

**CULTIVO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO NFT**

ELEONORA SILVA GUAZZELLI

FORTALEZA - CEARÁ

2000

**CULTIVO DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) EM SISTEMA
HIDROPÔNICO NFT**

ELEONORA SILVA GUAZZELLI

TESE SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - CEARÁ

2000

Guazzelli, Eleonora Silva

G954c Cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico

2000 NFT/Eleonora Silva Guazzelli. Fortaleza:UFC, 2000.

97p.:il.

Tese – (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Departamento de Fitotecnia, 2000.

1. Alface – Produção 2. Alface – Hidroponia 3. *Lactuca sativa* L.
4. Hidroponia – Técnica do Filme de Nutrientes (NFT). I. Título.

CDD635.52

Esta Tese foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Doutor em Agronomia, área de Concentração em Fitotecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Tese é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Eleonora Silva Guazzelli

TESE APROVADA EM: 19/06/2000.

Prof. Raimundo de Pontes Nunes, Ph.D
(Orientador)

Prof. João Bosco Pitombeira, Ph.D
(Conselheiro)

Prof. Romildo Albuquerque dos Santos, Doutor
(Conselheiro)

Prof. Paulo Sérgio Lima e Silva, Doutor
(Conselheiro)

Prof. Lindbergue Araújo Crisóstomo, Ph.D
(Conselheiro)

Ao meu esposo Clodion,
aos meus filhos Larissa Beatriz e Lucas,
e aos amigos Antônio Cirino Nogueira e
Julieta Diógenes Cirino Nogueira.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, que em momento algum deixou de me conceder forças, coragem e determinação para concretização deste ideal.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra Seca - DNOCS, na pessoa do seu Diretor Geral Dr. Hildeberto Santos Araújo, pela oportunidade concedida para realização desse curso.

Ao Professor Raimundo de Pontes Nunes, pela orientação, sugestões e estímulo em todo o decorrer do trabalho, e acima de tudo, pela oportunidade de concluir esta tese. Por sua grandiosa colaboração e pelo seu apoio nas horas críticas, quaisquer agradecimentos seriam insuficientes para exprimir todo o meu respeito e toda a minha gratidão.

À Antônio Cirino Nogueira e Julieta Diógenes Cirino Nogueira, proprietários do Sítio Sapupara, pela oportunidade de implantar os experimentos em sua propriedade.

Ao Professor Paulo Sérgio Lima e Silva pelo imprescindível apoio, pela amizade e pelo grande auxílio na revisão do manuscrito.

Aos Professores João Bosco Pitombeira, Romildo Albuquerque dos Santos e Lindbergue Araújo Crisóstomo, pelos comentários e sugestões apresentadas.

Ao Pesquisador Clodion Torres Bandeira, pelo apoio técnico na condução dos experimentos, pelo companheirismo e pelo estímulo na execução deste trabalho, sem os quais, seguramente, eu jamais concluiria este trabalho.

Ao Professor Ismail Soares, pelas sugestões na execução do trabalho.

À Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa - FUNCAP, pelo apoio financeiro.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração Fitotecnia, da Universidade Federal do Ceará, e a todo o corpo Docente do Departamento de Fitotecnia, pela consideração e pelos ensinamentos transmitidos.

Aos Laboratoristas Maria Geórgia Brandão de Oliveira e Antônio José Duarte de Menezes, do Departamento de Ciências do Solo e Nutrição de Plantas, pelo auxílio nas análises químicas realizadas.

Às amigas Káthia Maria Barbosa e Silva e Zenaide Barbosa, pelo companheirismo e pelo auxílio na coleta de dados.

Aos meus pais, Tereza Jannotti Silva Guazzelli e Ricardo José Guazzelli, e à minha tia, Clélia Jannotti Silva, pela dedicação, pelo estímulo e pelo exemplo de vida.

Aos meus irmãos, Maria Carmem, Ricardo e Heloisa, pelo carinho e pelo estímulo.

Aos amigos do DNOCS, Francisca Eldenir de Oliveira Matos, pelo auxílio na digitação do texto, e a Abdias Neves de Melo Filho, Damião Martins Neto, Francisco Alberto de Oliveira, Luiz Hildemar Colaço, Maria das Dores Oliveira e Silva e Regina de Nazareth Gouveia Martins pelo estímulo.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xii
ANEXOS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Origem da planta	03
2.2 Tipos varietais.....	03
2.3 Caracterização da planta	04
2.4 Cultivares de alface	04
2.5 Espaçamento entre plantas	07
2.6 Número de plantas por orifício de isopor	08
2.7 Influência dos fatores ambientais	08
2.7.1 Temperatura	08
2.7.2 Umidade relativa	10
2.8 Cultivo de alface em sistema hidropônico	10
2.8.1 Técnica do filme de nutrientes	11
2.8.2 Manejo do sistema NFT	13
2.8.2.1 Solução nutritiva	13
2.8.2.2 pH	16
2.8.2.3 Condutividade elétrica	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Caracterização da área experimental.....	18
3.2 Material vegetal	19
3.3 Componentes do sistema hidropônico	19
3.4 Preparo e manejo da solução nutritiva	20

	Página
3.5 Condução do experimento	23
3.6 Delineamento experimental e análise estatística	24
3.7 Avaliações	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Folhas	27
4.1.1 Biomassas fresca e seca das folhas	27
4.1.2 Número de folhas comerciais por orifício	33
4.1.3 Curvas de crescimento para folhas	37
4.2 Caule	41
4.2.1 Biomassas fresca e seca do caule	41
4.2.2 Comprimento do caule	44
4.2.3 Curvas de crescimento para caule	46
4.3 Raízes	48
4.3.1 Biomassas fresca e seca das raízes	48
4.3.2 Curvas de crescimento para raízes	54
4.4 Planta Inteira	55
4.4.1 Biomassa total fresca e seca	55
4.4.2 Curvas de crescimento para planta inteira	62
4.5 Temperatura nos componentes do sistema hidropônico	64
4.6 Manejo da solução nutritiva	65
4.7 Concentrações de nutrientes na solução nutritiva	66
4.7.1 Macronutrientes	66
4.7.2 Micronutrientes	72
4.8 Recomendações no manejo da solução nutritiva	76
5 CONCLUSÕES	77
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	88

LISTA DE TABELAS

		Página
01	Características das cultivares de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) utilizadas no experimento.....	19
02	Esquema de análise de variância conjunta para espaçamentos, cultivares de alface (<i>Lactuca sativa</i> L.) e números de plantas por orifício de plantio.....	25
03	Análise de variância dos dados de produção de biomassas frescas de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.....	28
04	Análise de variância dos dados de produção de biomassas secas de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.....	29
05	Produção de biomassa fresca das folhas (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.....	30
06	Produção de biomassa seca das folhas (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	31

07	Análise de variância do comprimento do caule e do número de folhas comerciais por orifício, de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	34
08	Análise de variância do número de folhas comerciais por orifício, para a interação cultivar x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos terciários (P) em cada tratamento secundário (C1,C2,C3,C4,C5).....	35
09	Análise da variância do número de folhas comerciais por orifício, para a interação cultivar x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos secundários (C) em cada tratamento terciário (P1,P2).....	35
10	Número de folhas comerciais por orifício, de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	36
11	Produção de biomassa fresca do caule (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	42
12	Produção de biomassa seca do caule (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	43
13	Comprimento do caule (cm) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício, em Maranguape, CE. 1997.	45

14	Produção de biomassa fresca das raízes (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	51
15	Produção de biomassa seca das raízes (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	52
16	Análise de variância da produção de biomassa fresca das raízes, para a interação espaçamento x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos terciários (P) em cada tratamento principal (E1,E2)	53
17	Análise de variância da produção de biomassa fresca das raízes, para a interação espaçamento x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos principais (E) em cada tratamento terciário (P1,P2)	53
18	Produção total de biomassa fresca (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	58
19	Produção total de biomassa seca (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.	59
20	Concentração de nitrogênio total, de nitrato e de amônio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.....	67

21	Concentração de fósforo, potássio e cálcio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.....	68
22	Concentração de magnésio, enxofre e sódio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.....	71
23	Concentração de ferro, cobre, manganês e zinco na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.....	73

LISTA DE FIGURAS

		Página
01	Comportamento da produção de biomassa fresca e seca das folhas de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.	38
02	Comportamento do número de folhas comerciais médio de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita	40
03	Comportamento da produção de biomassa fresca e seca do caule de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita	47
04	Comportamento do comprimento do caule de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita	49
05	Comportamento da produção de biomassa fresca e seca das raízes de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita	56
06	Comportamento da produção de biomassa fresca e seca total de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita	63

ANEXOS

TABELAS		Página
1A	Temperaturas máximas e mínimas do ar, dentro da estufa, expressas em graus Celsius (°C), durante o período de 10/05 a 17/07/1997. Maranguape, CE. 1997.....	89
2A	Temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa hidropônica, medidas em cinco horários, durante o período de 20/05 a 16/07/1997. Maranguape, CE. 1997.....	90
3A	Condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH), em função do manejo realizado na solução nutritiva, no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. Maranguape, CE. 1997.....	93
4A	Temperaturas da solução nutritiva, expressas em graus Celsius (°C), determinadas no reservatório, na piscina e no canal de cultivo, e temperatura ambiente no interior da estufa. Maranguape, CE. 1997.....	94
5A	Análise de variância dos dados de produção de biomassa fresca de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos, em dois números de plantas por orifício e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.....	95
6A	Análise de variância dos dados de produção de biomassa seca de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamento, em dois números de plantas por orifício, e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.....	96

7A	Análise de variância dos dados de comprimento do caule (CC) e de número de folhas comerciais por orifício (NF) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos, em dois números de plantas por orifício, e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.....	97
----	---	----

RESUMO

O cultivo da alface em sistema hidropônico constitui uma das alternativas encontradas pelos produtores dos centros urbanos, para produzirem de forma empresarial, maximizando o uso da área disponível e obtendo produtos com alta qualidade e produtividade. No Brasil, a maioria da alface hidropônica é produzida utilizando a técnica do filme de nutrientes (NFT). Uma das dificuldades encontradas pelos produtores hidropônicos é a inexistência de cultivares de alface específicas para o cultivo sem solo, principalmente na época de verão das regiões tropicais, o que ocasiona sérios problemas de pendoamento precoce. No contexto, realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar o potencial produtivo de cinco cultivares de alface em sistema hidropônico NFT, nos espaçamentos 0,25 m x 0,25 m e de 0,25 m x 0,20 m, e contando uma e duas plantas por orifício, no período de maio a julho de 1997, em Maranguape, Ceará. O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas, com 20 tratamentos e 3 repetições. Os espaçamentos foram aplicados às parcelas, as cultivares (Brisa, Elisa, Marisa, Regina e Verônica), às subparcelas, e o número de plantas por orifício, às subdivididas. Determinaram-se as biomassas fresca e seca total, das folhas, caule e raízes, o comprimento do caule e o número de folhas comerciais por orifício. O manejo da solução nutritiva foi diário e baseado no valor da condutividade elétrica (CE). Concluiu-se que as cultivares de folhas crespas (Brisa, Marisa e Verônica) foram superiores às cultivares de folhas lisas (Elisa e Regina) para a produção de biomassa fresca e seca das folhas, raízes e total. O plantio de duas plantas por orifício foi superior ao de uma planta por orifício para as características de biomassas fresca e seca das folhas caule, raízes e total, e para o número de folhas por planta. Não houve diferenças significativas entre os espaçamentos testados sobre o alongamento do caule. O manejo da solução nutritiva, baseado na CE, não foi adequado para que os níveis de macronutrientes e de micronutrientes permanecessem na concentração recomendada para o cultivo hidropônico.

ABSTRACT

Lettuce cultivation under hydroponic conditions has been an alternative way found by lettuce growers to produce this crop close to big cities, with high quality, productivity and profitability. In Brazil, the nutrient film technique (NFT) is used by the majority of hydroponic lettuce growers. One of the greatest difficulty found by growers is the lack of lettuce cultivars adapted to hydroponic conditions, mainly during the summer period of tropical regions, when an undesirable early flowering occurs. This work aimed to evaluate the productivity potential of five lettuce cultivars in a hydroponic NFT system, with 0,25 m x 0,25 m and 0,25 m x 0,20 m spacing between plants, and with 1 or 2 plants per hole. The experiment were conducted at the Sítio Sapupara, in Maranguape county, State of Ceara (Brazil), from May to July of 1997. The experimental design was a split-split-plot with 20 treatments and 3 replications, as follows: 2 spacings between styrofoam plate holes in the flow channel (0,20 and 0,25 m), as plots, 5 lettuce cultivars (Brisa, Elisa, Marisa, Regina e Verônica), as split-plots, and 2 numbers of hole (1 and 2), as split-split-plots. Fresh and dry matter of leaves, stems and roots, lenght of stems and number of marketable leaves were evaluated. Nutrient solution management was conducted daily based on the electrical conductivity. Results revealed that the curl leaves cultivars Brisa, Marisa and Veronica had a better performance than to the smooth leaves cultivars Elisa and Regina, concerning to fresh and dry matter of leaves, roots and total. The use of 2 plants per hole was better than 1 plant, concerning to fresh and dry matter of leaves, stems roots and total, and the number of leaves per plant. There were no statistical differences between the spacings tested concerning to lenght of stems. The nutrient solution management, based only on electrical conductivity, did not provide adequate levels of macro and micronutrients as recommended for hydroponic cultivation systems.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), originária do Mediterrâneo, foi uma das primeiras hortaliças a ser cultivada pelo homem (2400 anos a.C.). É a olerícola folhosa de maior aceitação pelo brasileiro, sendo consumida na forma de folhas destacadas e imaturas, em salada.

No Estado do Ceará, a alface é produzida próximo aos centros urbanos, nos chamados “cinturões verdes”, utilizando o sistema de cultivo em solo. Neste sistema, as folhas entram em contato direto com o solo e com a água de irrigação, ficando sujeita à contaminações por bactérias, fungos e helmintos, representando riscos para a saúde do consumidor e grandes perdas por problemas fitossanitários, os quais, nos períodos de chuva, podem tornar economicamente inviável o seu cultivo.

A proximidade das áreas de plantio com as cidades facilita a distribuição e preserva sua qualidade, pois a planta é altamente perecível e apresenta baixa resistência ao transporte. Entretanto, a localização urbana das áreas de produção faz com que o preço unitário da terra seja elevado, exigindo a adoção de tecnologias que maximizem o uso da área disponível. Além disso, é cada vez maior a exigência do consumidor por produtos de melhor qualidade, o que tem levado os produtores agrícolas a buscarem tecnologias que lhes proporcionem a qualidade desejada associada a uma maior produtividade, visando atender ao mercado sempre crescente.

Uma das alternativas encontradas pelos produtores de alface localizados ao redor dos grandes centros urbanos, para produzirem de forma empresarial, é o cultivo por hidroponia, também denominado de cultivo sem solo.

A hidroponia é uma tecnologia para cultivo de plantas em soluções nutritivas (água e fertilizantes) com ou sem o uso de substratos (areia, cascalho, vermiculita, perlita, lâ de rocha, turfa, serragem) que serve de suporte para o crescimento das plantas.

O cultivo hidropônico, através da conjugação de tecnologias que incluem o emprego de soluções nutritivas amplamente assimiláveis pela planta e a utilização de estufas, casas de vegetação ou coberturas protetoras, apresenta inúmeras vantagens quando

comparado ao cultivo tradicional a céu aberto, entre as quais citamos a obtenção de colheita na entressafra, a precocidade das colheitas, um melhor controle de pragas e doenças, a economia de insumos e de água e um considerável aumento da produção.

Dentre todas as vantagens do cultivo hidropônico, a que mais estimula os agricultores é o aumento da produtividade. A planta cultivada em meio hidropônico produz 3 a 5 vezes mais, em relação ao cultivo convencional. A produção de alface, que no campo seria de 52 t/ha/ano, no cultivo hidropônico passa a ser de 313 t/ha/ano, em dez ciclos de cultivo (CASTELLANE & ARAÚJO,1995).

No Brasil, os cultivos hidropônicos comerciais são recentes, mas já podem ser encontrados ao redor dos grandes centros urbanos como Fortaleza, Brasília, Goiânia, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e outras capitais e cidades do interior. A maioria dos produtores hidropônicos de alface utilizam a técnica do fluxo laminar de nutrientes, conhecida como sistema NFT, na qual as raízes das plantas se desenvolvem em um canal de cultivo por onde flui a solução nutritiva.

No Estado do Ceará o cultivo hidropônico comercial da alface iniciou-se em 1996, com um produtor. Atualmente, são em número de cinco os produtores que exercem a atividade a nível comercial, e abastecem o mercado local de alface hidropônica. Este número não é maior devido às dificuldades existentes em se obter um produto comercial de qualidade, ocasionadas pela inexistência de cultivares de alface específicas para cultivo hidropônico em regiões de clima tropical e pela carência de informações científicas sobre pesquisas desenvolvidas no país, utilizando este sistema de cultivo.

Torna-se, portanto, necessária a realização de ensaios experimentais em cada local, para melhor conhecimento, aprimoramento e manejo da técnica e seleção de cultivares de alface adaptadas às condições climáticas da região.

Em vista disso, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- Avaliar o potencial produtivo de cinco cultivares de alface em sistema hidropônico NFT, nas condições de clima quente do município de Maranguape, Ceará.
- Avaliar o efeito dos espaçamentos de 0,20 m x 0,25 m e de 0,25 m x 0,25 m sobre o alongamento do caule e peso médio das plantas.
- Avaliar o efeito do plantio de uma e de duas plantas por orifício de isopor, na bancada de produção, sobre o alongamento do caule.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem da planta

A alface foi uma das primeiras hortaliças de folha a ser cultivada pelo homem (2400 a.C.). Há relatos de que ela é originária da Costa Sul do Mediterrâneo (WHITAKER, 1969), tendo sido domesticada no Egito, onde foram feitos os primeiros registros da alface como hortaliça (LINDQVIST, 1960a).

No seu processo evolutivo, a alface passou de planta de sabor amargo, de rápido pendoamento e intensa produção de sementes, para uma planta com período de crescimento vegetativo mais longo e características de hortaliça folhosa (LINDQVIST, 1960b).

A alface pertence à divisão *Angiospermae*, classe *Dicotyledoneae*, ordem *Campanulales*, família *Compositae*, gênero *Lactuca* e espécie *Lactuca sativa* L (JOLY, 1975).

2.2 Tipos varietais

A alface possui quatro tipos distintos de plantas, os quais diferem entre si, principalmente, pela morfologia da planta madura, antes do pendoamento. O mais conhecido é o tipo que forma cabeça (*L. sativa* cv. *capitata*), o qual inclui as variedades do grupo Great Lakes e Manteiga. O outro tipo, que também forma cabeça, é o Cos ou Romana (*L. sativa* cv. *romana*, sin. *longifolia*), cultivado principalmente nos países mediterrâneos. O tipo de folha cortada ou de folha solta (*L. sativa* cv. *intybaseae*, sin. *foliosa*), e finalmente, a alface aspargo (*L. sativa* cv. *augustana*), sem grande importância como hortaliça cultivada (NOTHMANN, 1976).

A preferência do consumidor, por um dos diferentes grupos existentes de alface, é um fator que varia com a região ou localidade. No estado do Ceará, a preferência

é pelo grupo de folhas soltas e crespas, o que diverge da maioria dos estados brasileiros onde o grupo com folhas do tipo manteiga, que forma cabeça, é o preferido.

2.3 Caracterização da planta

É uma planta herbácea, muito delicada, com um caule diminuto, não ramificado ao qual se prendem as folhas, que são grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não em forma de uma “cabeça”. Sua coloração varia de verde amarelado até o verde escuro, sendo que algumas cultivares apresentam as folhas, ou apenas as margens destas, arroxeadas. É uma planta autógama, sendo a incidência de cruzamentos naturais entre as plantas pouco freqüentes, variando de 1 a 3 % (FILGUEIRA, 1982).

A alface é uma planta anual, com ciclo variando de 70 a 90 dias, a depender da cultivar. O ciclo da alface divide-se em duas fases, sendo a primeira chamada de fase vegetativa e a segunda de fase reprodutiva. A fase vegetativa se encerra quando a planta atinge o maior desenvolvimento de suas folhas, época em que emite uma haste floral de aproximadamente um metro de altura, terminando em uma inflorescência ramificada, com numerosas flores hermafroditas, fenômeno conhecido como pendoamento. Uma vez pendoada, a alface torna-se imprestável para a comercialização, pois suas folhas tornam-se endurecidas e adquirem um sabor amargo pronunciado, devido ao acúmulo de látex (FILGUEIRA, 1982). O pendoamento da alface é uma característica que está relacionada à fatores ambientais, como fotoperíodo, temperatura, vernalização de sementes, intensidade de radiação solar e condições do solo (RAPPORT & WITTEWER, 1956; SIMÃO, 1960; ZATARIN, 1985; SEGOVIA *et al.*, 1997).

2.4 Cultivares de alface

A existência de um comportamento diferenciado entre as cultivares de alface, com relação ao fator temperatura e ao rendimento produtivo, é destacada por vários autores (COUTO, 1960; VALE, 1972; SONNENBERG, 1974; MUNIZ & ALMEIDA, 1988; CAVALCANTE *et al.*, 1991; ROSA *et al.*, 1996a e 1996b). Isto evidencia a necessidade de selecionar germoplasmas resistentes ao calor e que apresentem boa produtividade, entre os já disponíveis no mercado, para plantio em regiões tropicais, onde as temperaturas elevadas muitas vezes restringem a obtenção de um produto de melhor qualidade.

Cultivares de clima temperado, quando plantadas nas condições climáticas de verão tropical, emitem haste floral precocemente, antes de completar a fase vegetativa, e como consequência, não ocorre a formação de produto comercial de qualidade, pois a planta passa rapidamente para a fase reprodutiva. A existência de germoplasmas de alface mais resistentes ao calor foi evidenciada em ensaios de observação realizados por NAGAI & LISBÃO (1979), em Ribeirão Preto e Campinas, SP, durante o período de verão. Eles constataram que a linhagem 1757-63, derivada do cruzamento Gallega de Invierno e White Boston, resistente ao vírus de mosaico, mostrou-se a mais resistente ao calor, pois após a formação da “cabeça” pendoava com mais de 30 dias de atraso em relação às cultivares mais sensíveis às altas temperaturas.

A avaliação de cultivares de alface, sob condições de campo, em Fortaleza, Ceará, realizada por VALE (1972), mostrou que todas as variedades estudadas apresentaram forte tendência ao pendoamento precoce, tendo este iniciado aos 54 dias após a semeadura. Com relação à tolerância ao calor, a variedade local não diferiu das variedades introduzidas, o que o autor atribuiu à falta de seleção, por parte dos produtores, na obtenção das sementes cultivadas à nível local.

Outro ensaio de avaliação de cultivares de alface em sistema de cultivo tradicional, foi realizado por MUNIZ & ALMEIDA (1988), no município de Pacajús, Ceará, e revelou que a cultivar Rainha de Maio apresentou a maior produtividade (30,61 t/ha) e o maior peso médio de planta (328 g), diferindo das demais. As cultivares Crespa e Brasil 202 alcançaram produtividade média em torno de 22,60 t/ha e peso médio de planta de 242 g. Quanto à precocidade de floração, por ocasião da colheita a cv. Crespa apresentou cerca de 50,80% das plantas em estágio de floração, aos 55 dias da semeadura, seguida pela cv. Rainha de Maio, com 15,50% de plantas floridas, e pela Brasil 202, a qual não apresentou nenhuma planta florida. A ausência de floração na cv. Brasil 202 conferiu à mesma uma melhor palatabilidade. Já a cv. Crespa produziu folhas de sabor predominantemente amargo, indicando que esta cultivar deveria ter sido colhida 10 dias antes.

Informações sobre o comportamento da cultivar Verônica, muito recomendada no cultivo em sistema hidropônico, foram fornecidas por ANDRADE *et al.* (1992) sob condições de campo, no Estado do Piauí, com valores médios de 139,4 g de peso total da matéria fresca e 22,6 folhas por planta, sob diferentes níveis de irrigação. Segundo

DUARTE *et al.* (1992), a mesma cultivar, em Teresina, PI, apresentou pesos médios de 175 e 214 g e número de folhas por planta de 26,9 e 25,7, para os períodos chuvoso e seco, respectivamente.

O comportamento de quatro cultivares de alface (Vitória, Brasil 303, Grand Rapids e Verônica), sob hidroponia, foi avaliado por HORINO & MELO (1993), na EMBRAPA - Hortaliças, em Brasília, DF. As mudas foram transplantadas 11 dias após a semeadura e a colheita foi feita 37 dias após o transplante (ciclo de 48 dias). O aumento da temperatura interna da casa de vegetação acelerou o pendoamento das plantas, que ocorreu aos 25 dias após o transplante na cultivar Grand Rapids, aos 30 dias nas cultivares Brasil 303 e Verônica e aos 35 dias na Vitória. Os pesos médios das plantas foram: Vitória (225,9g), Grand Rapids (196,9g), Brasil 303 (180,3g) e Verônica (169,2g). O maior número médio de folhas por planta foi observado na cultivar Brasil 303 (38,8) seguida da Vitória (32,0), Grand Rapids (20,8) e Verônica (17,8).

O desempenho de cultivares de alface, na primavera, cultivadas no solo, em condições de estufa, na região de Passo Fundo, RS, foi avaliado por CALVETE *et al.* (1994). Eles constataram que a cultivar Elisa foi a que apresentou o maior peso médio por planta, embora sem diferir da cultivar Regina. Já a cultivar Verônica apresentou menor peso médio por planta.

A produção de diferentes cultivares de alface, em solo, sob condições de estufa, no verão (janeiro a março/1994), em Lavras, MG, foi pesquisada por SANTOS (1994), que constatou que a cultivar Elisa apresentou maior peso médio da matéria fresca por planta (300g), diferindo das demais. As cultivares: Glória (210g), Regina 440 (208g), Floresta (206g), Brasil 303 (204g), Esmeralda (203g), Carolina AG-576 (202g), Áurea (191g), Okayama (186g) e Babá (162g), não diferiram entre si.

A avaliação de cultivares de alface de diferentes tipos, como a Kagraner (lisa com cabeça), Regina (lisa sem cabeça), Brisa (crespa sem cabeça) e Great Lakes (crespa com cabeça), cultivadas no solo, em estufa, durante o inverno, no município de Morro Redondo, RS, foi conduzida por ROSA *et al.* (1996a). Os autores constataram que as cultivares Kagraner (304g), Regina (298g) e Great Lakes (281g) não diferiram entre si, e apresentaram peso da matéria fresca estatisticamente superior a cultivar Brisa (227g). A cultivar Regina destacou-se pelo seu maior número de folhas (45) e menor comprimento de caule (3,2 cm), o qual não diferiu da cultivar Brisa (3,3 cm). Eles concluíram que as

cultivares de folhas crespas obtiveram menor número de folhas e que as cultivares com cabeça tiveram maior peso fresco, apesar de terem apresentado menor número de folhas que seus pares sem cabeça.

A importância do sistema de cultivo e da qualidade das mudas utilizadas podem ser verificadas no trabalho conduzido por SANTOS & SOUZA (1996), em Lavras. Eles avaliaram a relação entre o manejo de cultivo, os métodos de plantio e o tratamento das mudas, e obtiveram para a cultivar Elisa, dependendo da tecnologia utilizada, peso fresco médio de plantas variando de 240 a 427 g.

A avaliação do desempenho das cultivares Verônica (crespa de folha solta), Tainá (americana) e Elisa (lisa de folha solta) em sistema hidropônico NFT, em Brasília, DF, foi realizada por VAZ & JUNQUEIRA (1998). Os pesos médios por planta foram de 183,40 g para a Verônica, de 182,53 g para a Elisa e de 175,84 g para a Tainá. O maior número médio de folhas por planta foi observado na cultivar Elisa (22,1), seguida da Verônica (13,3). Estatisticamente, as cultivares diferiram entre si para o número de folhas por planta, mas não para o peso de planta. Os autores concluíram que as três cultivares testadas responderam de forma satisfatória às condições de cultivo.

2.5 Espaçamento entre plantas

O espaçamento ideal entre os orifícios de plantio, no mesmo canal de cultivo, em um sistema hidropônico NFT varia dependendo das condições ambientais do local de cultivo. A recomendação de espaçamento varia de um autor para outro, como se segue: DELISTOIANOV (1997); ALBERONI (1998), 0,18 m, SCHRODER (1994); FAQUIN *et al.* (1996), 0,20 m, FAQUIN *et al.* (1996), 0,30 m e KOEFENDER (1996), 0,40 m.

Em sistemas hidropônicos NFT, os espaçamentos entre os canais de cultivo mais utilizados são de 0,20 m (DELISTOIANOV, 1997; ALBERONI, 1998) e de 0,25 m (SCHRODER, 1994; FAQUIN *et al.*, 1996). SCHRODER (1994) recomenda o espaçamento de 0,25 m x 0,20 m, com 20 plantas por metro quadrado. Já ALBERONI (1998) citou como espaçamento ideal para o cultivo hidropônico de alface, o de 0,18 m x 0,20 m, para que se possa alcançar a densidade de 25 plantas por metro quadrado. O autor ressaltou que em regiões muito quentes, deve-se aumentar o espaçamento, para que haja uma maior circulação de ar entre as mudas, evitando-se o acúmulo de umidade, o que poderia vir a criar um microclima desfavorável e prejudicar o crescimento das plantas.

Quanto à disposição espacial das plantas na bancada de cultivo, ela pode ser paralela ou com formato de losango (KOEFEENDER, 1996).

2.6 Número de plantas por orifício de isopor

O número de plantas conduzidas por orifício de isopor, no canal de cultivo, durante a fase de crescimento nas bancadas, pode ser uma ou duas plantas. Cultivando-se uma planta por orifício, torna-se necessário dois orifícios no canal de cultivo para compor um maço de alface a ser comercializado, pois a exigência do mercado consumidor é que o peso do maço fique entre 250 a 300 g (BERNARDES, 1997). Portanto, o cultivo de uma planta por orifício reduz a produção potencial da estufa pela metade. Para aumentar a produtividade, uma opção que surge consiste no cultivo de duas plantas por orifício da bancada de produção. Utilizando o espaçamento de 0,18 m x 0,18 m entre plantas no canal de cultivo, e com uma planta por orifício, o peso do maço de alface produzida em sistema hidropônico NFT, pode variar de 125 a 150 g (BERNARDES, 1997). Por conseguinte, o autor recomenda que sejam embaladas duas alfaces em cada saco plástico, para compor o maço a ser comercializado, para que o peso de 300 g por maço seja mantido.

2.7 Influência dos fatores ambientais

2.7.1 Temperatura

A alface é uma hortaliça de clima ameno, devido a sua origem Mediterrânea, e a sua sementeira em regiões onde as temperaturas permanecem na faixa de 15 a 20 °C permite a obtenção de plantas bem desenvolvidas e sem distúrbios fisiológicos. Já o cultivo em locais de climas tropical e subtropical requer a utilização de cultivares adaptadas às altas temperaturas destas regiões.

A alface responde à elevação de temperatura de modo bastante sensível, sendo que à medida que a temperatura se eleva, o ciclo vegetativo se encurta e o rendimento decresce (SIMÃO, 1960). Assim, o início da emissão da haste floral se antecipa à medida que a temperatura se eleva, o que causa transtorno ao produtor, pois induz a colheita das plantas ao mesmo tempo, para evitar perda de seu valor comercial.

Baixas temperaturas inibem o crescimento da planta enquanto altas temperaturas estimulam o pendoamento (ZATARIN, 1985). O pendoamento prematuro, provocado principalmente por altas temperaturas, é em geral a razão principal do insucesso das produções comerciais de alface nessas condições. SEGOVIA *et al.*, (1997) relataram que as elevadas temperaturas do ar, acima de 20° C, e elevada intensidade de radiação solar favorecem o pendoamento precoce das plantas de alface.

O efeito da temperatura noturna, do comprimento do dia e da vernalização das sementes, sobre a variedade Great Lakes, foram avaliados por RAPPORT & WITTEWER (1956). Eles encontraram que, em geral, temperaturas noturnas mais baixas retardaram o florescimento das plantas, permitindo a formação de maior número de folhas por plantas e de maior número de dias na fase vegetativa. Por outro lado, dias mais longos e a vernalização das sementes aceleraram o florescimento e, conseqüentemente, o ciclo. Segundo os autores, para a produção de plantas de alface para consumo “in natura”, o ideal seria dias mais curtos e noites mais frescas do que os valores críticos das variedades.

Outro fator que deve ser observado com atenção em cultivos hidropônicos é a temperatura da solução nutritiva, pois ela afeta a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, e pode ter efeito marcante sobre a produção, quando inferior a 20° C ou superior a 30° C. COOPER (1978) recomendaram como temperatura ótima da solução nutritiva, em sistema NFT, o intervalo entre 26° e 27° C. A temperatura da solução nutritiva não deve ultrapassar 30° C, para que não haja risco de causar injúrias às raízes das plantas. A solução aquecida tende a perder a capacidade de reter o oxigênio nela dissolvido (FAQUIN *et al.*, 1996). Os autores recomendaram como uma técnica para a manutenção de temperatura baixa da solução nutritiva, a localização do tanque de solução aterrado ao solo.

A explicação para o comportamento diferenciado das cultivares de alface, sob cultivo em ambiente protegido, está provavelmente relacionada com a tolerância à grande amplitude térmica diária ocorrida nas estufas (SEGOVIA *et al.*, 1997). Os autores relataram que a análise do crescimento das folhas, caules e raízes de plantas de alface cultivadas em estufa, mostra que a temperatura influencia os diferentes órgãos da planta de maneira distinta durante o período de desenvolvimento. Assim, é o caule que passa a receber uma parcela importante da biomassa total da planta após aproximadamente 40 dias do transplante, em detrimento às folhas. Essa constatação sugere que o ponto ideal de colheita da alface se situa antes do crescimento máximo da planta durante a fase vegetativa, uma vez que somente as folhas tem valor comercial.

2.7.2 Umidade relativa

A umidade relativa do ar influencia a transpiração das plantas. Uma alta umidade relativa do ar causa diminuição na transpiração e, conseqüentemente, uma diminuição na taxa de transporte de nutrientes das raízes às folhas. A alta umidade pode também ocasionar problemas de doenças, como por exemplo, as fúngicas.

Dados coletados por SEGOVIA *et al.* (1997) mostraram que as folhas de plantas de alface se expandem mais rapidamente quando o cultivo ocorre em estufa, sendo isto atribuído a elevada umidade relativa do ar. Entretanto, os autores ressaltaram que embora esta característica favoreça a apresentação visual do produto, ela é negativa do ponto de vista da resistência ao transporte e da conservação pós-colheita.

2.8 Cultivo de alface em sistema hidropônico

O termo hidroponia, derivado de duas palavras de origem grega: hydro = água e ponos = trabalho, significa trabalho com a água (HUTERWALL, 1960). Mais especificamente, a hidroponia é o cultivo de plantas em meio líquido, associado ou não a substratos, ao qual é adicionado uma solução nutritiva necessária ao desenvolvimento da cultura (CASTELLANE & ARAÚJO, 1994). Os sistemas hidropônicos podem ser classificados em líquidos ou agregados, quanto à utilização de meios de suporte para as raízes das plantas, e em aberto ou fechado, quanto à reutilização da solução nutritiva (JENSEN, 1997). Os sistemas hidropônicos líquidos não utilizam um meio de suporte para as raízes das plantas, enquanto que os sistemas hidropônicos agregados utilizam um meio sólido como suporte, que pode ser areia, cascalho, perlita, vermiculita, lã de rocha, turfa ou brita. Nos sistemas abertos, a solução nutritiva flui através das raízes e é descartada, enquanto que nos sistemas fechados, a solução é reutilizada, reconstituída ou reciclada dentro do sistema.

A alface é uma cultura que vem ganhando cada vez mais espaço na produção hidropônica, em sistema NFT (Nutrient Film Technique), devido a características específicas de seu cultivo, como por exemplo: ocupar pouco espaço, atingir mais rapidamente o ponto de comercialização (encurtamento do ciclo da planta), e proporcionar rápido retorno financeiro (ZITO *et al.*, 1994).

Apesar do crescimento acelerado do cultivo hidropônico nos últimos anos, com diversas experiências de sucesso, há muito ainda por ser feito. Como prioridades, destaca-se a necessidade do desenvolvimento de cultivares que melhor se adaptem ao sistema e o ajuste de certos aspectos fitotécnicos de cultivo, como por exemplo, os referentes ao manuseio da solução nutritiva, de forma a propiciar o maior rendimento de produtos de alta qualidade, com menor custo (ZATARIN, 1997).

2.8.1 Técnica do filme de nutrientes

A técnica do filme de nutrientes ou sistema NFT, comercialmente usado em hidroponia, consiste em fazer circular de forma permanente uma lâmina fina de solução nutritiva que forneça adequado suprimento de água, oxigênio e nutrientes (NIELSEN, 1984). O sistema NFT¹ é composto de canais de cultivo, que possuem inclinação de 1 a 2 %, onde as plantas ficam com as raízes submersas em um filme de nutrientes, que circula entre elas e depois é recolhido a um tanque. Dois terços do sistema radicular devem permanecer parcialmente submersos na solução nutritiva, absorvendo os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura, e o terço restante deve desenvolver-se ao ar livre, absorvendo oxigênio. A estrutura básica de um sistema NFT é composta de casa de vegetação ou estufa, reservatório para solução nutritiva, bancada para os canais de cultivo, bomba, encanamentos e temporizador. O sistema hidráulico de um conjunto NFT é fechado, ou seja, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório e distribuída nos canais de cultivo, sendo o excesso de solução que saiu das bancadas captado e levado novamente ao reservatório por outra tubulação (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995).

Os primeiros produtores de alface hidropônica no Brasil, que utilizaram o sistema NFT, implantaram a técnica a partir de informações geradas por pesquisas executadas na Europa, Estados Unidos e Austrália, onde as condições climáticas, de custos de produção e de mercado diferem muito das brasileiras (KOEFFENDER, 1996). Isso ocasionou, muitas vezes, resultados diferentes dos esperados, fazendo com que alguns produtores desistissem do cultivo, enquanto outros criaram e adaptaram suas próprias tecnologias, baseando-se em tentativas e na troca de experiências.

A existência de poucas áreas no globo terrestre com condições ambientais favoráveis para produção no campo, durante todo o ano, devido às limitações de escassez ou excesso de chuvas, luminosidade e temperatura, fez com que surgissem alternativas de

produção de plantas sob estruturas protetoras, onde as variáveis ambientais podem ser controladas. O sistema NFT, por utilizar frequentemente estruturas protetoras para as plantas, agrega as vantagens deste tipo de cultivo, cujas características principais, de acordo com TRANI *et al.* (1997); INAMASU & TORRE NETO (1997); RODRIGUES *et al.* (1997); SEGOVIA *et al.* (1997); FERREIRA *et al.* (1998) são: a possibilidade de uma produção intensiva, o aumento de produtividade e de qualidade dos produtos, o encurtamento do ciclo das plantas, o aproveitamento de áreas relativamente pequenas próximas as centros urbanos, a dispensa de máquinas e implementos agrícolas (ZATARIN, 1997), além do melhor aproveitamento dos fertilizantes (RODRIGUES *et al.*, 1997).

A utilização de ambientes protegidos ajuda a aumentar o potencial de sucesso do cultivo de plantas por hidroponia, pela possibilidade de automação do processo produtivo (plantio, transporte, irrigação, fertirrigação e colheita), e de controle de parâmetros climáticos, tais como temperatura, umidade, iluminação, ventilação e gás carbônico (INAMASU & TORRE NETO, 1997).

Em razão do encurtamento do ciclo da alface em ambiente protegido, podem ser obtidas mais colheitas por ano (FAQUIN *et al.*, 1996; INAMASU & TORRE NETO, 1997; JENSEN & TERAN, 1971). Devido à menor dependência das condições climáticas (FERREIRA *et al.*, 1998; RODRIGUES *et al.*, 1997), os cultivos em estufas permitem a obtenção de colheitas durante as entressafas, ocasião em que a oferta é menor e os preços são mais compensadores (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 1992; FAQUIN *et al.*, 1996; SGANZERLA, 1995).

No cultivo hidropônico, de modo geral, ocorre diminuição da incidência de pragas e doenças e, conseqüentemente, redução no uso de defensivos agrícolas, o que possibilita a obtenção de um produto mais saudável e de melhor qualidade visual (FAQUIN *et al.*, 1996; BERNARDES, 1997; INAMASU & TORRE NETO, 1997; ZATARIN, 1997; FERREIRA *et al.*, 1998).

As plantas de alface cultivadas nos sistemas hidropônicos apresentam uma taxa de crescimento maior do que aquelas cultivadas da maneira convencional (SEGOVIA *et al.*, 1997), resultando em maiores números de folhas por planta, índice de área foliar, produções de matéria seca das folhas, caule, raízes e total (SEGOVIA *et al.*, 1991) o que se traduz em maior produtividade (FERREIRA *et al.*, 1998; INAMASU & TORRE NETO, 1997; SEGOVIA *et al.*, 1991; ZATARIN *et al.*, 1997) que pode ser superior a 50% (TRANI *et al.*, 1997).

Por outro lado, os custos de implantação do sistema hidropônico é muito maior do que os apresentados pela maioria das técnicas de cultivo tradicionais. Portanto, o cultivo em meio hidropônico tem sido limitado às culturas altamente rentáveis (JONES JR., 1982).

2.8.2 Manejo do sistema NFT

2.8.2.1 Solução nutritiva

As exigências nutricionais da alface variam bastante entre as cultivares. FAQUIN et al. (1996) citaram que, de modo geral, a extração total de nutrientes pela alface obedece a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Zn>Mn>B>Cu. Eles enfatizaram ainda que, digno de destaque, é a alta exigência da alface em potássio e cálcio, quando comparada com outras culturas, e que isto justifica as elevadas concentrações em que estes nutrientes aparecem na composição das soluções nutritivas para o cultivo desta hortaliça. Outra observação que os autores fizeram, foi que as diferenças varietais alteram as exigências nutricionais da alface, fazendo com que estas sejam maiores ou menores.

Mais de trezentas formulações de soluções nutritivas já foram publicadas, muitas das quais específicas para determinadas espécies, como alface, tomate, cravos, rosas, etc. (STEINER, 1961), sendo que a grande maioria delas provém de países do hemisfério norte, entretanto, estas formulações podem ser adaptadas ao cultivo nas condições brasileiras, desde que previamente testadas e modificadas quando necessário (BLISKA Jr. & HONÓRIO, 1995).

Não existe uma solução nutritiva ideal para todas as culturas. A composição da solução varia com uma série de fatores, como a espécie de planta a ser cultivada, idade da planta, época do ano e fatores ambientais, tais como: temperatura, luminosidade e umidade. As fontes de nutrientes usadas para o preparo da solução nutritiva são fertilizantes comerciais, de alta solubilidade em água, facilmente encontrados em casas especializadas em produtos agrícolas, os quais devem apresentar boa pureza química. Na literatura nacional e internacional encontra-se uma série de sugestões de soluções nutritivas para o cultivo da alface, e a escolha de uma delas é decisão e conveniência do próprio interessado (FAQUIN *et al.*, 1996; MARTINEZ, 1997; CARMELLO & ROSSI, 1997).

Para uma nutrição efetiva das plantas cultivadas por hidroponia, com ou sem substrato, o primeiro requerimento é a disponibilidade de uma solução nutritiva com um bom nível de nutrientes para a cultura específica em cultivo (SONNEVELD, 1981).

Um método muito usado na formulação da solução nutritiva básica para hortaliças, denominado de método da solução nutritiva universal, foi proposto por STEINER (1984), que assim o denominou, por adequar-se às exigências de várias culturas como tomate, alface, pimentão cravos, feijão e aveia. Segundo o autor, a elaboração de soluções nutritivas que atendam a cada situação é de extrema importância, e recomenda que na formulação da solução nutritiva básica se considere as proporções entre cátions e ânions existentes nos tecidos de plantas vigorosas e bem nutridas da espécie e cultivar em questão.

As faixas de concentrações de macro e micronutrientes usadas em soluções nutritivas para o cultivo hidropônico de alface foram sumariadas por BERNARDES & CARMELLO (1996, em mg.L^{-1}): 100 - 300 de N, 35 - 70 de P, 200 - 400 de K, 150 - 400 de Ca, 40 - 80 de Mg, 40 - 80 de S, 0,50 - 1,00 de B, 0,02 - 0,10 de Cu, 2,00 - 10,00 de Fe, 0,50 - 1,00 de Mn, 0,01 - 0,05 de Mo e 0,05 - 0,10 de Zn.

No cultivo hidropônico de alface, NIELSEN (1984) sugeriu uma fórmula para a solução nutritiva inicial e três formulações para as soluções de manutenção, e ressaltou que todas foram calculadas com base nas extrações desta espécie sob condições ótimas de cultivo. O autor recomendou que a manutenção dos níveis de nutrientes na solução fosse realizada pela adição de soluções nutritivas suplementares, nas quais as proporções das concentrações de nutrientes fossem equivalentes às do influxo líquido médio para a cultura considerada. Ele enfatizou que isto é possível porque a razão de influxo líquido de nutrientes da solução nutritiva básica para dentro da planta é razoavelmente constante para períodos longos.

Na elaboração da solução nutritiva, todos elementos, exceto o ferro (Fe), são adicionados à água, principalmente, na forma de sais inorgânicos. STEINER (1984) citou que até o ano de 1951 o ferro foi o obstáculo para a obtenção de bons resultados em cultivos sem solo, devido a sua altíssima precipitação em solução. Algum melhoramento foi encontrado nos anos trinta usando sais orgânicos de ferro, como citrato de ferro (ferro-citrato) e humato de ferro (ferro-humato), mas a solução definitiva para o problema ocorreu após 1951, quando Jacobson introduziu o ferro complexado na forma de quelato, originalmente denominado ethylenodiamina tetra-acetato (EDTA).

O conhecimento dos problemas referentes ao preparo da solução nutritiva desejada é o primeiro pré-requisito no cultivo hidropônico, conforme destacou STEINER (1961), uma vez que a composição obtida pode, nem sempre, corresponder àquela dada pela formulação. Assim, em muitas soluções nutritivas o nível de fosfato, sulfato, cálcio e magnésio após o preparo não correspondem ao indicado na fórmula, o que pode ser constatado pela análise química. Assim, a grande maioria das formulações recomendadas não são realizáveis em solução, devido ao fato de que a solubilidade dos sais ou fertilizantes é excedida. DE RIJCK & SCHREVEENS (1997) enfatizaram que as reações de dissociação, de complexação e de precipitação que ocorrem nas soluções nutritivas causam sérios impactos sobre a espécie e sobre a biodisponibilidade dos nutrientes que compõem a solução, e como consequência, as plantas vão receber uma composição nutricional completamente diferente da esperada.

É procedimento comum falar sobre a composição da solução nutritiva em termos de concentração, sem entretanto levar em consideração como a solução nutritiva será usada, qual o volume de solução por planta e qual a frequência de renovação (JONES JR., 1982). De acordo com vários autores, no sistema NFT o volume de solução nutritiva por planta, no reservatório, deve ser de 500 a 1000 ml, e a vazão nos canais de cultivo deve estar entre 1,5 e 2 litros por minuto (BERNARDES & CARMELLO, 1996; FAQUIN *et al.*, 1996).

No preparo da solução nutritiva, o primeiro passo é o uso de água de boa qualidade. A presença prévia de nutrientes na água deve ser considerada por ocasião do preparo da solução nutritiva, para que não haja excesso e nem desbalanceamento dos nutrientes (SONNEVELD, 1981; FAQUIN *et al.*, 1996). Assim, as formulações adotadas devem ser ajustadas para a qualidade de água de irrigação utilizada. A condutividade elétrica (CE) da água utilizada no preparo da solução nutritiva deve ser inferior a 0,5 miliSiemens por centímetro (mS/cm), com uma concentração total de sais inferior a 350 mg.L⁻¹ (FAQUIN *et al.*, 1996).

O manejo da solução é extremamente importante para que não se tenha problemas quando a técnica de cultivo sem solo é usada. Em muitos cultivos, um procedimento comum é a reutilização da solução nutritiva por um período de tempo definido, o qual pode variar de alguns dias à semanas. Contudo, durante o uso ou a reutilização da solução, a composição da mesma pode mudar grandemente. O pH pode elevar ou baixar, e a concentração de certos nutrientes pode se alterar drasticamente.

MARTINEZ (1988) enfatizou que a maioria dos produtores usam a CE e o pH como referenciais de monitoramento da solução nutritiva, tornando-se necessário o controle do balanço de nutrientes.

Diferentes formas de manejo da solução nutritiva, no cultivo de alface em sistema NFT, foram avaliadas por KOEFENDER (1996) que concluiu que a relação de biomassa fresca das raízes/parte aérea e a produção de biomassa seca da planta inteira foram afetadas, influenciando o consumo de solução nutritiva, enquanto que a produção de biomassa fresca não foi afetada. O autor observou também que o manejo da solução não afetou as concentrações de enxofre, boro, cobre, ferro e zinco e as quantidades absorvidas de potássio, cálcio, enxofre, boro, cobre e zinco pela planta na colheita. Já o pH, a CE e a concentração de nutrientes na solução foram diferentes nas várias formas de manejo.

Outro aspecto que deve ser considerado no cultivo hidropônico, é o nível de oxigênio da solução nutritiva (INAMASU & TORRE NETO, 1997). Os autores alertaram que na ausência de oxigênio o processo respiratório é interrompido e as plantas podem sofrer sérios danos, e até a morte. NASCIMENTO (1998) ressaltou que para a maioria das espécies, a aeração da solução nutritiva é importante, e que adequado suprimento de oxigênio deve estar disponível a partir do processo de germinação.

2.8.2.2 pH

O potencial de hidrogênio (pH) da solução nutritiva afeta a disponibilidade de certos nutrientes, principalmente os micronutrientes (MARSCHNER, 1995). Assim, o controle do pH é importante para manter disponíveis todos os nutrientes essenciais na solução. Acredita-se que o pH de soluções nutritivas é mais crítico em sistemas de cultivo em solução do tipo estático do que nos sistemas que utilizam fluxo, quando se considera um pH variando entre 5,0 e 7,0. O controle do pH pode ser obtido pelo monitoramento da solução nutritiva, e a adição de ácido ou de base pode ser necessária para abaixar ou elevar o pH.

O índice pH mede a atividade dos íons hidrogênio (H^+) na solução. Em valores de pH baixo (ácido), além dos efeitos do H^+ sobre as células radiculares, ocorre a competição entre o H^+ e os nutrientes catiônicos (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+}) e em pH elevado (alcalino), além da diminuição da absorção dos nutrientes aniônicos da solução (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} , Cl^- , MoO_4^{2-}), ocorre também a precipitação de Fe^{++} , Mn^{++}

e Zn^{++} . Para a alface recomenda-se que o valor do pH da solução nutritiva deve ser mantido entre 5,5 e 6,5. Quando o valor estiver abaixo de 5,5, deve-se adicionar bases para elevá-lo, tais como o hidróxido de sódio (NaOH) ou o hidróxido de potássio (KOH) e, quando acima de 6,5, adicionar ácidos para abaixá-lo, como o ácido nítrico (HNO_3), ácido clorídrico (HCl) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4), conforme FAQUIN *et al.* (1996).

2.8.2.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) é definida como sendo a característica que a água apresenta de conduzir eletricidade, na presença de íons em solução. Quanto maior a quantidade de nutrientes (íons) na solução nutritiva, maior será sua condutividade elétrica e vice-versa. Assim, a medida da CE fornece informações sobre a concentração de sais na solução, e é uma maneira prática e barata de avaliar a necessidade ou não de se adicionar mais sais à solução (FAQUIN *et al.*, 1996), sendo também uma medida que determina mudanças na concentração de nutrientes que compõem a solução nutritiva (JONES Jr., 1982).

Para o cultivo de alface em sistema NFT, a CE da solução nutritiva deve variar entre 2,0 e 2,5 mS/cm (FAQUIN *et al.*, 1996). Quando o valor médio está abaixo desta faixa, deve-se adicionar mais sais e quando acima, diluir através da adição de água.

Para um nível de água constante, a redução de nutrientes da solução nutritiva está correlacionada com o decréscimo na CE, e por isso mesmo é que a CE é usada para monitorar o nível dos nutrientes na solução.

Uma elevada CE da solução nutritiva influencia o crescimento da planta por sua ação na pressão osmótica, por toxicidade iônica (devido à acumulação excessiva de um ou vários íons), e pelo desbalanceamento criado entre os íons. Estes fatores tem maior ou menor grau de importância, dependendo das condições ambientais, da espécie sob consideração e de variedades ou cultivares dentro de uma mesma espécie (CORNILLON & PALLOIX, 1997). A pressão osmótica da solução nutritiva causa efeitos diretos sobre o crescimento da raiz. Caso ela seja superior a 50 milimolar (aproximadamente 1 atm ou 101.325,00 Pa), o movimento da água para dentro das raízes pode ser restrito, causando danos à planta. JONES Jr. (1982) recomendou para a solução nutritiva pressão osmótica entre 50.662,50 Pa e 75.993,75 Pa, e BERNARDES (1997) sugeriu que ela deve ficar entre 50.662,50 e 101.325,00 Pa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em sistema de cultivo por hidroponia, no sítio Sapupara, município de Maranguape, Estado do Ceará, no período de maio a julho de 1997, em estufa com 27,00 m de comprimento, 7,00 m de largura, e altura de pé direito de 2,80 m, construída em ferro galvanizado, e coberta de filme plástico de polietileno transparente de 0,10 mm de espessura. Lateralmente, a estufa foi fechada com tela plástica preta, com redução de 50% de luz (sombrite 50%).

A estufa foi posicionada no sentido norte-sul, em relação ao seu comprimento, permitindo a incidência de luz no sentido perpendicular às bancadas de cultivo das plantas, no período das 8:00 as 16:30 horas.

A temperatura ambiente no interior da estufa foi determinada diariamente, com um termômetro de máxima e mínima, tendo as temperaturas máximas e mínimas do ambiente no interior da estufa oscilado, respectivamente, entre 34° e 46° C e entre 22° a 28° C (TABELA 1A). A maior amplitude de variação diária, de 24° C, ocorreu em 05/06/1997, quando as temperaturas mínima e máxima para este dia foram de 22° e 46° C, respectivamente. A grande amplitude de temperatura observada está de acordo com BLISKA Jr. & HONÓRIO (1995), os quais comentam que a estufa armazena calor em excesso (efeito estufa), o que faz com que elevadas temperaturas sejam obtidas durante o dia no seu interior. Para evitar maior aquecimento no interior da estufa, durante o dia, no período das 7:00 às 17:00 horas, o sombrite das laterais foi enrolado no sentido de cima para baixo, deixando uma abertura de 1,00 m de altura. Este procedimento permitiu que a estufa ficasse ainda com uma proteção lateral de 1,80 m, a partir do solo, evitando a entrada de animais.

A umidade relativa no interior da estufa também foi determinada diariamente, com auxílio de higrômetro, às 6:00, 9:00, 12:30, 15:00 e 17:30 horas (TABELA 2A).

3.2 Material vegetal

Foram estudadas as cultivares de alface Brisa, Elisa, Marisa, Regina e Verônica, cujas características encontram-se na TABELA 1, elaborada a partir dos dados das empresas produtoras.

TABELA 1 – Características das cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) utilizadas no experimento.

Cultivar	Tipo de Planta	Empresa produtora
Brisa	Folhas soltas e crespas	Asgrow
Elisa	Folhas soltas e lisas	Agroflora
Marisa	Folhas soltas e crespas	Agrocerec
Regina	Folhas soltas e lisas	Asgrow
Verônica	Folhas soltas e crespas	Agroflora

3.3 Componentes do sistema hidropônico

O sistema hidropônico utilizado no cultivo das plantas de alface, consistiu de uma estufa de madeira (sementeira), suportada por um estrado de canaletas de alumínio, a 0,50 m do solo, para apoiar as bandejas de isopor utilizadas na produção das mudas, durante o período de germinação das sementes e estabelecimento das plântulas.

O pré-crescimento das mudas foi realizado em uma estufa metálica, em uma caixa rasa (piscina), com dimensões de 1,50 x 2,30 m, e com 0,10 m de borda, contendo uma lâmina de solução nutritiva de 5 cm, renovada constantemente (circulada), onde foram colocadas as bandejas de isopor, contendo as plantas de alface, para flutuar, a partir do 7º dia após a semeadura. A piscina foi dimensionada para acomodar 12 bandejas de 200 células.

O crescimento das plantas até a colheita foi também realizado na estufa metálica, em bancadas de cultivo, no sistema hidropônico NFT (técnica do filme de nutrientes), constituídas de calhas de tubo de PVC branco de 100 mm (canais de cultivo), apoiadas em cavaletes, distanciados por 1,20 m. As bancadas de cultivo, montadas a 1,00 m do nível do solo, apresentaram como dimensões: 1,50 m x 12,00 m, com declividade de 2%, para permitir o fluxo de solução nutritiva nos canais de cultivo, por gravidade.

Cada bancada, com 6 canais de cultivo, distanciados de 0,25 m de centro a centro, foi coberta com placas de isopor de 2 cm de espessura, para evitar a incidência de luz na solução nutritiva e sustentar as plantas na bancada de cultivo, através de orifícios de 5 cm de diâmetro, com espaçamento de acordo com o tratamento experimental.

A circulação da solução nutritiva nos canais de cultivo e na piscina foi constante, durante o dia e a noite, e para tal, foi utilizado um conjunto eletrobomba centrífuga com potência de 1/3 cv. O fluxo da solução nutritiva, em cada canal de cultivo, foi ajustado para uma vazão aproximada de 1,5 litros por minuto.

Para distribuir a solução nutritiva na piscina e nos canais de cultivo, foi utilizada uma tubulação de 25 mm de diâmetro, contendo furos com diâmetro aproximado de 2,50 mm, a cada 0,25 m. Essa tubulação foi coberta com lona plástica escura, para evitar a incidência de luz solar na solução nutritiva.

O reservatório da solução nutritiva, com capacidade para 2000 litros, foi construído de alvenaria, fora da estufa, enterrado no solo, com o objetivo de evitar o aquecimento da solução nutritiva. Sobre o reservatório foi construída uma cabana de palha, para evitar a incidência direta de luz solar.

3.4 Preparo e manejo da solução nutritiva

A água utilizada no preparo da solução nutritiva e para completar o nível do reservatório de solução nutritiva, durante a avaliação das cultivares de alface em sistema hidropônico NFT, foi proveniente de um poço, localizado ao lado da estufa.

A concentração de macronutrientes e micronutrientes da água utilizada, em mg.L^{-1} , foi: 0,66 de nitrogênio, 0,19 de fósforo, 2,75 de potássio, 16,14 de cálcio, 16,68 de magnésio e 0,01 de cobre. As concentrações de enxofre, ferro, manganês e zinco foram nulas ou não detectáveis, e a de sódio foi de 31,31 mg.L^{-1} . O pH e a CE foram, respectivamente, 7,05 e 0,34 mS/cm .

A solução nutritiva foi preparada utilizando fertilizantes comerciais de alto grau técnico e solúveis em água, como fonte de macronutrientes, e sais p.a., como fontes de micronutrientes. Para cada 1000 litros de solução nutritiva, adicionaram-se: 1000 g de nitrato de cálcio, 600 g de nitrato de potássio, 400 g de sulfato de magnésio, 150 g de fosfatomonoamônio, 150 g de cloreto de potássio, 2,94 g de ácido bórico, 1,17 g de sulfato de manganês, 0,44 g de sulfato de zinco, 0,10 g de sulfato de cobre e 24,9 g de sulfato de

ferro quelatizado com EDTA dissódico, conforme recomendado por FAQUIN *et al.* (1996). Após a adição dos fertilizantes e dos sais p.a., a solução nutritiva foi homogeneizada e retirada uma amostra para determinação do pH e da CE, cujos valores foram respectivamente, 6,4 e 3,03 mS.cm⁻¹.

O manejo da solução nutritiva foi realizado diariamente, e consistiu na determinação do pH e da CE, antes e após o ajuste do volume da solução nutritiva no reservatório, o qual era completado até atingir 2000 litros. Os valores das determinações diárias da CE e do pH, em função do manejo realizado para completar o nível do reservatório de solução nutritiva, encontram-se na TABELA 3A. A realização do ajuste do nível do reservatório, na fase de cultivo das plantas nas bancadas de produção, foi efetuada mediante a adição de água, de solução nutritiva, ou de ambos, dependendo do valor da CE, e apresentou variação da CE de 1,30 a 1,91 mS/cm, e de pH de 5,14 a 7,10 (TABELA 3A).

A solução nutritiva inicial foi utilizada na piscina no primeiro dia em que foram colocadas as bandejas de isopor contendo as plântulas de alface recém germinadas. No segundo dia na piscina, a CE da solução nutritiva foi reduzida para 2,29 mS/cm, mediante a adição de água, para que ficasse dentro dos valores recomendados para a cultura da alface em sistema NFT, os quais segundo CASTELLANE & ARAÚJO (1992) não devem ultrapassar a 2,30 mS/cm.

O manejo diário de complementação do nível do reservatório de solução nutritiva, durante a fase de crescimento das plantas na piscina, foi efetuado mediante a adição de água (TABELA 3A). No 18º dia após a sementeira, ocasião em que foi realizado o transplante das mudas para as bancadas de produção, a solução nutritiva apresentou CE de 1,72mS/cm e pH 6,37 (TABELA 3A). A adoção de uma CE abaixo do limite superior preestabelecido para a alface (2,30 mS/cm), foi adotada de modo a possibilitar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas. Tal procedimento está de acordo com o recomendado para regiões de clima quente, pois conforme destaca TEIXEIRA (1996), no verão as plantas requerem mais água do que no inverno, devendo a solução nutritiva ser mais diluída, ou seja, ter CE mais baixa.

Durante o cultivo das plantas, observou-se que as cultivares de folhas lisas, Regina e, principalmente, a Elisa, mostraram-se muito sensíveis à CE, de maneira que quando a CE atingia valores superiores a 1,70 mS/cm as folhas mostravam-se pouco túrgidas e as plantas apresentavam pequeno crescimento. Já as cultivares de folhas crespas

(Brisa, Marisa e Verônica) demonstraram visualmente, maior exuberância, quando a CE foi superior a 1,80 mS/cm. Como o reservatório de solução nutritiva utilizado foi único, e a mesma bancada de crescimento continha os dois tipos de alface (lisa e crespa), optou-se pelo manejo onde a CE variou de 1,30 a 1,91mS/cm. Este manejo, contudo, pode ter limitado a produtividade potencial dos dois tipos de alface avaliados.

Após o ajuste do volume da solução nutritiva e da CE, o pH foi ajustado para 6,0, mediante a adição de solução de ácido sulfúrico diluído com água na proporção de 1:4 (v:v), ou mediante a adição de solução de hidróxido de potássio, com concentração de 2,5 mol/L.

A cada ajuste do volume da solução nutritiva no reservatório, foi retirada amostra da mesma, antes e após o ajuste, visando a realização de análises químicas para os seguintes nutrientes: N-NO₃⁻ por ultravioleta (CAWE,1967), N-NH₄⁺ por fenolato-hipoclorito (WEATHUBURN, 1967), P por colorimetria (MALAVOLTA *et al.*,1989), K e Na por fotometria de chama, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn por espectrometria de absorção atômica.

A oxigenação da solução nutritiva foi mantida pela turbulência causada no reservatório pelo retorno da mesma da piscina e das bancadas de cultivo, e também, por uma turbulência adicional da solução nutritiva, realizada através de uma derivação na tubulação de recalque, retornando o excesso de solução nutritiva bombeada ao reservatório.

As temperaturas da solução nutritiva no reservatório, na piscina e nas canaletas de cultivo da bancada de produção, em relação à temperatura do ambiente (TABELA 4A), evidenciaram que, enquanto o reservatório de solução nutritiva estava abastecendo unicamente a piscina (período de 21/05 a 31/05), a temperatura da solução nutritiva na piscina e no reservatório foi a mesma. Isto provavelmente ocorreu devido à grande vazão que se verificou na piscina nesta fase. Com o início do cultivo das plantas nas bancadas de produção, o fluxo de solução nutritiva para a piscina foi reduzido, ocasionando uma elevação de temperatura na piscina de 0,5° C, quando a temperatura ambiente estava muito elevada.

Vale ressaltar que a temperatura de 30° C da solução nutritiva, mensurada no reservatório (TABELA 4A), durante a fase de crescimento na piscina, coincidiu com o período em que o reservatório não estava protegido com cobertura de palha. Já na fase de cultivo das plantas nas bancadas de produção, a máxima temperatura observada na solução

nutritiva, no reservatório, foi de 29,5° C, determinada às 15:26 horas, em 26/06/1997, quando a temperatura ambiente foi de 37° C. A referida TABELA evidenciou ainda que, quando a temperatura ambiente no interior da estufa foi de 44° C, a solução nutritiva no reservatório apresentou valor de 28,5° C.

As determinações de temperatura da solução nutritiva no reservatório, na piscina e nas canaletas da bancada de produção mostraram que, no período avaliado, as mesmas variaram de 26 a 30° C (TABELA 4A), situando-se fora do limite ideal de desenvolvimento da planta, que de acordo com BLISKA Jr. (1992) é de 22 a 26 °C.

3.5 Condução do experimento

Na implantação do experimento foram utilizadas sementes peletizadas visando obter uma germinação mais uniforme e a produção de mudas mais vigorosas.

Para implantação da primeira e segunda repetições do experimento, procedeu-se a semeadura das alfaces em 13/05/97 e, para a terceira repetição, em 29/05/97. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor de 200 células, contendo vermiculita de granulometria média como substrato, colocando-se uma semente por célula.

As bandejas foram colocadas na sementeira e irrigadas, somente com água, nos seguintes horários: 6:00, 12:00 e às 17:00 horas. A germinação ocorreu no quarto dia, e no sétimo dia após a semeadura, as bandejas foram transferidas para a piscina, onde permaneceram flutuando sobre uma lâmina de 5 cm de solução nutritiva, com circulação contínua, até atingirem 4 a 5 folhas definitivas, quando então foram transferidas para as bancadas de cultivo.

O transplante das mudas para as bancadas de cultivo foi realizado 18 dias após a semeadura para a primeira e segunda repetições, e 22 dias após a semeadura, para a terceira repetição. As mudas foram transplantadas após às 17:00 horas, sem lavagem do sistema radicular.

A colheita das plantas foi realizada 45 dias após a semeadura, no período de 6:30 às 8:00 horas, sendo as plantas imediatamente acondicionadas em sacos plásticos, e conduzidas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal do Ceará, onde permaneceram em ambiente com ar condicionado, para evitar grandes perdas de água das plantas, durante a coleta dos seguintes dados: peso da biomassa total, das folhas, do caule e das raízes, comprimento do caule e número de folhas com comprimento superior a 10 cm,

por planta. Antes da determinação da biomassa fresca das plantas, estas tiveram suas raízes lavadas em água corrente e secas em papel toalha.

Após a determinação da biomassa fresca das frações: folhas, caule e raízes, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação de ar forçada, a 70° C, durante 72 horas, para determinação da biomassa seca.

Para a realização da curva de crescimento, foram coletadas plantas de dois orifícios da bancada de produção por tratamento, aos 30, 35, 40 e 45 dias pós-semeadura.

Durante a condução do experimento coletaram-se diariamente a temperatura e a umidade relativa do ar dentro da estufa, nos seguintes horários: 6:00, 9:00, 12:30, 15:00 e 17:30 horas (TABELA 2A). Mensuram-se também, as temperaturas máxima e mínima, registradas no período de 24 horas, no interior da estufa (TABELA 1A).

3.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas com 20 tratamentos e 3 repetições, sendo: dois espaçamentos entre orifícios da placa de isopor (20 e 25 cm) no canal de cultivo, os quais constituíram as parcelas; cinco cultivares de alface (Brisa, Elisa, Marisa, Regina e Verônica), as quais constituíram as subparcelas e dois números de plantas por orifício de plantio (1 e 2 plantas), os quais compuseram as subsubparcelas.

Os dados de biomassas fresca e seca totais e das frações: folhas, caule e raízes, de comprimento do caule e do número de folhas comerciais por orifício foram submetidos à análise de variância com o uso do teste F. As médias foram comparadas entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas no programa estatístico MSTAT-C (Microcomputer Statistical Program – Michigan State University / USA, Junho 1993). As análises de desdobramento das interações significativas foram realizadas de acordo com NUNES (1998).

Para verificar a homogeneidade de variâncias, todas as variáveis foram submetidas ao teste Bartlett, que indicou não haver necessidade de transformação de quaisquer delas.

O esquema da análise de variância é apresentada na TABELA 2.

TABELA 2 – Esquema de análise de variância conjunta para espaçamentos, cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) e números de plantas por orifício de plantio.

Causas da variação		G.L.
Parcelas	IJ-1	(5)
Blocos	J-1	2
Espaçamento (E)	I-1	1
Resíduo (a)	(I-1)(J-1)	2
Subparcelas	IJK-1	(29)
Cultivares (C)	K-1	4
Interação E x C	(I-1)(K-1)	4
Resíduo (b)	I(J-1)(K-1)	16
Subsubparcelas	IJKM-1	(59)
Número de plantas/orifício (P)	M-1	1
Interação E x P	(I-1)(M-1)	1
Interação C x P	(K-1)(M-1)	4
Interação E x C x P	(I-1)(K-1)(M-1)	4
Resíduo (c)	IK(J-1)(M-1)	20

O modelo estatístico adotado tem a seguinte definição matemática, conforme FEDERER (1955),:

$$X_{ijklm} = \mu + t_i + b_j + (tb)_{ij} + t'_k + (tt')_{ik} + (t'b)_{kj} + t''_m + (tt'')_{im} + (t't'')_{km} + (tt't'')_{ikm} + e_{ijklm}$$

Com $i = 1,2,3,4$; $j = 1,2,3,4$; $k = 1,2,3$; $m = 1,2,3$, onde

X_{ijklm} : valor observado da ikm -ésima subsubparcela, no j -ésimo bloco;

μ : efeito da média geral;

t_i : efeito do i -ésimo tratamento primário (t);

b_j : efeito do j -ésimo bloco;

$(tb)_{ij}$: efeito associado a ij -ésima observação ou efeito residual das parcelas;

t'_k : efeito do i -ésimo tratamento secundário (t');

$(tt')_{ik}$: efeito da interação do i -ésimo tratamento primário (t) com o k -ésimo tratamento secundário (t');

$t'b)_{kj}$: efeito associado a kj -ésima observação ou efeito residual das subparcelas;

t''_m : efeito do m -ésimo tratamento terciário (t'');

$(tt'')_{im}$: efeito da interação do k-ésimo tratamento primário (t) com o k-ésimo tratamento terciário (t'');

$(t't'')_{km}$: efeito da interação do k-ésimo tratamento secundário (t') com o k-ésimo tratamento terciário (t'');

$(tt't'')_{ikm}$: efeito da interação tripla;

e_{ijkms} : efeito associado a $ijkm$ -ésima observação ou efeito residual das subsubparcelas;

3.7 Avaliações

A colheita geral das plantas foi realizada 45 dias após a semeadura, quando se coletou 10 orifícios por subsubparcela, conforme sorteio realizado previamente. As plantas foram submetidas a pesagem, utilizando-se balança semi-analítica, obtendo-se a produção individual por orifício' de plantio.

Para a realização da curva de crescimento, foram coletadas plantas de dois orifícios da bancada de produção por tratamento, aos 30, 35, 40 e 45 dias pós-semeadura.

A partir dos dados obtidos foram estimados as seguintes variáveis:

- a) Peso da biomassa total, das folhas, do caule e das raízes;
- b) comprimento do caule
- c) número de folhas por planta, sendo consideradas apenas aquelas cujo comprimento no sentido base - ápice foi superior a 10 cm.
- d) Peso da biomassa seca total, das folhas, do caule e das raízes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Folhas

4.1.1 Biomassas fresca e seca das folhas

As análises das variâncias dos dados de produção de biomassas fresca e seca das folhas indicaram a existência de diferenças significativas entre as cultivares (TABELAS 3 e 4). A Marisa, com 146,71 g de biomassa fresca, foi a mais produtiva, sem diferir estatisticamente da Verônica (129,67 g), mas diferindo das cultivares Brisa (116,74 g), Regina (81,97 g) e Elisa (76,24 g), como pode ser visto na TABELA 5.

A produção de biomassa seca apresentou resultado similar ao da biomassa fresca, sendo que as cultivares de folhas crespas foram significativamente mais produtivas do que as cultivares de folhas lisas (TABELA 6). Dentre as cultivares de folhas crespas, a Marisa foi a que apresentou maior média de biomassa seca das folhas, com 5,32 g por orifício. Entretanto, ela se situou no mesmo grupo estatístico das cultivares Verônica (4,80 g) e Brisa (4,51 g). Para as cultivares de folhas lisas, as biomassas secas das folhas obtidas foram de 2,73 g (Elisa) e 2,75 g (Regina) que, estatisticamente, não diferiram entre si (TABELAS 5 e 6).

Os resultados obtidos sugerem que, comercialmente, as cultivares Marisa, Verônica e Brisa são as mais adequadas para plantio em sistemas hidropônicos NFT, em Maranguape, CE.

As produções de biomassa fresca e seca das folhas, quando avaliadas quanto ao número de plantas por orifício, mostraram diferenças significativas (TABELAS 3 e 4).

Como o teste F equivale a um teste de comparação de médias quando apenas dois tratamentos estão envolvidos, podemos inferir que, estatisticamente, as produções de biomassas fresca e seca das folhas no cultivo de duas plantas por orifício foram superiores às obtida no cultivo de uma planta por orifício, para todas as cultivares, em ambos os espaçamentos (TABELAS 5 e 6).

TABELA 3 - Análise de variância dos dados de produção de biomassas frescas de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Marangape, CE. 1997.

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios			
		Biomassa fresca			
		Folhas (1)	Caule (2)	Raízes (3)	Total (1+2+3)
Repetição	2	1312,486	58,620	128,931*	2818,550
Espaçamentos (E)	1	0,475	5,637	85,825*	151,826
Resíduo (a)	2	121,340	7,297	3,357	198,143
Cultivares (C)	4	11114,141**	261,181**	528,856**	20818,037**
E x C	4	102,817	0,558	9,022	152,231
Resíduo (b)	16	561,823	21,322	28,521	1039,892
Plantas por orifício (P)	1	19283,464**	915,645**	595,476**	37449,217**
E x P	1	134,589	17,702	76,478*	601,312
C x P	4	206,191	22,299	8,381	460,623
E x C x P	4	76,802	4,416	2,582	145,013
Resíduo (c)	20	261,845	12,941	18,246	501,501
C.V. (espaçamentos), %	-	9,99	14,84	7,37	9,18
C.V. (cultivares), %	-	21,50	25,37	21,50	21,03
C.V. (plantas/orifício), %	-	14,67	19,76	17,20	14,60

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 4 - Análise de variância dos dados de produção de biomassas secas de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrados Médios			
		Biomassa seca			
		Folhas (1)	Caule (2)	Raízes (3)	Total (1+2+3)
Repetição	2	12,436*	0,273**	5,236	39,890*
Espaçamentos (E)	1	0,045	0,021	0,087	0,075
Resíduo (a)	2	0,283	0,002	0,324	1,260
Cultivares (C)	4	17,486**	0,241**	2,831**	39,646**
E x C	4	0,293	0,004	0,070	0,479
Resíduo (b)	16	0,783	0,018	0,330	2,077
Plantas por orifício (P)	1	11,819**	0,435**	5,575**	40,278**
E x P	1	0,076	0,002	0,555	1,392
C x P	4	0,242	0,014	0,105	0,515
E x C x P	4	0,336	0,014	0,026	0,584
Resíduo (c)	20	0,573	0,016	0,256	1,561
C.V. (espaçamentos), %	-	13,23	9,51	32,52	17,98
C.V. (cultivares), %	-	22,01	28,54	32,82	23,09
C.V. (plantas/orifício), %	-	18,83	26,91	28,91	20,01

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 5 – Produção de biomassa fresca das folhas (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE, 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	99,13	125,00	112,06
	Marisa	122,50	174,17	148,33
	Verônica	119,79	145,75	132,77
	Elisa	59,46	93,00	76,23
	Regina	68,75	96,00	82,37
0,25 x 0,20	Brisa	103,75	139,09	121,42
	Marisa	121,00	169,17	145,08
	Verônica	102,92	150,21	126,56
	Elisa	60,71	91,79	76,25
	Regina	65,38	97,75	81,56
Média	Brisa	101,44	132,04	116,74 B
	Marisa	121,75	171,67	146,71 A
	Verônica	111,35	147,98	129,67 AB
	Elisa	60,08	92,40	76,24 C
	Regina	67,06	96,88	81,97 C
0,25 x 0,25	Média	93,92	126,78	110,35
0,25 x 0,20	Média	90,75	129,60	110,18
Média		92,34 b	128,19 a	110,26

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 6 – Produção de biomassa seca das folhas (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	4,42	4,25	4,33
	Marisa	4,79	5,92	5,35
	Verônica	4,34	5,50	4,92
	Elisa	2,13	3,21	2,67
	Regina	2,54	3,42	2,98
0,25 x 0,20	Brisa	4,12	5,25	4,69
	Marisa	4,79	5,79	5,29
	Verônica	4,04	5,33	4,68
	Elisa	2,46	3,13	2,79
	Regina	2,17	2,88	2,52
Média	Brisa	4,27	4,75	4,51 A
	Marisa	4,79	5,86	5,32 A
	Verônica	4,19	5,42	4,80 A
	Elisa	2,29	3,17	2,73 B
	Regina	2,35	3,15	2,75 B
0,25 x 0,25	Média	3,64	4,46	4,05
0,25 x 0,20	Média	3,52	4,48	4,00
Média		3,58 b	4,47 a	4,02

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos por FAQUIN *et al.* (1996) para alface divergem dos aqui apresentados, pois relatam que as produções de biomassa fresca e seca das folhas para a cultivar Verônica, cultivada em sistema hidropônico NFT, com duas plantas por orifício, foram, respectivamente, 309,20 g e 14,80 g, considerando-se o ciclo de 45 dias. Entre os fatores que podem ter contribuído para o menor crescimento da cultivar Verônica nas condições climáticas de Maranguape, CE, em relação a Lavras, MG, podemos citar as elevadas temperaturas do ambiente e da solução nutritiva, a amplitude de variação da temperatura ambiente no interior da estufa a cada período de 24 horas, o menor período de cultivo, que no presente caso foi de apenas 42 dias. Problemas de desbalanceamento na solução nutritiva é, também, uma hipótese a ser considerada.

A temperatura ambiente no interior da estufa oscilou entre 22 e 46° C, no período compreendido entre 6:00 horas e 17:30 horas, e entre 21 e 28° C, no período de 17:30 horas e 6:00 horas, havendo dias em que a amplitude de variação atingiu 24° C, para um intervalo de 24 horas (QUADROS 1A e 2A, anexos).

SIMÃO (1960) citou que a alface é bastante sensível à elevação de temperatura, sendo que à medida que a temperatura se eleva o ciclo vegetativo encurta e o rendimento decresce, o que justifica as menores produções aqui observadas.

A temperatura da solução nutritiva oscilou entre 28 e 30° C. De acordo com COOPER (1978), a temperatura ótima da solução nutritiva em sistema NFT está compreendida no intervalo de 26 a 27° C. No presente trabalho a temperatura da solução nutritiva esteve acima do nível ótimo ao crescimento das plantas, de acordo com Cooper (1978), embora autores como FAQUIN *et al.* (1996) tenham citado 30° C como temperatura limite da solução nutritiva.

Com relação ao desbalanceamento de nutrientes da solução nutritiva, FAQUIN *et al.* (1996) destacaram que no cultivo hidropônico, quando a solução nutritiva não tem os nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas, as plantas não irão crescer e produzir adequadamente.

Os coeficientes de variação das produções de biomassa fresca e seca das folhas, avaliados nas parcelas (espaçamentos) foram, respectivamente, 9,99% e 13,23% (TABELAS 3 e 4). Para as avaliações nas subparcelas (cultivares) os C.Vs. foram altos, ou seja, superiores a 20%, e para as subsubparcelas (plantas por orifício), foram obtidos coeficientes de variação médios, com os valores de 14,67% e de 18,83%, respectivamente.

4.1.2 Número de folhas comerciais por orifício

A análise da variância para a característica número de folhas comerciais por orifício revelou a existência de diferenças altamente significativas entre as cultivares, entre o número de plantas por orifício, e para a interação cultivar x número de plantas por orifício (TABELA 7).

O desdobramento da interação cultivar x número de plantas por orifício (TABELAS 8 e 9) indicou que os comportamentos das cinco cultivares avaliadas com respeito ao número de folhas diferiram estatisticamente, conforme o número de plantas por orifício. A comparação das médias dos números de plantas por orifício, dentro de cada cultivar, pelo teste F (TABELA 10), mostrou que o número de folhas foi significativamente maior para duas plantas por orifício. O acréscimo observado pela adição de mais uma planta no orifício de cultivo, para as cultivares avaliadas, com relação ao caráter número de folhas, foi de 62,37% para a Brisa, 60,89% para a Marisa, 62,11% para a Verônica, 77,08% para a Elisa e 71,09% para a Regina..

A análise da variância do desdobramento dos tratamentos secundários dentro de cada tratamento terciário (TABELA 9) evidenciou que os comportamentos das cultivares, conforme o número de plantas por orifício usado, foram distintos entre si (valor de F altamente significativo). A comparação das médias das cultivares, dentro de cada número de planta por cova, revelou que as cultivares de folhas lisas (Regina, Elisa) produziram número de folhas significativamente maior do que as cultivares de folhas crespas, para os dois números de plantas por orifício avaliados (TABELA 10).

Vale ressaltar que na alface, o número de folhas por planta é uma característica botânica importante do ponto de vista comercial, por ser a parte comestível da planta. Entretanto, deve-se levar também em consideração o tamanho destas ou área foliar. Embora esta característica não tenha sido mensurada, observou-se que as folhas de alface das cultivares crespas eram bem maiores do que as das cultivares lisas.

DELISTOIANOV (1997) avaliou diferentes cultivares de alface sob hidroponia, no verão, em Viçosa, MG, e constatou que as cultivares de folha lisa produziram 26,00 folhas, número significativamente maior do que o alcançado pelo grupo de folha crespa, que foi de 17,00 folhas. Entretanto, o peso da parte aérea dos dois grupos foi o mesmo (155g por planta). Com relação ao número de folhas os dados do citado autor estão de acordo com os obtidos no presente trabalho, onde as cultivares de folhas lisas

TABELA 7 - Análise de variância do comprimento do caule e do número de folhas comerciais por orifício, de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com diferentes números de plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios	
		Comprimento do caule	Número de folhas por orifício
Repetição	2	5,217	1,906
Espaçamentos (E)	1	10,923	1,380
Resíduo (a)	2	0,915	0,421
Cultivares (C)	4	18,184**	166,513**
E x C	4	1,239	1,514
Resíduo (b)	16	2,267	5,695
Plantas por orifício (P)	1	9,283*	1567,748**
E x P	1	0,006	5,460
C x P	4	0,899	19,567**
E x C x P	4	0,462	1,303
Resíduo (c)	20	1,639	2,746
C.V. (espaçamentos), %		8,89	3,19
C.V. (cultivares), %		14,00	11,76
C.V. (plantas/orifício), %		11,90	8,17

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 8 - Análise de variância do número de folhas comerciais por orifício, para a interação cultivar x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos terciários (P) em cada tratamento secundário (C1,C2,C3,C4,C5).

Causa da variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
P/C1	1	253,920**
P/C2	1	233,441**
P/C3	1	160,601**
P/C4	1	482,601**
P/C5	1	517,453**
Resíduo (c)	20	2,746

(P) = número de plantas por orifício; (C1) = Brisa; (C2) = Marisa; (C3) = Verônica; (C4) = Elisa e (C5) = Regina.

** = Valores significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 9 - Análise de variância do número de folhas comerciais por orifício, para a interação cultivar x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos secundários (C) em cada tratamento terciário (P1,P2).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
C/P1	4	37,249**
C/P2	4	148,830**
Resíduo	30	2,813

C = cultivares; P1 = espaçamento 25 x 25 cm e P2 = espaçamento 25 x 20 cm.

** = Valores correspondentes significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 10 – Número de folhas comerciais por orifício, de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de folhas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	14,93	23,67	19,30
	Marisa	14,60	23,43	19,02
	Verônica	12,17	18,20	15,18
	Elisa	16,50	29,17	22,83
	Regina	18,40	30,23	24,35
0,25 x 0,20	Brisa	14,57	24,23	19,40
	Marisa	14,23	22,97	18,60
	Verônica	11,37	19,97	15,67
	Elisa	16,40	29,10	22,75
	Regina	18,53	32,97	25,75
Média	Brisa	14,75 b B	23,95 a B	19,35
	Marisa	14,42 b B	23,20 a B	18,81
	Verônica	11,77 b C	19,08 a C	15,42
	Elisa	16,45 b AB	29,13 a A	22,79
	Regina	18,47 b A	31,60 a A	25,03
0,25 x 0,25	Média	15,32	24,94	20,13
0,25 x 0,20	Média	15,02	25,85	20,43
Média		15,17	25,39	20,28

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

produziram 22,79 folhas (Elisa) e 25,03 folhas (Regina), enquanto que as cultivares de folhas crespas produziram número significativamente menor, sendo estes de 15,42 folhas (Verônica), 18,81 folhas (Marisa) e 19,35 folhas (Brisa).

Com relação ao comportamento produtivo da cultivar Verônica, HORINO & MELO (1993) observaram que nas condições de Brasília, DF, ela apresentou 17,80 folhas por planta, para o ciclo de 48 dias, valores que não diferiram muito dos constatados neste trabalho para a mesma cultivar.

ANDRADE *et al.* (1992) obtiveram valores médios de 22,60 folhas por planta para a cultivar Verônica Crespa, sob diferentes níveis de irrigação, em Teresina, PI. Já DUARTE *et al.* (1992), em trabalho realizado na mesma localidade, encontraram para a cultivar Verônica, número de folhas por planta de 26,98 e de 25,73, para o período chuvoso e seco, respectivamente. A grande variação entre o número de folhas por planta constatado em nosso trabalho para a mesma cultivar, que foi de 15,42 folhas, e os observados no Estado do Piauí, pelos citados autores, provavelmente foram ocasionados pela adoção de diferentes metodologias na mensuração desta característica, pois como já relatamos anteriormente, neste trabalho considerou-se, para efeito de contagem, apenas as folhas cujo comprimento foi superior a 10 cm.

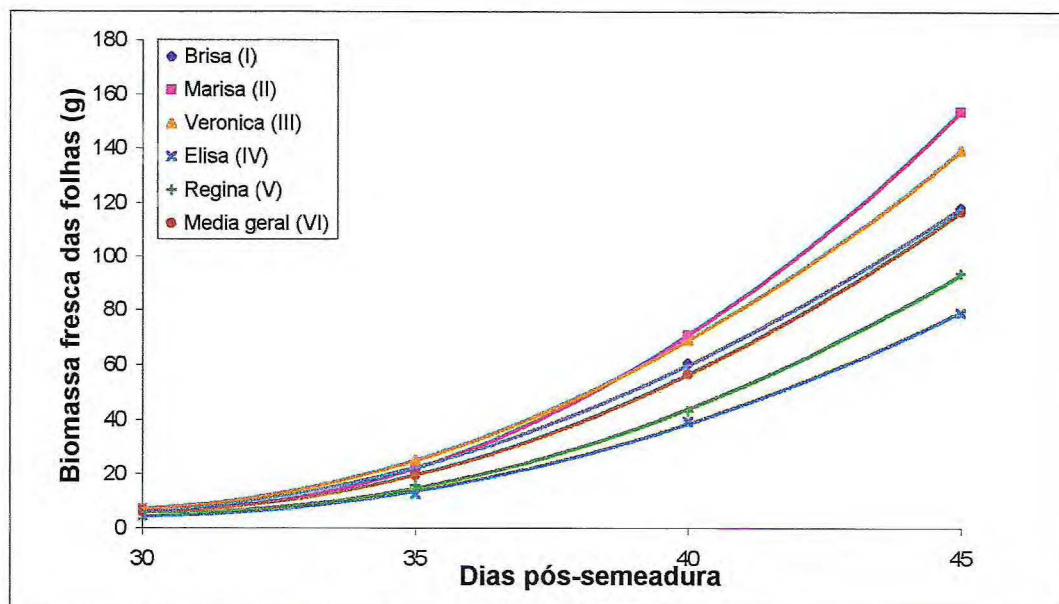
Em concordância com os resultados obtidos para a característica número de folhas por planta, onde a cultivar Regina se destacou das demais, com maior número de folhas por planta, estão os trabalhos relatados por ROSA *et al.* (1996 a e 1996b), TONIOLLI & BARROS (1996) e DELISTOIANOV (1997).

Os coeficientes de variação obtidos para o número de folhas comerciais por orifício foram 3,19% para as parcelas, 11,76% para as subparcelas, e 8,17% para as subsubparcelas (TABELA 7).

4.1.3 Curvas de crescimento para folhas

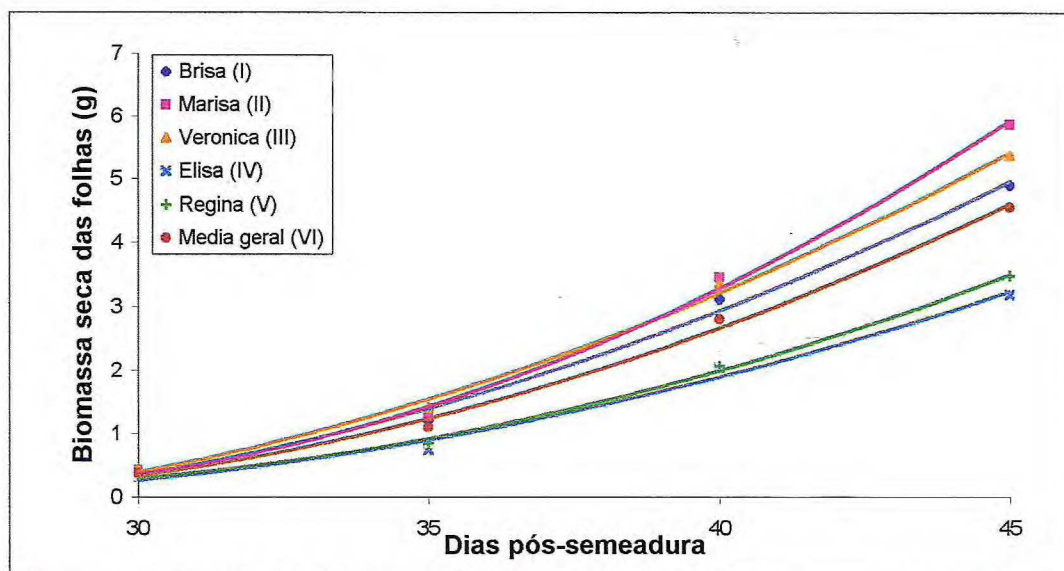
As análises de variância dos dados referentes à produção de biomassa fresca e seca das folhas detectaram efeitos significativos da interação entre cultivares e época de colheita (TABELAS 5A e 6A).

O crescimento da produção de biomassa fresca e seca das folhas, em função do tempo, ocorreu segundo uma equação de regressão polinomial, em função do tempo, para todas as cultivares (FIGURA 1). O incremento foi maior para a cultivar Marisa, e menor



A

(I) $y = 0,4208x^2 - 24,08x + 349,98$ $R^2 = 0,9999$
 (II) $y = 0,6758x^2 - 40,911x + 626,25$ $R^2 = 1$
 (III) $y = 0,5225x^2 - 30,391x + 448,86$ $R^2 = 1$
 (IV) $y = 0,3157x^2 - 18,682x + 280,83$ $R^2 = 0,9995$
 (V) $y = 0,4047x^2 - 24,523x + 377,4$ $R^2 = 0,9996$
 (VI) $y = 0,4678x^2 - 27,71x + 416,52$ $R^2 = 1$



B

(I) $y = 0,0099x^2 - 0,4351x + 4,5025$ $R^2 = 0,994$
 (II) $y = 0,0159x^2 - 0,8219x + 10,722$ $R^2 = 0,9967$
 (III) $y = 0,0106x^2 - 0,4602x + 4,67$ $R^2 = 0,997$
 (IV) $y = 0,0071x^2 - 0,3343x + 3,9075$ $R^2 = 0,9896$
 (V) $y = 0,0089x^2 - 0,4541x + 5,9175$ $R^2 = 0,9978$
 (VI) $y = 0,0105x^2 - 0,5025x + 5,9675$ $R^2 = 0,9957$

Figura 1 - Comportamento da produção de biomassa fresca e seca das folhas de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

para a Elisa. Nenhuma cultivar atingiu o ponto de inflexão da curva, correspondente ao ponto de máxima produção de biomassa das folhas, pois a colheita geral ocorreu aos 45 dias pós-semeadura, quando as plantas apresentavam bom desenvolvimento mas sem apresentar pendoamento precoce ou estiolamento acentuado. Este procedimento foi adotado visando a manutenção das características qualitativas e organolépticas que o mercado consumidor exige, que são: folhas tenras, bem desenvolvidas e com ausência de sabor amargo.

As curvas de crescimento, individuais e média, e suas correspondentes equações de regressão, estão expressas na FIGURA 1A, sendo a média geral da biomassa fresca das folhas estimada pela equação de regressão:

$$Y = 0,4678X^2 - 27,71X + 416,52 \quad (1), \text{ onde}$$

Y = estimativa da biomassa fresca das folhas, expressa em g, esperada em uma dada época de colheita¹(1), contada a partir de 30 dias após a semeadura.

X = número de dias pós-semeadura a partir do qual pode-se estimar a biomassa fresca das folhas.

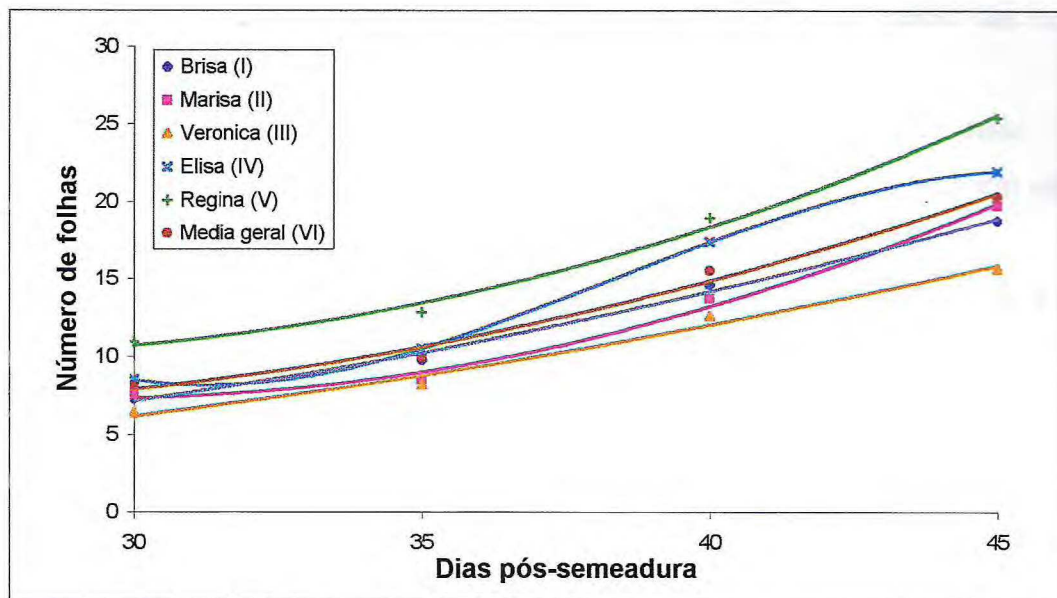
O coeficiente de determinação obtido ($R^2=1$) indica que a equação é um excelente estimador para a produção média de biomassa fresca das folhas.

Na FIGURA 1B são mostradas, individualmente, as curvas de crescimento e correspondentes equações. Para estimar a produção média de biomassa seca das folhas foi obtida a seguinte equação de regressão:

$$Y = 0,0105x^2 - 0,5025x + 5,9675 \quad , \text{ cujo}$$

coeficiente de determinação foi $R^2 = 0,9957$, indicando ser esta equação um excelente estimador para a biomassa seca esperada, respondendo por 99,57% das possíveis produções de biomassa seca em função da época de colheita.

Quanto ao número de folhas comerciais por planta, foi detectada diferença significativa entre os tratamentos para a interação cultivar x época de colheita (TABELA 7A). Nas cultivares Regina, Elisa e Brisa o número de folhas começou a se diferenciar a partir do 35º dia pós-semeadura, e nas demais a partir do 40º dia pós-semeadura (FIGURA 2). O aparecimento de folhas, em função do número de dias após a semeadura, para a cv Elisa, obedeceu a uma curva que se ajustou a uma equação de regressão polinomial de 3º grau. Para as demais cultivares, os ajustamentos obedeceram a equações polinomiais de 2º grau.



$$(I)y = 0,017x^2 - 0,489x + 6,525 \quad R^2 = 0,9946$$

$$(II)y = 0,051x^2 - 2,983x + 50,925 \quad R^2 = 0,9943$$

$$(III)y = 0,013x^2 - 0,329x + 4,375 \quad R^2 = 0,9857$$

$$(IV)y = -0,0096x^3 + 1,106x^2 - 41,01x + 502,6 \quad R^2 = 1$$

$$(V)y = 0,045x^2 - 2,381x + 41,625 \quad R^2 = 0,9935$$

$$(VI)y = 0,03x^2 - 1,402x + 22,95 \quad R^2 = 0,9905$$

Figura 2 - Comportamento do número de folhas médio de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

A equação obtida para o número de folhas comerciais médio das cultivares (FIGURA 2) foi:

$$Y = 0,03X^2 - 1,402X + 22,95 \quad (2), \text{ onde}$$

Y = estimativa do número de folhas médio por planta esperado em uma dada época de colheita (2), contada a partir de 30 dias pós-semeadura.

X = número de dias pós-semeadura a partir do qual pode-se estimar o número de folhas médio por planta.

O coeficiente de determinação obtido para a equação foi $R^2=0,9905$, o que a credencia para estimar com sucesso o número de folhas médio esperado, para uma determinada época de colheita.

As equações de regressão estimadas para as cultivares, considerando os dados médios de cada uma delas, apresentaram coeficientes de determinação que variaram de 0,9905 a 1, indicando-as como adequadas para tal finalidade.

4.2 Caule

4.2.1 Produção de biomassas fresca e seca do caule

As análises de variância dos dados de biomassa fresca e seca do caule (TABELAS 3 e 4) indicaram a existência de diferenças altamente significativas entre as cultivares. A comparação das médias das cultivares, pelo teste Tukey, ao nível de 5%, mostrou que as cultivares Marisa e Verônica obtiveram as maiores produções de biomassa fresca e seca do caule, que foram, respectivamente, de 23,86 g e 0,61 g, para a Marisa, e de 21,52 e 0,61 g, para a Verônica, mas sem diferir da Brisa, cujas produções de biomassa fresca e seca do caule foram 18,55 g e 0,47 g (TABELAS 11 e 12). As cultivares Marisa e Verônica, no entanto, diferiram das cultivares folhas lisas, cujas biomassas frescas e secas do caule foram, respectivamente, 14,05 g e 0,36 g, para a Elisa, e de 13,04 g e 0,30 g, para a Regina.

Os resultados de produção de biomassa fresca do caule estão de acordo com os obtidos por FAQUIN *et al.* (1996), com a cv Verônica, cultivada em hidroponia NFT, durante 45 dias. Já a produção de biomassa seca do caule encontrada pelos autores, que foi de 0,83 g por duas plantas, diferiu da observada no presente trabalho.

TABELA 11 – Produção de biomassa fresca do caule (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	16,50	21,54	19,02
	Marisa	18,17	29,91	24,04
	Verônica	18,41	24,92	21,67
	Elisa	10,87	17,50	14,19
	Regina	11,79	15,50	13,64
0,25 x 0,20	Brisa	13,96	22,20	18,08
	Marisa	17,62	29,75	23,68
	Verônica	15,50	27,25	21,38
	Elisa	11,04	16,79	13,91
	Regina	9,12	15,75	12,44
Média	Brisa	15,23	21,87	18,55 AB
	Marisa	17,90	29,83	23,86 A
	Verônica	16,96	26,09	21,52 A
	Elisa	10,96	17,15	14,05 B
	Regina	10,46	15,62	13,04 B
0,25 x 0,25	Média	15,15	21,87	18,51
0,25 x 0,20	Média	13,45	22,35	17,90
Média		14,30 b	22,11 a	18,20

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 12 – Produção de biomassa seca do caule (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	0,41	0,50	0,46
	Marisa	0,46	0,66	0,56
	Verônica	0,54	0,66	0,60
	Elisa	0,21	0,50	0,35
	Regina	0,25	0,33	0,29
0,25 x 0,20	Brisa	0,42	0,54	0,48
	Marisa	0,50	0,83	0,66
	Verônica	0,50	0,75	0,62
	Elisa	0,33	0,41	0,37
	Regina	0,25	0,37	0,31
Média	Brisa	0,41	0,52	0,47 AB
	Marisa	0,48	0,75	0,61 A
	Verônica	0,52	0,70	0,61 A
	Elisa	0,27	0,45	0,36 B
	Regina	0,25	0,35	0,30 B
0,25 x 0,25	Média	0,37	0,53	0,45
0,25 x 0,20	Média	0,40	0,58	0,49
Média		0,39 b	0,56 a	0,47

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

As análises de variância mencionadas mostraram ainda a existência de diferenças altamente significativas (ao nível de 1%, pelo teste F), entre os números de planta por orifício avaliados, sendo que o plantio de duas plantas por orifício foi estatisticamente superior ao plantio de uma planta por orifício para as características de biomassa fresca e seca do caule (TABELAS 3 e 4).

Os coeficientes de variação das biomassas do caule determinados nas parcelas (espaçamentos) foram de 14,84% e 9,51%, respectivamente, para a biomassa fresca e seca. Para as avaliações de biomassa fresca e seca do caule nas subparcelas (cultivares) eles foram altos, ou seja, superiores a 20%. Já os coeficientes de variação determinados nas subsubparcelas (plantas/orifício) foram de 19,76% e de 26,91%, respectivamente, para as biomassas fresca e seca do caule.

4.2.2 Comprimento do Caule

A análise de variância dos dados de comprimento do caule indicou que as cultivares diferiram estatisticamente (TABELA 7). A comparação das médias das cultivares, pelo teste Tukey, ao nível de 5%, indicou comprimento do caule significativamente menor nas cultivares Regina (9,17 cm) e Brisa (9,67 cm), as quais diferiram das demais, e maior nas outras cultivares, onde ultrapassaram 11,50 cm (TABELA 13). Os menores valores obtidos pelas cultivares Regina e Brisa sugerem uma maior tolerância destas ao calor, traduzido através de um menor alongamento do caule.

A análise apresentada na TABELA 7 indicou também a ocorrência de diferença estatística significativa, com relação ao fator número de plantas por orifício. A comparação das médias mostrou que o cultivo de uma planta por orifício apresentou valor médio de comprimento do caule de 10,36 cm por planta, enquanto que o cultivo de duas plantas por orifício, expressou o valor de 11,15 cm por planta (TABELA 13). Isto mostra que o cultivo de uma planta por orifício proporciona um menor comprimento de caule, e sugere que no caso de duas plantas, a competição estimula um maior alongamento do caule.

Vale ressaltar que um menor comprimento do caule é desejável, pois exprime uma maior adaptação das plantas ao pendoamento precoce, principalmente quando o plantio da alface é realizado sob condições de elevadas temperaturas.

TABELA 13 – Comprimento do caule (cm) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício, em Maranguape, CE, 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	8,96	10,00	9,48
	Marisa	10,47	11,93	11,20
	Verônica	10,77	10,80	10,78
	Elisa	10,77	11,70	11,23
	Regina	8,66	9,23	8,95
0,25 x 0,20	Brisa	9,20	10,53	9,86
	Marisa	11,47	12,70	12,08
	Verônica	12,63	12,83	12,73
	Elisa	12,00	11,67	11,83
	Regina	8,70	10,10	9,40
Média	Brisa	9,08	10,27	9,67 C
	Marisa	10,97	12,32	11,64 A
	Verônica	11,70	11,82	11,76 A
	Elisa	11,38	11,68	11,53 AB
	Regina	8,68	9,66	9,17 C
0,25 x 0,25	Média	9,92	10,73	10,32
0,25 x 0,20	Média	10,80	11,57	10,32
Média		10,36 b	11,15 a	10,75

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

ZATARIN (1985) cita que o pendoamento prematuro, provocado principalmente por altas temperaturas, é em geral a razão principal do insucesso das produções comerciais de alface nessas condições.

O melhor manejo cultural, visando um menor alongamento do caule das plantas, seria um maior espaçamento entre plantas (0,25 m), com uma planta por orifício. Esta recomendação coincide com o sugerido por ALBERONI (1998) para regiões muito quentes.

Os coeficientes de variação obtidos para os dados de comprimento do caule foram de 8,89% para as parcelas, de 14,00% para as subparcelas e de 11,90% para as subsubparcelas (TABELA 7).

4.2.3 Curvas de crescimento para caule

As análises de variância dos dados de biomassa fresca e seca do caule, nas diferentes épocas de amostragem, evidenciaram efeitos significativos para a interação cultivar x época de colheita (TABELA 5A e 6A).

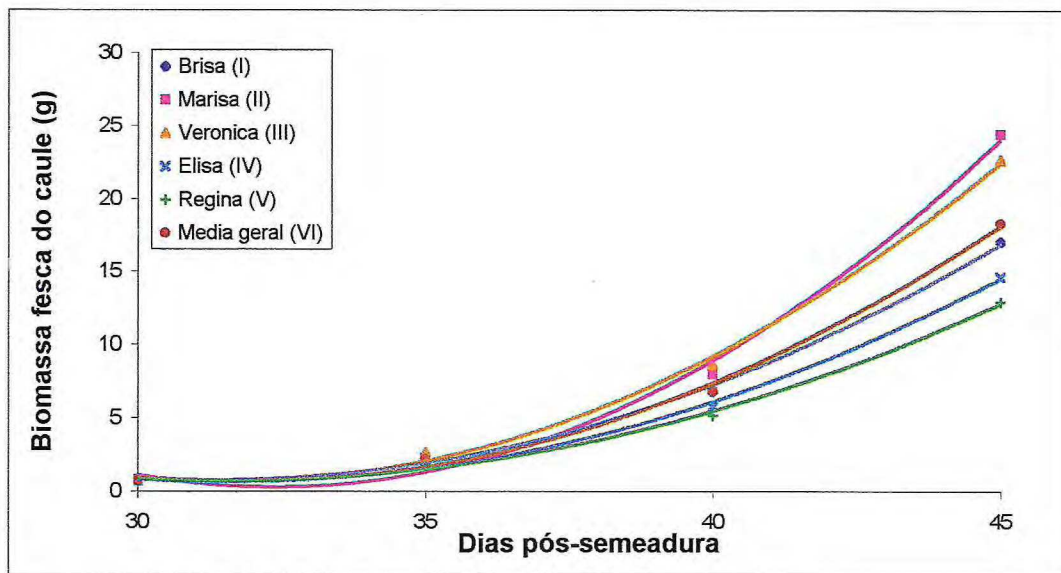
A análise do comportamento da produção de biomassa fresca e seca do caule de cada cultivar, para as diferentes épocas de colheita, evidenciou um crescimento mais lento até 40 dias após a semeadura, ocorrendo após esta época um grande incremento no crescimento do caule (FIGURA 3). Este comportamento está compatível com o apresentado pela produção de biomassa das folhas, mostrando que nas plantas de alface a produção de biomassa das folhas e do caule acompanhou a mesma tendência, sendo assim um importante indicador de que, no trabalho conduzido, o comprimento do caule obtido foi, principalmente, função do crescimento geral da planta e não proveniente de um estiolamento precoce.

A produção de biomassa fresca do caule, entre 30 e 45 dias após a semeadura, para as cultivares em estudo, pode ser representada ($R^2=0,9967$) pela equação:

$$Y = 0,1001X^2 - 6,3597X + 101,65 \quad (3), \text{ onde}$$

Y = estimativa da biomassa fresca do caule (g) esperada em uma dada época de colheita (3), contada a partir de 30 dias após a semeadura.

X = número de dias pós-semeadura a partir do qual pode-se estimar a biomassa fresca do caule.



$$(I)y = 0,0854x^2 - 5,3382x + 84,175 \quad R^2 = 0,9969$$

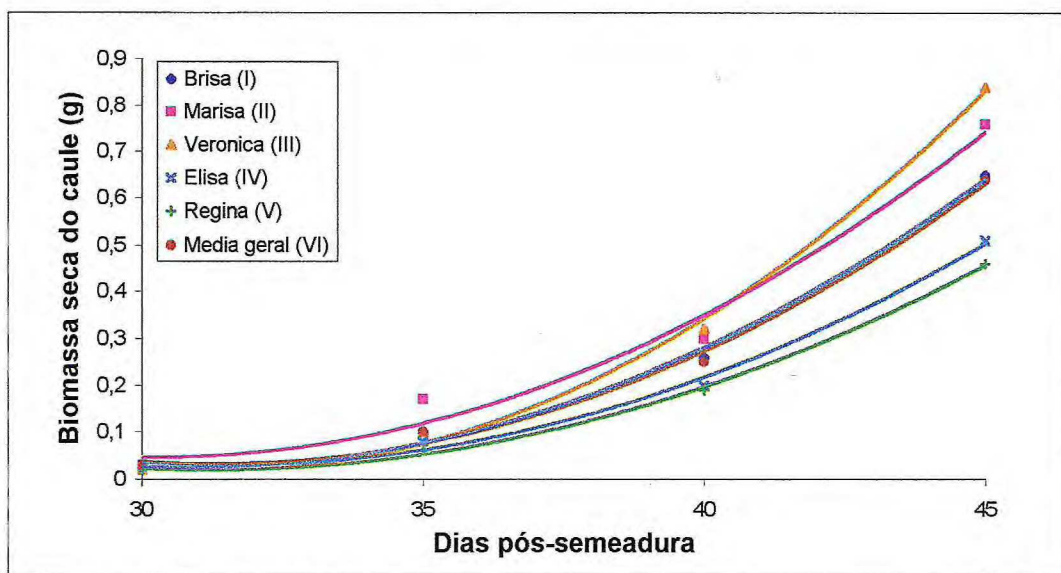
$$(II)y = 0,1496x^2 - 9,6896x + 157,18 \quad R^2 = 0,9941$$

$$(III)y = 0,122x^2 - 7,7188x + 122,79 \quad R^2 = 0,9975$$

$$(IV)y = 0,0766x^2 - 4,829x + 76,73 \quad R^2 = 0,998$$

$$(V)y = 0,0669x^2 - 4,2249x + 67,453 \quad R^2 = 0,9975$$

$$(VI)y = 0,1001x^2 - 6,3597x + 101,65 \quad R^2 = 0,9967$$



$$(I)y = 0,0031x^2 - 0,1915x + 2,9825 \quad R^2 = 0,9952$$

$$(II)y = 0,0032x^2 - 0,1936x + 2,975 \quad R^2 = 0,9808$$

$$(III)y = 0,0044x^2 - 0,2764x + 4,36 \quad R^2 = 0,9969$$

$$(IV)y = 0,0026x^2 - 0,1638x + 2,61 \quad R^2 = 0,9948$$

$$(V)y = 0,0023x^2 - 0,1435x + 2,2575 \quad R^2 = 0,9989$$

$$(VI)y = 0,0032x^2 - 0,2004x + 3,17 \quad R^2 = 0,9943$$

Figura 3 - Comportamento da produção de biomassa fresca e seca do caule de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

A produção média de biomassa seca do caule pode ser estimada segundo a equação:

$$Y = 0,0032x^2 - 0,2004x + 3,17 \quad , \text{cujo}$$

coeficiente de determinação foi 0,9943, indicando que esta equação é um eficiente estimador para a biomassa seca esperada, respondendo por 99,43% das possíveis produções de biomassa seca em função da época de colheita (FIGURA 3).

A análise de variância dos dados do comprimento do caule, sob diferentes épocas de colheita, detectou efeitos significativos para a interação cultivar x época de colheita (TABELA 7A)

Os dados referentes ao comprimento do caule encontram-se na FIGURA 4 e demonstram que as cultivares de alface começaram a diferenciar entre si aos 30º dia pós-semeadura, tendo as cultivares Elisa (4,93cm) e Regina (3,75cm) apresentado os maiores valores de comprimento do caule. Já na colheita aos 45 dias, as cultivares Verônica (12,53cm) e Marisa (11,98cm) foram as que apresentaram os maiores comprimentos de caule. Esta inversão de comportamento das cv Regina e Brisa, pode ser conseqüência de uma maior tolerância às condições ambientais, que refletiu em um menor alongamento do caule.

O comportamento do comprimento do caule das diferentes cultivares de alface, entre 30 e 45 dias após a semeadura (FIGURA 4), ajusta-se ($R^2=0,995$) a uma equação de regressão polinomial, de 2º grau, conforme a seguir:

$$Y = 0,0269X^2 - 1,5113X + 24,768 \quad (4) , \text{onde}$$

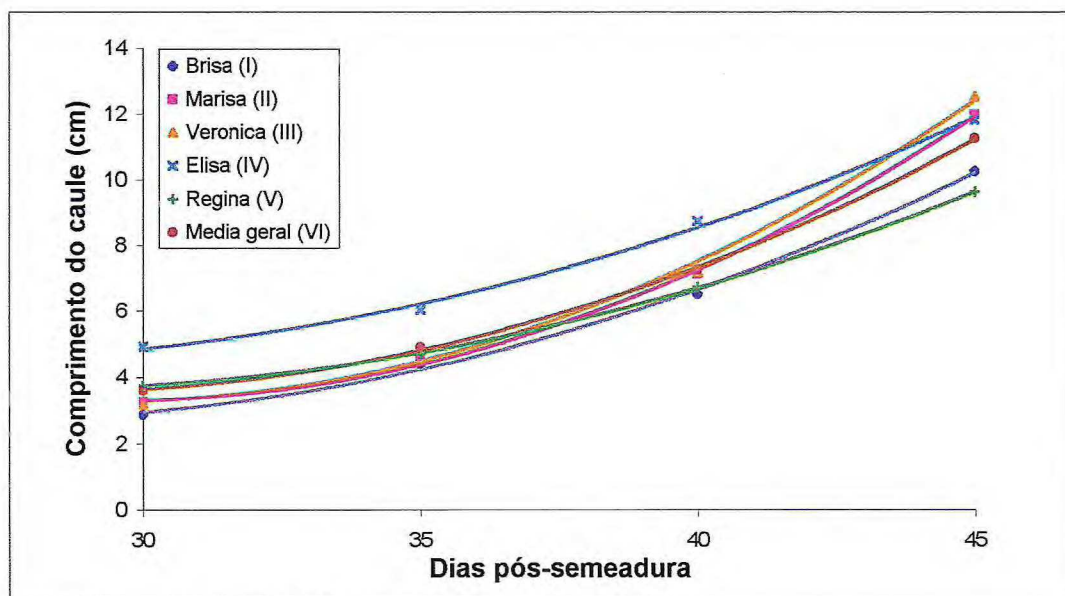
Y = estimativa do comprimento do caule, expresso em cm, esperado em uma dada época de colheita (4) , contada a partir de 30 dias após a semeadura.

X = número de dias pós-semeadura a partir do qual pode-se estimar o comprimento do caule.

4.3. Raízes

4.3.1. Biomassas fresca e seca das raízes

A análise de variância dos dados de produção de biomassa fresca e seca das raízes (TABELA 3 e 4) indicou a existência de diferenças significativas entre as cultivares.



$$(I)y = 0,0226x^2 - 1,2098x + 18,905 \quad R^2 = 0,9983$$

$$(II)y = 0,0358x^2 - 2,1102x + 34,4 \quad R^2 = 0,9991$$

$$(III)y = 0,0368x^2 - 2,152x + 34,74 \quad R^2 = 0,9951$$

$$(IV)y = 0,0197x^2 - 1,0089x + 17,403 \quad R^2 = 0,9971$$

$$(V)y = 0,0194x^2 - 1,0606x + 18,105 \quad R^2 = 1$$

$$(VI)y = 0,0269x^2 - 1,5113x + 24,768 \quad R^2 = 0,9995$$

Figura 4 - Comportamento do comprimento do caule de cultivares de alface avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

A produção de biomassa fresca e de biomassa seca das raízes das cultivares de alface, nos espaçamentos de 0,20 m x 0,25m e de 0,25 m x 0,25 m entre plantas, e conduzidas com uma planta e duas plantas por cova, encontram-se nas TABELAS 14 e 15. O teste Tukey revelou que as produções de biomassa fresca da raiz (TABELA 14) das cultivares de folhas crespas, Brisa, Marisa e Verônica não diferiram entre si. As cultivares de folhas lisas também não diferiram entre si, com médias de 19,27 g (cultivar Regina) e de 16,72 g (Elisa). Entretanto, as cultivares de folhas crespas produziram biomassas frescas das raízes significativamente maiores do que as de folha lisa.

Com relação à produção de biomassa seca das raízes, constatou-se que estatisticamente, as cultivares de folha crespa não diferiram entre si, o mesmo ocorrendo com as duas cultivares de folhas lisas. Entretanto, as cultivares de folhas crespas produziram biomassa seca de raízes significativamente maior do que as das cultivares de folha lisa, de acordo com o teste Tukey (TABELA 15). Um maior sistema radicular normalmente implica em um maior crescimento da planta como um todo, e deste modo, morfológicamente, as cultivares de folhas crespas estavam mais capacitadas a atingirem uma maior produção de biomassa total.

Os resultados obtidos por FAQUIN *et al.* (1996) para alface estão de acordo dos obtidos no presente trabalho, pois eles relataram que as produções de biomassa fresca e seca das raízes da cultivar Verônica, cultivada em sistema NFT, com duas plantas por orifício, aos 45 dias de seu ciclo, foram de 34,54 g e de 1,88 g, respectivamente.

A análise de variância evidenciou a existência de diferenças altamente significativas entre os números de planta por orifício na bancada de produção, para as produções de biomassa fresca e seca das raízes (TABELAS 3 e 4). A comparação das médias, pelo teste Tukey, mostrou que o plantio de duas plantas por orifício foi estatisticamente superior ao plantio de uma planta por orifício para as biomassas frescas e secas das raízes (TABELAS 14 e 15).

Como a análise de variância evidenciou que a interação espaçamento x número de plantas por orifício foi significativa para a característica peso da matéria fresca da raiz, procedeu-se ao desdobramento da referida interação, como pode ser visto nas TABELAS 16 e 17. O estudo dos tratamentos terciários (número de plantas por orifício) em cada tratamento principal (espaçamento) mostrou que o efeito do número de plantas por orifício, sobre os dois espaçamentos avaliados, foi significativo, e que existiu maior efeito do número de plantas por orifício no espaçamento menor (0,25 m x 0,20 m), conforme mostra

TABELA 14 – Produção de biomassa fresca das raízes (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	25,58	28,58	27,08
	Marisa	30,12	38,00	34,06
	Verônica	30,04	32,96	31,50
	Elisa	15,83	19,21	17,52
	Regina	18,46	21,50	19,98
0,25 x 0,20	Brisa	21,83	30,83	26,33
	Marisa	25,79	36,13	30,96
	Verônica	22,21	30,62	26,42
	Elisa	12,96	18,87	15,91
	Regina	14,00	23,12	18,56
Média	Brisa	23,71	29,71	26,71
	Marisa	27,95	37,07	32,51
	Verônica	26,13	31,79	28,96
	Elisa	14,40	19,04	16,72
	Regina	16,23	22,31	19,27
0,25 x 0,25	Média	24,01Ab	28,05 Aa	26,03
0,25 x 0,20	Média	19,36 Bb	27,92 Aa	23,64
Média		21,68	27,98	24,83

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou por mesmas letras minúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 15 – Produção de biomassa seca das raízes (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	1,66	2,04	1,85
	Marisa	1,83	2,66	2,24
	Verônica	1,91	2,25	2,08
	Elisa	1,04	1,20	1,12
	Regina	1,08	1,46	1,27
0,25 x 0,20	Brisa	1,66	2,58	2,12
	Marisa	1,66	2,58	2,12
	Verônica	1,75	2,63	2,19
	Elisa	1,00	1,54	1,27
	Regina	0,87	1,62	1,25
Média	Brisa	1,66	2,31	1,99 A
	Marisa	1,75	2,62	2,18 A
	Verônica	1,83	2,44	2,13 A
	Elisa	1,02	1,37	1,19 B
	Regina	0,98	1,54	1,26 B
0,25 x 0,25	Média	1,51	1,92	1,71
0,25 x 0,20	Média	1,39	2,19	1,79
Média		1,45 b	2,06 a	1,75

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 16 - Análise de variância da produção de biomassa fresca das raízes, para a interação espaçamento x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos terciários (P) em cada tratamento principal (E1,E2).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
P/E1	1	122,573*
P/E2	1	549,381**
Resíduo (c)	20	18,246

(P) = números de plantas por orifício; (E1) = 25 x 25 cm e (E2) = 25 x 20 cm.

*, ** = Valores significativos a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 17 - Análise de variância da produção de biomassa fresca das raízes, para a interação espaçamento x número de plantas por orifício. Desdobramento dos tratamentos principais (E) em cada tratamento terciário (P1,P2).

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
E/P1	1	162,168**
E/P2	1	0,134
Resíduo	21	13,283

(E) = espaçamentos; (P1) = uma planta por orifício e (P2) = duas plantas por orifício.

** = Valor significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

a TABELA 16. As comparações das médias do número de plantas, em cada espaçamento, pelo teste F (TABELA 14) evidenciou que o cultivo de duas plantas por cova produziu biomassa fresca das raízes estatisticamente superior ao cultivo de uma planta isolada. Isto já era esperado, pois teoricamente, caso não ocorresse nenhum tipo de competição entre as plantas, a produção de biomassa fresca das raízes para os orifícios conduzidos com duas plantas, deveria ser o dobro do valor obtido nos conduzidos com uma planta por orifício. Entretanto, quando se analisam os dados médios desta interação, observa-se que o desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas com uma planta por orifício foi maior do que as cultivadas com duas plantas por orifício. Tomando-se como referência apenas uma planta, fica demonstrado que houve competição a nível de sistema radicular, entre as plantas de um mesmo orifício. Esta competição pode ter sido por nutrientes orgânicos e inorgânicos e/ou pelo espaço físico para crescer.

O desdobramento dos tratamentos principais (E) dentro de cada tratamento terciário (P1,P2) pode ser visto na TABELA 17, e mostra que o efeito do espaçamento sobre o número de plantas foi altamente significativo quando se cultivou uma planta por orifício, mas não foi significativo quando se utilizou duas plantas. A comparação das médias dos espaçamentos para a condução de uma planta por orifício indicou que o maior espaçamento entre plantas propiciou a obtenção de biomassa fresca das raízes estatisticamente maior do que a apresentada no menor espaçamento, sugerindo que o espaçamento entre plantas é um fator que pode limitar o crescimento das raízes.

Os coeficientes de variação das produções de biomassa fresca e seca das raízes, avaliados nas parcelas (espaçamentos), foram de 7,37% e de 32,52%, respectivamente. Para as avaliações nas subparcelas (cultivares) os percentuais foram, respectivamente, 21,50% e 32,82%, e para as subsubparcelas (plantas por orifício) foram obtidos coeficientes de variação de 17,20% e 28,91% (TABELA 3 e 4).

4.3.2. Curvas de crescimento para raízes

As análises de variância dos dados referentes à produção de biomassa fresca e seca das raízes evidenciaram efeitos significativos da interação entre cultivares e época de colheita (TABELAS 5A e 6A).

As produções de biomassa fresca e seca das raízes, para todas as cultivares, entre 30 e 45 dias após a semeadura, ajustaram-se a uma equação de regressão polinomial

de 3º grau (FIGURA 5). As cultivares começaram a diferir para a produção de biomassa fresca e seca das raízes, respectivamente, a partir do 35º e do 40º dia pós-semeadura, tendo as cultivares Marisa e Verônica destacado-se pela produção de biomassa das raízes.

As curvas de crescimento mostraram que o incremento foi maior para a cultivar Marisa, e menor para a Elisa, e visualizaram que as cultivares Brisa e Elisa atingiram o ponto de inflexão da curva, correspondente ao ponto de máxima produção de biomassa das raízes, demonstrando ser, provavelmente, cultivares mais precoces.

A equação de regressão de estimativa da média geral das cultivares, para a biomassa fresca das raízes, foi:

$$Y = -0,0122X^3 + 1,391X^2 - 50,864X + 604,83 \quad (5), \text{ onde}$$

Y = estimativa da biomassa fresca das raízes, expressa em g, esperada em uma dada época de colheita (5), contada a partir de 30 dias após a semeadura.

X = número de dias pós-semeadura a partir do qual pode-se estimar a biomassa fresca das raízes.

O coeficiente de determinação obtido ($R^2=1$) indica que a equação é um excelente estimador para a produção média de biomassa fresca das raízes (FIGURA 5).

A equação obtida para estimar a produção média de biomassa seca das raízes foi:

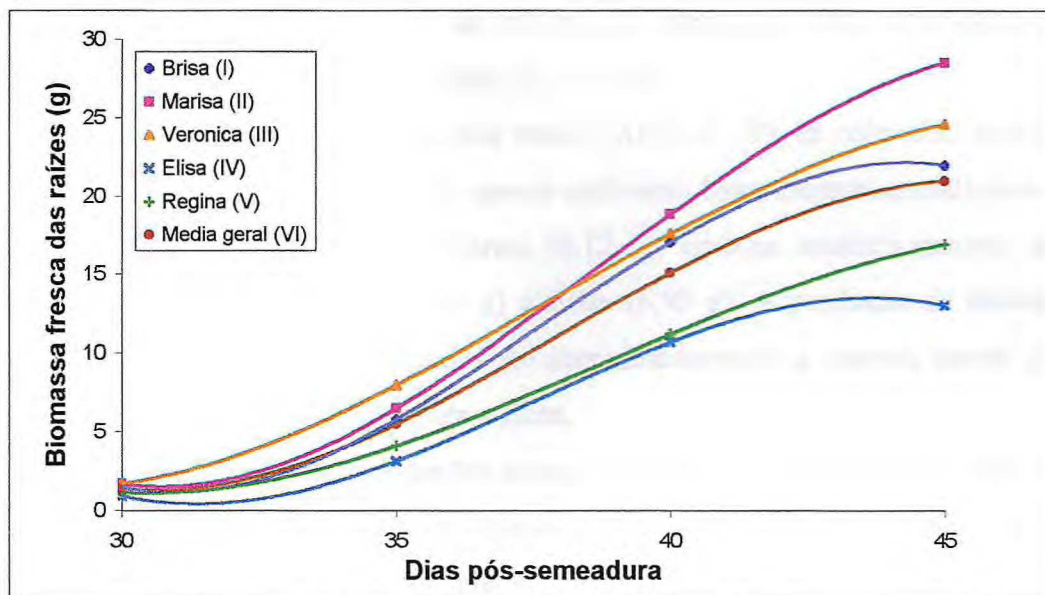
$$Y = -0,0014X^3 + 0,1626X^2 - 5,939X + 70,8 \quad , \text{ cujo}$$

coeficiente de determinação foi 1, indicando que esta equação é um excelente estimador para a biomassa seca esperada, respondendo por 100% das possíveis produções de biomassa seca em função da época de colheita (FIGURA 5).

4.4 Planta inteira

4.4.1 Biomassa total fresca e seca

As análises de variância dos dados de produção de biomassa total fresca e seca (TABELAS 3 e 4) indicaram a existência de diferenças altamente significativas entre as cultivares e entre o número de plantas por orifício. Constatou-se que a produção de biomassa total fresca da cultivar Marisa (203,08 g) foi superior as das demais, sem entretanto diferir estatisticamente da cultivar Verônica (180,15 g), mas diferindo das cultivares Brisa (162,00 g), Regina (114,28 g) e Elisa (107,02 g), conforme pode ser visto



A

$$(I)y = -0,0178x^3 + 2,0078x^2 - 73,184x + 870,28 \quad R^2 = 1$$

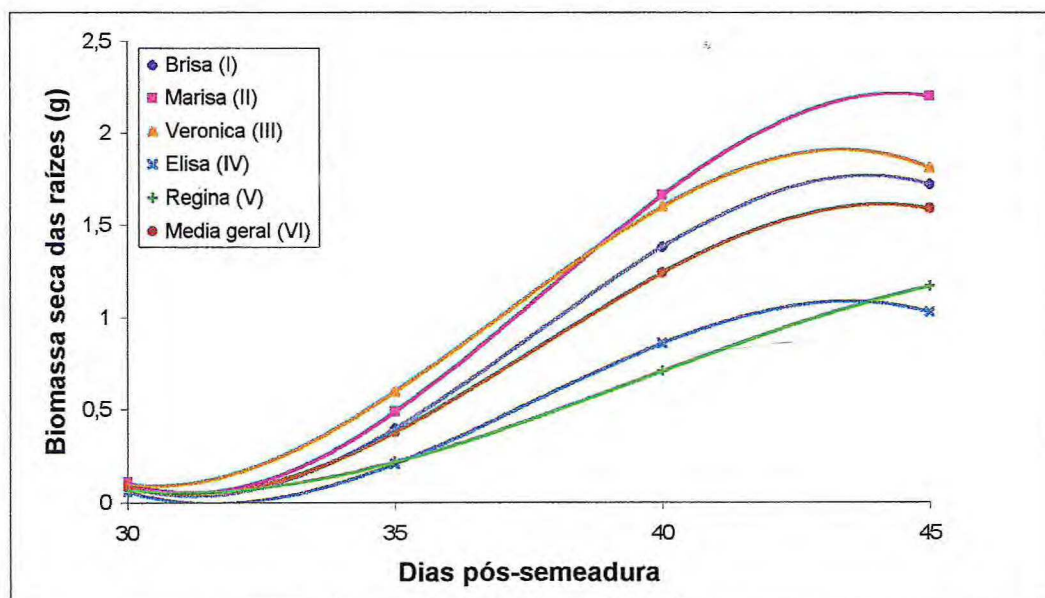
$$(II)y = -0,0138x^3 + 1,5982x^2 - 59,197x + 711,1 \quad R^2 = 1$$

$$(III)y = -0,0082x^3 + 0,9284x^2 - 33,107x + 380,41 \quad R^2 = 1$$

$$(IV)y = -0,014x^3 + 1,5778x^2 - 57,625x + 688,03 \quad R^2 = 1$$

$$(V)y = -0,0072x^3 + 0,835x^2 - 30,908x + 370,56 \quad R^2 = 1$$

$$(VI)y = -0,0122x^3 + 1,391x^2 - 50,864x + 604,83 \quad R^2 = 1$$



B

$$(I)y = -0,0017x^3 + 0,1968x^2 - 7,1843x + 85,66 \quad R^2 = 1$$

$$(II)y = -0,0019x^3 + 0,2146x^2 - 7,8617x + 93,94 \quad R^2 = 1$$

$$(III)y = -0,0017x^3 + 0,1906x^2 - 6,828x + 79,84 \quad R^2 = 1$$

$$(IV)y = -0,0013x^3 + 0,1472x^2 - 5,3893x + 64,54 \quad R^2 = 1$$

$$(V)y = -0,0005x^3 + 0,0586x^2 - 2,2127x + 27,03 \quad R^2 = 1$$

$$(VI)y = -0,0014x^3 + 0,1626x^2 - 5,939x + 70,8 \quad R^2 = 1$$

Figura 5 - Comportamento da produção de biomassa fresca e seca das raízes de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

na TABELA 18. As duas cultivares de folhas lisas, Regina e Elisa, estatisticamente, não diferiram entre si com relação a biomassa fresca total.

Com relação à biomassa seca total (TABELA 19), as cultivares crespas foram significativamente mais produtivas do que as cultivares lisas. Dentre as cultivares crespas, a maior produção foi obtida pela Marisa (8,12 g), embora estatisticamente não tenha diferido das cultivares Verônica (7,50 g) e Brisa (6,99 g). A produção de biomassa seca total das duas cultivares lisas avaliadas foi aproximadamente a mesma, sendo de 4,31 g para a cultivar Regina e de 4,29 g para a Elisa.

De acordo com as produções totais de biomassa fresca e seca (TABELAS 18 e 19), conclui-se que as cultivares de folhas crespas (Brisa, Marisa e Verônica) foram significativamente mais produtivas que as cultivares de folhas lisas (Elisa e Regina), evidenciando uma maior adaptação das primeiras às condições locais de alta temperatura.

DELISTOIANOV (1997) avaliou cultivares de folha lisa e de folha crespa de alface, em sistema hidropônico, no verão, em Viçosa, MG, e constatou que o peso fresco da parte aérea dos dois grupos foi o mesmo (155 g por planta). Este resultado diverge dos observados no presente trabalho, o que pode ser atribuído à diferenças ambientais ou de manejo.

Com relação ao comportamento produtivo da cultivar Verônica, HORINO & MELO (1993) observaram que nas condições de Brasília, DF, ela apresentou peso médio de 169,20 g/planta, para o ciclo de 48 dias, valores que não diferem muito dos constatados neste trabalho para a mesma cultivar, cujo ciclo foi de 42 dias. ANDRADE *et al.* (1992) obtiveram valores médios de 139,40 g de peso fresco total para a cultivar Verônica, sob diferentes níveis de irrigação, em Teresina, PI. Já DUARTE *et al.* (1992), em trabalho realizado na mesma localidade, encontraram para a cultivar Verônica um peso médio de planta de 175,00 g e 214,00 g, para o período chuvoso e seco, respectivamente.

As análises apresentadas nas TABELAS 3 e 4 evidenciaram, ainda, a existência de diferenças altamente significativas entre número de plantas por orifício. A comparação das médias indicou que o plantio de duas plantas por orifício foi, estatisticamente, superior ao plantio de uma planta por orifício, para todas as características de produção de biomassa total fresca e seca (TABELAS 18 e 19).

Com relação à produção de biomassa fresca total, BERNARDES (1997) destacou que a exigência do mercado consumidor é que o peso do maço comercializado de alface seja de 250 a 300 g, e como o peso da alface produzida em sistema NFT varia de

TABELA 18 – Produção total de biomassa fresca (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	141,20	175,12	158,16
	Marisa	170,79	242,08	206,44
	Verônica	168,25	203,66	185,96
	Elisa	86,16	129,71	107,94
	Regina	99,00	133,00	116,00
0,25 x 0,20	Brisa	139,54	192,12	165,83
	Marisa	164,41	235,04	199,73
	Verônica	140,62	208,08	174,35
	Elisa	84,74	127,45	106,10
	Regina	88,51	136,62	112,57
Média	Brisa	140,37	183,62	162,00 B
	Marisa	167,60	238,56	203,08 A
	Verônica	154,43	205,87	180,15 AB
	Elisa	85,45	128,58	107,02 C
	Regina	93,75	134,81	114,28 C
0,25 x 0,25	Média	133,08	176,71	154,90
0,25 x 0,20	Média	123,57	179,86	151,72
Média		128,32 b	178,29 a	153,30

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 19 – Produção total de biomassa seca (g/orifício) de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos e com uma e duas plantas por orifício. Maranguape, CE. 1997.

Espaçamento (m)	Cultivar	Número de plantas por orifício		
		1	2	Média
0,25 x 0,25	Brisa	6,58	6,79	6,68
	Marisa	7,08	9,25	8,16
	Verônica	6,79	8,21	7,50
	Elisa	3,37	4,91	4,14
	Regina	3,87	5,21	4,54
0,25 x 0,20	Brisa	6,20	8,37	7,29
	Marisa	6,95	9,21	8,08
	Verônica	6,29	8,71	7,50
	Elisa	3,79	5,08	4,43
	Regina	3,29	4,87	4,08
Média	Brisa	6,39	7,58	6,99 A
	Marisa	7,02	9,23	8,12 A
	Verônica	6,54	8,46	7,50 A
	Elisa	3,58	5,00	4,29 B
	Regina	3,58	5,04	4,31 B
0,25 x 0,25	Média	5,54	6,87	6,20
0,25 x 0,20	Média	5,30	7,25	6,27
Média		5,42 b	7,06 a	6,24

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma coluna, ou pela mesma letra minúscula, na mesma linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

125 a 150 g por orifício de isopor quando conduzida com uma planta por orifício, torna-se necessário embalar duas plantas em cada saco plástico, para compor o maço a ser comercializado.

Os dados obtidos neste trabalho para a produção de biomassa fresca total, utilizando-se uma planta por orifício, indicaram que apenas as cultivares crespas (Brisa, Marisa e Verônica) estão de acordo com o intervalo mencionado por BERNARDES (1997), para cultivo hidropônico no sistema NFT, podendo ser comercializadas mediante a formação do maço com duas plantas. Já as cultivares de folhas lisas (Elisa e Regina) obtiveram produção de biomassa fresca total inferior a 125 g, devendo seus maços para serem comercializados serem compostos de três plantas.

Com base nos dados obtidos no presente trabalho, onde a maior produção foi alcançada pela cultivar Marisa, com 242,08 g, cultivada com duas plantas por orifício, no espaçamento de 0,25 m x 0,25 m, para um ciclo de 42 dias, valor inferior ao limite mínimo de peso recomendado para a comercialização, sugerimos a colheita após 45 dias, mas sem apresentar sintomas de alongamento do caule.

Dentre as cultivares de folha lisa, a mais produtiva foi a Regina, conduzida com duas plantas por orifício e no espaçamento de 0,25 m x 0,20 m, que obteve 136,62 g de matéria verde total enquanto a Elisa produziu 129,71 g, com 2 plantas por orifício e no espaçamento de 0,25 m x 0,25 m (TABELA 18). Isto significa que deverão ser colhidos dois orifícios de isopor, cada um com duas plantas, para compor o maço a ser comercializado com essas cultivares.

Todas as cultivares apresentaram maiores valores de produções de biomassa total fresca e seca quando conduzidas com duas plantas por orifício (TABELAS 18 e 19). Observou-se que, cada cultivar reagiu diferentemente com relação à interação não significativa cultivar x número de plantas por orifício, o que pode ser constatado pelo acréscimo de uma planta no orifício de cultivo, por cultivar. Assim, o acréscimo na produção total de biomassa fresca obtido para as cultivares Brisa, Marisa, Verônica, Elisa e Regina foram, respectivamente, 75,86%, 42,36%, 33,35%, 50,41% e 43,86%, referenciando ser menos sensível a cv Brisa. Já as demais cultivares apresentaram uma maior competição entre plantas com o cultivo de duas plantas por orifício, o que reduziu o percentual de resposta das mesmas.

Dois aspectos devem ser considerados na escolha do espaçamento e do número de plantas por orifício a serem adotados. O primeiro aspecto é que o consumidor de alface

prefere plantas maiores, mais pesadas e com maior número de folhas, o que pode induzir à recomendação do cultivo de duas plantas por orifício, pois o gasto adicional com a aquisição de sementes e a produção da muda, compensaria mediante a oferta de um produto comercial de melhor qualidade. FAQUIN *et al.* (1996) citaram que o custo de produção da muda de alface corresponde a 3% do custo total, o que justificaria a utilização do cultivo de duas plantas por orifício. BERNARDES (1996) e ALBERONI (1998) também destacaram a necessidade de se conquistar o consumidor mediante a oferta de um produto de melhor qualidade e recomendaram a comercialização de duas plantas de alface por saco plástico, compondo o maço a ser comercializado caso o peso fresco total da planta seja inferior a 250 g. Vale destacar que a alface hidropônica é embalada e comercializada com o sistema radicular, o que faz com que a recomendação comercial do produto seja fundamentada na biomassa total fresca da planta.

O segundo aspecto a ser considerado refere-se ao espaçamento entre plantas na bancada de produção, pois o espaçamento de 0,25 m x 0,20 m foi o que proporcionou uma maior produção de biomassa fresca total para as cultivares Verônica, Brisa e Regina (TABELA 18). Para as cultivares Marisa e Elisa, os maiores rendimentos foram obtidos no espaçamento de 0,25 m x 0,25 m, mas estes, entretanto não diferiram estatisticamente dos alcançados no espaçamento de 0,25 m x 0,20 m.

A adoção do espaçamento de 0,25 m x 0,25 m, na bancada de produção, permitiu o cultivo de 16 plantas por metro quadrado, enquanto que no espaçamento de 0,25 x 0,20 m, 20 plantas foram cultivadas por metro quadrado da bancada. Isto significa que o espaçamento menor, em relação ao espaçamento maior, permitiu um acréscimo teórico de 25% na produção, por metro quadrado de área cultivada. Como estatisticamente os espaçamentos não diferiram entre si, concluiu-se que o melhor espaçamento para o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT, nas condições em que foi realizado o trabalho, foi o de 0,25 m x 0,20 m entre plantas, visto que ele permitiu a obtenção de um acréscimo médio de rendimento por metro quadrado de estufa da ordem de 22%, sem que houvesse perda de qualidade do produto, em termos de produção de biomassa fresca total (TABELA 18).

Uma maior adaptação das cultivares de folhas crespas ao clima da região, quando comparadas às cultivares de folha lisa, é bem visível nos dados das TABELAS 18 e 19, sob a forma de uma maior produção de biomassa fresca e seca total das cultivares Marisa, Verônica e Brisa, qualquer que seja o espaçamento ou o modo de condução de

planta. A análise das referidas TABELAS evidencia ainda que as cultivares de folhas crespas, conduzidas com uma planta por orifício, produziram mais do que as cultivares de folhas lisas, cultivadas com duas plantas por orifício.

Os coeficientes de variação obtidos para os dados de biomassa total fresca e seca (TABELAS 3 e 4) foram, respectivamente, de 9,18% e 17,98% nas parcelas (espaçamento), de 21,03% e 23,09% nas subparcelas (cultivares) e de 14,60% e 20,01% nas subsubparcelas (plantas por orifício).

4.4.2 Curvas de crescimento para a planta inteira

As análises de variância dos dados de produção de biomassa fresca e seca da planta inteira das cultivares de alface, sob diferentes épocas de colheita (TABELAS 5A e 6A), mostraram que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos da interação cultivar x época de colheita.

O desenvolvimento das diferentes cultivares de alface dentro de cada época de colheita foi estatisticamente o mesmo aos 30 e 35 dias pós-semeadura. A partir do 40º dia, as cultivares Verônica e Marisa diferiram das demais (FIGURA 6), evidenciando desenvolvimento produtivo significativamente superior.

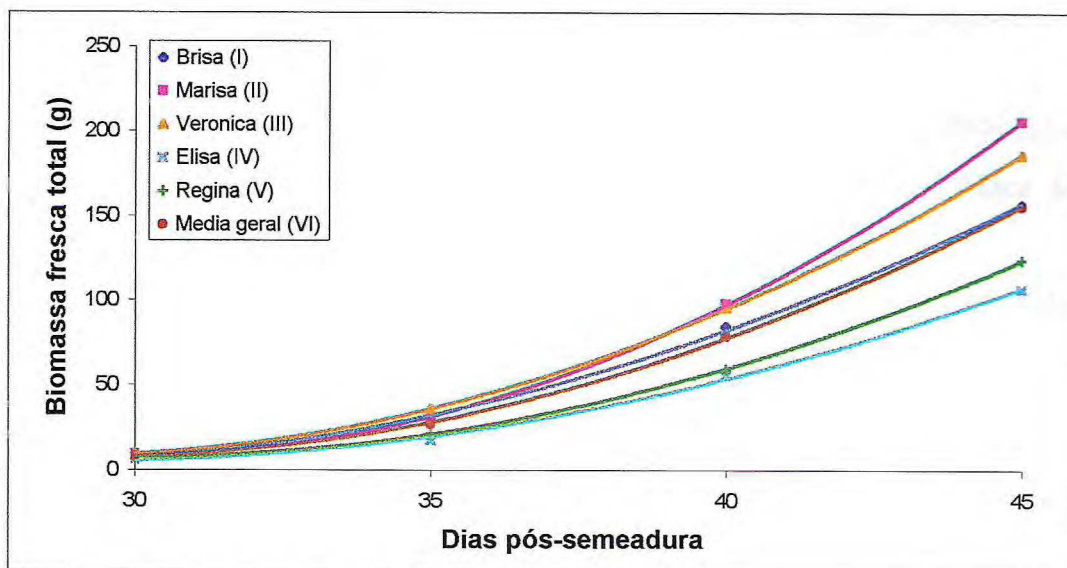
O comportamento da biomassa fresca e seca, no período considerado, mostrou um incremento lento dos 30 aos 35 dias após a semeadura e depois um aumento progressivo até a colheita (FIGURA 6). Este comportamento foi similar ao obtido pela biomassa fresca e seca das folhas, demonstrando que as folhas impuseram seu comportamento à planta inteira, visto que são elas as responsáveis pela maior fração da biomassa total da alface. Estes resultados são concordantes com os obtidos por KOEFENDER (1996) para o crescimento da alface em fluxo laminar de solução.

Os dados evidenciaram ainda uma maior taxa de crescimento e um maior potencial produtivo das cultivares de folhas crespas (Marisa, Verônica e Brisa) em relação às cultivares de folhas lisas (Regina e Elisa), como pode ser constatado na FIGURA 6.

A equação de regressão determinada para estimar a média geral de biomassa fresca da planta inteira (FIGURA 6A) foi:

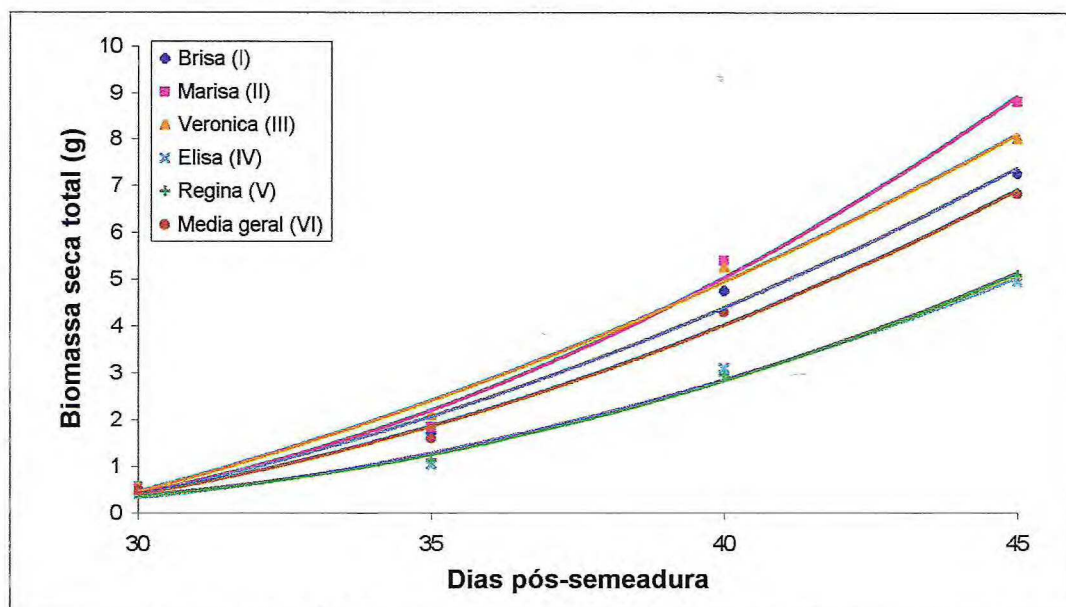
$$Y = 0,5864X^2 - 34,092X + 503,15 \quad (6), \text{ onde}$$

Y = estimativa da biomassa fresca da planta inteira (g), esperada em uma dada época de colheita (6), contada a partir de 30 dias após a semeadura.



A

(I) $y = 0,513x^2 - 28,478x + 400,68 \quad R^2 = 0,9992$
 (II) $y = 0,8699x^2 - 52,108x + 789,74 \quad R^2 = 1$
 (III) $y = 0,652x^2 - 37,106x + 536,2 \quad R^2 = 1$
 (IV) $y = 0,3935x^2 - 22,728x + 333,42 \quad R^2 = 0,9984$
 (V) $y = 0,5036x^2 - 30,036x + 455,59 \quad R^2 = 0,9999$
 (VI) $y = 0,5864x^2 - 34,092x + 503,15 \quad R^2 = 0,9999$



B

(I) $y = 0,0133x^2 - 0,5317x + 4,3925 \quad R^2 = 0,9899$
 (II) $y = 0,0214x^2 - 1,0374x + 12,3 \quad R^2 = 0,9929$
 (III) $y = 0,0123x^2 - 0,4123x + 1,7775 \quad R^2 = 0,9938$
 (IV) $y = 0,0122x^2 - 0,6006x + 7,365 \quad R^2 = 0,9893$
 (V) $y = 0,0143x^2 - 0,7547x + 10,152 \quad R^2 = 0,9977$
 (VI) $y = 0,0144x^2 - 0,6456x + 6,82 \quad R^2 = 0,9936$

Figura 6 - Comportamento da produção de biomassa fresca e seca total de cultivares de alface, avaliadas em sistema hidropônico NFT, em diferentes épocas de colheita.

X = número de dias pós-semeadura, a partir do qual pode-se estimar a biomassa fresca da planta inteira.

O coeficiente de determinação obtido para a equação ($R^2=0,9999$) indica que a mesma é um excelente estimador para a produção média de biomassa fresca da planta inteira, para as cultivares avaliadas.

Para a biomassa seca da planta inteira foi estimada a seguinte equação de regressão (FIGURA 6B):

$$Y = 0,0144X^2 - 0,6456X + 6,82 \quad (7), \text{ sendo}$$

Y = estimativa da biomassa seca da planta inteira (g), esperada em uma dada época de colheita (7), contada a partir de 30 dias após a semeadura.

X = número de dias pós-semeadura, a partir do qual pode-se estimar a biomassa seca da planta inteira.

O coeficiente de determinação obtido para a equação foi de 0,9936, o que indica que ela responde por 99,36% das possíveis produções de biomassa seca da planta inteira em função da data de colheita.

4.5 Temperatura nos componentes do sistema hidropônico

As temperaturas máximas e mínimas do ambiente no interior da estufa oscilaram, respectivamente, entre 34° e 46° C e entre 22° a 28° C (TABELA 1A). A maior amplitude de variação diária, de 24° C, ocorreu em 05/06/1997, quando as temperaturas mínima e máxima para este dia foram de 22° e 46° C, respectivamente. A grande amplitude de temperatura observada está de acordo com BLISKA Jr. & HONÓRIO (1995), os quais comentaram que a estufa armazena calor em excesso (efeito estufa), o que faz com que elevadas temperaturas sejam obtidas durante o dia no seu interior.

As temperaturas da solução nutritiva no reservatório, na piscina e nas canaletas de cultivo da bancada de produção, em relação à temperatura do ambiente (TABELA 4A), evidenciaram que, enquanto o reservatório de solução nutritiva estava abastecendo unicamente a piscina (período de 21/05 a 31/05), a temperatura da solução nutritiva na piscina e no reservatório foi a mesma. Isto provavelmente ocorreu devido à grande vazão que se verificou na piscina nesta fase. Com o início do cultivo das plantas nas bancadas de produção, o fluxo de solução nutritiva para a piscina foi reduzido, ocasionando uma

elevação de temperatura na piscina de 0,5° C, quando a temperatura ambiente estava muito elevada.

Vale ressaltar que a temperatura de 30° C da solução nutritiva, mensurada no reservatório (TABELA 4A), durante a fase de crescimento na piscina, coincidiu com o período em que o reservatório não estava protegido com cobertura de palha. Já na fase de cultivo das plantas nas bancadas de produção, a máxima temperatura observada na solução nutritiva, no reservatório, foi de 29,5° C, determinada às 15:26 horas, em 26/06/1997, quando a temperatura ambiente foi de 37° C. A referida TABELA evidenciou ainda que, quando a temperatura ambiente no interior da estufa foi de 44° C, a solução nutritiva no reservatório apresentou valor de 28,5° C.

As determinações de temperatura da solução nutritiva no reservatório, na piscina e nas canaletas da bancada de produção mostraram que, no período avaliado, as mesmas variaram de 26 a 30° C (TABELA 4A), situando-se fora do limite ideal de desenvolvimento da planta, que de acordo com BLISKA Jr. (1992) é de 22 a 26 °C. Este fato pode ter dificultado a absorção de nutrientes pelas plantas, impedindo que as cultivares de alface externassem todo o seu potencial produtivo.

Face aos resultados obtidos nos valores de temperatura da solução nutritiva, cujas variações foram pequenas e graduais, concluiu-se que a posição aterrada do reservatório de solução nutritiva, e a cobertura alta de palha sobre o mesmo, em conjunto com a utilização do isopor como meio de sustentação das plantas e de cobertura das canaletas de cultivo, conferiram um bom isolamento térmico para a solução nutritiva no sistema hidropônico NFT utilizado.

4.6 Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva utilizada na bancada de produção, por ocasião do transplante (31/05/97), apresentou CE de 1,72mS/cm e pH 6,37 (TABELA 3A). A adoção de uma CE abaixo do limite superior preestabelecido para a alface (2,30 mS/cm), foi adotada de modo a possibilitar um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas. Tal procedimento está de acordo com o recomendado para regiões de clima quente, pois conforme destacou TEIXEIRA (1996), no verão as plantas requerem mais água do que no inverno, devendo a solução nutritiva ser mais diluída, ou seja, ter CE mais baixa.

O manejo diário da solução nutritiva, na fase de cultivo das plantas nas bancadas de produção, foi realizado mediante a adição de água, de solução nutritiva, ou de ambos, como pode ser constatado na TABELA 3A, e apresentou variação da CE de 1,30 a 1,91 mS/cm, e de pH de 5,14 a 7,10.

Durante o cultivo das plantas, observou-se que as cultivares de folhas lisas, Regina e, principalmente, a Elisa, mostraram-se muito sensíveis à CE, de maneira que quando a CE atingia valores superiores a 1,70 mS/cm as folhas mostravam-se pouco túrgidas e as plantas apresentavam pequeno crescimento. Já as cultivares de folhas crespas (Brisa, Marisa e Verônica) demonstraram visualmente, maior exuberância, quando a CE foi superior a 1,80 mS/cm. Como o reservatório de solução nutritiva utilizado foi único, e a mesma bancada de crescimento continha os dois tipos de alface (lisa e crespa), optou-se pelo manejo onde a CE variou de 1,30 a 1,91 mS/cm. Este manejo, contudo, pode ter limitado a produtividade potencial dos dois tipos de alface avaliados.

Em trabalhos com a cultura do pimentão, CORNILLON & PALLOIX (1994), também observaram comportamento diferencial de cultivares, com relação à tolerância a diversos níveis de salinidade.

4.7 Concentrações de nutrientes na solução nutritiva

4.7.1 Macronutrientes

As concentrações de nitrogênio total, de nitrato e de amônio na solução nutritiva, durante o cultivo de alface em sistema hidropônico, são apresentadas na TABELA 20. Constata-se que a concentração de nitrogênio total na solução nutritiva diminuiu drasticamente a partir do segundo dia pós-transplante (dpt), e permaneceu abaixo da concentração mínima recomendada para cultivos hidropônicos, que segundo BERNARDES & CARMELLO (1996) é de 100 mg.L⁻¹, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção. Tal manejo pode ter impedido que as plantas expressassem todo seu potencial produtivo, visto que o nitrogênio é um elemento essencial ao crescimento das mesmas.

A concentração de fósforo na solução nutritiva aumentou até o 7º dpt (TABELA 21), considerando-se a variação existente entre a concentração de fósforo na solução nutritiva após o manejo, em determinado dia, e a concentração na solução nutritiva

TABELA 20 – Concentração de nitrogênio total, de nitrato e de amônio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE.1997.

Correção do nível do reservatório	Dias após transplante	Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)		Nitrato (mg.L ⁻¹)		Amônio (mg.L ⁻¹)	
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Solução nutritiva	0	-	148,56	-	141,26	-	7,30
Água	2	163,05	75,52	155,13	66,52	6,92	9,00
Água	6	72,28	65,52	66,16	61,51	6,12	4,01
Água	7	70,06	54,93	66,89	54,66	3,17	0,27
Solução nutritiva	9	52,41	63,93	52,38	62,78	0,03	1,15
Água	10	61,47	53,52	61,32	53,48	0,15	0,04
Solução nutritiva	11	52,42	79,14	52,38	74,19	0,04	4,95
Água	12	78,85	69,08	75,65	67,71	3,20	1,37
Solução nutritiva	17	64,65	76,00	64,61	74,64	0,04	1,36
Água	18	77,59	72,24	77,47	72,09	0,12	0,15
Solução nutritiva + água	24	64,00	67,49	63,97	67,44	0,03	0,05
Água	25	69,41	58,85	69,26	58,50	0,15	0,35
Água	26	50,68	43,79	50,65	43,71	0,03	0,08

TABELA 21 – Concentração de fósforo, potássio e cálcio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.

Correção do nível do reservatório	Dias após transplante	Fósforo (mg.L ⁻¹)		Potássio (mg.L ⁻¹)		Cálcio (mg.L ⁻¹)	
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Solução nutritiva	0	-	15,32	-	148,67	-	102,83
Água	2	16,97	16,26	148,67	139,18	103,83	97,85
Água	6	17,50	15,09	145,51	132,85	96,85	84,90
Água	7	16,03	12,85	132,85	110,71	81,91	70,95
Solução nutritiva	9	11,90	12,78	117,04	126,53	75,93	75,93
Água	10	12,78	10,99	126,53	88,57	82,90	73,93
Solução nutritiva	11	10,52	16,64	107,55	145,51	69,95	97,85
Água	12	16,17	15,42	148,67	132,85	90,87	90,87
Solução nutritiva	17	12,96	15,29	136,02	158,16	91,87	104,82
Água	18	15,29	15,29	151,83	145,51	106,82	97,85
Solução nutritiva + água	24	12,08	12,96	110,71	120,20	129,74	120,77
Água	25	12,31	10,69	113,87	94,89	131,73	112,80
Água	26	9,13	8,01	82,24	69,89	128,74	106,82

do dia subsequente. Isto pode ser atribuído à maior absorção de água em relação à absorção de fósforo, concentrando este nutriente na solução nutritiva.. Esta fase do ciclo da planta corresponde ao período de recuperação ao transplante. Após este período, observou-se uma maior absorção de fósforo pelas plantas, com redução progressiva da concentração do nutriente na solução nutritiva.

Nos manejos de solução nutritiva utilizados por KOEFENDER (1996), no cultivo de alface em sistema NFT, foi observado que a concentração de fósforo manteve-se estável até o 4º dpt. A partir daí, no manejo onde completou o nível do tanque apenas com água, ocorreu uma queda rápida na concentração de fósforo, até atingir uma concentração semelhante à da água, no 18º dpt. No manejo em que o mesmo autor complementou a água evapotranspirada com solução nutritiva de composição semelhante à inicial, as concentrações de fósforo mantiveram-se estáveis e semelhantes até o 10º dpt e após esta data, a concentração de fósforo começou a cair lentamente. Estes dados estão de acordo com o comportamento da concentração de fósforo na solução nutritiva, observado no presente trabalho, que variou após o transplante, de 15,32 a 8,01 mg.L⁻¹ (TABELA 21), indicando que as plantas tiveram um suprimento deste nutriente bem abaixo do recomendado para cultivo hidropônico, que de acordo com FAQUIN *et al.* (1996) é de 35 a 70 mg.L⁻¹.

A concentração de potássio na solução nutritiva manteve-se constante até o 17º dia após o transplante (TABELA 21). Do 18º ao 26º dia pós transplante verificou-se uma queda na concentração de potássio da solução nutritiva inicial diária em relação à solução nutritiva final do dia anterior, demonstrando uma maior absorção de potássio pelas plantas neste período. Os dados da referida TABELA evidenciam que a concentração de potássio variou de 69,89 a 158,16 mg.L⁻¹, valores que estão bem abaixo da concentração de potássio recomendada para cultivo hidropônico, que é de 200 a 400 mg.L⁻¹, segundo FAQUIN *et al.* (1996).

KOEFENDER (1996) constatou que a correção do nível do reservatório, utilizando solução nutritiva de composição idêntica à inicial, apresentou concentração de potássio estável e semelhante durante todo o ciclo da alface, indicando que as reposições diárias com solução nutritiva foram suficientes para compensar as quantidades de potássio absorvidas pelas plantas. Estes resultados divergem dos obtidos em nosso trabalho, onde ocorreu uma maior absorção de potássio a partir do 18º dia após o transplante, a qual persistiu até a colheita das plantas. As divergências podem ser atribuídas aos diferentes

manejos adotados, e sugerem que o manejo realizado neste ensaio, onde a complementação do nível do tanque foi realizada, ora com água, ora com solução nutritiva, e ora com os dois, visando manter a CE no intervalo de 1,30 mS/cm a 1,90 mS/cm, não foi apropriado para que a concentração de potássio da solução nutritiva permanecesse em nível ótimo ao desenvolvimento das plantas de alface.

A absorção de cálcio pelas plantas foi alta do 2º ao 12º dpt (TABELA 21). Após o 17º dpt, ocorreu um aumento na concentração de cálcio da solução nutritiva, evidenciando uma baixa absorção de cálcio pela alface após esta data.

Em diferentes formas de reposição da água evapotranspirada por alface cultivada em sistema NFT, KOEFENDER (1996) constatou que a concentração de cálcio da solução nutritiva ficou praticamente igual à inicial até o 8º dpt. A partir desta data, no manejo do reservatório apenas com água, o referido autor constatou uma redução na concentração deste nutriente. No manejo com solução nutritiva, houve um leve incremento após o 8º dpt, e a partir do 10º dpt iniciou-se um acúmulo de cálcio na solução. A maior absorção na fase inicial, após o transplante, diverge da sugestão de KOEFENDER (1996) de que a absorção de cálcio pela alface era mais tardia. Entretanto, o acúmulo de cálcio na solução nutritiva, no final do ciclo, está de acordo com o constatado pelo referido autor.

A concentração de cálcio da solução nutritiva oscilou entre 69,95 e 131,73 mg.L⁻¹ (TABELA 21), quando o recomendado, de acordo com FAQUIN *et al.* (1996), é de 150 a 400 mg.L⁻¹, indicando que o suprimento de cálcio foi bem inferior ao recomendado para cultivos hidropônicos.

A concentração de magnésio na solução nutritiva manteve-se constante até o 18º dpt, indicando que as quantidades absorvidas pelas plantas foram repostas pelo manejo adotado (TABELA 22). Entretanto, deve-se considerar que a água utilizada para o preparo da solução nutritiva continha 16,68 mg.L⁻¹ de Mg, quantidade que não foi considerada no cálculo da fórmula da solução nutritiva básica adotada, o que sugere que a reposição do magnésio absorvido pelas plantas foi realizada, em grande proporção, via água utilizada para preparar a solução nutritiva. No final do ciclo, houve um acúmulo de Mg, o qual foi observado também por KOEFENDER(1996) quando repôs a água evapotranspirada utilizando apenas solução nutritiva. FAQUIN *et al.* (1996) citam que a concentração de Mg recomendada pela literatura para o cultivo hidropônico é de 40 a 80 mg.L⁻¹ (FAQUIN *et al.*, 1996).

TABELA 22 – Concentração de magnésio, enxofre e sódio na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.

Correção do nível do reservatório	Dias após transplante	Magnésio (mg.L ⁻¹)		Enxofre (mg.L ⁻¹)		Sódio (mg.L ⁻¹)	
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Solução nutritiva	0	-	20,19	-	45,01	-	43,83
Água	2	20,18	20,05	49,67	54,20	40,70	40,70
Água	6	21,02	20,33	56,10	51,78	43,83	43,83
Água	7	20,77	20,14	52,18	43,39	43,83	40,70
Solução nutritiva	9	20,31	20,19	45,36	45,84	43,83	43,83
Água	10	20,53	20,06	45,18	37,23	43,83	34,44
Solução nutritiva	11	19,78	20,80	36,99	48,75	43,83	43,83
Água	12	20,74	20,56	50,02	45,40	43,83	43,83
Solução nutritiva	17	21,10	21,12	54,60	50,90	46,96	50,10
Água	18	21,65	21,30	52,53	63,88	50,10	50,10
Solução nutritiva + água	24	56,80	21,82	82,01	94,99	59,49	59,49
Água	25	57,03	56,10	103,92	87,82	62,62	56,36
Água	26	56,49	22,02	96,05	57,75	62,62	59,49

A concentração de enxofre na solução nutritiva aumentou até o 9º dpt (TABELA 22), considerando-se a variação entre a concentração do nutriente na solução após o manejo, em um dia, e a concentração do mesmo nutriente na solução antes do manejo, no dia subsequente. No 10º e 11º dia após o transplântio a absorção de S permaneceu constante, aumentando a seguir no 12º dia, e mantendo esta tendência até a colheita (TABELA 22). Na mesma TABELA observa-se que a concentração de S variou de 45,01 mg.L⁻¹ (solução inicial) a 103,92 mg.L⁻¹, evidenciando que após o 42º dia do ciclo a solução nutritiva atingiu valores superiores a 80 mg.L⁻¹. FAQUIN *et al.* (1996) cita que a concentração de enxofre no cultivo hidropônico deve ser de 40 a 80 mg.L⁻¹. Os resultados da análise da solução nutritiva no presente trabalho (TABELA 28) indicaram que, de modo geral, o comportamento da concentração de S permaneceu dentro deste intervalo até o 42º dia de seu ciclo, só o extrapolando a partir do 43º dia, indicando que o manejo adotado foi eficiente para suprir as necessidades de enxofre requeridas pelas plantas. KOEFENDER(1996) também observou aumento na concentração de enxofre da solução nutritiva durante o cultivo de alface em sistema NFT, a qual foi atribuída à contaminação da água.

A concentração de sódio da solução nutritiva aumentou durante o ciclo da cultura, atingindo a concentração de 59,49 mg.L⁻¹ de Na por ocasião da colheita (TABELA 22). Vale ressaltar que a concentração deste nutriente na água utilizada no preparo da solução nutritiva foi de 31,31 mg.L⁻¹, e que, provavelmente, o manejo diário realizado no reservatório de solução, visando complementar o seu nível, contribuiu para a elevação da concentração de sódio na solução nutritiva do tanque. RESH (1992) recomendou que o nível de Na da solução nutritiva não deveria exceder a 50 mg.L⁻¹, sob pena de causar danos irreversíveis às plantas de alface.

4.7.2 Micronutrientes

A concentração de cobre na solução nutritiva foi crescente com o ciclo da planta, e aumentou de 0,01 mg.L⁻¹, por ocasião do transplântio, para 0,11 mg.L⁻¹, na época de colheita (TABELA 23), equivalente a cinco vezes o valor recomendado para utilização em soluções nutritivas, o que pode ter ocasionado alguma toxidez para as plantas.

Um aspecto que merece destaque, na análise da TABELA 23, é que a concentração de cobre teve um aumento abrupto no 6º dia após o transplântio, quando sua

TABELA 23 – Concentração de ferro, cobre, manganês e zinco na solução nutritiva utilizada no cultivo da alface, em sistema hidropônico NFT, durante a fase de crescimento nas bancadas de produção, em amostras coletadas antes e após a correção do nível do reservatório. Maranguape, CE. 1997.

Correção do nível do reservatório	Dias após transplante	Ferro (mg.L ⁻¹)		Cobre (mg.L ⁻¹)		Manganês (mg.L ⁻¹)		Zinco (mg.L ⁻¹)	
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Solução nutritiva	0	-	2,67	-	0,01	-	0,71	-	0,05
Água	2	1,51	1,42	0,02	0,02	0,62	0,61	0,05	0,06
Água	6	1,02	1,00	0,12	0,13	1,01	0,97	0,25	0,23
Água	7	0,83	0,85	0,15	0,10	0,99	0,93	0,22	0,17
Solução nutritiva	9	0,27	1,00	0,12	0,11	0,94	0,71	0,21	0,19
Água	10	1,02	0,74	0,11	0,10	0,91	0,00	0,23	0,19
Solução nutritiva	11	0,55	1,37	0,10	0,08	0,00	0,80	0,17	0,22
Água	12	1,32	1,09	0,08	0,11	0,74	0,90	0,24	0,21
Solução nutritiva	17	0,85	1,32	0,13	0,12	0,00	0,23	0,34	0,34
Água	18	1,28	1,16	0,13	0,14	0,00	0,00	0,43	0,37
Solução nutritiva + água	24	0,83	1,28	0,15	0,12	0,00	0,18	0,61	0,52
Água	25	1,35	1,32	0,13	0,13	0,00	0,07	0,65	0,57
Água	26	1,07	0,97	0,13	0,11	0,00	0,00	0,66	0,60

concentração passou de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ para $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$. A elevação abrupta no nível de cobre da solução nutritiva pode ter sido ocasionada por alguma contaminação externa, pois a concentração deste elemento na água utilizada foi de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$, o que não justificaria esta elevação. FAQUIN *et al.* (1996) cita que a concentração de cobre recomendada para alface, em cultivo hidropônico, situa-se de $0,02$ a $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$, o que demonstra que a concentração de cobre da solução nutritiva, determinada a partir do 6º dia após o transplante ($0,12 \text{ mg.L}^{-1}$), pode ter sido tóxica às plantas, impedindo que elas expressassem todo o seu potencial produtivo.

KOEFENDER (1996) constatou que a concentração de cobre, no manejo de reposição com água, manteve-se baixa até o 3º dia pós-transplante (28 dias de ciclo), quando aumentou muito até o final do ciclo da planta. O autor também atribuiu este comportamento à contaminações externas, uma vez que na água adicionada não havia cobre que pudesse justificar esses aumentos. Na reposição com solução nutritiva, o mesmo autor observou que a concentração aumentou muito durante todo o ciclo da alface. Como uma possível fonte de contaminação de cobre podemos citar a substituição da válvula de sucção que fica dentro do reservatório de solução nutritiva.

A concentração de ferro da solução nutritiva inicial foi de $2,67 \text{ mg.L}^{-1}$ (TABELA 23), valor que se encontra próximo ao limite inferior do intervalo citado por FAQUIN *et al.* (1996), o qual varia de 2 a 10 mg.L^{-1} de ferro. A partir do 2º dia após o transplante, a concentração de Fe da solução nutritiva já se encontrava bem abaixo da recomendada pela literatura, tendo oscilado entre $1,51$ e $0,27 \text{ mg.L}^{-1}$. Na mesma TABELA observa-se que, de modo geral, a concentração de ferro na solução nutritiva decresceu com o manejo adotado do 2º ao 26º dia pós transplante, evidenciando o grande requerimento de ferro que a cultura da alface em cultivo hidropônico necessita, e que o manejo adotado neste trabalho não foi eficiente para manter em níveis adequados à cultura a concentração de ferro. As reposições de ferro, mediante o manejo utilizado, onde a complementação do nível do reservatório foi realizada ora com solução nutritiva, ora com água, dependendo da CE vigente, não foram suficientes para elevar a concentração de ferro da solução nutritiva do tanque ao limite ideal recomendado. A mesma tendência de diminuição na concentração de ferro da solução nutritiva foi encontrada por KOEFENDER (1996), em trabalhos realizados com o cultivo de alface em sistema NFT.

A concentração de manganês na solução nutritiva foi crescente do 2º ao 10º dia pós transplante, sugerindo pouca ou ausência de absorção de manganês neste período pela

alface (TABELA 23). Já a partir do 11º dia após o transplante, a concentração de manganês na solução nutritiva foi drasticamente reduzida atingindo o valor de 0,00 mg . L⁻¹. As reposições realizadas, mediante a complementação do nível do tanque com solução nutritiva, não foram suficientes para suprir as necessidades de manganês das plantas, nesta fase de seu ciclo, como sugeriram os dados deste nutriente nas amostras coletadas a partir do 17º dia pós transplantio. Assim, a concentração de manganês da solução nutritiva ficou dentro do limite ideal, que de segundo FAQUIN *et al.* (1996) é de 0,50 a 1,00 mg.L⁻¹, apenas até o 10º dia após transplante.

KOEFENDER (1996) encontrou que no manejo onde a reposição diária do volume de solução evapotranspirado foi efetuada com solução nutritiva de composição igual à inicial, a concentração de manganês aumentou até o 18º dia pós-transplante, diminuindo em seguida, para estabilizar-se até a colheita. Já no manejo em que o autor repôs o volume evapotranspirado apenas com água, a concentração de manganês foi constante até o 14º dia pós-transplante (39 dias do ciclo), atingindo a mesma concentração de manganês da água no 20º dia pós - transplante (45 dias de seu ciclo), ou seja, 0,00 mg. L⁻¹.

A concentração de zinco na solução nutritiva subiu de 0,05 mg.L⁻¹, por ocasião do transplante, para 0,66 mg. L⁻¹, na época da colheita, o que significa que o manejo realizado ocasionou um aumento superior a dez vezes na concentração da solução nutritiva inicial (TABELA 23). Tal concentração de zinco na solução nutritiva pode ter sido tóxica às plantas, pois o limite máximo recomendado para soluções nutritivas é de 0,10 mg.L⁻¹ de zinco (FAQUIN *et al.*, 1996).

Como a concentração de zinco atingida por ocasião da colheita foi muito alta, e na água adicionada no manejo da cultura não havia zinco que pudesse justificar esses aumentos, supõe-se que contaminações externas possam ter ocorrido. Similar comportamento foi observado por KOEFENDER (1996), quando realizou o manejo utilizando apenas água, ou apenas solução nutritiva.

Como prováveis causas da contaminação de zinco no presente trabalho podemos citar a piscina, que foi confeccionada em folhas de zinco e revestida com zarcão, ou a utilização de adubos comerciais como fonte de macronutrientes, os quais poderiam conter resíduos de zinco. Em trabalhos futuros, recomenda-se que a piscina seja revestida internamente com filme de polietileno.

4.8 Recomendações no manejo da solução nutritiva

Os resultados obtidos para as concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S (TABELAS 20, 21 e 22) mostraram que suas concentrações na solução nutritiva inicial utilizada foram inferiores às recomendadas para o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT, o que provavelmente impediu que maiores produções de biomassa fresca e seca da planta fossem alcançadas. Além disso, constatou-se uma queda geral na concentração dos mesmos durante a condução do experimento, utilizando-se o manejo do reservatório de solução nutritiva baseado exclusivamente nos valores de CE determinados diariamente.

Com base nos resultados obtidos para os micronutrientes cobre e zinco (TABELA 23), concluímos que as quantidades adicionadas, via água e/ou via solução nutritiva, na reposição do nível do tanque, acumularam-se na solução nutritiva, indicando que foram maiores do que as necessárias, ou ainda, que houve contaminação externa. Já os níveis de manganês e de ferro (TABELA 23) ficaram abaixo dos recomendados.

Contatou-se, assim, no presente trabalho que o manejo utilizado, baseado exclusivamente na condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva, não foi adequado para que os níveis de macronutrientes e de micronutrientes permanecessem dentro da concentração recomendada no cultivo hidropônico de alface. Pode-se sugerir que, no caso de adotar-se este tipo de manejo de solução nutritiva, sejam feitas análises químicas periódicas da água utilizada e da solução nutritiva, e posteriormente, adições dos macronutrientes e micronutrientes para elevá-los aos níveis iniciais sempre que as suas concentrações ficarem abaixo dos valores recomendados pela pesquisa.

A avaliação das características da água utilizada indicaram que merecem destaque os elevados valores de sódio e cobre apresentados, pois com o manejo adotado as suas concentrações na solução nutritiva atingiram níveis tóxicos às plantas.

5. CONCLUSÕES

- a) As cultivares de folhas crespas (Brisa, Marisa e Verônica) foram superiores às cultivares de folhas lisas (Elisa e Regina) para as características de produção de biomassa fresca e seca das folhas, raízes e total.
- b) Entre as cultivares de folhas lisas, a Regina obteve maior biomassa fresca total e de folhas do que a cultivar Elisa.
- c) O plantio de duas plantas por orifício da bancada de produção foi superior ao plantio de uma planta por orifício para as características de produção de biomassas fresca e seca das folhas, caule, raízes e total e número de folhas por planta, e não ocasionou alongamento significativo no comprimento do caule.
- d) As cultivares de folhas lisas apresentaram maior número de folhas por plantas do que as de folhas crespas.
- e) Não houve diferenças significativas entre os espaçamentos testados sobre o alongamento do caule.
- f) O manejo da solução nutritiva, baseado na condutividade elétrica (CE), não foi adequado para que os níveis de macronutrientes e de micronutrientes permanecessem na concentração recomendada para o cultivo hidropônico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERONI, R. de B. **Hidroponia**: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o solo. São Paulo: Nobel, 1998. 102 p.
- ANDRADE Jr., A.S., DUARTE, R.L.R., RIBEIRO, V.Q. Resposta de cultivares de alface a diferentes níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2, n.10, p. 95-97, 1992.
- BERNARDES, L.J.L. , CARMELLO, Q.A.C. A solução nutritiva. **Hidropomanias & Cia**, Charqueada, SP, n.2, p.6, 1996.
- BERNARDES, L.J.L. **A hidroponia da alface**: uma história de sucesso. São Paulo: Ed. Estação Experimental de Hidroponia "Alface & Cia", 1997. 135 p.
- BLISKA Jr., A. , HONÓRIO, S.L. **Hidroponia**. Campinas: Unicamp, 1995. 51 p. (Cartilha tecnológica).
- CALVETE, E.O. *et al.* Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) em estufas plásticas na região de Passo Fundo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.74, 1994.
- CAMARGO FILHO, W.P de , MAZZEI, A.R. Variação estacional de preços de hortaliças e perspectivas no mercado. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.22, n.9, p. 33-56. 1992.
- CARMELLO, Q.A. de C. , ROSSI, F. **Hidroponia**: solução nutritiva. Viçosa: CPT, 1997. 35 p. (Série hidroponia, 111).

- CASTELLANE, P.D. , ARAUJO, J.A.C. de. Cultivo sem solo: hidroponia. **SOB informa**, Itajaí, v.13, n.1, p. 28-29, 1994.
- CASTELLANE, P.D. , ARAÚJO, J.A.C. de. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.
- CAVALCANTE, M. de H.; RODRIGUES, A. L. , MENEZES, D. Crescimento das cultivares de alface verdinha e babá na estação seca da região da mata em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, n.1, p. 35. maio 1991.
- CAWE, P.A. The determination of nitrate in soil solutions by ultraviolet spectroscopy. **Analyst**, London, n. 92, s.v., p. 311-315, 1967.
- CORNILLON, P. , PALLOIX, A. Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of epper cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.9, p. 1085-1094, 1997.
- COUTO, F. **Hortaliças: X- Cultura da alface: Condições de temperatura e fotoperíodo para alface**. Viçosa: ESA- UREMG, 1960. 3 p.
- CRAMER, G.R. , SPURR, AR. Responses of lettuce to salinity. I. Effects of NaCl and NaSO₄ on growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 9, n. 2, p. 115-130. 1986.
- DELISTOIANOV, F. **Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de cultivares de alface, sob estufa, em hidroponia e solo, no verão e outono**. Viçosa, MG, 1977, 76 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia – Universidade Federal de Viçosa, 1977).

De RIJCK, G. , SCHREVEENS, E. Elemental bioavailability in nutrient solutions in relation to dissociation reactions. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.7/8, p. 901-910, 1997a.

De RIJCK, G. , SCHREVEENS, E. pH influenced by the elemental composition of nutrient solutions. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.20, n.7/8, p. 911-923, 1997b.

DOUGLAS, J.S. **Hidroponia**: cultura sem terra. São Paulo: Nobel, 1987. 144p.

DUARTE, R.L.R et al. Avaliação de cultivares de alface nos períodos chuvosos e seco em Teresiná, PI. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2, n.10, p. 106-108, 1992.

FAQUIN, V., FURTINI NETO, A.E. , VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras, MG: UFLA, 1996. 50 p.

FERNANDES, P.D., OLIVEIRA, G.D., HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. XIV. Absorção de macronutrientes pela cultura da alface. In: HAAG, H.P.; MINAMI, K. (Eds.). **Nutrição Mineral de Hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981. p. 143-151.

FERREIRA, I.R.P; DUARTE, S.N; MIRANDA, J.H. & MEDEIROS, J.F. Efeitos da salinidade da água de irrigação e da lâmina de lixiviação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em vasos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 1998. n.p. p. 106-108.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças, 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. vol. 2, p. 77-93.

- FURLANI, A.C.M.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, D.C. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, São Paulo, v.37, n.5, p. 33-44, 1978.
- HORINO, Y., MELO, P.E., MAKISHIMA, N. Comportamento de quatro cultivares de alface desenvolvidas sob hidroponia – ensaio preliminar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.1, p. 76, 1993.
- HUTERWALL, G.O. **Hidroponia**: cultivo de plantas sin tierra. Buenos Aires: Albatroz, 1960. 251 p.
- INAMASU, R. Y., TORRE NETO, A. Instrumentação para ambientes protegidos. In: RESUMO AGRIPLAST 97 e ENCONTRO DE HIDROPONIA, 2. 1997. Campinas, **Resumos...** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola/DPPPAG, 1997. p. 7-18.
- ITO, T. More intensive production of lettuce under artificially controlled conditions. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.260, p. 381–389, 1989.
- JACOBSON, L. Maintenance of iron supply in nutrient solutions by a single addition of ferric potassium ethylenediamine tetra-acetate. **Plant Physiology**, Rockville, MD, v.26, n.2, p. 411-413, 1951.
- JENSEN, M.H. Hydroponics. **HortScience**, Alexandria, VA, v.32, n.6, p.1018-1021, 1997.
- JENSEN, M.H., TERAN, R.M.A. Use of controlled environment for vegetable production in desert regions of the world. **HortScience**, Alexandria, VA, v. 6, n. 1, p. 33-36, 1971.

JOLY, A.B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 2. ed. São Paulo: Nacional; Universidade de São Paulo, 1975. p. 628-638.

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.

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

LINDQVIST, K. On the origin of cultivated lettuce. **Hereditas**, Lund., v.46, p. 319-350, 1960a.

LINDQVIST, K. Inheritance studies in lettuce. **Hereditas**, Lund., v.46, p. 387-470, 1960b.

MAKISHIMA, N. **Cultivo de hortaliças**. Brasília, CNPH/EMBRAPA, 1992. 26 p. (CNPH, Instrução Técnica do CNP Hortaliças, 6).

MALAVOLTA, E., VITTI, G.C. , OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201 p.

MANRIQUE, L.A. Greenhouse crops: a review. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.12, p. 2411-2477, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2^a ed. London : Academic Press Limited, 1995. 889 p. il.

- MARTINEZ, H.E. P. O cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.). In: CASALI, V.W.D. (Coord.): **Seminários de olericultura**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1988. v.15, p. 74-111.
- MARTINEZ, H.E.P. **Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais**. Jaboticabal: FINEP, 1997. 31p.
- MARTINS, S.R. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócioeconômicos e tecnológicos frente as novas e crescentes demandas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p. 133- 138, 1996.
- MUNIZ, J. O .L. & ALMEIDA, J.I.L. Comportamento de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) em Pacajus, Ceará. Fortaleza: EPACE, 1988. 5p. (EPACE, Comunicado Técnico, 19).
- NAGAI, H.; LISBÃO, R.S. Observação sobre resistência ao calor em alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista de Olericultura**, Santa Maria, v.18, p.7-13, 1980.
- NASCIMENTO, W.M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças: potencialidades e implicações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 2, p.106-109, 1998.
- NIELSEN, N.E. Crop production in recirculating nutrient solution according to the principle of regeneration. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOILS CULTURE, 6, 1984. Lunteren. **Proceedings...**Lunteren: ISOSC, 1984. p.421-446.
- NOTHMANN, J. Morphology of head formation of cos lettuce (*Lactuca sativa* L. cv. romana).I. The process of hearting. **Annual Botany**, London, v.40, p.1067-1072, 1976.

- NOTHMANN, J. Morphogenetic effects of seasonal conditions on head development of cos lettuce (*Lactuca sativa* L cv. romana) growing in a subtropical climate. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 52, n. 1, p. 155-162, 1977a.
- NOTHMANN, J. Effects of soil temperature on head development of cos lettuce. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 7, p. 97-107, 1977b.
- NUNES, R. de P. **Métodos para a pesquisa agrônômica**. Fortaleza: UFC/ Centro de Ciências Agrárias, 1998. 564 p.
- RAPPORT, L. , WITTEWER, S.H. Flowering in head lettuce as unfluenced by seed vernalization, temperature e photoperiod. **American Society for HortScience**, Geneva, v. 67, p. 429-439, 1956.
- RESH, H.M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 369 p.
- RODRIGUES, A.B. et al. Avaliação econômica da produção de alface em estufa. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 27-35, 1997.
- ROSA, J. et al. Avaliação de cultivares de alface em estufa plástica no inverno no sul do Rio Grande do Sul. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p. 113, 1996a.
- ROSA, J. et al. Comportamento de cultivares de alface, em estufa plástica no verão e outono. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p. 113, 1996b.
- SANTOS, H. S. Competição de cultivares de alface em condições de verão e sob cobertura plástica. I. Avaliação da parte aérea das plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p. 100, 1994.

- SANTOS, H.S. , SOUZA, R.J. Efeito de métodos de plantio e manejo do solo infestado com *Meloidogyne javanica* na produção de alface sob estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p.19-22, 1996.
- SARRUGE, J.R. , HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba:ESALQ, 1974. 56 p.
- SCHRODER, F.-G. Technological development, plant growth and root environment of the plant plane hydroponics system. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 361, p. 201-209, 1994.
- SEGOVIA, J.F.O. et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p. 37-41, 1997.
- SEGOVIA, J.F.O . ; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G. A. ; SCHNEIDER, F.M. & GARCIA, A. Influência da proteção ambiental de uma estufa de polietileno transparente sobre o crescimento da alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.21, n.2, p. 293-294, 1991.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos**. 5. ed . Guaíba: Agropecuária, 1995. 342 p.
- SIMÃO, S. **Hortaliças: X- cultura da alface**. Viçosa, 1960. 15 p. (Apostila do ETA - Projeto 55).
- SONNENBERG, P.E. **Curso de Horticultura Geral**. Goiânia: UFG, 1974. 75 p. (Apostila).

- SONNEVELD, C. Items for application of macro-elements in soilless cultures. **Acta Horticultura**, Wageningen, s.n., v.126, p. 187-195, 1981.
- STEINER, A.A. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.15, n.2, p. 134-154, 1961.
- STEINER, A.A. The universal nutrient solution. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE, 6. 1984, Lunteren. **Proceedings...** Lunteren: ISOSC, 1984. p. 633-649.
- TONIOLLI, C.B. , BARROS, I.B.I. de. Performance de 12 cultivares de alface durante o verão no município de Porto Alegre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p. 125, 1996.
- TRANI, P.E. et al. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no estado de São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 19-24, 1997.
- VALE, E. C. Ensaio de variedades de alface (*Lactuca sativa L.*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL, 12. 1972, Fortaleza-CE. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Olericultura, 1972. p.3.
- VAZ, R.M.R. , JUNQUEIRA, A.M.R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p. 178-180, 1998.
- WEATHUBURN, N.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, Washington, v.39, s.n., p. 971-974. 1967.
- WHITAKER, T.W. Salads for everyone. A look at the lettuce plant. **Economic Botany**, New York, v.23, s.n., p. 261-264, 1969.

ZATARIN, M. **Comportamento de progênies de alface (*Lactuca sativa L.*) em diferentes épocas de plantio**. Piracicaba, SP, 1985. 90 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1985).

ZATARIN, M. Hidroponia: a busca da tecnologia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, contracapa, 1997.

ZITO, R. K. et al. Fontes de nutrientes, relações nitrato: amônia e molibdênio, em alface (*Lactuca sativa L.*) produzida em meio hidropônico. **Revista Ceres**, Viçosa, v.41, n.236, p. 419-430, 1994.

ANEXOS

TABELA 1A - Temperaturas máximas e mínimas do ar, no interior da estufa, expressas em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), durante o período de 19/05 a 17/07/1997. Maranguape, CE. 1997.

Data	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Data	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	
	Mínima	Máxima		Mínima	Máxima
19/05	28	38	21/06	24	39
20/05	26	34	22/06	24	39
21/05	27	34	23/06	23	38
22/05	22	37	24/06	22	39
23/05	25	44	19/06	22	39
24/05	24	39	20/06	24	39
25/05	24	36	21/06	24	39
26/05	23	45	22/06	24	39
27/05	24	41	23/06	23	38
28/05	24	44	24/06	22	39
29/05	22	44	25/06	24	37
30/05	23	37	26/06	23	39
31/05	23	43	27/06	23	38
01/06	24	42	28/06	24	39
02/06	25	42	29/06	23	40
03/06	24	43	30/06	21	38
04/06	24	45	01/07	22	41
05/06	22	46	02/07	24	38
06/06	22	42	03/07	22	37
07/06	23	44	04/07	22	41
08/06	23	42	05/07	23	38
09/06	20	41	06/07	24	37
10/06	22	42	07/07	24	39
11/06	22	40	08/07	24	40
12/06	22	39	09/07	24	39
13/06	21	42	10/07	24	32
14/06	23	41	11/07	24	38
15/06	22	38	12/07	24	38
16/06	24	42	13/07	22	36
17/06	23	40	14/07	24	37
18/06	24	40	15/07	24	38
19/06	22	39	16/07	24	39
20/06	24	39	17/07	23	-

TABELA 2A - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa hidropônica, medidas em cinco horários, durante o período de 20/05 a 07/06/1997. Maranguape, CE. 1997.

Data (ano/1997)	Variáveis	Horário da determinação (horas)				
		6:00	9:00	12:30	15:00	17:30
20/05	Temperatura (°C)	28	29	29	32	28
	Umidade relativa (%)	81	82	78	65	74
21/05	Temperatura (°C)	28	31	32	31	28
	Umidade relativa (%)	76	72	67	66	80
22/05	Temperatura (°C)	22	35	36	37	28
	Umidade relativa (%)	83	55	59	59	91
23/05	Temperatura (°C)	25	35	42	39	28
	Umidade relativa (%)	92	66	41	49	79
24/05	Temperatura (°C)	24	24	35	32	26
	Umidade relativa (%)	96	55	58	72	96
25/05	Temperatura (°C)	24	36	30	32	26
	Umidade relativa (%)	92	49	75	60	93
26/05	Temperatura (°C)	25	36	45	41	38
	Umidade relativa (%)	85	46	34	41	84
27/05	Temperatura (°C)	28	39	40	33	28
	Umidade relativa (%)	89	49	44	60	84
28/05	Temperatura (°C)	26	38	44	40	28
	Umidade relativa (%)	84	41	34	38	81
29/05	Temperatura (°C)	25	38	45	38	28
	Umidade relativa (%)	77	41	33	44	80
30/05	Temperatura (°C)	25	33	37	35	27
	Umidade relativa (%)	84	57	49	66	86
31/05	Temperatura (°C)	27	35	41	42	28
	Umidade relativa (%)	78	50	42	41	85
01/06	Temperatura (°C)	26	34	41	42	27
	Umidade relativa (%)	83	54	43	41	44
02/06	Temperatura (°C)	25	38	39	40	38
	Umidade relativa (%)	86	45	46	42	82
03/06	Temperatura (°C)	25	40	43	42	37
	Umidade relativa (%)	88	42	36	34	87
04/06	Temperatura (°C)	28	37	45	40	37
	Umidade relativa (%)	87	51	33	40	86
05/06	Temperatura (°C)	25	37	46	40	28
	Umidade relativa (%)	98	52	35	42	82
06/06	Temperatura (°C)	25	41	39	40	24
	Umidade relativa (%)	84	43	43	40	81
07/06	Temperatura (°C)	22	40	43	40	27
	Umidade relativa (%)	100	45	40	41	84

TABELA 2A (cont.) - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa hidropônica, medidas em cinco horários, durante o período de 08/06 a 27/06/1997. Maranguape, CE. 1997.

Data (ano/1997)	Variáveis	Horário da determinação (horas)				
		6:00	9:00	12:30	15:00	17:30
08/06	Temperatura (°C)	25	38	42	40	37
	Umidade relativa (%)	95	45	43	51	84
09/06	Temperatura (°C)	22	37	37	41	38
	Umidade relativa (%)	100	46	48	50	83
10/06	Temperatura (°C)	25	33	42	30	26
	Umidade relativa (%)	91	55	40	61	85
11/06	Temperatura (°C)	25	37	40	38	26
	Umidade relativa (%)	92	43	41	44	80
12/06	Temperatura (°C)	25	39	37	36	26
	Umidade relativa (%)	92	40	42	44	81
13/06	Temperatura (°C)	22	34	42	35	28
	Umidade relativa (%)	90	53	40	51	77
14/06	Temperatura (°C)	25	37	40	37	27
	Umidade relativa (%)	72	38	32	52	91
15/06	Temperatura (°C)	21	35	37	36	27
	Umidade relativa (%)	100	52	47	49	76
16/06	Temperatura (°C)	25	33	41	36	28
	Umidade relativa (%)	82	58	42	47	76
17/06	Temperatura (°C)	24	30	38	39	37
	Umidade relativa (%)	100	70	45	37	86
18/06	Temperatura (°C)	25	37	40	33	26
	Umidade relativa (%)	86	43	41	50	77
19/06	Temperatura (°C)	24	34	39	32	39
	Umidade relativa (%)	73	44	41	52	69
20/06	Temperatura (°C)	25	36	36	37	29
	Umidade relativa (%)	89	52	49	50	69
21/06	Temperatura (°C)	27	34	37	37	26
	Umidade relativa (%)	77	51	50	46	80
22/06	Temperatura (°C)	25	34	39	33	26
	Umidade relativa (%)	75	54	40	54	79
23/06	Temperatura (°C)	25	31	37	36	26
	Umidade relativa (%)	92	50	46	49	82
24/06	Temperatura (°C)	25	31	39	35	26
	Umidade relativa (%)	85	60	42	50	75
25/06	Temperatura (°C)	25	31	34	35	27
	Umidade relativa (%)	88	53	45	46	76
26/06	Temperatura (°C)	23	25	39	37	28
	Umidade relativa (%)	88	47	36	39	68
27/06	Temperatura (°C)	23	25	38	36	26
	Umidade relativa (%)	78	44	37	42	87

TABELA 2A (cont.) - Temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa hidropônica, medidas em cinco horários, durante o período de 28/06 a 16/07/1997. Maranguape, CE. 1997.

Data (ano/1997)	Variáveis	Horário da determinação (horas)				
		6:00	9:00	12:30	15:00	17:30
28/06	Temperatura (°C)	25	39	38	36	26
	Umidade relativa (%)	89	40	47	48	83
29/06	Temperatura (°C)	23	25	37	40	27
	Umidade relativa (%)	92	90	46	34	63
30/06	Temperatura (°C)	25	31	36	36	26
	Umidade relativa (%)	89	66	51	48	80
01/07	Temperatura (°C)	25	36	41	36	27
	Umidade relativa (%)	85	44	39	49	85
02/07	Temperatura	24	33	38	36	26
	Umidade relativa (%)	88	46	35	54	78
03/07	Temperatura (°C)	22	34	36	31	27
	Umidade relativa (%)	71	39	40	52	77
04/07	Temperatura (°C)	24	31	41	37	26
	Umidade relativa (%)	92	64	40	48	80
05/07	Temperatura (°C)	25	33	38	37	26
	Umidade relativa (%)	84	56	45	48	89
06/07	Temperatura (°C)	22	34	37	35	26
	Umidade relativa (%)	81	46	37	41	71
07/07	Temperatura (°C)	24	34	39	37	24
	Umidade relativa (%)	76	46	40	58	83
08/07	Temperatura (°C)	24	34	40	37	27
	Umidade relativa	83	51	39	58	77
09/07	Temperatura (°C)	24	32	39	38	37
	Umidade relativa (%)	76	49	30	36	75
10/07	Temperatura (°C)	23	31	30	32	27
	Umidade relativa	86	60	71	58	73
11/07	Temperatura (°C)	24	31	40	34	27
	Umidade relativa (%)	99	67	41	50	80
12/07	Temperatura(°C)	24	35	38	36	36
	Umidade relativa	92	75	45	51	76
13/07	Temperatura (°C)	25	30	36	35	36
	Umidade relativa (%)	81	68	40	58	76
14/07	Temperatura (°C)	27	35	37	36	27
	Umidade relativa	51	41	38	41	80
15/07	Temperatura (°C)	25	33	37	37	38
	Umidade relativa (%)	61	58	37	38	60
16/07	Temperatura (°C)	24	35	39	36	39
	Umidade relativa (%)	87	56	36	44	67

TABELA 3A – Condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH), em função do manejo realizado na solução nutritiva, no cultivo de alface em sistema hidropônico NFT. Maranguape, CE. 1997.

Data	Dias após semeadura		Solução Nutritiva				Manejo na solução nutritiva
	Blocos		CE (mS/cm)		pH		
	1 e 2	3	Inicial	Final	Inicial	Final	
21/05	8	-	0,34 ^a	3,03	7,05 ^b	6,42	Solução
22/05	9	-	2,78	2,29	7,13	6,15	Água
23/05	10	-	2,29	2,15	6,74	5,49	-
26/05	13	-	2,13	2,13	6,12	6,12	-
28/05	15	-	2,08	2,08	6,03	6,03	-
30/05	17	-	2,12	1,87	5,90	6,18	Água
31/05	18	-	1,95	1,72	6,35	6,37	Troca de solução
02/06	20	-	1,75	1,69	6,95	6,01	Água
04/06	22	-	1,74	1,74	5,27	6,00	-
06/06	24	8,	1,69	1,58	5,62	6,08	Água
07/06	25	9	1,54	1,34	5,92	6,24	Água
09/06	27	11	1,38	1,44	6,03	6,11	Água + solução
10/06	28	12	1,50	1,32	5,67	6,19	Água
11/06	29	13	1,30	1,71	6,56	5,78	Solução
12/06	30	14	1,66	1,55	5,34	6,03	Água
13/06	31	15	1,63	1,57	5,14	6,38	Água
14/06	32	16	1,65	1,65	6,21	6,21	-
16/06	34	18	1,56	1,65	6,72	6,18	Solução
17/06	35	19	1,63	1,76	6,39	6,16	Solução
18/06	36	20	1,84	1,74	5,85	6,22	Água
19/06	37	21	1,74	1,74	6,21	6,21	-
20/06	38	22	1,73	1,73	6,49	5,98	-
21/06	39	23	1,71	1,91	6,46	6,14	Solução
24/06	42	26	1,76	1,80	7,10	5,99	Solução
25/06	43	27	1,85	1,68	6,58	5,97	Água
26/06	44	28	1,78	1,61	7,00	6,16	Água
30/06	-	32	1,70	1,66	6,99	5,85	Água
02/07	-	34	1,71	1,55	5,55	5,98	Água
05/07	-	37	-	-	4,30	5,58	-
06/07	-	38	1,49	1,62	6,46	6,02	Solução
07/07	-	39	1,71	1,76	6,76	6,14	Solução
08/07	-	40	1,85	1,85	6,50	6,22	Água + solução
14/07	-	-	1,51	1,58	6,86	6,09	Solução

^a Valor da CE da água utilizada.

^b Valor do pH da água utilizada.

TABELA 4A - Temperaturas da solução nutritiva, expressas em graus Celsius (°C), determinadas no reservatório, na piscina e no canal de cultivo, e temperatura ambiente no interior da estufa. Maranguape, CE. 1997

Data	Horário	Temperatura da solução nutritiva (°C)				Temperatura ambiente (°C)
		Reservatório	Piscina	Início do canal de cultivo	Final do canal de cultivo	
21/05	13:00	27,0	27,0	-	-	32,0
22/05	15:00	28,0	28,0	-	-	37,0
23/05	16:30	29,0	29,0	-	-	36,0
26/05	09:45	28,5	28,5	-	-	39,0
28/05	09:00	29,0	29,0	-	-	38,5
30/05	12:42	29,5	29,5	-	-	38,5
31/05	11:20	30,0	30,0	-	-	38,0
02/06	10:00	30,0	30,0	-	-	40,0
04/06	15:46	30,0	30,0	-	-	37,0
06/06	10:25	28,0	28,5	28,0	29,0	42,0
07/06	10:46	28,5	29,0	28,5	29,0	44,0
09/06	10:45	27,5	27,5	27,5	27,5	41,0
10/06	16:10	28,0	28,0	28,0	28,0	30,0
11/06	09:50	26,0	26,0	26,0	26,0	33,0
12/06	09:36	26,0	26,0	26,0	26,5	37,0
13/06	16:10	27,5	28,0	27,5	28,0	33,0
14/06	12:11	28,0	28,0	28,0	28,5	41,0
16/06	10:56	27,5	27,5	27,5	28,0	38,0
17/06	10:45	27,5	27,5	27,5	28,0	40,0
18/06	16:03	28,5	28,5	28,5	28,5	31,0
19/06	09:45	27,0	27,0	27,0	27,5	36,0
20/06	11:50	28,0	28,5	28,0	28,5	39,0
21/06	09:50	26,0	26,0	26,0	26,0	33,0
24/06	09:25	26,5	26,5	26,5	26,5	30,0
25/06	13:35	28,0	28,0	28,0	28,0	37,0
26/06	15:26	29,5	29,5	29,5	29,5	37,0
30/06	16:00	27,0	27,5	27,0	28,0	33,0

TABELA 5A - Análise de variância dos dados de produção de biomassa fresca de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos, em dois números de plantas por orifício e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Biomassa fresca			
		Folhas (1)	Caule (2)	Raízes (3)	Total (1+2+3)
Repetição	2	1532,714	10,786	32,438*	1792,171
Espaçamentos (E)	1	116,192	2,218	9,825	257,943
Resíduo (a)	2	135,923	2,085	1,266	177,357
Cultivares (C)	4	7866,469**	135,618**	428,764**	14407,048**
E x C	4	302,155	1,285	27,594	540,168
Resíduo (b)	16	185,934	7,410	10,611	340,237
Plantas por orifício (P)	1	17822,524**	738,399**	571,465**	34065,223**
E x P	1	26,661	0,049	11,197	79,730
C x P	4	646,659	25,970*	18,786	1216,240
E x C x P	4	226,761	7,350	17,924	446,426
Resíduo (c)	20	241,801	6,783	16,257	450,193
Épocas de colheita (G)	3	146924,581**	3804,649**	4769,968**	261726,058**
E x G	3	17,621	0,720	5,162	59,963
C x G	12	2173,063**	64,226**	82,104**	3904,127**
E x C x G	12	93,568	1,647	8,614	146,481
P x G	3	3491,659**	200,544**	68,772**	6463,556**
E x P x G	3	101,332	0,844	27,650*	271,061
C x P x G	12	442,278**	15,014**	14,157*	776,099**
E x C x P x G	12	135,701	4,970	7,028	246,401
Resíduo (d)	120	138,206	4,908	7,803	248,523
Total	239	-	-	-	-

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 6A - Análise de variância dos dados de produção de biomassa seca de folhas, caule, raízes e total (folhas + caule + raízes) de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos, em dois números de plantas por orifício e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Biomassa seca			
		Folhas (1)	Caule (2)	Raízes (3)	Total (1+2+3)
Repetição	2	12,063*	0,103	2,360**	29,815*
Espaçamentos (E)	1	0,157	0,017	0,000	0,351
Resíduo (a)	2	0,230	0,001	0,004	0,434
Cultivares (C)	4	14,532**	0,164**	3,494**	35,378**
E x C	4	0,988*	0,004	0,196	2,038
Resíduo (b)	16	0,318	0,016	0,166	0,918
Plantas por orifício (P)	1	20,927**	0,634**	5,093**	60,880**
E x P	1	0,002	0,002	0,059	0,001
C x P	4	0,930	0,061*	0,411	2,830
E x C x P	4	0,282	0,012	0,234	1,157
Resíduo (c)	20	0,423	0,016	0,199	1,325
Épocas de colheita (G)	3	209,183**	4,507**	29,881**	487,228**
E x G	3	0,017	0,006	0,001	0,079
C x G	12	3,004**	0,066**	0,628**	6,804**
E x C x G	12	0,273	0,015	0,062	0,619
P x G	3	2,310**	0,163**	0,787**	8,329**
E x P x G	3	0,145	0,008	0,124	0,314
C x P x G	12	0,680**	0,016	0,201	1,808*
E x C x P x G	12	0,207	0,007	0,073	0,562
Resíduo (d)	120	0,286	0,016	0,158	0,937
Total	239	-	-	-	-

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.

TABELA 7A - Análise de variância dos dados de comprimento do caule (CC) e de número de folhas comerciais por orifício (NF), de cultivares de alface, avaliadas no sistema hidropônico NFT, em dois espaçamentos, em dois números de plantas por orifício e sob diferentes épocas de colheita. Maranguape, CE. 1997.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios	
		CC	NF
Repetição	2	39,585	6,954
Espaçamentos (E)	1	2,109	9,801
Resíduo (a)	2	2,837	1,179
Cultivares (C)	4	25,710**	280,155**
E x C	4	3,372	8,733
Resíduo (b)	16	3,870	4,757
Plantas por orifício (P)	1	37,052**	2805,084**
E x P	1	0,234	0,876
C x P	4	1,978	20,064**
E x C x P	4	0,128	4,027
Resíduo (c)	20	1,932	6,235
Épocas de colheita (G)	3	676,423**	1850,301**
E x G	3	1,575	5,182
C x G	12	4,791**	12,853**
E x C x G	12	2,504*	3,958
P x G	3	3,526*	108,126**
E x P x G	3	2,397	5,129
C x P x G	12	1,541	6,386**
E x C x P x G	12	0,382	1,290
Resíduo (d)	120	1,133	2,102
Total	239	-	-

*, ** = Valores significativos a 5% e 1% de probabilidade, pelo teste F, respectivamente.