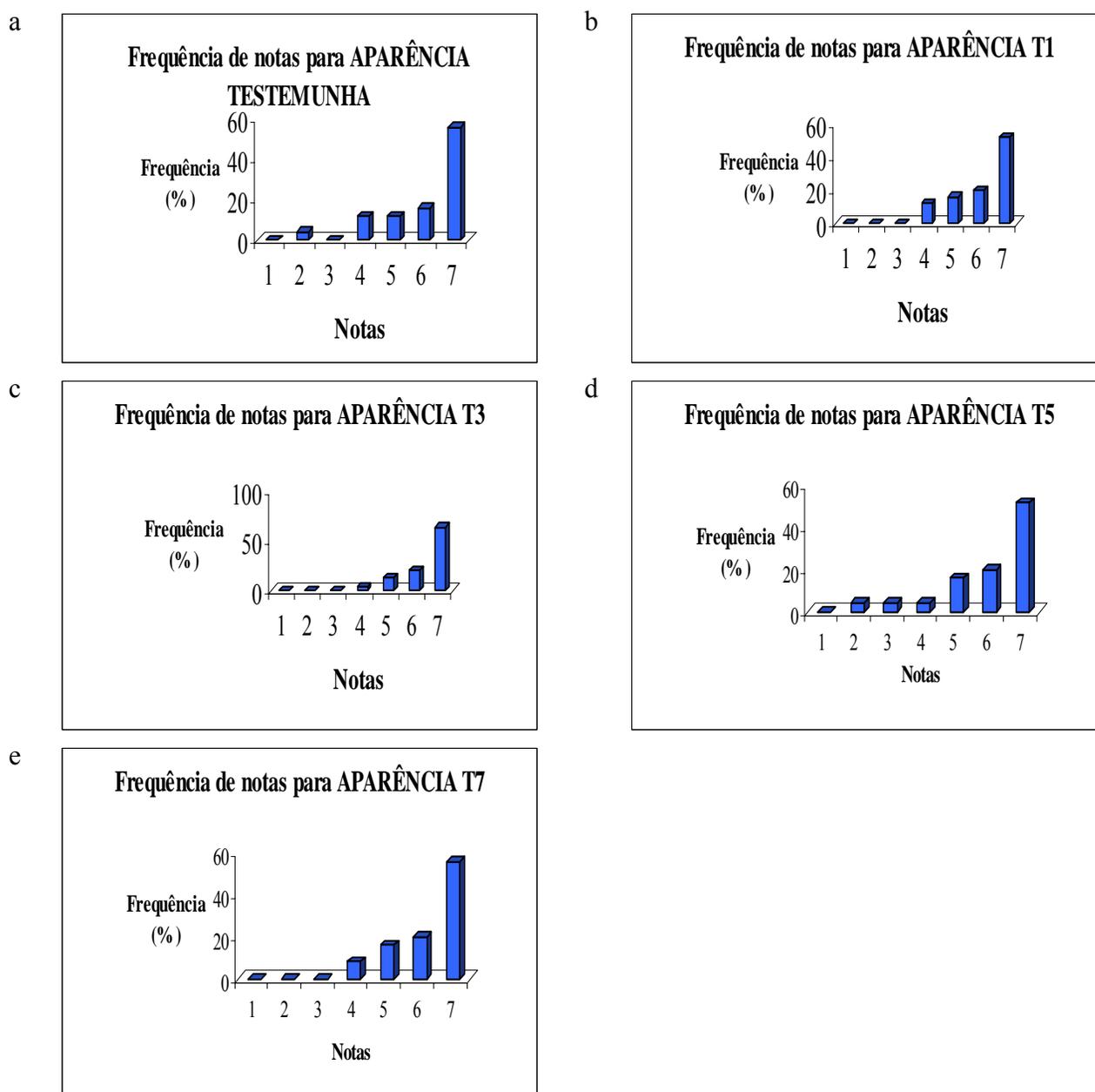


Figura 21– Frequência de notas dos provadores para o atributo aparência nos tratamentos: Testemunha (a), T₁ (b), T₃ (c), T₅ (d), T₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

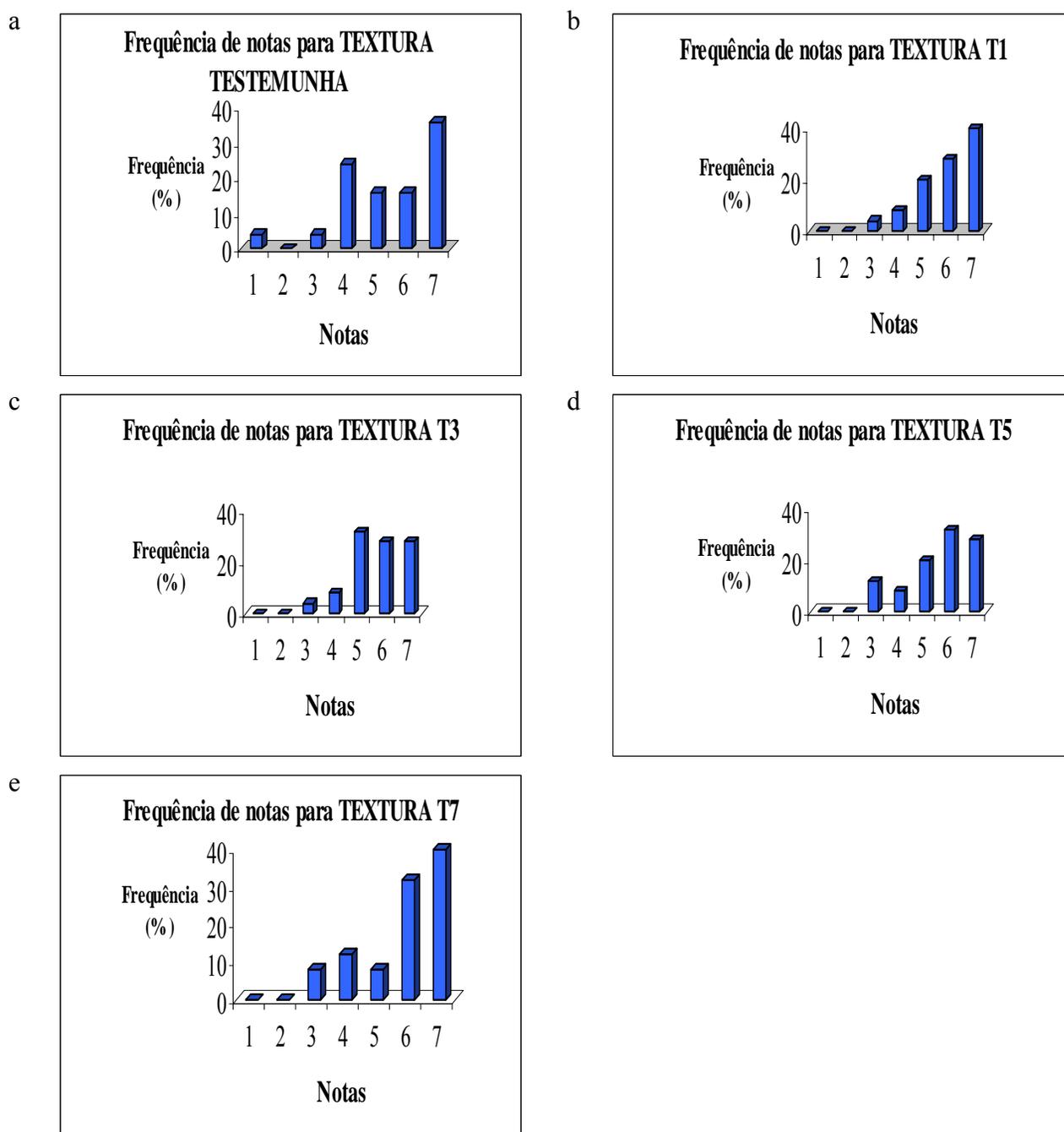


Figura 22 - Frequência de notas dos provadores para o atributo textura nos tratamentos: Testemunha (a), T₁ (b), T₃ (c), T₅ (d), T₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

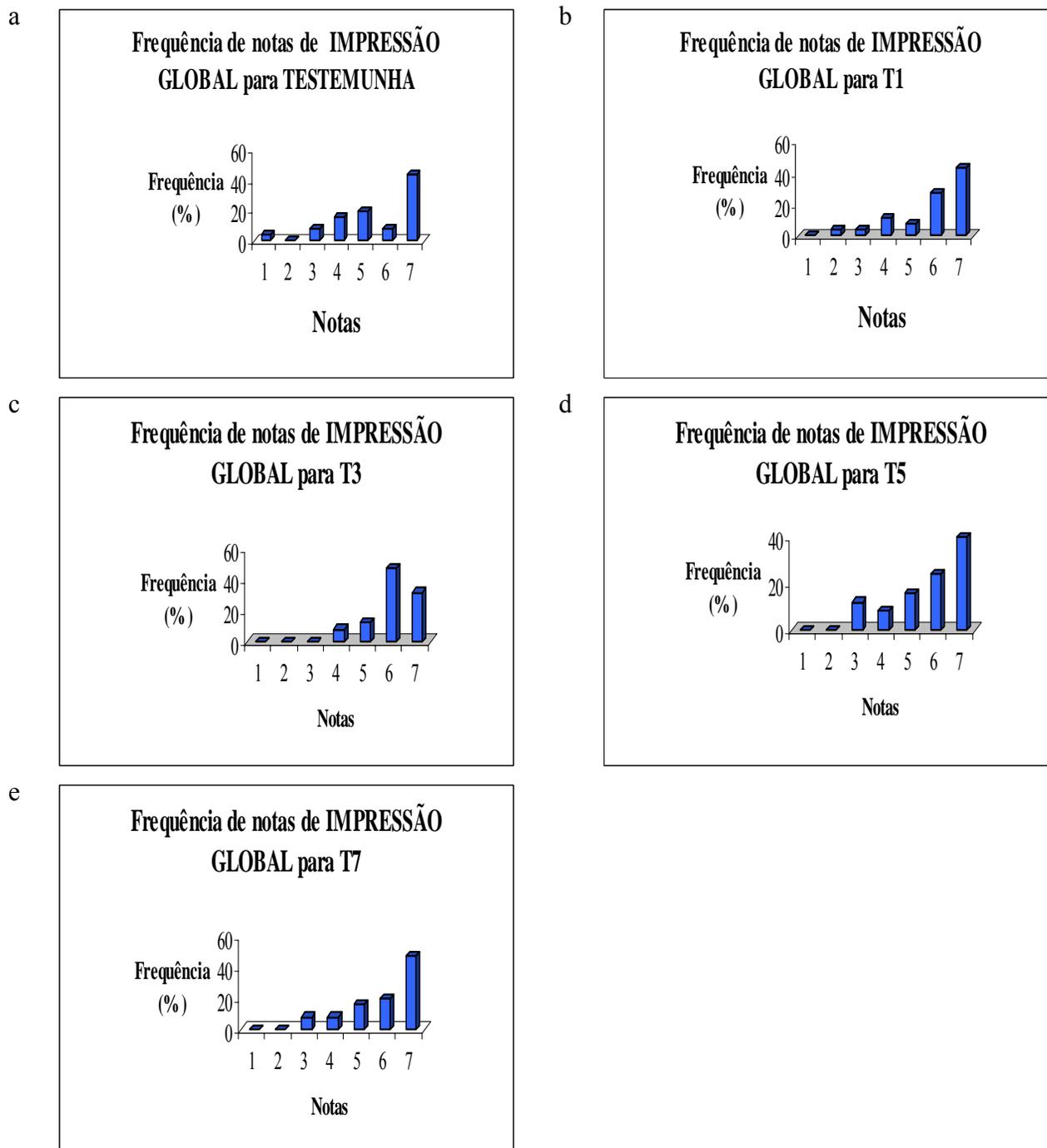


Figura 23 - Frequência de notas dos provadores para o atributo impressão global nos tratamentos: Testemunha (a), T₁ (b), T₃ (c), T₅ (d), T₇ (e) de alface variedade cultivada Verônica conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

Analisando a Tabela 7 verificou-se que as amostras de alface variedade cultivada Verônica não apresentaram diferença na aceitação. Os resultados dos atributos aparência, sabor, textura e impressão global fornecidos na Tabela 7 estão de acordo com as características das amostras fornecidas pelos provadores quanto ao que mais gostaram e o que menos gostaram (Tabelas 8 e 9). As características aparência e sabor foram fornecidas em maior número pelos provadores com relação às características que mais gostaram nos tratamentos avaliados.

Tabela 7- Resultados do teste de preferência aplicando escala hedônica para as amostras de alface cv. Verônica nos diferentes tratamentos com uso de água salina

Amostra	Média e Significância			
	Sabor	Textura (crocância)	Aparência	Impressão Global
Testemunha	4,80 a	5,40 a	6,04 a	5,48 a
T 1	5,32 a	5,92 a	6,12 a	5,84 a
T 3	5,28 a	5,68 a	6,44 a	6,04 a
T 5	5,44 a	5,56 a	6,00 a	5,72 a
T 7	5,20 a	5,84 a	6,24 a	5,92 a

Totais com mesma letra não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Tabela 8 - Características das amostras fornecidas pelos provadores para os tratamentos Testemunha e T₁

Provador	Testemunha		T ₁	
	mais gostei	menos gostei	mais gostei	menos gostei
1	crocância	sabor	aparência	*
2	Textura	aparência	sabor	aparência
3	Sabor	crocância	aparência	sabor
4	*	*	*	*
5	sabor amargo	muito taluda	tamanho, sabor	*
6	aparência	textura	textura	aparência
7	Sabor	pouco amargo crocância,	textura	folha pequena
8	*	amargo	crocância	sabor amargo
9	cor	textura	cor, crocância	*
10	*	*	*	*
11	aparência, textura	sabor amargo	aparência, textura	sabor amargo
12	aparência sabor, textura,	textura	textura	*
13	aparência	*	*	*
14	cor	*	*	sabor amargo
15	aparência	sabor	aparência	sabor
16	*	*	*	*
17	*	*	*	*
18	aparência			mole, amargo
19	aparência	textura	aparência	textura
20	macia	*	*	*
21	crocante	pouco amarga	crocante	levemente salgada, pouco murcha
22	aparência	sabor	aparência, sabor	*
23	crocância, sabor	*	sabor, aparência	crocância
24	*	*	*	*
25	sabor	*	sabor	*

* O provador não forneceu resposta. As respostas dos provadores foram totalmente pessoais.

Tabela 9 - Características das amostras fornecidas pelos provadores para os tratamentos T₃, T₅ e T₇

	T ₃		T ₅		T ₇	
	mais gostei	menos gostei	mais gostei	menos gostei	mais gostei	menos gostei
1. sabor	*		sabor	*	sabor	*
2. sabor	*		sabor	*	aparência	*
3. crocância	sabor		sabor	crocância	aparência	sabor
4.	*		*	*	*	*
5. aparência	*		sabor	taluda, amarelada	aparência	coloração
6. aparência	sabor		textura	impressão global	sabor	aparência, textura
7. aparência	textura, pouco amargo		sabor	folha pequena	tamanho folha, sabor, textura	*
8. crocância	amargo		cor	amargo	sabor	crocância
9. cor	textura		cor	textura	crocância	aparência
10.	*		*	*	*	*
11. aparência, sabor	textura (pouco dura)		aparência	textura (pouco dura)	aparência, textura	sabor amargo
12. textura	*		sabor	*	aparência	sabor
13.	textura (dura)		*	*	*	*
14.	gosto forte		*	*	*	*
15. sabor	crocância		aparência	sabor	sabor	crocância
16.	sabor		*	*	*	*
17.	*		*	*	*	*
18. crocância	*		*	mole	*	sabor amargo
19. aparência	textura		sabor	textura	textura	sabor
20.	*		*	*	*	amarga, dura
21. crocante	levemente salgada, amarga no final		crocante, sabor suave	*	crocante, sabor suave	*
22. aparência, sabor	*		aparência	sabor	aparência, sabor	*
23. crocância	sabor amargo		crocância	sabor amargo	crocância	sabor amargo
24.	*		*	*	*	*
25. sabor	*		*	sabor	*	sabor

* O provador não forneceu resposta. As respostas dos provadores foram totalmente pessoais.

Com relação à intenção de compra, constatou-se que em média, a alface cv. Verônica apresenta uma boa aceitação de mercado, pois para os tratamentos T₃ e T₇ certamente os provadores as adquiririam. Com relação às amostras Testemunha, T₁ e T₅ observou-se que os provadores talvez as comprariam. Pode-se inferir que as plantas da Testemunha e T₁ tiveram seu desenvolvimento mais acelerado que as demais. Já os tratamentos de maior salinidade, em virtude

do menor desenvolvimento decorrente da salinidade, apresentaram arquitetura menor, o que pode ter influenciado os provadores na intenção de compra. Pode-se observar que, as plantas dos níveis mais elevados de salinidade (T₅ e T₇), mesmo sendo plantas de arquitetura menor, tiveram boa aceitação pelos provadores.

Tabela 10 - Intenção de compra pelos provadores de alface “Verônica” em função dos níveis de salinidade da água

Tratamentos	Testemunha	T ₁	T ₃	T ₅	T ₇
Notas	Frequência (%)				
1*	16,7	16,7	8,3	16,7	16,7
2	29,2	20,8	16,7	20,8	12,5
3	54,2	62,5	75,0	62,5	66,7

* Nota 1= Não; Nota 2 = Talvez; Nota 3=Sim

Não foi observado pelos provadores sabor levemente salgado nos níveis mais elevados de salinidade (T₅ e T₇), diferentemente dos resultados obtidos por Soares (2007) que obteve sabor levemente salgado para esses mesmos tratamentos. Os resultados obtidos no experimento, estão de acordo com os obtidos por Mizrahi e Pasternak (1985) que não encontraram diferenças significativas no sabor de alface desenvolvida sob condições salinas, em comparação ao seu controle. As plantas de alface variedade cultivada Verônica submetidas aos níveis crescentes de salinidade foram menos tenras, exibindo folhas mais coriáceas. Características também observadas por Soares (2007) e citadas por Schwarz (1995).

Nas condições que o experimento foi desenvolvido, a alface variedade cultivada Verônica produzida em sistema hidropônico com uso de águas salinas apresentou teores de nitrato dentro dos padrões recomendados pela legislação europeia e obteve boa aceitação pelo teste de preferência. Indicando que, com a utilização de água salina, obteve-se alface com qualidade e que não apresenta risco para a saúde do consumidor.

4.2 Experimento II

4.2.1 Caracterização climática

O segundo experimento foi conduzido no período do verão, a temperatura média do ar no interior da casa-de-vegetação foi 27,1°C. As temperaturas mínimas atingidas ficaram entre 18°C e 26 °C e as máximas variaram de 28°C e 38°C (Figura 24). A radiação solar líquida incidente média foi de 6 MJ.m⁻².dia⁻¹ (Figura 25). A temperatura máxima foi similar ao experimento I, já a temperatura mínima foi superior em relação ao experimento I, mas dentro das condições adequadas para o crescimento da alface, citadas por Goto (1998) para o cultivo de alface. Pode-se observar que a malha termorrefletora (aluminet 50-I) contribuiu para atenuar a temperatura no interior da casa-de-vegetação no período do verão.

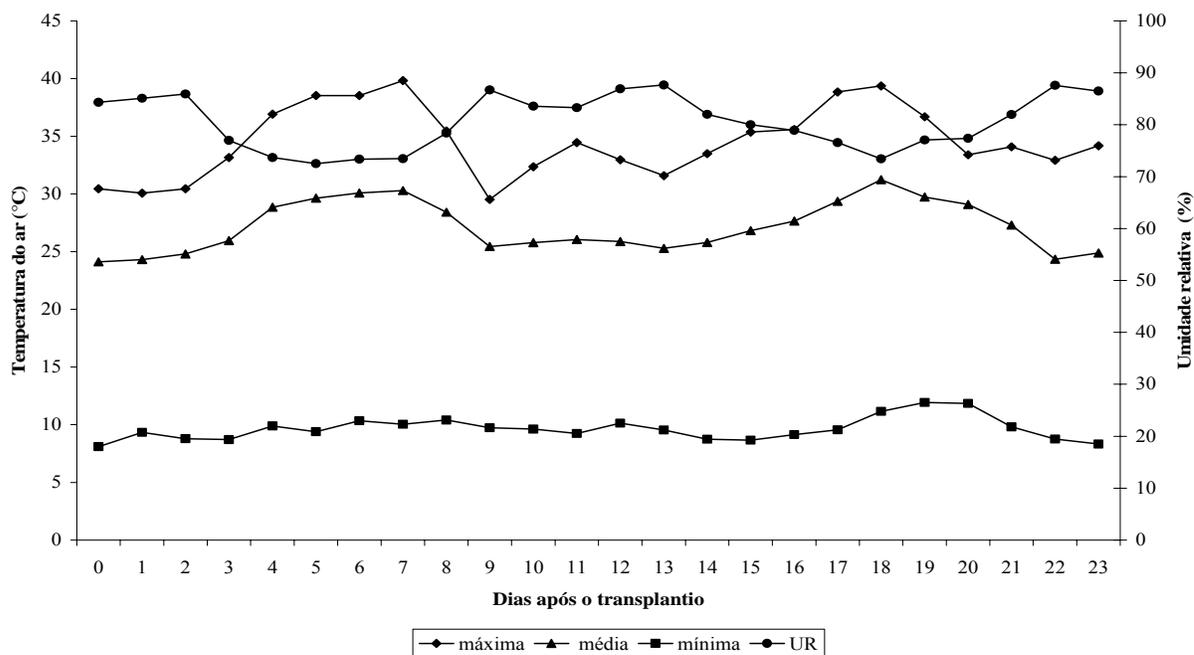


Figura 24 - Variação das temperaturas do ar (máxima, mínima e média) e umidade relativa do ar no interior da casa-de-vegetação durante o período de condução do experimento. Piracicaba, 2008

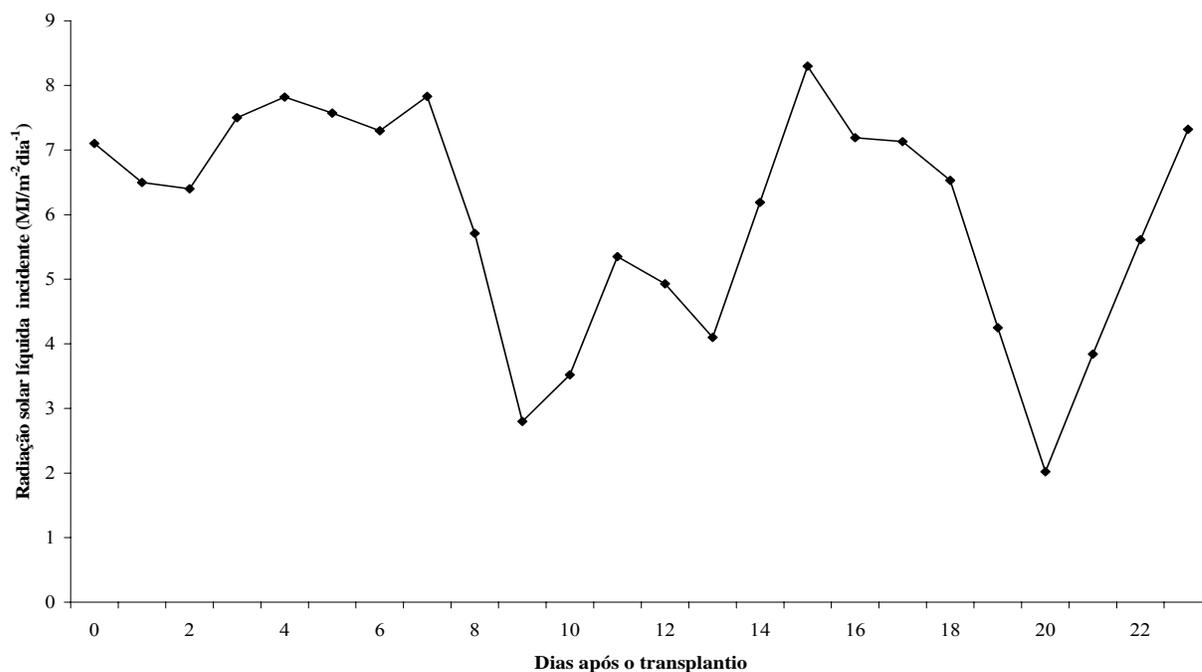


Figura 25 - Radiação solar líquida incidente ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) durante o período de condução do experimento

4.3 Crescimento e produção de alface (variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa)

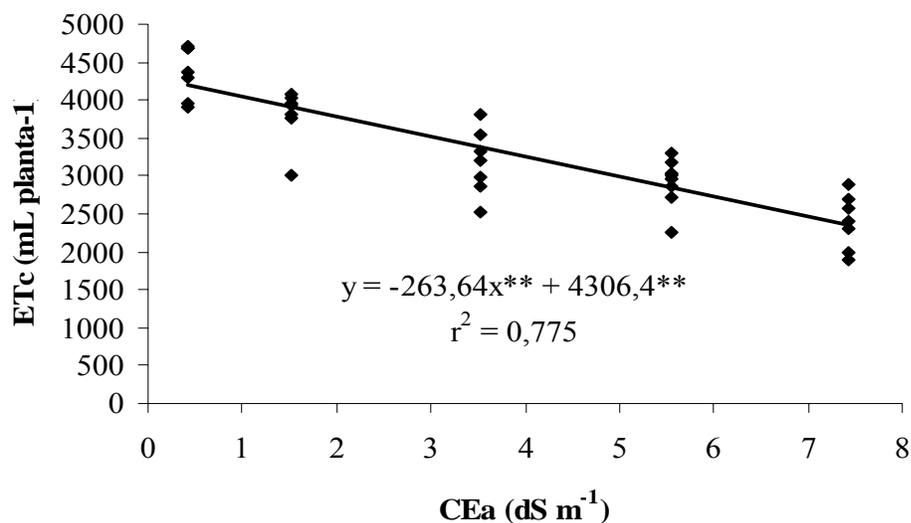
Assim como no experimento I, verificou-se salinização crescente nos tratamentos salinos. Para o tratamento com água não salina verificou-se redução da salinidade da solução nutritiva em decorrência do consumo de nutrientes que é superior ao acúmulo de sais dissolvidos na água (Tabela 11). Entretanto, é interessante observar que a magnitude da salinização da água de maior salinidade é menor ($2,78 \text{ dS.m}^{-1}$) que a obtida por Soares (2007) em avaliações com águas salinas em reposição a evapotranspiração de alface Verônica em NFT, onde a água de maior salinidade ($7,46 \text{ dS.m}^{-1}$) elevou a CEsol de 2,24 para $7,07 \text{ dS.m}^{-1}$ em 25 dias. Isso pode ser atribuído ao menor consumo hídrico ($2391,5 \text{ mL.planta}^{-1}$) em relação ao consumo hídrico de $4248 \text{ mL.planta}^{-1}$ obtido por Soares (2007).

Tabela 11-Conduktividade elétrica da solução nutritiva preparada com água salina e sua média ponderada no tempo em função da salinidade da água de reposição ao longo do Experimento II

CEa (dS.m^{-1})	Trat	CEsol (dS.m^{-1})							Média
		0 DAT	4 DAT	8 DAT	11 DAT	13 DAT	16 DAT	19 DAT	Ponderada (dS.m^{-1})
0,42	Test	1,74	1,77	1,68	1,58	1,49	1,37	1,27	1,99
1,53	T ₁	2,78	2,90	2,99	2,96	3,04	3,14	2,96	3,38
3,52	T ₃	4,87	5,25	5,45	5,63	5,93	6,23	6,08	4,64
5,55	T ₅	7,04	7,60	7,97	8,24	8,77	9,25	8,67	5,95
7,43	T ₇	8,98	9,76	10,30	10,66	11,15	11,76	11,52	10,61

Assim como no Experimento I, verificou-se no Experimento II diminuição linear do consumo hídrico em função do aumento da salinidade da água (Figura 26). O consumo de água para o nível mais elevado de salinidade ($7,43 \text{ dS.m}^{-1}$) foi de $2391,5 \text{ mL.planta}^{-1}$, sendo 45,28% inferior em relação à água de baixa salinidade ($0,42 \text{ dS.m}^{-1}$) que foi de $4370,7 \text{ mL.planta}^{-1}$. O consumo de água no Experimento II foi menor em relação ao Experimento I, provavelmente em função das condições climáticas, no período de dezembro a janeiro inicia-se o período das chuvas em Piracicaba.

A concentração excessiva de sais solúveis na água, quando próximos à zona radicular, reduzem o fluxo de água raiz-parte aérea- atmosfera por efeito osmótico (Essa, 2002) refletindo na redução da transpiração da plantas, afetando o consumo hídrico e conseqüentemente o metabolismo.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 26 - Consumo de água de alface cv. Verônica e Pira Roxa conduzida em sistema hidropônico em função da salinidade da água

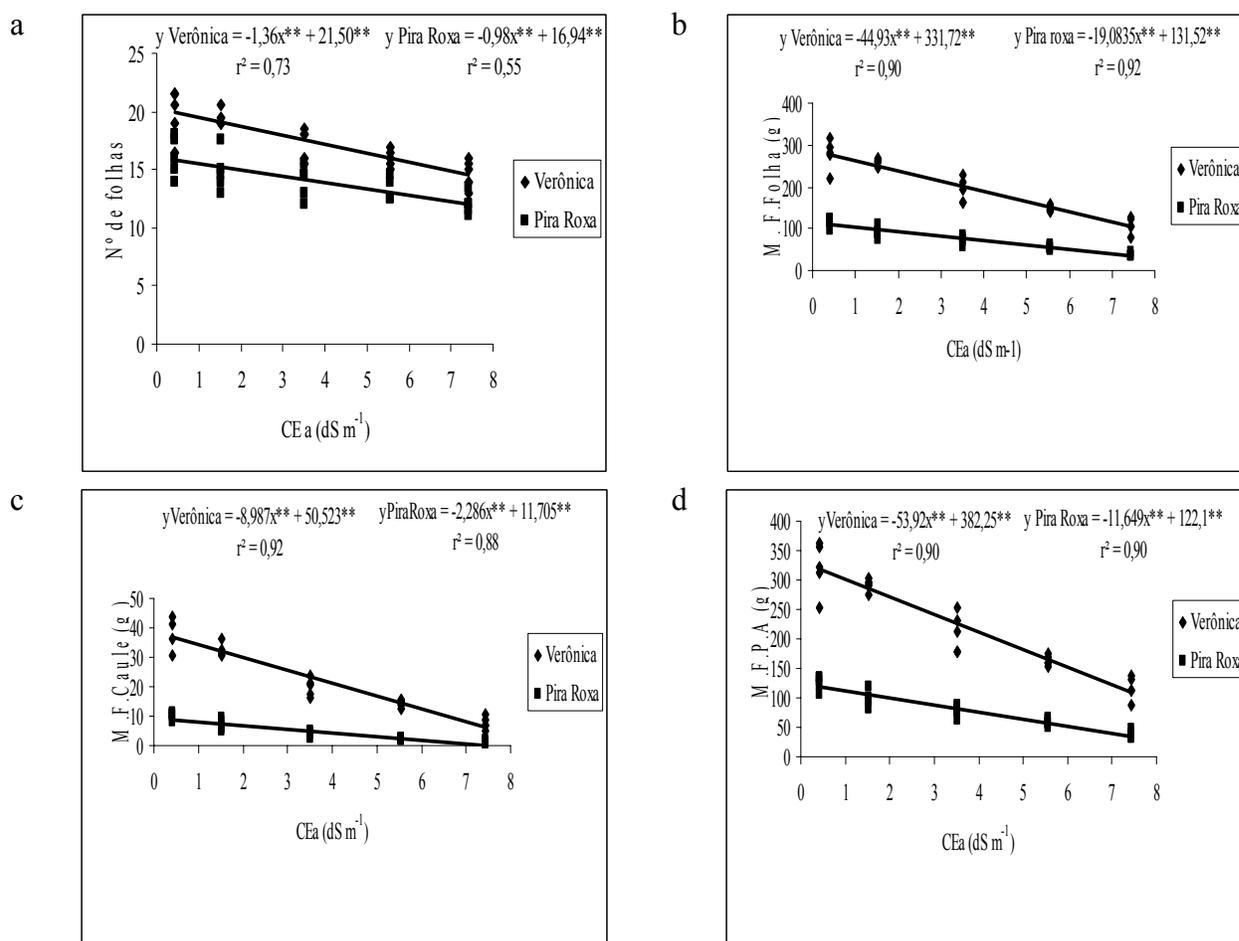
As concentrações de sais na água influenciaram significativamente os resultados das variáveis: número de folhas, massa fresca das folhas, caule e parte aérea. A variedade cultivada Verônica apresentou crescimento superior de 20%, 37,71%, 20,58%, 35,80% para o número de folhas, massa fresca das folhas, massa fresca do caule e massa fresca da parte aérea, respectivamente (Tabela 12).

Tabela 12 - Número de folhas, massa fresca das folhas, massa fresca do caule e massa fresca da parte aérea das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa cultivadas em hidroponia sob diferentes níveis de salinidade da água

Variedades cultivadas	N. de folhas	M.F.Folhas	M.F.Caule	M.F.Total
Verônica	17,42a*	196,93a	23,56a	220,49a
Pira Roxa	14,00b	74,27b	4,85b	79,12b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento da salinidade da água reduziu linearmente o número folhas, massa fresca das folhas, massa fresca do caule e massa fresca da parte aérea das variedades cultivadas em estudo (Figura 27a, 27b, 27c e 27d). Conforme os estudos de regressão, os decréscimos relativos a testemunha (água não salina) para cada incremento unitário de CEa das variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, respectivamente, foram de: 6,32% e 5,78% para o número de folhas; 13,56% e 14,51% massa fresca das folhas; 17,80% e 19,53% massa fresca do caule; 14,105% e 9,54% massa fresca da parte aérea.

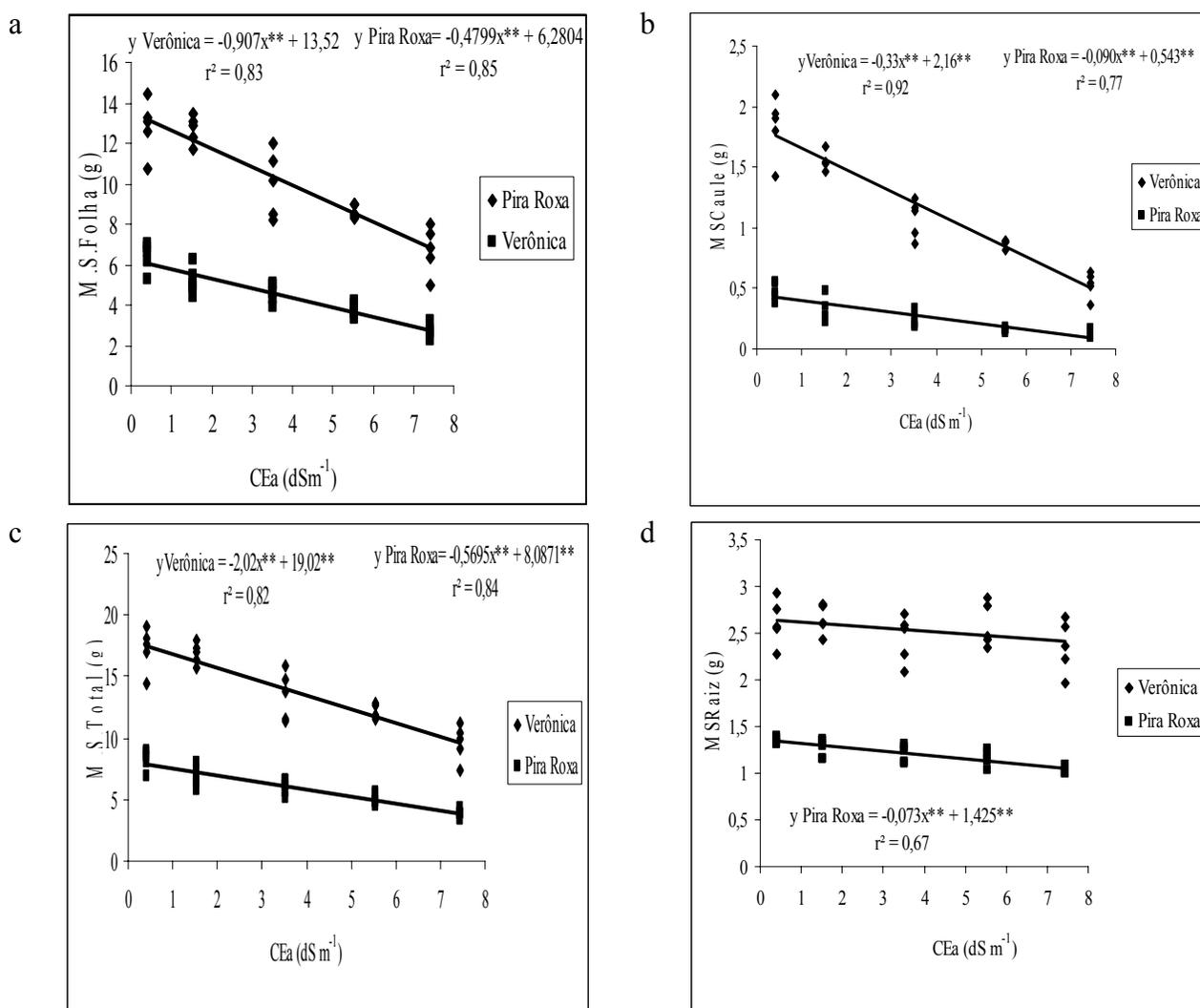


(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 27 - Número de folhas (a), massa fresca das folhas (b), massa fresca do caule (c), massa fresca da parte aérea (d) obtida em função de diferentes níveis de salinidade da água de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa. Piracicaba, 2008

O efeito da salinidade para a massa seca das folhas, caule e massa seca total, de acordo com os estudos de regressão, foi linear (Figura 28a, 28b, 28c). Os decréscimos relativos a água não salina (0,42 dS.m⁻¹) para cada incremento unitário de CE da água das variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, foram de: 11% e 12% massa seca folha; 15% e 16% massa seca caule; 11% e 7,04% massa seca total. Para a massa seca das raízes a redução para a cv. Pira Roxa foi de 5,12% enquanto para cv. Verônica não houve significância nas diferenças da variável analisada (Figura 27d).

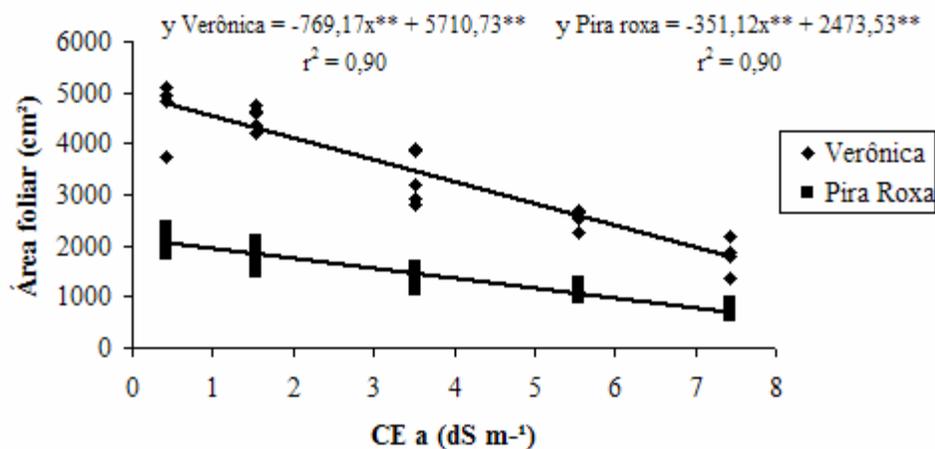
Essas declividades percentuais da massa da matéria fresca e seca representam efeito significativo da salinidade da água sobre a produção das alfaces cv. Verônica e Pira Roxa quando utilizadas águas salinas no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração. Trabalhando com a mesma variedade cultivada Verônica e também em sistema hidropônico NFT, mas com águas salinas utilizadas apenas na reposição do volume consumido, Soares (2007), reporta baixas declividades percentuais e moderado efeito da salinidade da água para massa de matéria fresca das folhas (2,34%), massa de matéria fresca do caule (4,3%), massa da matéria fresca da parte aérea (2,27%).



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente

Figura 28 - Massa seca das folhas (a), massa seca do caule (b), massa seca total (c) e massa seca das raízes (d) obtida em função de diferentes níveis de salinidade da água de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa

A área foliar da cv. Verônica foi de (3403,21 cm²) em relação à Pira Roxa (1420,17 cm²). Com relação à área foliar, observa-se por meio de análise de regressão, decréscimo linear na área foliar com o aumento da condutividade elétrica da água (Figura 29). O modelo estimado permite afirmar que o decréscimo na área foliar foi na ordem de 13,5% e 14,20% para Verônica e Pira Roxa, respectivamente, por incremento unitário da condutividade elétrica da água.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 29 - Área foliar de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função de diferentes níveis de salinidade da água

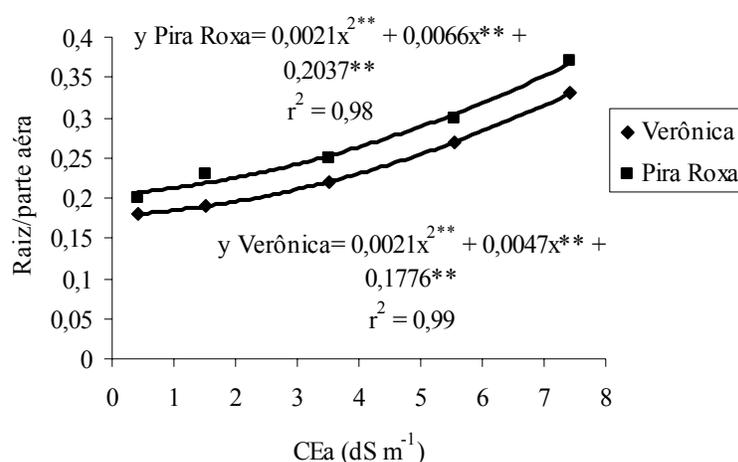
Rocha *et al.* (2000) avaliando o comportamento do melão submetido a condições de salinidade, observaram que a área foliar apresentou um decréscimo progressivo com o aumento da salinidade na água de irrigação.

Para Richards (1974), o efeito osmótico reduz a disponibilidade de água para a planta e compete para a adaptação ao estresse hídrico, com redução progressiva da superfície transpiratória, segundo os níveis de sais usados nos tratamentos. O fator de redução de área foliar também pode estar associado à redução no consumo hídrico pela cultura com o aumento dos níveis de salinidade, o que foi verificado nesse trabalho.

O efeito da salinidade da água sobre o crescimento da alface variedade cultivada Pira Roxa foi superior em relação a variedade cultivada Verônica. Além das características de cada variedade cultivada, em resposta aos níveis de salinidade, as condições climáticas que ditam o consumo de água, estão relacionadas com o potencial osmótico de cada variedade cultivada em

estudo. De acordo com Soares (2007) a resposta da planta à salinidade fica muito dependente das condições climáticas que ditam o consumo de água.

A salinidade da água afetou a relação raiz/parte aérea, com efeito quadrático para as variedades cultivadas analisadas (Figura 30). Em termos relativos, verifica-se que as relações raiz/parte aérea foram de 27% e 24% para a cv. Pira Roxa e Verônica, respectivamente. Os resultados da massa de matéria seca do sistema radicular denotam a redução dessa variável com o aumento da salinidade, o que condiz com o aumento da relação raiz/parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por Soares (2007).



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 30 - Relação raiz/parte aérea de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função de diferentes níveis de salinidade da água

Assim como a salinidade influenciou a massa da matéria fresca e seca das variedades cultivadas de alface, também se observou comportamento linear decrescente para a umidade de tecidos (Figura 31). A variedade cultivada Verônica resultou em maior teor de água (94,57%) que a Pira Roxa (93,63%). De acordo com Soares (2007) a massa da matéria fresca, pode estar mais influenciada pelo teor de água que pelo acúmulo de matéria seca. Sendo que, a medida que aumenta a salinidade da água, o teor de água na parte aérea diminui.

a previsão de produção mensal de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, tendo como convenção um pé de alface como produção máxima por planta.

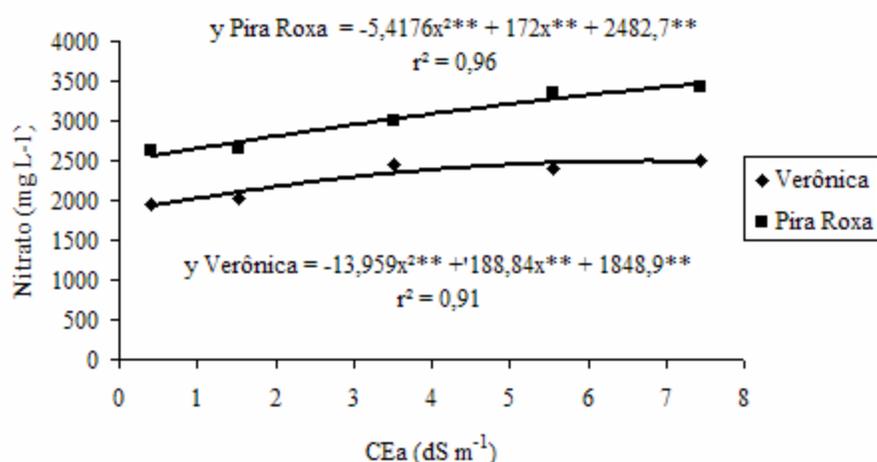
Utilizando água salina para o preparo da solução nutritiva e para a reposição do volume consumido: (i) volume de solução nutritiva fornecido por planta: 5 L; (ii) consumo de água doce por planta: 4,37 L; (iii) consumo de água salina por planta: 2,40 L; (iv) produção relativa (Pr): 36,08% (Verônica) e 30,08% (Pira Roxa); (v) número total de plantas: $\frac{20.000}{4,37}$ (4577 plantas); (vi) produção Verônica: 4577 plantas x 0,3608 (1651,38 pés.mês⁻¹) e (vii) produção Pira Roxa: 4577 plantas x 0,30 (1373,1 pés.mês⁻¹).

Utilizando água não salina para o preparo da solução nutritiva e para a reposição do volume consumido: (i) volume de solução nutritiva fornecido por planta: 2 L (conforme Soares, 2007); (ii) consumo de água por planta: 5,15 L; (iii) produção relativa (Pr): 100%; (iv) número total de plantas: $\frac{20.000}{(2 + 5,15)}$ (2.797 plantas); (v) produção: 2.797 plantas x 1,00 (2.797 pés.mês⁻¹).

A produção de alface variedade cultivada Verônica foi superior (17%) em relação à Pira Roxa. Comparando os dados da simulação com água salina e água não salina, a produção com água salina no nível mais alto de salinidade foi inferior (41% e 51%) para cv. Verônica e Pira Roxa, respectivamente.

2.4.3 Teor de nitrato

O teor de nitrato foi afetado pela salinidade da água da solução nutritiva, sendo quadrático o efeito dos estudos de regressão (Figura 32). O teor de nitrato foi superior em 25% para variedade cultivada Pira Roxa (3008 mg L⁻¹) em relação à cv. Verônica (2264 mg L⁻¹). Os menores níveis de nitrato (1960 mg.kg⁻¹ e 2620 mg.kg⁻¹ de massa de matéria fresca, de variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, respectivamente, foram relacionados à condutividade elétrica de 0,43 dS.m⁻¹. No nível de salinidade da água mais alto (7,43 dS.m⁻¹) o teor foliar de nitrato aumentou para 2500 mg.kg⁻¹ e 3420 mg.kg⁻¹ para as variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa. Os níveis mais elevados de salinidade apresentaram tendência de aumento de nitrato foliar.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 32 - Teor de nitrato de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água

Segundo Soares (2007) esses resultados podem ser explicados em função da alta taxa de produção de fitomassa nos tratamentos submetidos às menores CE. De acordo com Wright & Davison (1964) em algumas culturas, o teor de nitrato tem sido associado positivamente com o rendimento máximo.

Por outro lado, na literatura internacional, Miceli, Moncada e D`Ana (2003) em trabalhos com as variedades cultivadas de alface Ballerina e Severus em sistema hidropônico, constataram que aumentando a salinidade da solução nutritiva, com adição de NaCl, de 1,6 para 4,6 dS.m⁻¹ o teor de nitrato das folhas diminuiu de 2218 mg.kg⁻¹ para 1634 mg.kg⁻¹ de massa da matéria fresca.

A tendência de aumento dos teores de nitrato com os níveis mais elevados de salinidade podem ser explicados pelo ajuste osmótico, para que a planta consiga absorver água quando submetida a condições de baixo potencial total de água (CHUNG; JIN; CHO, 2005).

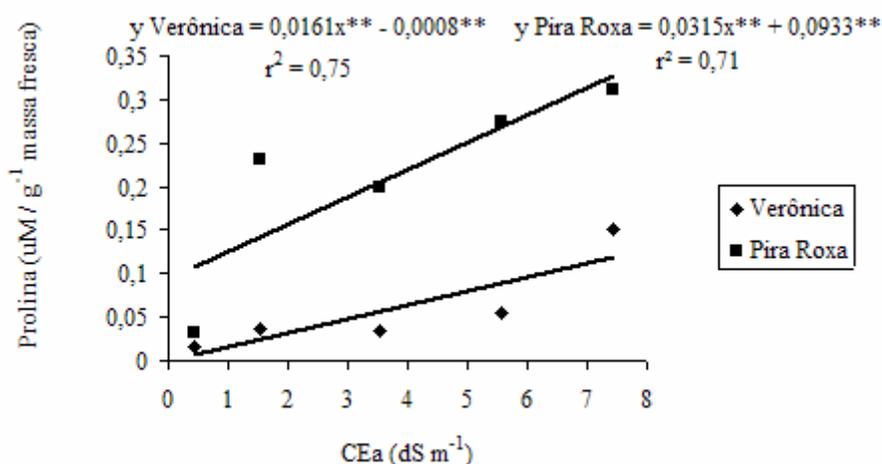
Os teores de nitrato obtidos encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela comunidade européia.

4.4 Teor de prolina

O efeito da salinidade da água foi significativo para o teor de prolina. O valor médio de prolina de alface variedade cultivada Pira Roxa foi 71,43% (0,21 μM.g massa fresca⁻¹) superior

em relação à Verônica ($0,06 \mu\text{M}\cdot\text{g}^{-1}$ massa fresca). O efeito da salinidade da água sobre o teor de prolina das variedades cultivadas de alface ajustou-se para o modelo linear (Figura 33).

Resultados semelhantes foram obtidos por Passos (2001) com plântulas de graviola (*Annona muricata* L.) e pinha (*Annona squamosa* L.) em hidroponia, com diferentes concentrações salinas, onde o autor cita que a presença de prolina nas folhas é um indicativo de estresse em ambas espécies submetidas aos tratamentos de maiores concentrações de NaCl (300 e 500 mM de NaCl). Rossi (1997) em trabalhos com plântulas de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca em recipientes contendo solução nutritiva completa Hoagland e Arnon, (1950), com os tratamentos de NaCl (15, 50 e 100 mM) verificaram acúmulo de prolina em função do aumento de salinidade.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 33 - Teor de prolina nas folhas de alface variedades cultivadas Pira Roxa e Verônica obtidos em função de diferentes níveis de salinidade da água

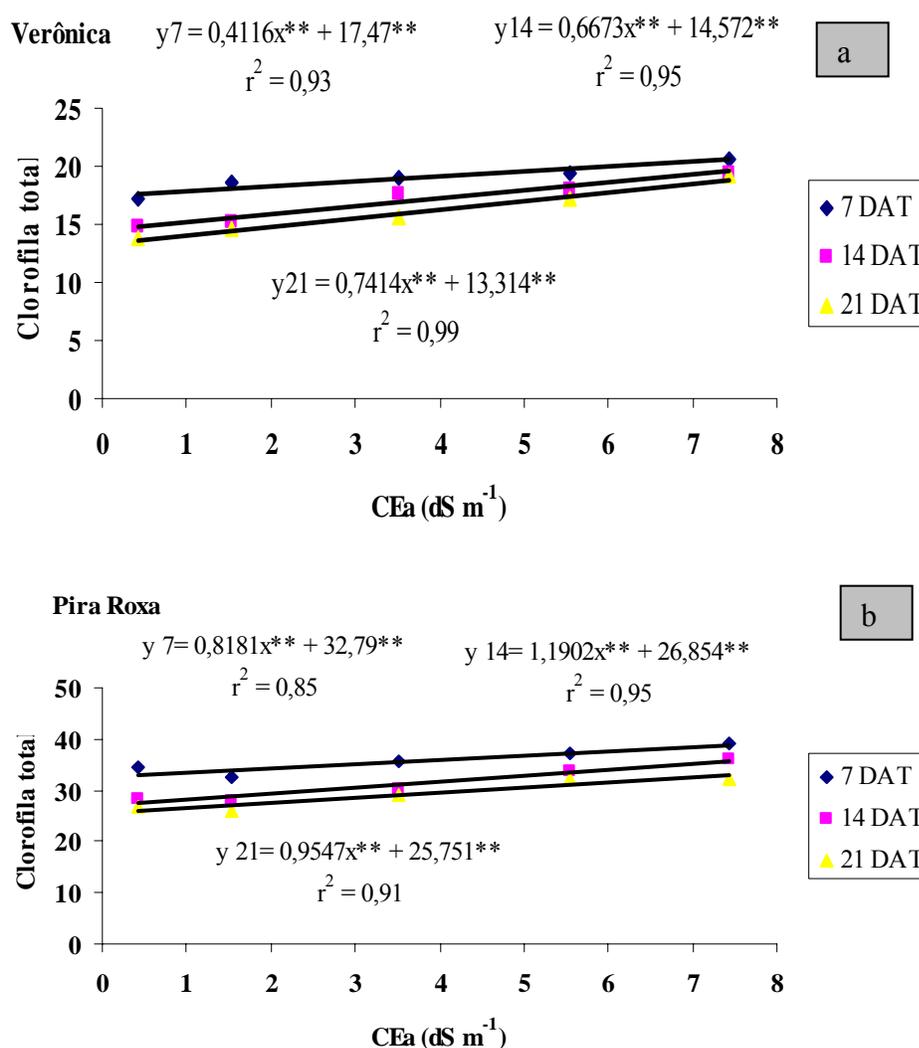
Flowers *et al.* (1977) verificaram que plantas halófitas ou glicófitas adaptam-se a altas concentrações salinas pela redução do potencial osmótico de suas células e tecidos, com o aumento da absorção de solutos, tais como Na e/ou Cl. De acordo com Levitt, 1980, em espécies menos tolerantes o crescimento pode ser inibido devido ao efeito tóxico provocado pelo acúmulo de solutos. Vários autores (TORELLO; RICE, 1986) argumentaram que o acúmulo de prolina ocorre em função do aumento da hidrólise de proteínas em situações de estresse salino ou como

resultado da conversão de açúcares na via do glutamato. Em algumas espécies, o acúmulo de prolina, aumenta em plantas submetidas a concentrações elevadas de NaCl, em comparação com as mantidas em meio não salino (CÂMARA et. al., 1998).

Nas condições em que o experimento foi desenvolvido, verificou-se acúmulo de prolina em função do aumento de salinidade e estes resultados demonstram que as variedades cultivadas de alface apresentam mecanismos de adaptação ao estresse provocado por NaCl.

2.4.5 Teor de clorofila

As concentrações de sais na água influenciaram significativamente os resultados da variável clorofila aos 7, 14 e 21 dias após o transplântio (DAT). A figura 34a e 34b apresentam os resultados de clorofila de alface cv. Verônica e Pira Roxa, concluindo-se por meio de análise de regressão que o efeito foi linear crescente. O modelo estimado permite afirmar-se, que o acréscimo na clorofila das plantas de cv. Verônica e Pira Roxa, respectivamente, foi da ordem de 2,35% e 2,49; 4,58% e 4,43%; 5,57% e 3,70% para 7, 14 e 21 DAT, por incremento unitário na condutividade elétrica. O teor de clorofila nas plantas mostra o comportamento da sensibilidade da alface aos níveis de salinidade provocados pela adição de NaCl na água durante as fases de crescimento.



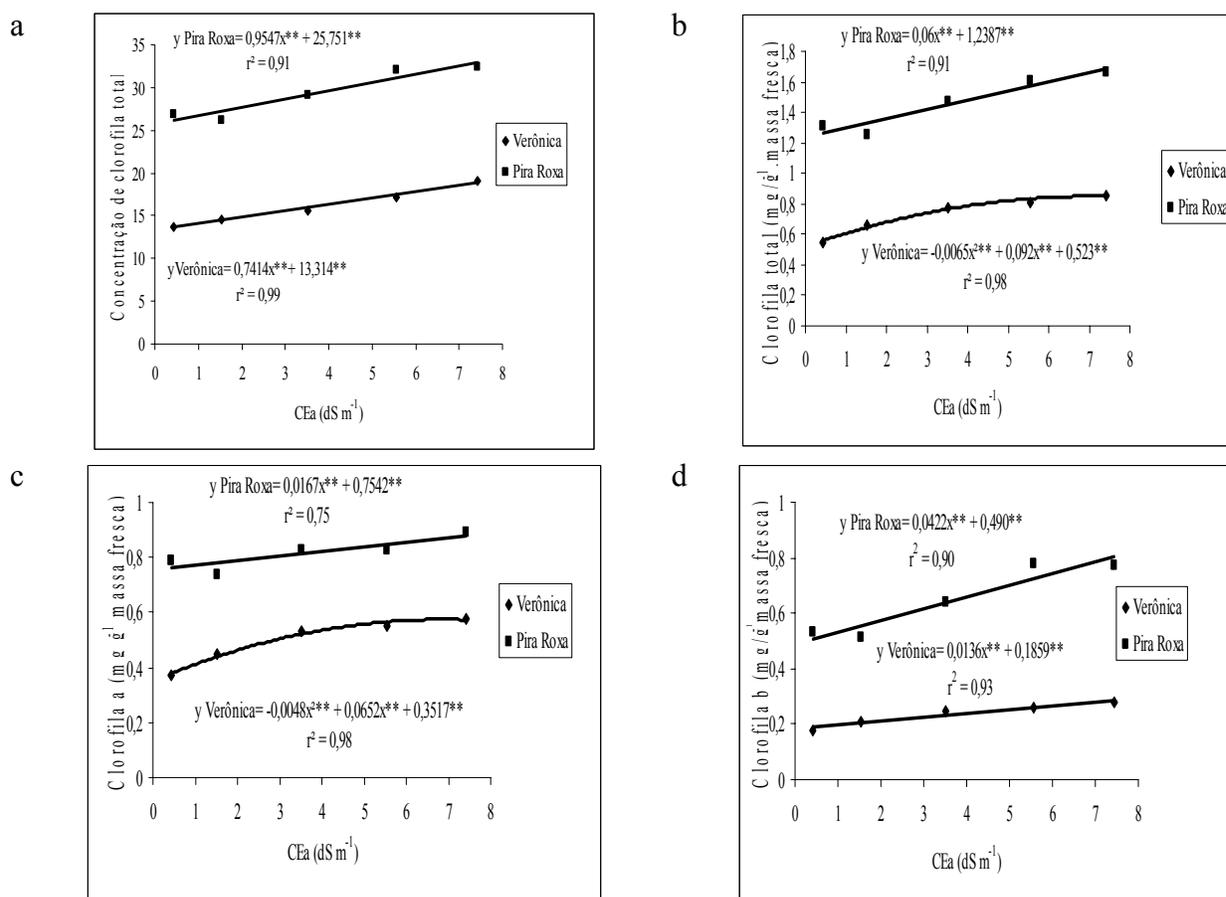
(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 34 – Teor de clorofila total (SPAD) de alface cv. Verônica (a) e cv Pira Roxa (b) em função da salinidade da água

Na colheita, também, o efeito da salinidade da água foi significativa ($p < 0,01$) para a variável teor de clorofila. A concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total pelo método extrativo e pelo método Spad apresentaram efeito linear para as variedades cultivadas em estudo (Figura 35a, 35b, 35c e 35d). O teor de clorofila total foi superior na cv. Pira Roxa (29,27 unidades Spad e $1,46 \text{ mg.g}^{-1}$.massa fresca) em relação à cv. Verônica (16,05 unidades Spad e $0,73 \text{ mg.g}^{-1}$.massa fresca). Os teores de clorofila da variedade cultivada Pira Roxa podem ser devido à cor e a intensidade vermelha da folha que apresenta variação com o teor de clorofila e

antocianina, substância que confere cor vermelha, que ao se misturar com o tom verde da clorofila, resulta na cor roxa.

Os resultados do teor de clorofila nos níveis de salinidade mais elevados nas variedades cultivadas de alface, estão de acordo com a classificação de Rodrigues (2002) que considera a alface como tolerante a salinidade. Segundo Munns (1993) o teor de clorofila, em espécies tolerantes, aumenta com os níveis de salinidade mais elevados. Já Jamil et al. (2007) analisando o estresse salino na cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.) com adição de NaCl na solução nutritiva, verificaram que os níveis de salinidade 9,4 e 14,1 dS.m⁻¹ reduziram o teor de clorofila a e b.



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 35 - Concentrações de clorofila total - SPAD (a) e extrato (b), clorofila a (e), clorofila b (f) de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água

4.5 Análise da água da solução nutritiva

De acordo com a análise da água da solução nutritiva durante o cultivo das variedades cultivadas de alface, pode-se observar que, nos níveis de salinidade mais elevados os nutrientes potássio, fósforo, cálcio e magnésio foram absorvidos em menor quantidade em relação à água não salina, onde os nutrientes foram diminuindo, de forma gradativa, conforme a absorção da alface durante o cultivo (Tabela 14).

O teor de cloreto aumentou até os 14 DAT nas plantas de alface cultivadas com águas salinas e na fase final do ciclo essa concentração diminuiu (Tabela 14).

Tabela 14-Concentração de nutrientes da água (mg L^{-1}) da solução nutritiva utilizada durante o cultivo das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa nos diferentes níveis de salinidade da água.

CEa										
DAT	(dS.m^{-1})	Trat	Cl	SO_4^-	P	N-NH ₃	Na	K	Ca	Mg
7	0,42	Teste	57,7	198,7	23,4	10,09	80	120	112,2	31,3
7	1,53	T ₁	486,7	208,7	23,9	8,01	279	116	110,2	31,1
7	3,52	T ₃	1261,8	198,7	25,8	7,62	510	114	107,6	27,4
7	5,55	T ₅	2162,3	188,8	24,6	9,24	672	126	117,6	29,8
7	7,43	T ₇	4631,2	198,7	23,8	8,23	728	128	121,4	30,7
14	0,42	Teste	56,8	242,2	14,2	0,06	100	63	102,1	26
14	1,53	T ₁	634,7	210,6	22,4	0,06	450	56	104,1	27,2
14	3,52	T ₃	1761,1	231,7	18,8	0,06	1020	92	108,6	27,5
14	5,55	T ₅	2663,5	231,7	18,8	0,06	1525	99	112,8	28,2
14	7,43	T ₇	3748,3	221,1	18,2	0,06	2150	111	112,6	28,2
21	0,42	Teste	56,8	244,7	13,4	0,06	100	19	129,2	26,8
21	1,53	T ₁	611,5	222,4	14,8	0,06	445	40	118,8	27
21	3,52	T ₃	1663,4	244,7	18,6	0,06	1200	65	131,4	28,9
21	5,55	T ₅	2696,6	255,8	21,4	0,06	1800	82	139,2	29,7
21	7,43	T ₇	3459,8	244,7	23	0,06	2250	100	135	31

Já para o sódio, a concentração aumentou nos níveis de salinidade de água. A redução da absorção de cloreto pelas plantas de alface pode significar um mecanismo de defesa da planta ao estresse salino. Segundo Taiz e Zeiger (2004) a absorção de sais pelas plantas depende em parte da capacidade das raízes de impedir que íons potencialmente prejudiciais alcancem as partes aéreas. Os íons de sódio penetram nas raízes passivamente de modo que as células das raízes devem usar energia para expelir Na^+ ativamente de volta para a solução externa. Em contraste, Cl^- é expelido pelo potencial elétrico negativo através da membrana celular e baixa permeabilidade das membranas plasmáticas da raiz para este íon.

Durante o período de cultivo não foram observados sintomas visuais de deficiência nutricional e toxicidade por sódio (Figura 36a e 36b). Nos níveis de salinidade mais elevados (T_5 e T_7) observou-se nanismo, o que resultou na redução do crescimento e as folhas coriáceas com coloração verde e roxa mais intensa nas variedades cultivadas de alface (Figura 36 c e 36d). Soares (2007) em trabalhos com alface Verônica relata que plantas submetidas aos níveis de salinidade mais elevados ($9,08 \text{ dS.m}^{-1}$) apresentaram coloração verde escura, o que concorda com os sintomas observados no trabalho desenvolvido com a mesma variedade cultivada.

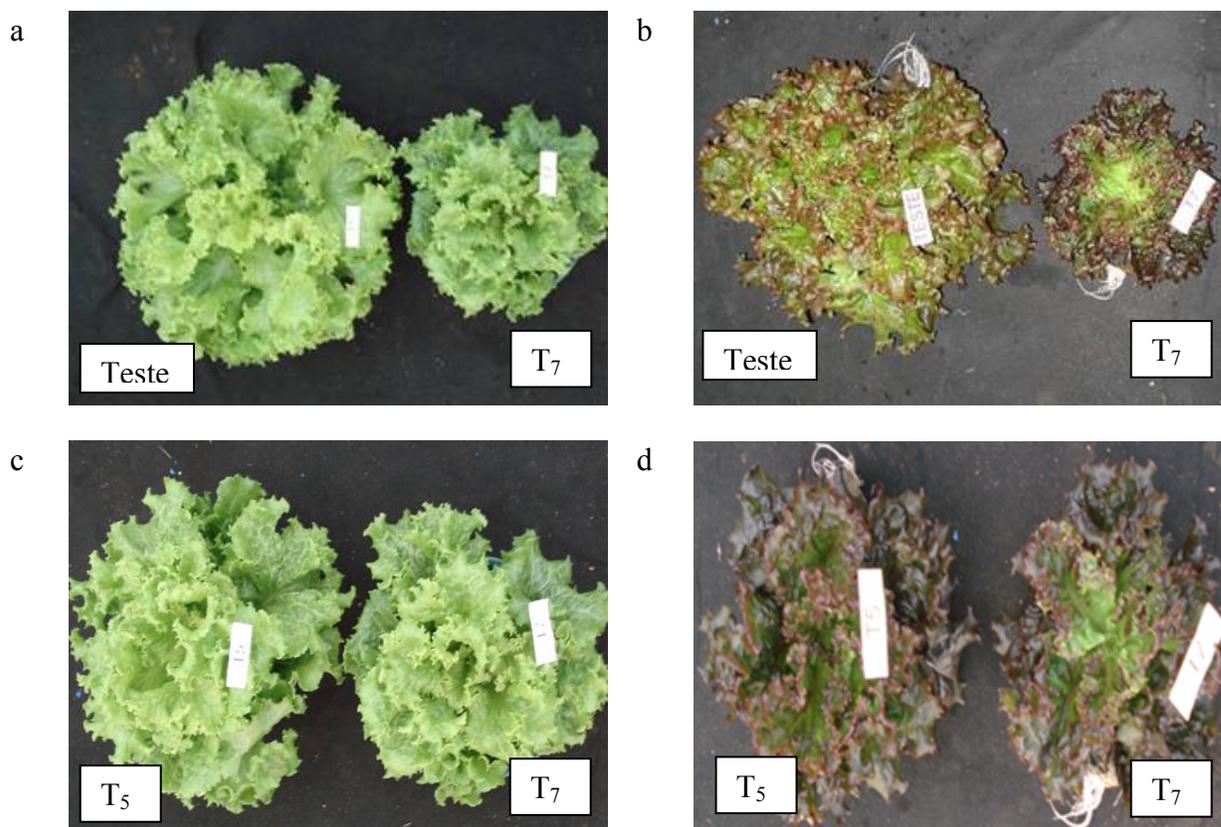


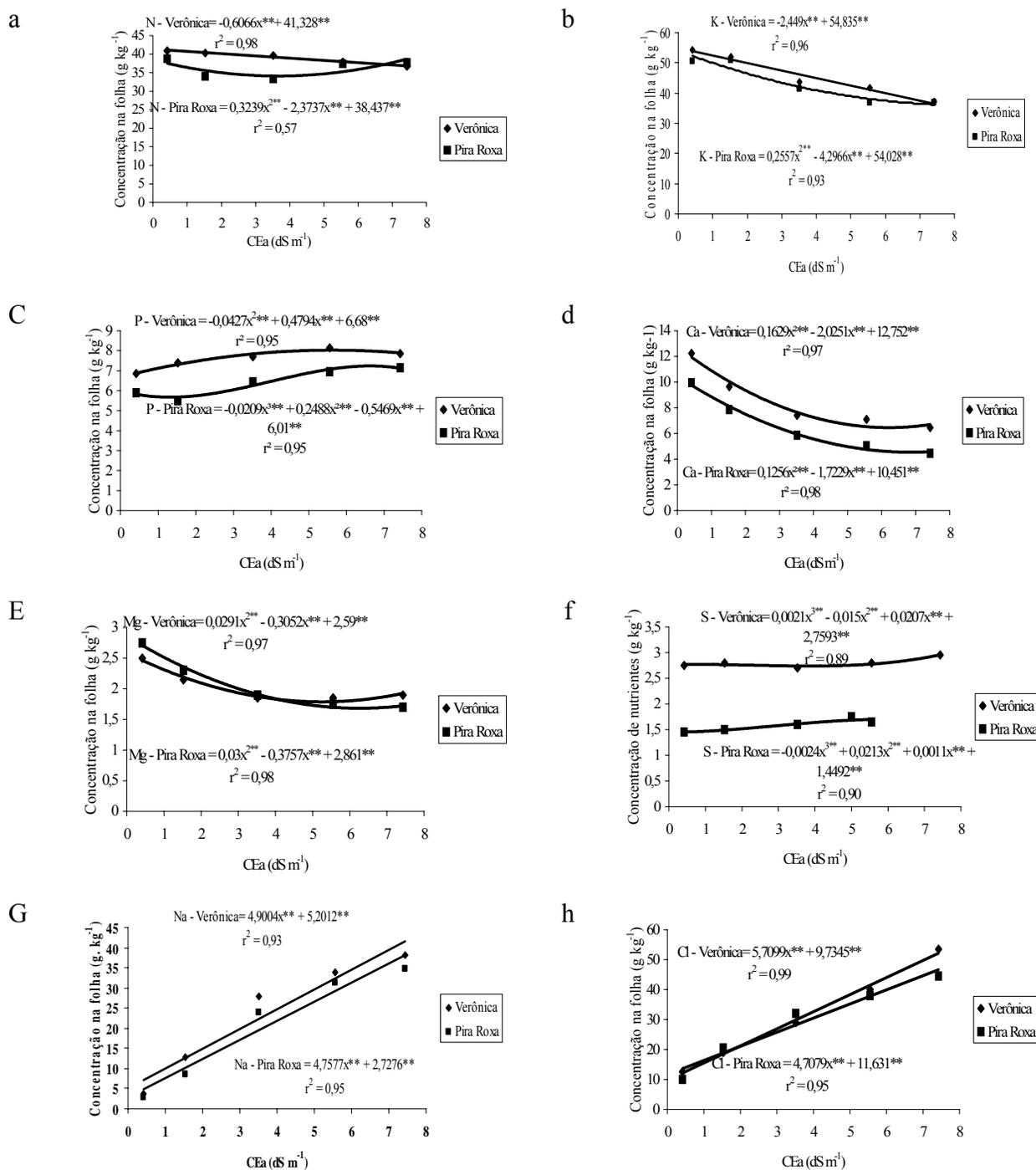
Figura 36 - Diferenças visuais entre plantas de alface variedades cultivadas Verônica (a) e Pira Roxa (b) produzidas com utilização de água não salina e o nível mais elevado da salinidade da água ($7,43 \text{ dS.m}^{-1}$). Comparação visual entre os níveis mais elevados de salinidade ($5,55$ e $7,43 \text{ dS.m}^{-1}$) nas variedades cultivadas de alface Verônica (c) e Pira Roxa (d) produzidas em função da salinidade água

4.6 Teor de nutrientes

Os teores de nutrientes, na folhas, foram superiores na cv. Verônica, sendo a concentração na ordem decrescente (g.kg^{-1}): 46 de K, 39,01 de N, 8,57 de Ca, 7,59 de P, 2,80 de S.

Através da concentração de nutrientes nas folhas verificou-se que o aumento da salinidade da água resultou na redução dos teores foliares de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio para as variedades cultivadas avaliadas (Figura 37a, 37b, 37c e 37e). Já os teores de fósforo diminuíram com o aumento da salinidade até a salinidade moderada ($5,5 \text{ dS.m}^{-1}$), posteriormente aumentando com os níveis de salinidade da água (Figura 37c). Os teores de enxofre aumentaram com os

níveis de salinidade da água (Figura 37f). Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com Soares (2007).



(ns), (*), (**) representam não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Figura 37 - Concentração de nutrientes (g.kg^{-1}): N (a), P (b), K (c), Ca (d), Mg (e), S (f), Na (g) e Cl (h) das folhas de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa em função da salinidade da água

Para os teores de sódio e cloreto, o aumento foi linear para ambas as variedades cultivadas em estudo (Figura 34g e 34h). Apesar do acúmulo de sódio e cloreto terem sido superiores na cv. Verônica ($23,28 \text{ g.kg}^{-1}$ e $30,80 \text{ g.kg}^{-1}$, respectivamente, em relação à variedade cultivada Pira Roxa, que foi de $20,28 \text{ g.kg}^{-1}$ e 29 g.kg^{-1} , a produção de massa fresca da variedade cultivada Verônica foi superior em 35,80%.

A análise das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre na parte aérea das plantas de alface demonstra que todos os nutrientes estavam dentro das faixas de concentrações adequadas de macronutrientes para a cultura da alface, estabelecidos por Raij (1996) e Koefender (1996) em trabalhos com avaliação do desenvolvimento das plantas de alface, cv. Verônica, em diferentes manejos da solução nutritiva.

Segundo Cramer et al. (1991) altas concentrações de Na^+ podem inibir a absorção de K^+ e Ca^{++} , interferindo no crescimento, por meio de competição pelos sítios de absorção a nível de membrana Epstein e Bloom (2006) e Lazof e Lauchi (1991) informam que a salinidade por NaCl tem resultado no acréscimo de Cl e Na em plantas de alface e decréscimo da concentração de Ca, K e PO_4 .

Apesar dos acúmulos relativos de Cl e Na nas folhas de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa terem sido altos (Tabela 15). Por outro lado, observou-se que a extração por planta, apresenta baixa exportação de sais na folhas, o que condiz com a diminuição do acúmulo de massa seca (Tabela 16).

Os resultados de análise foliar e exportação de sais pelas folhas estão de acordo com os resultados obtidos por Soares (2007). Segundo o autor, a alface não exporta em teores significativos a quantidade de sais incorporados com o uso de águas salinas. Se for o caso de cultivos sucessivos, pensando em reaproveitar os nutrientes, os íons tóxicos acumulados na solução nutritiva se tornam um complicador. Nesse sentido, com a finalidade de reaproveitamento dos nutrientes do efluente de produção da alface com águas salinas, Soares (2007) sugere buscar irrigar outras culturas.

Tabela 15 - Teores foliares de Cl e Na em base de massa de matéria seca e seu aumento percentual das variedades cultivadas de alface Verônica e Pira Roxa de acordo com a salinidade da água.

Trat.	Cl	Cl	Na	Na	Cl	Cl (%)	Na	Na (%)
	(g.kg ⁻¹) Verônica	(g.kg ⁻¹) Pira Roxa	(g.kg ⁻¹) Verônica	(g.kg ⁻¹) Pira Roxa	(%) Verônica	Pira Roxa	(%) Verônica	Pira Roxa
Teste	12,5	10	3,75	2,85	0	0	0	0
T ₁	19	20,5	12,75	8,55	52	105	240	200
T ₃	29	32	27,9	24	132	220	644	742,10
T ₅	40	38	33,9	31,2	220	280	804	994,74
T ₇	53,5	44,5	38,1	34,8	328	345	916	1121,1

Tabela 16-Acúmulo foliar de Cl e Na por planta de alface variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa com a salinidade da água.

Trat.	Cl	Cl	Na	Na	MSPA	MSPA
	(g.planta ⁻¹) Verônica	(g.planta ⁻¹) Pira Roxa	(g.planta ⁻¹) Verônica	(g.planta ⁻¹) Pira Roxa	(g.planta ⁻¹) Verônica	(g.planta ⁻¹) Pira Roxa
Testemunha	0,22	0,08	0,06	0,02	17,30	8,20
T ₁	0,32	0,14	0,22	0,06	16,87	6,81
T ₃	0,39	0,19	0,38	0,14	13,50	6,01
T ₅	0,48	0,19	0,41	0,16	12,09	5,06
T ₇	0,52	0,17	0,37	0,13	9,63	3,86

De acordo com os resultados da análise foliar, o consumidor que adquirir uma planta do nível mais alto de salinidade - T₇ (7,43 dS.m⁻¹), supondo-se 17g e 9g de massa de matéria seca ou 321 g e 125g de massa de matéria fresca da cv. Verônica e Pira Roxa, respectivamente, ele estará ingerindo de Na (g) 0,65 e 0,31 e de Cl (g) 0,93 e 0,40 para as variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa, respectivamente. Com relação ao limite recomendável de 6g NaCl por dia, de acordo com Kaplan (2000), as quantidades de sal acumuladas nas variedades cultivadas de alface, nas condições em que o experimento foi desenvolvido, não apresentam restrições à saúde dos consumidores com relação ao aspecto de concentração de sal.

5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, conclui-se que: (i) a tolerância à salinidade da alface variedade cultivada Verônica foi maior que a variedade cultivada Pira Roxa; (ii) com relação à produtividade comercial, obteve-se uma perda de 69% e 64% para as variedades cultivadas Pira Roxa e Verônica, quando se utilizou água mais salina ($7,43 \text{ dS.m}^{-1}$); (iii) os níveis mais elevados de salinidade apresentaram tendência de aumento de nitrato nas folhas. Sendo o maior teor de nitrato encontrado na alface variedade cultivada Verônica (3420 mg.kg^{-1}) em relação à variedade cultivada Pira Roxa (2500 mg.kg^{-1}). Os teores de nitrato obtidos encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela comunidade européia; (iv) não se observou nas variedades cultivadas de alface além do nanismo, sintomas visuais de deficiência nutricional e toxidez por sódio. Toda produção foi considerada adequada para comercialização; (v) pela análise sensorial, observou-se que a alface Verônica produzida nos diferentes níveis de salinidade não apresentou diferenças sensoriais e obteve boa aceitação de mercado pelos avaliadores. Plantas de alface submetidas aos níveis crescentes de salinidade foram menos tenras, exibindo folhas mais coriáceas; (vi) os teores de sódio e cloreto encontrados na folhas de alface das variedades cultivadas Verônica e Pira Roxa não apresentam restrições à saúde dos consumidores com relação ao aspecto de concentração de sal e estão de acordo com o limite recomendado por Kaplan (2000) e (vii) há possibilidade do uso da água salina em regiões semi-áridas (em sistema de cultivo NFT) onde se tem escassez de água não salina, sendo o uso da água salina alternativa de renda e também a possibilidade de outros sistemas de cultivo para as regiões com escassez de água.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L.; WITTER, M.H.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T.; BORTOLOTTI, O.C. Growth and yield of lettuce plants under salinity. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 931-934, 2005.
- ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo hidropônico de alface**. Brasília: SENAR, 1999. 136p.
- AWANG, Y.B.; ATHERTON, J.G. Salinity and shading effects on leaf water relation and ionic composition of strawberry plants grown on rockwool. **Journal Horticultural Science**. v. 69, p. 377-383, 1994.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros e F.A.V. Damasceno. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 205-207, 1973.

BENOIT, F. **Practical guide for simple culture techniques**. Sint-Katelijne-Water: European Vegetable R & D Centre, 1992. 72 p.

BINZEL, M.L.; HASEGAWA, P.M.; HANDA, A.K.; BRESSAN, R.A. Adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiology**, Rockville, v. 79, p. 118-125, 1985.

BLISKA JÚNIOR, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha tecnológica: hidroponia**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 1996. 51 p.

BLOM ZANDSTRA, M.; LAMPE, J.E.M. The effect of chloride and sulphate salts on the nitrate content in lettuce plants (*Lactuca sativa* L.). **Journal Plant Nutrition**, New York, v. 6, p. 611-628, 1983.

BRANCO, R.B.F. **Avaliação de variedades cultivadas e épocas de cultivo de alface nas condições de solo e hidroponia, em ambiente protegido**. 2001. 80 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Jaboticabal, 2001.

BRUNINI, O. Temperatura-base para alface variedade cultivada “white boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p. 213-219, 1976.

CÂMARA, T.R. et al. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 153-156, 1998.

CHUNG, J.-B.; JIN, S.-J.; CHO, H.-J. Low water potential in saline soils enhances nitrate accumulation of lettuce. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 36, n.13/14, p. 1773-1785. 2005.

- CONTI, J.H. **Caracterização de variedades cultivadas de alface (*Lactuca sativa* L.) adaptadas aos cultivos de inverno e verão**. 1994. 103 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) -Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- COOPER, A. **The ABC of NFT**. Narrabeen: Casper, 1996. 171 p.
- COSTA, C.P.; SALA, F.C. A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, 2005. (artigo de capa).
- COSTA, C.P.; SALA, F.C. Uma salada mais atraente e nutritiva. *Jornal da USP*. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/news/>>. Acesso em: 26 de nov. 2007.
- CRAMER, G.R.; EPSTEIN, E.; LAÜCHLI, A. Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. II. Elemental analysis. **Physiologia Plantarum**, Kobenhavn, v. 81, p. 197-202, 1991.
- CUSHMAN, J.C.; De ROCHER, E.J.; BOHNERT, H.J. Gene expression during adaptation to salt stress. In: KATTERMAN, F (Ed.). **Environmental Injury to Plants**. New York: Academic Press, 1990. p. 173 - 203.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de M.E.T. Nunes. 2.ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.
- EPSTEIN, E.; NORLYN, J.D; RUSH, D.W.; KINGSBURY, R.W.; KELLEY, D.B.; CUNNINGHAM, G.A.; WRONA, A.E. Saline culture of plants: a genetic approach. **Science**, Washington, v. 210, n. 4468, p. 399-404, 1980.
- ESSA, T.A. Effect of salinity stress on growth and nutrient composition of three soybean (*Glycine max* L. Merril) variedades cultivadas. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 188, n.2, p. 86-93, 2002.
- FAQUIN, V., FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, set./dez. 1999.

- FERREIRA, P.A.; GARCIA, G.O.; SANTOS, D.B.; OLIVEIRA, F.G. Uso de água salina na agricultura. In: WORKSHOP 'USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR', 1., 2005, Campina Grande. **Transcrição das palestras...** Campina Grande: UFCG; UEPB, 2005. 1 CD-ROM.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- FLOWERS, T.J.; TROKE, P.F.; YEO, A.R. The mechanism of salt tolerance in halophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, v. 28, p. 89-121, 1977.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO AGRIANUAL **Agrianual 2000: anuário estatístico da agricultura brasileira.** São Paulo, 2000.
- FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO AGRIANUAL **Agrianual 2000: anuário estatístico da agricultura brasileira.** São Paulo, 2006.
- FURLANI, PR. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica hidroponia NFT.** Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30 p. (Boletim técnico 168).
- GARCÍA LEGAZ, M. F.; ORTIZ, J. M.; GARCÍA-LINDON, A. G.; CERDÁ, A. Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different roots stocks. **Physiology Plant**, Rockville, n. 89, p. 427-432, 1993.
- GOTO, R. A cultura da alface. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: FUNESP, 1998. p. 137-159.
- GOUDRIAAN, J.; LAAR, H.H. van **Modelling potential crop growth processes: textbook with exercises.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. 238 p. (Current Issues in Production Ecology, 2).
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 31, p. 149-190, 1980.

HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Análise de crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes lâminas de água aplicadas através da irrigação. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 21, p. 62-65, 1996.

JAMIL, M. Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content radish. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 111-118, mar/abril, 2007.

JONES, Jr. J.B. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 5, n. 8, p. 1003-1030, 1982.

KAPLAN, N. M. The dietary guideline for sodium: should we shake it up? No. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v. 71, n. 6, p. 1020-1026, 2000.

KOEFENDER, V.N. **Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução**. 1996. 85 p. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

KURBAN, H.; SANEOKA, H.; NEHIRA, K.; ADILLA, R.; PREMACHANDRA, G.S.; FUGITA, K. Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb). **Soil Science Plant Nutrition**, Tokyo, n. 45, p. 851-862, 1999.

LACERDA, C.F. de. **Crescimento e acúmulo de solutos orgânicos e inorgânicos em dois genótipos de sorgo forrageiro submetidos a estresse salino**. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2004. 531 p.

LAUCHI, A.; EPSTEIN, E. Plant responses to saline and sodic conditions. In: TANIJ, K.K. (Ed.). **Agricultural salinity assessment and management-Manuals and reports on engineering practice**. New York: American Society of Civil Engineering. 1980. p. 113-117.

LAZOF, D.; LAUCHLI, A. The nutritional status of the apical meristem of *Lactuca sativa* as affected by NaCl salinization: an electrode-probe microanalytic study. **Planta**, Berlin, n. 184, p. 334-342, 1991.

LEE, D.W.; BRAMMEIER, S.; SMITH, A.P. The selective advantages of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**. Washington, v. 19, n. 1, p. 40-49, 1987.

LEVITT, J. **Responses of plants to environmental stress**. New York: Academic Press, v. 2, p. 25-280, 1980.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. Campina Grande: UFPB, 1997, lo e na planta. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 4 p. 113-136.

LOPES, S.J. **Modelos referentes à produção de sementes de alface sob hidroponia**. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MAAS, E.V.; HOFFMAN, G.J. Crop salt tolerance-current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 103, n. IR 2, p. 115-134, 1997.

MACHADO, E.C., PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através das funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, n. 17, p. 825-833, 1982.

MAGALHÃES, A.C. N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v.1 p.331-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 201 p.

MATTHEIS, J.P.; FELLMAN, J.K. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam v.15, p. 227-232, 1999.

MAYNARD, D.N.; BARKER, A.V.; MINOTTI, P. L.; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, New York, v. 28, p. 71- 118, 1976.

McCALL, D.; WILLUMSEN. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**. Alexandria, v. 73, n. 5, p. 698-703, 1998.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 2nd. ed. Boca Raton: CRC Press, 1988. 281 p.

MICELI, A.; MONCADA, A.; D'ANNA, F. Effect of salt stress in lettuce cultivation. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 609, p. 371-375, 2003.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osak, 1989. 22p.

MORAN, R. Formulae for determination of Chlorophyllous pigments extracted with N,N'-dimethyl formamide. **Plant Physiology**, Rockville, v. 69, p. 1376-1381, 1982.

MULLER, A.G. **Comportamento térmico do solo e do ar em alface em diferentes tipos de cobertura do solo**. Dissertação (Mestrado em Horticultura)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypothese. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 16, p. 15-24, 1993.

MUNNS, R.; TERMAAT, A. Whole-plant responses to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourn, v. 13, p. 143-160, 1986.

NAGAI, H. Obtenção de novos cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor. II-Brasil 303 e 311. **Revista de Olericultura**, São Paulo, v.18, p.14-21, 1980.

OHSE, S. **Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina C em alface sob hidroponia**. 1999. 103p. Dissertação (Doutorado em Fitotecnia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1999.

OHSE, S.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S. dos. Qualidade de variedades cultivadas de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.1, p. 181-185, jan./mar. 2001.

OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB, 1997. cap. 1, p. 319-362.

PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface, *Lactuca sativa* L., sob diferentes condições de iluminação**. 1986. 129 p. Dissertação (Mestrado em Horticultura)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1986.

PARDOSSI, A.; BAGNOLI, G.; MALORGIO, F.; CAMPIOTTI, C.A.; TOGNONI, F. NaCl effects on celery (*Apium graveolens* L.) grown in NFT. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 81, n. 3, p. 229-242, 1999.

PASTERNAK, D.; DE MALACH, Y.; BOROVIC, I.; SHRAM, M.; AVIRAM, C. Irrigation with brackish water under desert conditions. IV. Salt tolerance studies with lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 11, n. 3/4, p. 303-311, 1986.

PASSOS, V.M. **Alterações fisiológicas e anatômicas em plântulas de *Annona muricata* L. (graviola) e *Annona squamosa* L. (pinha) submetidas a estresse salino**. 2001. 53p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2001.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).

PEREZ, S.C.J.G. de A.; MORAES, J.A.P.V. de; Estresse salino no processo germinativo de algarobeira e atenuação de seus efeitos pelo uso de reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 29. n. 3. p. 389-396, mar. 1994.

PESSARAKLI, M.; SZABOLCS, I. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. 2nd ed. New York: Dekker, 1999. cap. 1 p. 1-15.

PETERSEN, K.K.; WILLUMSEM, J.; KAACK, K. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. **Journal Horticulturae Science**. v. 78, p. 205-215, 1998.

RAIJ, B. Van. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo (Boletim 100)**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996.

RESH, H.M. **Hydroponic food production**: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. 5th ed. California: Woodbridge Press, 1995. 527 p.

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa e J.E. Queiroz. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 48).

RICHARDS, L.A.; **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sódicos**. DAEUA. México. Editorial Limusa, 1974. 172p.

ROBINSON, R.W.; McGREIT, J.D.; RYDER, J.E. The genes of lettuce and closely related species. In: JANICK, J. (Ed.). **Plant breeding reviews**. Westport: AVI, 1983. v.1 397 p.

ROCHA, D. G. F.; HOLANDA, J. S.; MEDEIROS, J.F.; ALENCAR, R. D.; PORTO FILHO, F. Q.; ROCHA, A. A. Comportamento de variedades cultivadas de melão pele de sapo submetidas às condições de salinidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBF, 2000, 1 CD-ROM.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

ROMERO ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. **Plant Science**, Amsterdam, n. 160, p. 265-272.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. "PIRAROXIA": Variedade cultivada de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p. 158-159, jan.-mar.2005.

SANTOS, O.S. (Ed) **Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000. 160p.

SCHWARZ, M. **Guide to commercial hydroponics**. Jerusalem: Israel Universities Press, 1968. 148 p.

SENTELHAS, P.C. **Estimativa diária de evapotranspiração de referência com dados de estação meteorológica convencional e automática**. 1998. 97 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.78, p. 5-38, 1999.

SILVA, E.L.; MARTINEZ, L.F.; YITAYEW, M. Relação entre coeficientes de cultura e grau de desenvolvimento da alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.17, n.2, p. 134-142, 1999.

SILVA, J. V. **Efeitos do CaCl₂ no crescimento e acumulação e osmorreguladores em plantas de feijão-de-corda cv. Pitiúba estressadas em NaCl**. 1998. 103p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Universidade Federal do Ceará, 1998.

SOARES, T.M. **Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT com alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro**. 2007. 267 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

STRANTHMANN, H. Electrodialytic membrane processes and their practical applications. **Environmental Oriented Electrochemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 505-523. (Studies in Environmental Science, 59).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Tradução de E. R. Santarém et al. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAS, G.; PAPADANDONAKIS, N.; SAVVAS, D. Responses of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. longifolia) grown in a closed hydroponic system to NaCl- or CaCl₂- salinity. **Journal of applied botany and food quality-angewandte botanic**, Gottingen, v. 79, n. 2, p. 136-140, 2005.

- TESI, R.; LENZI, A.; LOMBARDI, P. Effect of salinity and oxygen level on lettuce grown in a floating system. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 609, p. 383-387, 2003.
- TORRELLA, W.A.; RICE, L.A. Effects of NaCl stress on proline and cation accumulation in salt sensitive and tolerant turf grasses. **Plant and Soil**, v. 93, p. 241-247, 1986.
- VICTOR, R.S. Growing tomatoes using calcareous gravel and neutral gravel with high saline water in the Bahamas. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILS CULTURE. 3., 1973. Proceeding. Sassari, 1973. p. 213-217.
- VIEIRA, V.P. Sustentabilidade do semi-árido brasileiro: desafios e perspectivas. **RBRH**, São Paulo, v.7, n. 4, p. 105-112, 2002.
- WHO HEALTH ORGANIZATION (WHO). Seventeenth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **WHO Food Additives Series**, Geneva, v. 5, p. 92-96, 1974
- YEO, A. Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 78, n. 1, p. 159-174, 1999.

ANEXOS

Anexo A - Resultados da análise química da água utilizada no preparo da solução nutritiva

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$)	mg L ⁻¹	28,2
Cloreto (Cl ⁻)	mg L ⁻¹	32,9
Nitrato (N-NO ₃)	mg L ⁻¹	7,7
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	111,3
Fósforo (P)	mg L ⁻¹	0,02
Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃)	mg L ⁻¹	0,3
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	42,0
Potássio (K ⁺)	mg L ⁻¹	5,0
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	57,5
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	2,8
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,14
Cobre (Cu)	mg L ⁻¹	0
Manganês (Mn)	mg L ⁻¹	0,02
Zinco (Zn)	mg L ⁻¹	0,07
Cor Aparente	PtCo	0
Turbidez	FTU	0
Sedimentos em suspensão	mg L ⁻¹	2,7
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	0,33
pH	-	6,8
Gás Carbônico (CO ₂)	mg L ⁻¹	1,4
Acidez (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	1,5
Dureza Total* (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	155,0

Franson (1995): $2,497 [\text{Ca}, \text{mg L}^{-1}] + 4,118 [\text{Mg}, \text{mg L}^{-1}]$

Franson, M.A.H. Standard methods for the examination of water and wastewater.

American Public Health Association, Washington, 19o. Edição, 1995.

Anexo B - Metodologia para determinação de prolina

Extração: Macerar 300-500mg de material fresco em 10mL de ácido sulfo-salicílico 3% (em água). Centrifugar a 6000rpm por 900 seg. ou filtrar (nesta etapa pode-se congelar o sobrenadante em freezer -70°C).

Reação: Em tubo de ensaio contendo 2mL do sobrenadante, adicionar 2mL de solução de ninidrina ácida e 2mL de ácido acético glacial. Manter as amostras em banho-Maria fervente por 1h. Resfriar em banho de gelo.

Como padrão, utiliza-se 1mL de ácido sulfo-salicílico 3% em lugar da amostra.

Proceder a leitura das amostras a 520nm. Expressar os resultados em μg prolina/g FW.

Curva padrão de prolina: Fazer uma curva padrão de prolina (1g/10mL) de 0 a 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Preparar uma solução estoque de prolina em ácido sulfo-salicílico 3% e proceder conforme a metodologia de reação.

concentração	μL ác. Sulfo-salicílico 3%	μL estoque de prolina
0	2000	0
10	1900	100
20	1800	200
40	1600	400
60	1400	600
80	1200	800
100	1000	1000
120	800	1200
150	500	1500
200	0	2000

Solução de ninidrina ácida: 1,25g de ninidrina em 30mL de ácido acético glacial e 20mL de ácido fosfórico 6M com agitação até a dissolução. Estocar o reagente por até 24h.

H₃PO₄ 6M: 404,58mL de H₃PO₄ 85% em 1L água. Este reagente pode ser estocado por mais tempo.

Anexo C-Modelo da ficha de avaliação sensorial utilizada

Nome: _____ Data: _____

Muito obrigado por participar de nossa pesquisa com alface. Você receberá CINCO amostras de ALFACE para avaliar. Por favor, leia este questionário antes de iniciar o teste, depois prove o produto e responda as questões que se seguem:

7-Gostei muito

6-Gostei moderadamente

5-Gostei ligeiramente

4-Nem gostei, nem desgostei

3-Desgostei ligeiramente

2-Desgostei moderadamente

1-Desgostei muito

Amostras	Sabor	Textura (crocância)	Aparência	Impressão Global
----------	-------	------------------------	-----------	---------------------

Por favor, indique o que em particular você mais gostou ou menos gostou neste produto (use palavras ou frases):

MAIS GOSTEI

MENOS GOSTEI

1. Você costuma consumir esse tipo de produto?

Sim, diariamente

Sim, de vez em quando (com que frequência? _____)

Sim, raramente

Nunca

2. Você compraria esse produto?

Sim

Talvez

Não

Anexo D - Dados de análise de variância para as amostras de alface “Verônica” para as variáveis: sabor, textura, aparência e impressão global

Tabela 1-Dados de análise de variância (ANOVA) para as amostras de alface “Verônica” para a variável “Sabor”.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F calculado
Amostra	4	5,9520	1,4880	0,52 ns
Resíduo	120	340,64	2,8387	
Total	1124	346,5920		

ns= não significativo a $p < 0,05$ pelo Teste de Tukey. Mínima Diferença Significativa: MDS=1,32

Tabela 2-Dados de análise de variância (ANOVA) para as amostras de alface “Verônica” para a variável “Textura”.

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F calculado
Amostra	4	4,4000	1,1000	0,64 ns
Resíduo	120	206,8000	1,7234	
Total	124	211,2000		

ns= não significativo a $p < 0,05$ pelo Teste de Tukey. Mínima Diferença Significativa: MDS=1,03

Tabela 3 - Dados de análise de variância (ANOVA) para as amostras de alface “Verônica” para a variável “Aparência”

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F calculado
Amostra	4	3,1520	0,7880	0,58 ns
Resíduo	120	162,3200	1,3527	
Total	124	165,4720		

ns= não significativo a $p < 0,05$ pelo Teste de Tukey. Mínima Diferença Significativa: MDS=0,911

Tabela 4 - Dados de análise de variância (ANOVA) para as amostras de alface “Verônica” para a variável “Impressão Global”

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F calculado
Amostra	4	4,56	1,1400	0,61 ns
Resíduo	120	225,44	1,8787	
Total	124	230,00		

ns= não significativo a $p < 0,05$ pelo Teste de Tukey. Mínima Diferença Significativa: MDS=1,07

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)