

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA, TEOR DE
NITRATO EM ALFACE SOB CULTIVO HIDROPÔNICO E
ACEITABILIDADE SENSORIAL

LUCIA DE FATIMA FURTADO

CASCADEL – Paraná - Brasil

2008

LUCIA DE FATIMA FURTADO

**VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA, TEOR DE
NITRATO EM ALFACE SOB CULTIVO HIDROPÔNICO E
ACEITABILIDADE SENSORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em Engenharia de Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos

CASCADEL - Paraná - Brasil

2008

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

F992v Furtado, Lúcia de Fátima
Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial / Lúcia de Fátima Furtado. -- Cascavel, PR : [s. n.], 2008.
71 f.

Orientador: Drº. Reginaldo Ferreira Santos
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Cascavel. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

1. Engenharia agrícola 2. Hidroponia 3. Alface - Cultivo 4. Alface - Cultivo - Hidroponia 5. Horticultura 6. Solução nutritiva 7. Plantas - Nutrição 8. Vazão I. Santos, Reginaldo Ferreira, Or. II. T.

CDD 20. ed. 631.585
635.52896
581.13

LUCIA DE FATIMA FURTADO

**VAZÕES DE APLICAÇÃO DE SOLUÇÃO NUTRITIVA, TEOR DE
NITRATO EM ALFACE SOB CULTIVO HIDROPÔNICO E
ACEITABILIDADE SENSORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Sistemas Agroindustriais, **aprovada** pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof.^a Dr^a Saraspathy Naidoo Terroso Gama de Mendonça
Coordenação de Alimentos, UTFPR

Prof. Dr. Silvio César Sampaio
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Prof. Dr. Márcio Antonio Vilas Boas
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, UNIOESTE

Cascavel, 04 de julho de 2008.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade e privilégio de ter me permitido chegar até aqui, e se for da vontade Dele ir mais além.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao Departamento de Engenharia Agrícola, na pessoa do Prof. Dr. Silvio César Sampaio, coordenador do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

Ao Professor, Dr. Reginaldo Ferreira Santos, pela valiosa orientação, estímulo, durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família pelo apoio e compreensão durante o transcorrer do curso.

A todas as pessoas aqui citadas ou não, que em algum momento contribuíram para a concretização deste trabalho.

Ao prof. Antônio Aprígio e família pela colaboração.

Ao Agrônomo e produtor rural Fernando Kazuo Suetake, pela amizade e colaboração.

A todos os professores, do Programa de Pós-Graduação e sua equipe.

Aos amigos e colegas de pós-graduação, pela amizade, convivência e apoio.

SUMÁRIO

<u>Furtado, Lúcia de Fátima.....</u>	<u>i</u>
<u>CDD 20. ed. 631.585.....</u>	<u>i</u>
<u>.....</u>	<u>i</u>
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT.....	x
<u>1 INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
<u>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>4</u>
<u>2.1 A Alface</u>	<u>4</u>
<u>2.2 Hidroponia.....</u>	<u>7</u>
<u>2.3 Vazões</u>	<u>10</u>
<u>2.4 Acúmulo de Nitrato pela Alface.....</u>	<u>12</u>
<u>2.4.1 Limites Permissíveis e Aceitáveis.....</u>	<u>14</u>
<u>2.4.2 Riscos Para a Saúde Humana.....</u>	<u>15</u>
<u>2.5 Solução Nutritiva.....</u>	<u>17</u>
<u>2.6 Produção de Alface Hidropônica.....</u>	<u>19</u>
<u>2.7 Análise Sensorial.....</u>	<u>20</u>
<u>2.8 Condutividade Elétrica da Solução Nutritiva.....</u>	<u>21</u>
<u>2.9 Vantagens da Hidroponia para o Produtor.....</u>	<u>23</u>
<u>2.10 Sistemas Hidropônicos.....</u>	<u>24</u>
<u>2.11 O Sistema Hidropônico mais Utilizado no Brasil.....</u>	<u>25</u>
<u>2.12 Bancadas de Cultivo.....</u>	<u>26</u>

<u>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</u>	<u>28</u>
<u>3.1 Caracterização da Área Experimental.....</u>	<u>28</u>
<u>3.2 Época do Cultivo.....</u>	<u>30</u>
<u>3.3 Condições do Cultivo.....</u>	<u>30</u>
<u>3.4 Delineamento Estatístico.....</u>	<u>32</u>
<u>3.5 Solução Utilizada.....</u>	<u>32</u>
<u>3.6 A Produção da Alface.....</u>	<u>33</u>
<u>3.7 Análise de NO₃⁻, NH₄⁺ N-Amino.....</u>	<u>34</u>
<u>3.7.1 Análise Estatística do Nitrato.....</u>	<u>35</u>
<u>3.8 Análise Sensorial.....</u>	<u>35</u>
<u>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</u>	<u>37</u>
<u>4.1 Produção da Massa Fresca de Alface.....</u>	<u>37</u>
<u>4.2 Produção da Massa Seca de Alface.....</u>	<u>40</u>
<u>4.3 Número de Folhas e Medidas do Caule por Planta.....</u>	<u>42</u>
<u>5 CONCLUSÃO.....</u>	<u>48</u>
<u>6 SUGESTÕES DE PESQUISA.....</u>	<u>49</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>50</u>
ANEXO 61	
ANEXO A - TESTE DE ACEITABILIDADE SENSORIAL.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição físico-química da alface (<i>lactuca sativa</i> l.).....	5
Tabela 2 - Massa fresca da produção da alface em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva.....	39
Tabela 3 - Massa seca da produção da alface em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva.....	42
Tabela 4 - Número de folhas aproveitáveis, número de folhas não aproveitáveis, número total de folhas, comprimento do caule e diâmetro do caule em relação das vazões de aplicação de solução nutritiva.....	43
Tabela 5 - Efeito vazão de aplicação da solução nutritiva para teor de nitrato em folhas de alface sob cultura hidropônica – mg.NO ₃ -1.kg MF.....	44
Tabela 6 - Efeito vazão de aplicação da solução nutritiva para teor de nitrato em folhas de alface sob cultura hidropônica – mg.NO ₃ -1.kg MF.....	45
Tabela 7 - Resumo da análise de variância da análise sensorial da alface, proveniente de três tipos de cultivos: orgânico, hidropônico e convencional.....	46

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Concentração de macronutrientes da solução básica (g.L-1) para o cultivo hidropônico da alface. g.dia-1 de cada nutriente.....33
- Quadro 2 - Concentração de micronutrientes da solução básica (g.L-1) para o cultivo hidropônico da alface. G.dia de cada nutriente.....33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Equação de redução de nitrato NO_3^- em amônia (NH_4^+).....	13
Figura 2 - Sistema de cultivo hidropônico NFT em estufa - UNIOESTE, campus de Cascavel.....	28
Figura 3 - Leiaute do sistema de cultivo.....	29
Figura 4 - Massa fresca da produção total de alface hidropônica produzida em três vazões.....	38
Figura 5 - Produção de massa seca da alface hidropônica em função da vazão da aplicação da solução nutritiva.....	41
Figura 6 - Teor de nitrato da alface hidropônica cultivada sob três vazões.....	43
Figura 7 - Valores dos atributos em uma escala hedônica de 1 a 9 pontos, de plantas alface em três sistemas de cultivo: hidropônico, convencional e orgânico.....	47

RESUMO

O presente estudo buscou avaliar influência das vazões de aplicação da solução nutritiva na produção e acúmulo de nitrato em folha de alface (*Lactuca sativa L*) cultivado sob sistema hidropônico do tipo NFT e aceitabilidade sensorial entre os sistemas de cultivo: hidropônico, convencional e orgânico. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram compostos de uma solução nutritiva em três vazões de aplicação (0,5, 1,0 e 1,5 L.min⁻¹). No período de 14/06/06 a 12/07/06 em Cascavel Estado do Paraná. A colheita foi realizada aos 28 dias pós-transplante. Os dados foram analisados estatisticamente, utilizando-se análise de variância (Teste F) e teste de Tukey (5%). As características avaliadas foram: biomassa fresca e seca total, da parte aérea, da raiz, do caule. Número de folhas: total, aproveitáveis e não aproveitáveis. Diâmetro e comprimento do caule. A vazão que proporcionou os melhores resultados foi a de 1,5 L.min⁻¹. Em relação ao teor de nitrato não ocorreram diferenças significativas, ao nível de 5% de significância. As condições organolépticas foram analisadas pela escala hedônica de nove pontos. As amostras eram provenientes de três sistemas de cultivo: hidropônico, convencional e orgânico e os tratamentos foram os sistemas de cultivos e as repetições foram porções de, aproximadamente, 20 g de alface de cada um dos sistemas. Pelos resultados encontrados pode-se concluir análise de variância pelo teste de Tukey a 5%, apontando diferenças significativas entre os parâmetros analisados como: aparência, sabor, textura, cor e qualidade global, não apresentando diferenças significativas quanto ao atributo aroma. O sistema orgânico apresentou a melhor média, considerando a qualidade global 7,6, aproximando-se da categoria *gostei muito*. O cultivo hidropônico apresentou média 7,5, aproximando-se, também, da categoria *gostei muito*. Apresentou-se sempre como melhor a produção orgânica, seguida da hidropônica, em que não ocorreram diferenças significativas na maioria dos atributos entre os dois cultivos, porém ocorreram diferenças significativas, para o cultivo convencional, ficando sempre em último lugar na preferência dos consumidores.

Palavras-chave: *Lactuca sativa L.*, produção, hortaliças, cultivo sem solo, hidropônica.

ABSTRACT

NUTRITIVE SOLUTION APPLICATION DISCHARGE, LETTUCE NITRATE CONTENT ON HYDROPONIC CULTIVATION AND SENSORIAL ACCEPTABILITY

This study objective was to evaluate lettuce (*Lactuca sativa* L cv. Vera) production and nitrate accumulation on its foliage under an environment protected by the *Nutrient Film Technique* (NFT) hydroponic system due to discharge of nutritive solution application and sensorial acceptability among conventional, organic, and hydroponic systems. Treatment was made of nutritive solutions combined with three discharge applications on the cultivated channels. Nutrient Solution was prepared according to FURLANI *et al.* (1999) which presents electric conductivity of 1.2 ms.cm. Application discharge were 0,5, 1,0 e 1,5 L.min⁻¹. To evaluate the effect of treatments in the developing of the culture, data was submitted to variance analysis (F test), and the results were evaluated through Tukey's average test (5%). Statistical delineation was casual with three treatments and eight repetitions. Each experimental unit comprised of eight heads of lettuce totaling 192 analyzed plants. Total fresh biomass, aerial fresh biomass, root fresh biomass, trunk fresh biomass, total dry biomass, aerial dry biomass, root dry biomass, and trunk dry mass were the evaluated characteristic. It was concluded that the best discharge was 1.5 L.min⁻¹, followed by 1.0 L.min⁻¹ and last 0.5 L.min⁻¹. As for nitrate amount, analysis was done through spectrophotometry with samples of a plant for each analysis, and then average was taken between both analyses. There was no important differences to the level of 5% of significance. Organoleptic conditions were analyzed by the hedonic scale. Samplings originated from three cultivation systems: hydroponic conventional and organic. Treatment was the three different culture systems, and repetitions were portions of approximately 20g of lettuce from each system. Sensorial analysis results were interpreted through a variance analysis and an average comparison by the Tukey test showing the significant differences between the analyzed parameters such as appearance, flavor, texture, color, and global quality, but it did not present significant difference on the scent attribute. The organic system showed the best average considering global quality of 7.6, approximating the category "Liked a lot." The hydroponic cultivar showed an average of 7.5, which also approximate the category "Liked a lot." The organic method showed to be the best followed by the hydroponic method, where there were no significant difference in most attributes between the two cultivars, however, there were important differences to the 5% level of significance placing soil cultivation in last on consumer preference "Scent."

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., production, vegetables, hydroponics.

1 INTRODUÇÃO

A produção de alimentos em escala suficiente para atender à demanda contemporânea é uma das grandes preocupações mundiais e a ausência de solo cultivável em todos os locais do planeta, depois da presença da água, constitui-se como um dos principais problemas encontrados. Nesse sentido, é preciso buscar técnicas de cultivo que superem essa limitação e, diante do aumento constante da demanda por alimentos, é necessário que sejam criadas técnicas de cultivo que propiciem alta produtividade aliada à qualidade da produção.

Uma das técnicas que tem despertado um crescente interesse no mundo todo é a hidroponia, técnica alternativa de cultivo de plantas com solução nutritiva na presença ou ausência de substratos naturais ou artificiais que se desenvolveu a partir de experiências laboratoriais. Ela atende às exigências atuais da produção e, no Brasil, o seu uso tem se expandido, principalmente, no cultivo da alface, pois esse sistema apresenta vantagens, em relação ao cultivo no solo.

O aumento expressivo da população mundial e, principalmente, as mudanças nos hábitos alimentares têm gerado um aumento expressivo no consumo de hortaliças, tornando-se inevitável o aumento de sua produção. Por outro lado, o consumidor tem se tornado mais exigente, sendo necessária uma produção em grande quantidade, com qualidade e com a certeza da disponibilidade do seu fornecimento o ano todo.

A alface é uma hortaliça mundialmente conhecida e consumida, principalmente, em forma de salada. No Brasil, sua importância é indiscutível, pois é a hortaliça folhosa mais consumida pelos brasileiros e o seu cultivo se estende por todo território nacional. A demanda por produtos hidropônicos em geral é crescente e, nos últimos anos, tem sido possível encontrá-los em supermercados tanto de pequenos quanto de grandes centros consumidores.

O cultivo da alface é bastante sensível a condições climáticas adversas, como chuva, granizo, temperatura e também à presença de patógenos de solo, que podem favorecer a produção de plantas de baixa qualidade sanitária e higiênica. Sendo essa hortaliça consumida na forma *in natura*, justifica-se a maior preocupação com sua qualidade para o consumo.

O cultivo hidropônico de alface se apresenta como uma alternativa de controle das condições de cultivo, como clima e outros, produzindo-se plantas com melhor qualidade e com acentuada redução de doenças e pragas, pois, não tendo contato com o solo, é menor a possibilidade da presença de partículas e/ou impurezas que ocorrem quando os cultivos são efetuados no solo.

O sistema hidropônico é caracterizado pela aplicação e circulação de lâminas de soluções nutritivas em canais de cultivo. A frequência de irrigação determina o consumo de energia elétrica no sistema hidropônico. A frequência adequada da irrigação, além de possibilitar o crescimento das plantas, determina um menor consumo de energia elétrica, promovendo então maior ganho econômico na produção, por isso é necessário que sejam desenvolvidas pesquisas, principalmente sobre o efeito da taxa de fluxo (vazão), que na maioria dos sistemas em uso oscilam entre 1,5 e 2,0 litros por minuto, em cada canal de cultivo.

O presente trabalho teve como objetivo geral: avaliar a influência das vazões de aplicação de solução nutritiva na produção, teor de acúmulo de nitrato em alface sob efeito hidropônico e aceitabilidade sensorial entre os sistemas hidropônico, orgânico e convencional.

Como objetivos específicos para este estudo foram propostos:

- a) Quantificar a produção da alface cultivada no sistema hidropônico, para três vazões: a $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e a $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$;

- b) Comparar as quantidades de nitrato na folha de alface sob cultivo hidropônico, em função das vazões ($0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e a $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$);
- c) Avaliar a aceitabilidade da alface produzida em três sistemas de cultivos: hidropônico, convencional e orgânico, analisando-se os atributos: aparência, sabor, aroma, textura, cor e qualidade total.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Alface

A alface é uma planta pertencente à família *Asteraceae*, da tribo *Cichoriceae*, classe *Magnoliopsida*, ordem *Asterales*, subfamília *Cichorioideae*, tribo *Lactuceae*, gênero *Lactuca* e espécie *sativa* L. (WIKISPECIES, 2006). É uma planta anual e de porte herbáceo, muito delicada, com caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas. As folhas constituem a parte comestível da planta e podem ser lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma cabeça.

Conforme a variedade, sua coloração varia do verde-amarelado até o verde-escuro e algumas cultivares apresentam as margens arroxeadas e, segundo FILGUEIRA (2000), a coloração da alface pode ocorrer, ainda, em vários tons de verde e roxo.

As raízes são do tipo pivotante e podem atingir até 60 cm de profundidade, porém apresentam ramificações delicadas, finas e curtas, explorando somente os primeiros 25 cm de solo (MOTA, 1999).

O consumo da alface é feito *in natura*. Nessa condição, segundo SGARBIERI (1987), a alface produzida no solo apresenta a seguinte composição média, por 100 g: água: 94%; valor calórico: 18 Kcal; proteína: 1,3 g; extrato etéreo: 0,3 g; carboidratos totais: 3,5 g; fibra: 0,7 g; cálcio: 68 mg; fósforo: 27 mg; ferro: 1,4 mg; potássio: 264 mg; tiamina: 0,05 mg; riboflavina: 0,08 mg; niacina: 0,4 mg; vitamina C: 18,0 mg.

A Tabela 1 apresenta a composição físico-química da alface.

Tabela 1 - Composição físico-química da alface (*lactuca sativa* l.)

ANÁLISE	VALOR (100g)
Calorias (Kcal)	14,00
Glicídios (g)	2,97
Proteínas (g)	0,90
Lipídios (g)	0,14
Cálcio (mg)	18,00
Potássio (mg)	141,00
Sódio (mg)	10,00
Zinco (mg)	0,15
Cobre (mg)	0,03
Fósforo (mg)	20,00
Ferro (mg)	0,41
Magnésio (mg)	7,00
Manganês (mg)	0,13
Selênio (mg)	0,10
Vitamina A (UI)	502,00
Tiamina (mg)	0,04
Riboflavina (mg)	0,03
Niacina (mg)	0,12
Vitamina C (mg)	2,80
Fibras (mg)	1,20
Umidade (%)	95,60
Cinzas (%)	0,36

FONTE: FRANCO (2005).

A alface é originária do Mediterrâneo e foi uma das primeiras hortaliças cultivadas pelo homem. Atualmente é explorada em todo território brasileiro, tanto em solo como em sistemas hidropônicos e é a principal cultura realizada por hidroponia no país. Segundo SOARES (2002), é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil, sendo, dessa forma, uma das principais espécies cultivadas, tanto em termos de volume de comercialização quanto do ponto de vista econômico. É também fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A: 100 gramas de alface contêm: 102 mcg de vitamina A. É de grande importância nutricional por sua presença regular na dieta, principalmente dos consumidores das regiões sul e sudeste do Brasil, onde se repete a situação constatada nos Estados Unidos da América por RICK (1978). É

própria para o cultivo no inverno, quando atinge as maiores produções, mas adaptada a temperaturas amenas.

BÜCHELE & SILVA (1992), FILGUEIRA (1982) e SANTIAGO (1990) apontam em seus estudos que a maior concentração do sistema radicular da alface encontra-se entre 0 e 20 cm. Essa faixa de exploração das raízes tem grande importância quando se utiliza adubação e irrigação.

A planta de alface é típica de inverno, capaz de resistir a baixas temperaturas e a geadas leves, sendo as temperaturas amenas, essenciais durante toda a fase vegetativa de seu ciclo, especialmente, durante o desenvolvimento da cabeça. (MOTA, 1998). Temperaturas elevadas (20-30°C) aceleram o ciclo cultural, resultando em plantas menores, induzindo a presença de um indesejável sabor amargo.

FILGUEIRA (1982) e JACKSON *et al.* (1999) demonstraram que a alface exige temperatura distinta, com índice ótimo para o dia em torno de 22,8°C e para a noite 7,2°C. Segundo KNOTT (1962), as temperaturas do ar mais favoráveis ao crescimento e à produção de alface situam-se entre 15 e 24°C, com a mínima em 7°C. JACKSON *et al.* (1999) concluíram que a alface americana requer como temperatura ideal para o desenvolvimento: 23°C durante o dia e 7°C à noite. ANTÔNIO (1998) afirma que temperaturas acima de 40°C retardam gradativamente a absorção de nutrientes, enquanto a maior absorção é obtida entre 25 e 30°C.

A alface é a espécie de maior expressão no sistema de cultivo sem solo, possivelmente por ser a hortaliça folhosa de maior aceitação pelos consumidores, apresentar ciclo curto, alta produtividade e rápido retorno do capital investido (SANTOS, 2000; LONDERO & AITA, 2000).

Características intrínsecas, como a larga adaptação a condições climáticas diversas, ciclo curto, possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, comercialização segura, entre outras, fazem da cultura da alface uma das preferidas pelos olericultores (FILGUEIRA, 2000), podendo ser explorada em diversas formas de cultivo (convencional, orgânico e hidropônico).

Tradicionalmente, é explorada por pequenos produtores em cultivo de caráter familiar, o que lhe confere grande importância econômica e social.

A alface tem grande valor na alimentação e saúde humanas, destacando-se, principalmente, como fonte de vitaminas e sais minerais, constituindo-se na hortaliça mais popular, tanto pelo sabor e qualidade nutritiva quanto pela facilidade de aquisição e produção durante o ano todo e, ainda, por seu baixo custo (OHSE *et al.*, 2001; OLIVEIRA *et al.*, 2004; COMETTI *et al.*, 2004).

O maior consumo de alface é na forma de saladas cruas e sanduíches, sendo as regiões Sul e Sudeste do Brasil as de maior consumo (LOPES *et al.*, 2005). É uma das hortaliças folhosas mais presente na dieta da população brasileira, ocupando importante parcela do mercado nacional e, dessa forma, vem adquirindo uma importância econômica crescente no país (RESENDE *et al.*, 2005; BEZERRA NETO *et al.*, 2005; LOPES *et al.*, 2005).

2.2 Hidroponia

No século XX, surgiram duas tecnologias complementares de cultivo de grande importância: a hidroponia e o cultivo em ambiente protegido. Ambas propiciam ao agricultor maior potencial de produção, de agregação de valor, qualidade e constância da oferta de produtos hortícolas.

A hidroponia tem despertado interesse crescente no mundo todo como uma das técnicas de melhoria ambiental. Constitui-se como alternativa de cultivo de plantas com solução nutritiva na ausência ou na presença de substratos naturais ou artificiais. De um modo geral, o aumento da produtividade com menor impacto ambiental, a maior eficiência na utilização da água de irrigação e de fertilizantes, a redução da quantidade ou eliminação de alguns defensivos e a maior probabilidade de obtenção de produtos de alta qualidade são as principais

vantagens dessa tecnologia de cultivo. Além disso, a hidroponia tem caráter multidisciplinar capaz de gerar ou aperfeiçoar tecnologias que podem ser aproveitadas em outros setores da agricultura ou em áreas diferentes (RODRIGUES, 2002).

O sistema hidropônico *Nutrient Film Technique* - NFT (Técnica do Filme de Nutrientes) caracteriza-se pela aplicação e circulação de lâminas de soluções nutritivas nos canais de cultivo entre as raízes das plantas, com frequência e turnos previamente programados (COOPER, 1996). É composto de um reservatório de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento e de retorno da solução nutritiva ao reservatório por meio de tubos e de bancadas com canais de cultivo (HELBEL JÚNIOR, 2004; SANTOS, 2000).

Nesse sistema, as plantas são conduzidas em bancadas e o sistema radicular permanece parcialmente imerso no fluxo de uma solução nutritiva, o qual não deve inundá-lo por completo: aproximadamente 2/3 das raízes devem estar submersas para absorver água e nutrientes e 1/3 não submersa, absorvendo oxigênio (STAFF, 1998). O sistema hidráulico de um conjunto hidropônico NFT é fechado, ou seja, a solução nutritiva é bombeada de um reservatório, passa pelas raízes das plantas nos canais das bancadas e volta por gravidade ao reservatório (FAQUIN & FURLANI, 1999).

O produto de cultivo hidropônico tem tido boa aceitação comercial, mesmo em mercados tradicionais como as CEASAS. A alface cultivada em hidroponia, principal produto dessa linha, obtém preços superiores, mesmo quando comercializada em engradados comuns. Seu preço está entre 35 e 50% acima da média dos alcançados pelo produto cultivado em sistemas tradicionais (JUNQUEIRA, 1999).

No Brasil, as principais culturas produzidas sob hidroponia são a alface (*Lactuca sativa* L.), a abobrinha (*Cucurbita pepo* L.), o aipo (*Apium graveolens* L.), o agrião (*Lepidium sativum* L.), a cebolinha (*Allium fistulosum* L.), o manjericão (*Ocimum basilicum* L.), a menta (*Mentha piperita* L.), o morango (*Fragaria* spp.), o pepino (*Cucumis sativus* L.), o pimentão (*Capsicum cordiforme* Mill.), a rúcula (*Eruca sativa* L.), a salsa (*Petroselinum* spp.) e o

tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Miller), entretanto, a alface tem a preferência de 90% dos hidroponicultores, pois apresenta ciclo de vida curto, alta produtividade e ampla aceitação no mercado (FURLANI, 1999; HIDROGOOD, 2007).

A hidroponia é um sistema de cultivo, desenvolvido dentro de estufas e sem o uso de solo. Os nutrientes que a planta precisa para desenvolvimento e produção são fornecidos somente por água enriquecida (solução nutritiva) com os elementos necessários: nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, etc., dissolvidos na forma de sais. O sucesso da hidroponia está no manejo dos nutrientes, pois ela deve manter as plantas com ótimo teor nutricional, por essa razão devem ser evitados quaisquer tipos de erros na formulação da solução nutritiva.

A técnica de hidroponia exige o fornecimento dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas de forma adequada e constante, para que se obtenha uma boa produtividade. Segundo FAQUIN, FURLANI NETO & VILELA (1996), a extração de nutrientes pela alface obedece à seguinte ordem, decrescente: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Zn> Mn>B>Cu. Entretanto, essa ordem e a magnitude de extração podem ser alteradas por diferenças varietais e da concentração de nutrientes na solução nutritiva.

Os primeiros trabalhos com cultivo em água datam do ano de 1650, com Van Helmont (RESH, 1997). Em 1804, Nicholas Théodore Sanssure usou soluções nutritivas de concentração inicial conhecidas, preparadas a partir de vários sais dissolvidos em água destilada (CARMELLO, 1996). O grande impulso na hidroponia como atividade comercial se dá com a publicação de *The Complete Guide to Soilless Gardening*, por Willian F. Gericke da Universidade da Califórnia (USA) em 1936, inclusive instituindo o termo hidroponia, a partir das palavras gregas: *hidro* = água e *ponos* = trabalho (CARMELLO, 1996; SANTOS, 2000; FAQUIN; FURLANI NETO & VILELA, 1996; TEIXEIRA, 1996).

Depois disso, muitos trabalhos importantes foram realizados, destacando-se:

- A fórmula de solução de Dennis Robert Hoagland e Daniel I. Arnon em 1950, que tem servido como base para soluções nutritivas até os dias atuais;
- Os trabalhos de C. M. Johnson e colaboradores, que propuseram uma modificação na solução n. 2 de Hoagland e Arnon, fazendo a relação de NH_4^+ e NO_3^- ser de 1:7, mantendo assim o pH próximo de cinco (CARMELLO, 1996);
- O grande marco no desenvolvimento da hidroponia econômica e comercial foi o conceito de *Nutrient Film Technique* – NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) definido por Allen Cooper, em 1965 (JONES, 1983; SANTOS, 2000).

Dentre os fatores que contribuíram para uma significativa expansão da hidroponia encontram-se: a produção de hortaliças de ótima qualidade; a melhor ergonomia pelo uso de bancadas; o melhor aproveitamento de espaço físico, por permitir cultivos sucessivos; a menor incidência de pragas e doenças e, portanto, uma menor aplicação de tratamentos fitossanitários; o maior tempo de prateleira para a comercialização do produto; o melhor controle do meio nutritivo para o crescimento das plantas e o aproveitamento de água e nutrientes (FURLANI, 1996, RODRIGUES, 2002, HIDROGOOD 2007).

2.3 Vazões

Estudando vazões de 0,8 e 1,2 L.min⁻¹, HELBEL JÚNIOR (2004) verificou que não houve efeito significativo para o fator vazão, quando estudado isoladamente. Desse modo, pode-se argumentar que os níveis estudados para este fator: 0,8 e 1,2 L.min⁻¹, não proporcionaram às plantas, maior ou menor oportunidade de absorção de nutrientes e de oxigenação da solução, o que poderia resultar em diferenças significativas na biomassa fresca. Esse

comportamento de resposta das plantas, não apresentando resultados significativos em termos, pode ter como justificativa o fato de que ambos os valores de vazão atenderam ao que diz ANDRIOLO (1999), o qual afirma que a velocidade de circulação (vazão) de solução deve ser de tal modo ajustada, para que seja evitada a carência mineral e de oxigênio.

A frequência de irrigação determina o consumo de energia elétrica no sistema hidropônico NFT. A frequência adequada, além de possibilitar o crescimento das plantas, determina um menor consumo de energia elétrica, promovendo então maior ganho econômico na produção (PILAU *et al.*, 2002).

Segundo MORAES (1997), os produtores que cultivam em sistema NFT têm utilizado perfurações simples em encanamentos de PVC para direcionar e induzir a solução nutritiva nas canaletas de cultivo. Na maioria das vezes, as canaletas estão dispostas paralelamente e um mesmo encanamento é perfurado em diversos pontos, fazendo que ocorra uma perda progressiva da pressão interna, diminuindo a vazão nos orifícios mais distantes da derivação. Na prática, tem-se uma vazão menor à medida que o fluxo se distancia da derivação principal, o que deve ser compensado no diâmetro dos orifícios, adicionando-se uma quantidade crescente de furos, à medida que ocorre a diminuição da pressão e vazão nas extremidades do encanamento.

No final, deve-se obter uma vazão constante em cada orifício, ou seja, cada canaleta deverá receber a mesma quantidade de solução nutritiva em cada turno de irrigação.

Para todo sistema NFT, a capacidade de vazão do conjunto moto-bomba deve ser dimensionada de acordo com o número de canais que serão irrigados, considerando-se a altura manométrica e o retorno de solução ao tanque. De uma maneira geral, para cultivo de plantas de ciclo curto, como a alface, tem-se sugerido uma vazão de solução de 1,5 a 2,0 L.min⁻¹ por canal. O resultado da multiplicação da vazão necessária pelo número de canais a serem irrigados fornece a quantidade mínima de litros por minuto (vazão) para a irrigação das plantas (HELBEL JÚNIOR, 2004).

2.4 Acúmulo de Nitrato pela Alface

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais exigidos pelas culturas, necessitando de doses elevadas nas adubações e isso, particularmente com relação ao nitrogênio, tem trazido preocupação sob dois aspectos: o primeiro, a contaminação de águas subterrâneas e dos mananciais e, o segundo, a elevação dos teores de nitrato NO_3^- nos alimentos, principalmente naqueles de consumo *in natura*, como as hortaliças e frutas. O NO_3^- absorvido pelas raízes é reduzido a NH_4^+ , sendo essa redução e o conseqüente acúmulo de nitrato nas plantas, afetados por diversos fatores, como os genéticos e ambientais, especialmente a intensidade luminosa que, quando baixa, pode reduzir o acúmulo de nitrato tanto no sistema de cultivo convencional e orgânico quanto no hidropônico (FAQUIN & ANDRADE, 2004, MIYAZAWA; HATOUNIAN & ODENATH-PENHA, 2001).

Para ser metabolizado pela planta, ou seja, incorporado a compostos orgânicos formando aminoácidos, proteínas e outros compostos nitrogenados, o nitrato (NO_3^-) absorvido pelas raízes deve ser, necessariamente, reduzido para amônio (NH_4^+). Essa redução, na maioria das plantas, ocorre nas folhas e em duas etapas: a primeira no citoplasma, onde o NO_3^- passa para NO_2^- e é mediada pela enzima redutase do nitrato (RNO_3); a segunda nos cloroplastos, onde o NO_2^- passa para NH_4^+ , mediada pela Redutase do Nitrito (RNO_2). No primeiro estágio, o agente redutor é o NADH, originado na respiração; no segundo, nos cloroplastos, o agente redutor é a ferredoxina, cujos elétrons são originados no Fotossistema I (FSI) da fase clara da fotossíntese, conforme Figura 1:

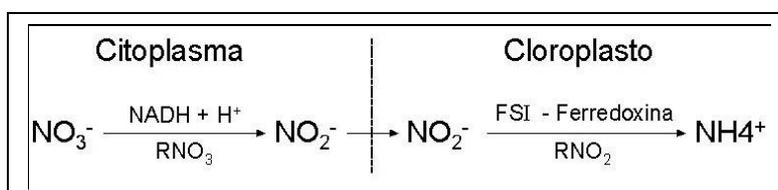


Figura 1 - Equação de redução de nitrato NO_3^- em amônia (NH_4^+).

Assim, o NO_3^- absorvido pelas raízes e reduzido a NH_4^+ , é incorporado a compostos orgânicos, formando os diversos compostos nitrogenados da planta.

A capacidade de acúmulo de nitrato pelas plantas, além do caráter genético, é grandemente influenciada por fatores, como: disponibilidade desse nutriente no nível das raízes e do molibdênio, intensidade de radiação luminosa, da atividade da enzima redutase do nitrato, temperatura, sistema de cultivo, idade da planta e hora da colheita.

BONNECARRÈRE *et al.* (2000a) encontraram valores (mg de N- NO_3^- .kg⁻¹ de massa seca) variando de 465 a 646 para as cultivares de alface lisa, de 600 a 889 para as crespas e de 538 para as do tipo americana. Já BONNECARRÈRE *et al.* (2000b) constataram valores (mg de N- NO_3^- .kg⁻¹ de massa seca) de 272 a 308 para cultivares de alface lisa e de 243 a 346 para as crespas. CAVARIANNI *et al.* (2000a) também avaliando cultivares, encontraram valores (mg de N- NO_3^- .kg⁻¹ de massa seca) de 1545 a 1963 para alface lisa, de 1242 a 1536 para as crespas e de 1030 a 1965 para a do tipo americana. No entanto, CAVARIANNI *et al.* (2000b) verificaram valores de 546 a 1466 para cultivares de alface lisa, de 1475 a 1661 para as crespas e de 694 a 1942 para as do tipo americanas. Por fim, PILAU *et al.* (2000) observaram valores de 101 a 250 para cultivares de alface lisa e de 91 a 237 para as crespas.

Embora não exista no Brasil uma legislação específica, que regulamente os teores máximos permitidos de nitrato em vegetais (MANTOVANI; FERREIRA & CRUZ, 2005), seus valores, independente da vazão de aplicação da solução nutritiva, ficaram abaixo daqueles observados em alfaces por BENINNI *et al.* (2002), FERNANDES *et al.* (2002) e KROHN *et al.* (2003) e dos máximos tolerados para alface, segundo a legislação europeia, tomada como parâmetro por diversos pesquisadores.

2.4.1 Limites Permissíveis e Aceitáveis

Diante dos efeitos nocivos do nitrato ingerido no consumo de vegetais, estabeleceram-se níveis admissíveis de ingestão. Os níveis de nitrato em alface considerados aceitáveis para o consumo humano variam bastante.

De acordo com a norma europeia Nº [1881/2006](#) - ACT, a legislação europeia define limites para o teor de nitrato na matéria fresca dos vegetais: em cultivos de inverno, 4500 mg.kg⁻¹ para alface cultivada em ambiente protegido e 4000 para as cultivadas a campo; para cultivos de verão, o limite para nitrato cultivados em ambiente protegido é de 3500 mg.kg⁻¹ e para o cultivo em campo aberto o limite é de 2500 mg.kg⁻¹ (COMMISSION REGULATION - EC, 2008).

Na Alemanha, o limite permissível para a alface é de 2000 mg.kg⁻¹ de nitrato na MF, na Áustria é 1500 mg.kg⁻¹ de nitrato na MF e na Suíça é de 875 mg.kg⁻¹ de nitrato na MF. Na Itália, consideram-se genótipos de alface com alto conteúdo de nitrato quando esses valores chegam a 1000 mg.kg⁻¹ de MF (OHSE *et al.*, 2002). No Brasil não há legislação específica que regulamente os teores máximos permissíveis de nitrato no consumo de vegetais como as hortaliças (ZAGO *et al.*, 1999).

De acordo ESCOÍN-PEÑA *et al.* (1998), a FAO estabelece, para seres humanos, que o Índice de Máxima Ingestão Diária Admissível (IMIDA) para o nitrato e nitrito é de 5 mg.kg⁻¹ e de 0,2 mg.kg⁻¹ de peso corporal, respectivamente. Para a Organização Mundial da Saúde, a ingestão diária aceitável de nitrato, sem risco para a saúde, é 3,65 mg.dia⁻¹ por kg de peso vivo.

Dados da Organização Mundial da Saúde - OMS preconizam que a ingestão diária aceitável de NO₃⁻ é de, no máximo, 3,65 mg.kg⁻¹ da massa corpórea (OSHE *et al.*, 2001, ESCOÍN-PEÑA *et al.*, 1998).

A maior quantidade de nitrato consumido pela população provém do consumo de hortaliças, representando 72 a 94% do total ingerido (SHENG MINGHZU, 1982).

Algumas pesquisas têm sido publicadas, demonstrando o perigo do consumo de hidropônicos, citando teores de nitrato que variam de 6.000 a 12.000 mg.kg⁻¹, o que realmente excede aos limites tolerados (2.500 a 4.500 mg.kg⁻¹ de MF), no entanto, esses artigos não indicam se esse teor é na massa fresca (MF) ou seca (MS), nem o método utilizado na sua determinação, provavelmente seja na massa seca. Considerando que as referidas alfaces contenham 95% de água, então 1 kg de massa fresca possuiria 50 gramas de massa seca. Para que fossem consumidos 12.000 mg de nitrato seria necessário comer 20 kg de alface *in natura* (MF), o que corresponde a um teor de nitrato de 600 mg.kg⁻¹ de MF que está bem abaixo do que é considerado crítico pelos países europeus. Para atingir esse índice de consumo, seria necessário comer, diariamente, de 3 a 4 cabeças de alface (OHSE, 2000 citado por LABHIDRO, 2008).

2.4.2 Riscos Para a Saúde Humana

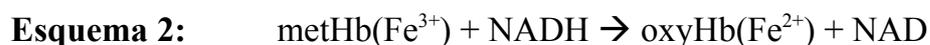
As hortaliças folhosas, dentre elas a alface, espinafre e o repolho, tendem a acumular altos níveis de NO₃⁻ nos seus tecidos. A toxidez do nitrato em humanos, por si só é baixa, mas de 5 a 10% do NO₃⁻ ingerido na alimentação é convertido a nitrito (NO₂⁻) na saliva bucal ou por redução gastrintestinal (BOINK & SPEIJERS, 2001).

O nitrito, entrando na corrente sanguínea oxida o ferro (Fe²⁺ → Fe³⁺) da hemoglobina, produzindo a metahemoglobina:



Esta forma de hemoglobina é inativa e incapaz de transportar o O₂ para a respiração normal das células dos tecidos, causando a chamada metahemoglobinemia (WRIGHT & DAVISON, 1964), e as células sofrem por anoxia. LEIFERT *et al.* (1999) destacam que, em pessoas adultas, esse processo

é reversível devido à ação da enzima Redutase da Metahemoglobina (RM) e com a participação do agente redutor NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo):



Sendo o acúmulo de nitrato pela alface, além do caráter genético, é bastante influenciado pelos sistemas de cultivo e pela prática da adubação (FAQUIN & ANDRADE, 2004).

As crianças lactantes até três meses de idade, que nessa fase são deficientes na enzima RM e do cofator NADH, podem chegar à morte por asfixia, processo denominado de “síndrome do bebê azul”. O nitrito pode, também, combinar com aminas formando nitrosaminas, as quais são mutagênicas e cancerígenas (MAYNARD *et al.*, 1976).

De acordo com LEIFERT *et al.* (1999), em sua revisão sobre o “efeito do nitrato sobre a saúde humana”, é pouco evidente a formação de altos níveis de nitrosaminas a partir de nitrito e aminas no sistema gastrointestinal de humanos.

MENGEL & KIRKBY (2001) comentam que se há síntese de nitrosaminas a partir do nitrito no trato digestivo de humanos, a quantidade produzida é extremamente baixa, na ordem de 1:20.000.

LEIFERT *et al.* (1999) citam que os resultados de estudos epidemiológicos para estabelecer a relação entre a ingestão de nitrato e câncer gastrointestinal são conflitantes e contraditórios. Alguns trabalhos sugerem essa hipótese, outros relatam que não há nenhum risco e outros afirmam que o consumo de vegetais com alto teor de nitrato reduzem a possibilidade de ocorrência de câncer gástrico. Esses autores relatam ainda, resultados de pesquisas comparando a morte por câncer gástrico de grupos de pessoas vegetarianas e não vegetarianas. Os vegetarianos ingerem cerca de 135 a 185 mg de nitrato por pessoa por dia e os não vegetarianos, de duas a três vezes menos, em torno de 61 mg por dia. Mas, o número de mortes por câncer gástrico é menor no grupo de vegetarianos em cerca de 20 a 40%. Lembram, também, que os vegetais e frutos são fontes de ácido ascórbico, um conhecido agente redutor inibidor da formação de nitrosaminas.

Outro efeito do nitrito na saúde humana é a diminuição da pressão sangüínea, devido a sua conhecida propriedade vaso-dilatadora (BOINK & SPEIJERS, 2001). Esses autores sugerem que nessas condições (pressão baixa), a hipertrofia (aumento do tamanho das células) observada na glândula supra-renal, é uma resposta fisiológica do organismo à queda da pressão e não devido a um efeito tóxico do nitrito. Citam, também, que a atribuição de um papel importante do nitrito na indução de tumores cancerígenos é um equívoco.

2.5 Solução Nutritiva

No cultivo sem solo os nutrientes que as plantas necessitam para seu desenvolvimento e produção, são fornecidos somente por água enriquecida (solução nutritiva) com os elementos necessários: nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, etc., dissolvidos na forma de sais.

Na perspectiva de se obter a máxima eficiência da cultura, surgiram várias propostas de soluções nutritivas, entre elas: UEDA (1990), FURLANI (1995), CASTELLANE & ARAÚJO (1995), BERNARDES (1997), MARTINEZ (1997) e SOARES (2002), com as mais variadas formulações, sendo que, em sua maioria, procuram manter tanto a concentração dos nutrientes oferecidos às plantas como a condutividade elétrica da solução nutritiva, com pouca variação, de acordo com a idade da planta, época do ano e fatores ambientais.

A solução nutritiva é composta de macro e micronutrientes. Os macronutrientes são: o nitrogênio (N), o fósforo (P), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S); os micronutrientes são: o boro (B), o cloro (Cl), o cobre (Cu), o ferro (Fe), o manganês (Mn), o molibdênio (Mo) e o zinco (Zn) (FURLANI *et al.*, 1999; HIDROGOOD, 2007). Não há uma solução nutritiva que seja adequada para todas as culturas, cada espécie e/ou variedade a

ser cultivada possui sua própria exigência nutricional. Alguns produtores optam por balancearem suas próprias soluções nutritivas outros utilizam soluções disponíveis comercialmente, já balanceadas.

As plantas têm grande capacidade de se adaptarem a diferentes soluções nutritivas, pois a sua absorção dos nutrientes é seletiva. No entanto, devem ser considerados os limites de pH, pressão osmótica e proporção entre nutrientes, para que um não interfira na absorção do outro e não ocorram precipitações de compostos insolúveis. Assim, a manutenção de um meio favorável ao desenvolvimento das plantas não envolve apenas a escolha de uma solução apropriada no plantio, mas do seu controle contínuo, o qual determinará a adição de sais, ajuste de pH e substituição periódica de toda a solução (MARTINEZ, 2002).

A alface é uma das culturas mais produzidas em hidroponia, pois o seu cultivo pode ocorrer durante o ano todo, com grande produtividade, com qualidade e sem o risco de contaminação por microrganismos veiculados pelo solo. As soluções nutritivas constituem não o único, mas o ponto fundamental do cultivo hidropônico, pois elas determinam os aspectos qualitativos e quantitativos da produção. Não há uma solução nutritiva ideal para todas as espécies vegetais e condições de cultivo. De acordo com BERNARDES (1997), a solução nutritiva a ser utilizada no cultivo hidropônico depende do tipo de cultura, do estágio de crescimento, das condições climáticas, da estação do ano, da luminosidade e da altitude local.

No cultivo hidropônico de plantas pelo sistema NFT, a solução nutritiva tem um papel fundamental para que se obtenha êxito na produção vegetal. ANDRIOLO (2002) afirma que a solução nutritiva é o elemento essencial na hidroponia estrita (sem substrato), pois dela depende inteiramente o crescimento da cultura e deve conter todos os nutrientes minerais exigidos pelas plantas e o oxigênio indispensável para a respiração das raízes. Se manejada de forma incorreta provoca redução na produtividade e na qualidade do produto.

MORAES (1997) considera que um aspecto fundamental para o cultivo hidropônico é a escolha da solução nutritiva, que deve ser formulada de acordo

com o requerimento nutricional da espécie que se deseja produzir. O veículo transportador dos nutrientes é a solução nutritiva e o pleno conhecimento de seu preparo e manutenção é sinônimo de sucesso. No entanto, são poucas as informações sobre qual seja a melhor solução nutritiva para cada cultura. Além disso, fatores como idade das plantas, época do ano e condições climáticas locais influenciam a eficiência da solução nutritiva (FAQUIN *et al.*, 1996).

2.6 Produção de Alface Hidropônica

No Brasil, de acordo com FURLANI (1999), a cultura da alface representa 80% da produção hidropônica. O restante da produção é distribuído entre as culturas de agrião, rúcula, salsa, cebolinha, morango, manjeriço e menta cultivadas, principalmente, pela Técnica de Fluxo Laminar de Solução Nutritiva - NFT. Esse autor cita também que a área estimada para o cultivo sem solo no país, já ultrapassa a 50 ha. Atualmente, instalações hidropônicas podem ser encontradas em todo o Brasil, desde o Rio Grande do Sul até o Acre, sendo que o Estado de São Paulo abrange de 80 a 90 % do total da área cultivada.

O consumo anual *per capita* de hortaliças em países do primeiro mundo é estimado em 160 kg, enquanto a média brasileira por habitante está em torno de 86 kg. O Brasil registrou um lento, porém constante, incremento nesses índices ao longo das duas últimas décadas. Nota-se, porém, que há um significativo desnível regional, pois, enquanto o consumo na região Sul é de, aproximadamente, 100 kg *per capita*, no Nordeste este índice está próximo aos 40 kg (COBBE & JABUONSKI, 1993).

A produção orgânica adota práticas de rotação de cultura, aproveitamento de resíduos orgânicos e controle biológico, eliminando a utilização de fertilizantes químicos. Esta técnica de cultivo apresenta uma grande

vantagem comparada ao sistema convencional devido ao seu impacto benéfico ao meio ambiente (GUADAGNIN; RATH & REYES, 2005).

2.7 Análise Sensorial

A análise sensorial é uma das ferramentas que podem ser utilizadas para avaliação da qualidade ou aparência externa das hortaliças. É uma forma rápida e criteriosa de verificar os atributos dos alimentos, por meio dos sentidos da visão, olfato, tato, audição e gustação (MATTHEIS & FELLMAN, 1999; MEILGAARD *et al.*, 1998; FERREIRA *et al.*, 2000).

BERNARDI *et al.* (2005) afirmam que a análise sensorial constitui-se numa ferramenta adequada para avaliar a qualidade da alface, considerando-se que qualidade é a soma de todas as características combinadas e que equivale a uma hortaliça com valor nutritivo aceitável e desejável como alimento humano. O consumidor exige um produto fresco, de aspecto saudável, com boas características de cor, bem como outros atributos desejáveis na sua aparência (FREIRE JÚNIOR; DELIZA & CHITARRA, 2002).

A aparência externa das hortaliças também é fator de grande importância, pois o consumidor somente adquire o produto mais atrativo. O melhor aspecto visual, a maior durabilidade e a facilidade de limpeza têm contribuído para o aumento da produção e do consumo desta hortaliça (OHSE *et al.*, 2001).

O teste de preferência pode ser considerado como uma das mais importantes etapas da análise sensorial, pois representa o somatório de todas as percepções sensoriais e expressa o julgamento, por parte do consumidor, sobre a qualidade do produto (DUTCOSKY, 1996). De acordo com PORTO (2006), a qualidade da alface, seja nutricional ou sanitária, deve ser mantida em todos os segmentos envolvidos, desde a produção até a comercialização. Uma boa

aceitação do produto depende dele chegar à mesa do consumidor apresentando excelentes características sensoriais.

A aceitabilidade do consumidor em relação aos produtos é influenciada por uma variedade de características. Entre elas, pode-se citar a sua funcionalidade, características sensoriais, conveniência, segurança, custo e assim por diante. Para muitos destes produtos, características sensoriais como sabor, aroma e propriedades de textura, apresentam um importante papel na sua aceitabilidade (MUÑOZ; CIVILLE & CARR, 1992).

2.8 Condutividade Elétrica da Solução Nutritiva

Dentre as muitas propriedades apresentadas por uma solução nutritiva, pode-se citar a condutividade elétrica. Há muita controvérsia em relação ao melhor valor de condutividade elétrica a ser adotado para o cultivo da alface em hidroponia. Acredita-se também que esses valores devem variar de acordo com a cultivar adotada e com as condições climáticas. Os valores de condutividade elétrica são proporcionais à concentração dos vários íons em solução e, da mesma forma, ao seu potencial osmótico.

A variação da condutividade elétrica da solução nutritiva altera a absorção de água e nutrientes pelas plantas, interferindo no metabolismo e, conseqüentemente, na sua produção. Conforme COSTA *et al.* (2001), aumentos na condutividade levam à diminuição da produção de material seco e da produtividade. Segundo HUETT (1994), plantas de alface (cv. *Coolguard*) cultivadas em baixa condutividade elétrica ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$) apresentaram deficiências de nitrogênio e potássio e altos teores de cálcio em folhas novas. As deficiências diminuíram com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Embora não tenham sido apresentados dados relativos a análises químicas de

folhas, a baixa absorção de nitrogênio e potássio pode ter sido a causa da menor produção de material seco e fresco na menor condutividade.

Segundo ALVES PINTO *et al.* (2004), o aumento na condutividade elétrica da solução nutritiva promoveu acréscimos na produção de matéria fresca das folhas (MFF) e do caule (MFC), atingindo a máxima produção nas CEs de 1,80 e de 1,92 dS m⁻¹, respectivamente.

A partir de valores acima de 2,0 dS m⁻¹ da condutividade elétrica, a produção de matéria fresca de folhas e caules foi reduzida, de acordo com os resultados apresentados por SILVA *et al.* (2000), que observaram decréscimo na produção relativa de alface, que foi influenciada pelo efeito salino do solo.

De acordo com BRESLER & HOFFMAN (1986), a absorção de água pelas plantas, pelo sistema radicular, é influenciada pelo potencial osmótico do meio nutritivo. HUETT (1994) afirma que a condutividade da solução nutritiva não influencia somente a absorção de água, mas também a absorção de nutrientes, estando ambas intimamente ligadas.

As mudanças na absorção de água e nutrientes, proporcionadas pela variação da condutividade do meio nutritivo, levam à alteração da fisiologia das plantas (BELTRÃO; TRINDADE & CORREIA, 1997). Essa alteração relaciona-se, dentre outros fatores, à abertura estomática e ao aumento ou diminuição da área foliar, estando esses fatores intimamente ligados à eficiência fotossintética e, conseqüentemente, à produção de material seco pelas plantas.

A água contendo íons (nutrientes) tem como uma de suas características: conduzir a eletricidade, propriedade que é denominada “condutividade elétrica”. Quanto maior a quantidade de íons (nutrientes) na solução nutritiva, maior será sua condutividade elétrica e *vice-versa*. Assim, a medida da condutividade elétrica, 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 (nutrientes) à solução.

2.9 Vantagens da Hidroponia para o Produtor

O produto final cultivado em hidroponia é de qualidade superior, com aproveitamento total, pois o cultivo ocorre em estufa protegida e limpa, livre das variações do clima, dos insetos, animais e outros parasitas que vivem no solo.

Na hidroponia os nutrientes são balanceados diariamente, conforme, a necessidade do cultivo, fazendo com que as plantas recebam durante todo seu ciclo de crescimento as quantidades ideais de nutrientes.

O produtor de cultivos hidropônicos trabalha com uma tecnologia moderna, limpa e com muitas vantagens: maior higienização e controle da produção; a planta cresce mais saudável e, por estar longe do solo, menos sujeita à infestação de pragas; a produção ocorre durante todo o ano, por ser um cultivo protegido; alta produtividade: um único empregado pode cuidar de mais de 10.000 plantas; o custo de manutenção (empregado, água, luz, frete, etc.) para o cultivo de alface, por exemplo, está em torno de R\$ 0,30 a 0,40 por pé de alface hidropônico (BERTOLDI, 2008).

O trabalho em bancadas torna a ergonomia muito melhor; o trabalho é mais leve e mais limpo; não há desperdício de água e nutrientes; a economia de água em relação ao solo é de cerca de 70%; a produtividade em relação ao solo aumenta em cerca de 30%; o retorno do investimento se dá entre 6 e 8 meses da sua implantação; por ser colhida com raiz a sobrevida da planta hidropônica é muito maior que a da cortada no solo; há maior qualidade e aceitação do produto; são eliminadas operações como: aração, gradeação, coveamento, capina e a manutenção dos equipamentos utilizados para essas operações; a produtividade e a uniformidade da cultura são maiores; redução de pulverizações; pode ser realizada em qualquer local, mesmo onde o solo é ruim para a agricultura; um projeto comercial de 3.400 pés de alface/mês requer somente 140 m²; não há preocupação com a rotação de culturas e o replantio ocorre imediatamente após a colheita; independentemente da terra pode ser implantado mais perto do centro consumidor (HIDROGOOD, 2007).

Decorrente da sensibilidade da planta às intempéries e às variações climáticas, o seu cultivo em ambiente protegido vem ganhando grande importância nos últimos anos. Além da praticidade no manejo, a limpeza e a versatilidade dessa modalidade de cultivo conferem ótimas condições para redução na utilização de produtos químicos, menor consumo de água, produção fora de época, maior produtividade e, conseqüentemente, melhor preço, devido à alta qualidade do produto (CASTELLANE & ARAÚJO, 1995; FAQUIN; FURLANI NETO & VILELA, 1996; RESH, 1997; PAIVA, 1998).

2.10 Sistemas Hidropônicos

De acordo com FURLANI *et al.* (1999), os tipos de sistemas hidropônicos determinam estruturas com características próprias. Entre os mais utilizados estão:

Sistema *Nutrient film technique* - NFT ou de técnica de fluxo laminar de nutrientes, composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, um sistema de bombeamento, canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes.

Sistema *Deep film technique* - DFT ou cultivo na água ou *floating*. A solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) na qual as raízes ficam submersas. Não existem canais e sim uma mesa plana em que a solução circula por meio de um sistema de entrada e drenagem características.

Sistema com substratos: para a sustentação de hortaliças frutíferas, de flores e outras culturas, cujo sistema radicular e cuja parte aérea são mais desenvolvidos. Utilizam-se canaletas ou vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lã-de-rocha, espuma fenólica ou espuma de poliuretano. A solução nutritiva é percolada por meio

desse material e drenada pela parte inferior dos vasos e canaletas, retornando ao tanque de solução.

2.11 O Sistema Hidropônico mais Utilizado no Brasil

A Técnica do Fluxo Laminar de Solução Nutritiva (NFT) é predominante no cultivo hidropônico de alface e outras hortaliças folhosas no Brasil (RODRIGUES, 2002). Essa técnica é um sistema de cultivo no qual a solução nutritiva, com uma concentração constante de nutrientes, flui sobre uma superfície plástica rasa (canal), ligeiramente inclinada, na qual são colocadas as plântulas com as raízes nuas ou não. O pH da solução circulante é controlado, quando necessário, pela adição de ácidos ou de bases e pela adição periódica de uma mistura de nutrientes, a fim de manter a condutividade elétrica da solução (CARMELLO 1996). Também de acordo com esse autor, essa técnica tem uma aceitação comercial razoável, mas é claro que alguns problemas técnicos podem aparecer e é necessário ainda que sejam desenvolvidas pesquisas, principalmente sobre o efeito da taxa de fluxo (vazão), que na maioria dos sistemas em uso oscilam entre 1,5 e 2,0 L.min⁻¹, em cada canal de cultivo.

Segundo KOEFENDER (1996), os primeiros produtores brasileiros instalaram essa técnica a partir de informações geradas por pesquisas executadas na Europa, nos Estados Unidos e na Austrália, onde as condições climáticas, custos de produção e mercado diferem muito da realidade brasileira. Isso gerou, muitas vezes, resultados diferentes dos esperados. Frente a essa situação, alguns produtores desistiram do cultivo, outros criaram e adaptaram suas próprias tecnologias, baseando-se em tentativas e na troca de experiências.

Segundo CARMELLO (1996), o cultivo em solução com circulação contínua é o meio mais prático para se obter o controle das variáveis ambientais do sistema radicular. Essa técnica permite que as plantas cresçam durante um

grande período de tempo, sob um preciso controle da temperatura das raízes, do pH da solução e em uma solução nutriente, cuja concentração de íons é diluída. Esse controle é essencial nos estudos quantitativos dos efeitos das variáveis do ambiente radicular sobre a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas superiores.

Na seleção de um sistema hidropônico que se adapte melhor às condições brasileiras devem ser consideradas as variações do clima da região, o custo de instalação, a disponibilidade de material para a construção das instalações hidropônicas e de mão-de-obra, a produtividade, a disponibilidade constante de energia elétrica e, principalmente, o mercado (RODRIGUES, 2002).

2.12 Bancadas de Cultivo

Conforme FURLANI *et al.* (1999), as bancadas para hidroponia são compostas de suportes de madeira ou outro material, formando uma base de sustentação para os canais de cultivo, que podem ser de diversos tipos. Também fazem parte da bancada os materiais para sustentação das plantas que são colocadas sobre os canais. As dimensões das bancadas obedecem a certos padrões que podem variar de acordo com a espécie vegetal e com o tipo de canal utilizado.

A altura e a largura da bancada variam de acordo com a espécie vegetal: até 1,0 m de altura e 2,0 m de largura para mudas e plantas de ciclo curto (hortaliças de folhas) e até 0,2 m de altura e 1,0 m de largura para plantas de ciclo longo (hortaliças de frutos), suficiente para uma pessoa trabalhar de maneira confortável nas laterais da mesa, facilitando as operações de transplante, os tratamentos fitossanitários, quando necessários, os tratos culturais, a colheita e a limpeza da mesa.

O comprimento da mesa de cultivo não deve exceder os 30 m, para evitar variações na temperatura e nos níveis de oxigênio e de sais da solução nutritiva ao longo do canal de cultivo. Além disso, como há um desnível da mesa entre 2 e 4%, bancadas muito extensas, instaladas em terreno plano, ficam com sua parte final muito próxima ao solo, prejudicando o manejo e o escoamento da solução para o tanque de armazenamento, aumentando os riscos de contaminação via solo.

Na prática da hidroponia, as plantas podem ser cultivadas com as raízes suspensas no seio da água: cultura em água; suspensas no ar úmido: aeroponia; ancoradas num substrato ou meio de cultura: hidroponia em substratos. Na prática da Hidroponia pode-se utilizar o solo, desde que este esteja isento de matérias passíveis de biodecomposição e de sais minerais, organo-minerais ou orgânicos, passíveis de dissolução e ionização em água.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área Experimental

O estudo foi conduzido na área experimental de recursos hídricos da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel - PR e, parte, nas dependências dos laboratórios do curso de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* de Medianeira - PR.

O município de Cascavel está localizado no oeste do Estado do Paraná e possui uma área total de 2.016.305 Km², com um perímetro urbano de 75 km e está a 24° 58' de latitude sul e 53° 26' de longitude oeste, com uma altitude média de 800 metros. O clima é temperado mesotérmico e superúmido, com temperatura anual média em torno de 21°C, precipitação média anual de 1.940 mm e umidade relativa média do ar anual de 75% (CASCAVEL, 1995).

A casa de vegetação utilizada é do modelo semi-arco com sombrite nas laterais e filme plástico transparente de 150 micras de espessura na cobertura superior. A parte mais baixa da cobertura está a 2,6 m de altura do nível do solo e a parte mais alta da cobertura a 4,7 m do solo, conforme Figura 2.



Figura 2 - Sistema de cultivo hidropônico NFT em estufa - UNIOESTE, *campus* de Cascavel.

A Figura 3 apresenta o sistema hidropônico utilizado neste estudo.

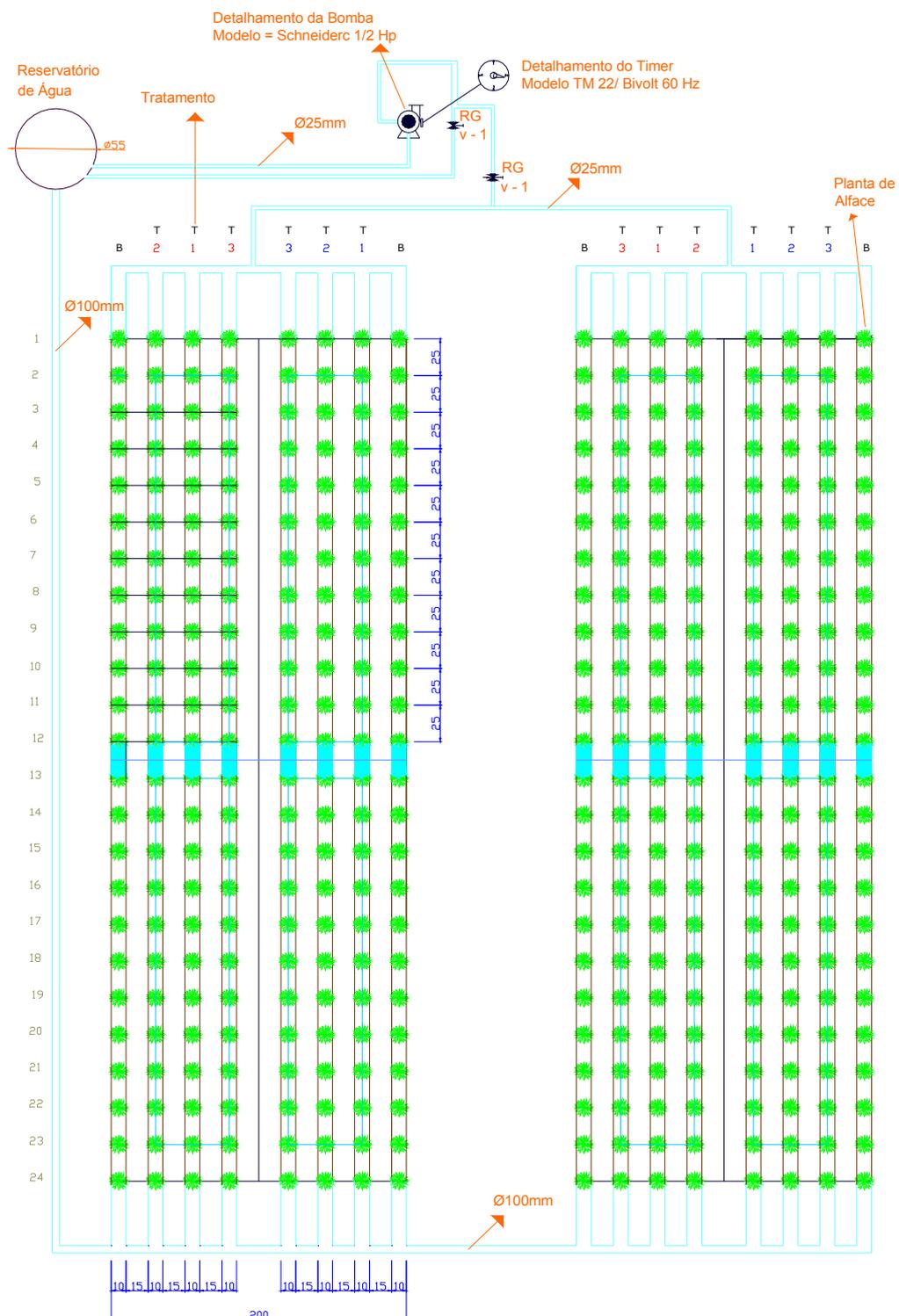


Figura 3 - Leiaute do sistema de cultivo.

3.2 Época do Cultivo

A avaliação do experimento e as observações sobre a produção foram desenvolvidas no seguinte período: montagem das bancadas em 18/05/2006; aferimento das vazões de 21/05/06 a 24/05/06. Posteriormente, foi preparada a solução até o dia 04/06/06, quando foi realizado o transplante das mudas. A colheita ocorreu no dia 12/07/2006.

3.3 Condições do Cultivo

O sistema hidropônico utilizado foi o NFT - Técnica do Filme de Nutrientes. Foram construídas duas bancadas de cultivo em estufa para abrigar os tratamentos testados. As bancadas foram feitas com um cavalete de madeira e tubos perfis apropriados para a condução de soluções com 8 canais de cultivo com 5,0 cm de profundidade, revestidas com plástico polietileno.

As bancadas foram projetadas com um desnível de 3%, a partir do início da injeção da solução, até o seu ponto de escoamento, com o objetivo de proporcionar um fluxo satisfatório de solução nutritiva em cada canal de cultivo, garantindo assim uma melhor absorção por parte das plantas.

No armazenamento da solução nutritiva foi utilizado um reservatório plástico, constituídos por dois tambores de 200 litros cada um deles com capacidade total de 400 litros, trabalhando com 80% de sua capacidade, ou seja, aproximadamente, 320 litros.

O reservatório foi instalado abaixo do nível das bancadas de cultivo, permitindo, assim, o retorno da solução nutritiva, por meio de uma tubulação de 100 mm de diâmetro, sob efeito da gravidade, constituindo um sistema hidropônico denominado fechado, pois a solução nutritiva aplicada nas raízes das plantas retorna ao reservatório e é reutilizada com frequência e turnos programados.

O sistema de bombeamento da solução nutritiva do reservatório para o início dos canais de cultivo é composto por uma bomba de $\frac{1}{2}$ HP de potência, acionada por um temporizador (*timer*), com um bombeamento intermitente.

Durante o dia, a bomba funcionou com interrupções de 15 min a cada 15 min de funcionamento e à noite em intervalo de 15 min com interrupção de 2 horas.

Neste experimento foi utilizada a cultivar de alface Vera. Para o manejo de reposição do reservatório de solução foi adotada a seguinte condição: reposição a cada três dias da quantidade de água evapotranspirada, acompanhada de uma adição proporcional das soluções nutritivas concentradas, que fará parte dos tratamentos testados.

As vazões de aplicação das soluções escolhidas e dimensionadas para comporem os tratamentos foram: $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$. Para alcançar as vazões testadas foram realizados orifícios com diâmetros diferentes na tubulação de distribuição de PVC $\frac{3}{4}$ de polegada de diâmetro, disposta transversalmente aos canais no início de cada bancada. As vazões foram aferidas em cada orifício, de forma criteriosa, várias vezes, em diferentes épocas no decorrer da condução dos experimentos. Para tanto, utilizou-se proveta graduada e um cronômetro analógico.

3.4 Delineamento Estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e oito repetições, perfazendo assim um total de vinte e quatro unidades experimentais. Cada repetição foi composta de oito plantas de alface, perfazendo um total de cento e noventa e duas plantas de alface. As características analisadas foram: produção total, produção comercial, diâmetro médio do caule, peso médio do caule e peso médio de raiz.

3.5 Solução Utilizada

A solução utilizada teve como critério a escolha de uma solução nutritiva que, de forma geral, faz parte das mais estudadas e empregadas na pesquisa científica, como também das mais divulgadas na literatura técnica disponível aos profissionais das ciências agrárias e aos próprios produtores e empresários agrícolas.

Partindo deste propósito, a solução foi preparada e manejada conforme a recomendação de FURLANI *et al.* (1999) e correspondeu a uma condutividade elétrica de $1,2 \text{ ds m}^{-1}$, em média.

Durante todo o estudo foram coletadas amostras para monitoramento da condutividade elétrica (CE) com um condutivímetro Tec-04 MP e o pH com um peagâmetro Tec-03 MP.

Verifica-se nos quadros 1 e 2 abaixo os valores da concentração dos nutrientes que a planta recebeu num intervalo de tempo de um dia, de forma intermitente. Durante o dia, a bomba funcionou com interrupções de 15 min a cada 15 min de funcionamento e à noite em intervalo de 15 min com interrupção de 2 horas.

Quadro 1 - Concentração de macronutrientes da solução básica (g.L^{-1}) para o cultivo hidropônico da alface. g.dia^{-1} de cada nutriente

Vazão	Volume	N- NO_3^-	N- NH_4^+	P	K	Ca	Mg	S
		0,174	0,024	0,0327	0,193	0,183	0,039	0,052
0,5 L.min^{-1}	270 L.d^{-1}	46,98	6,48	8,829	52,11	49,41	10,638	14,04
1,0 L.min^{-1}	540 L.d^{-1}	93,96	12,96	17,658	104,22	98,82	21,276	28,08
1,5 L.min^{-1}	810 L.d^{-1}	140,94	19,44	26,487	156,33	148,23	31,914	42,12

Quadro 2 - Concentração de micronutrientes da solução básica (g.L^{-1}) para o cultivo hidropônico da alface. G.dia de cada nutriente

Vazão	Volume	B	CU	FE	Mn	Mo	Zn
		0,003	0,004	0,036	0,003	0,008	0,011
0,5 L.min^{-1}	270 L.d^{-1}	0,81	1,08	9,72	0,81	2,16	2,97
1,0 L.min^{-1}	540 L.d^{-1}	1,62	2,16	19,44	1,62	4,32	5,94
1,5 L.min^{-1}	810 L.d^{-1}	2,43	3,24	29,16	2,43	6,48	8,91

3.6 A Produção da Alface

As características analisadas foram: produção total, massa fresca da parte aérea, massa seca, raiz, caule e folhas, massa seca total, diâmetro do caule e massa seca das folhas.

Quando as plantas alcançaram o ponto de colheita, o que ocorreu 28 dias após o transplante das mudas, foram avaliadas as seguintes variáveis: biomassa fresca da parte aérea, biomassa seca da parte aérea, biomassa fresca da raiz e biomassa seca da raiz, número de folhas aproveitáveis, número de folhas não aproveitáveis, comprimento do caule e diâmetro do caule. Para a determinação dessas variáveis utilizaram-se 20 plantas por tratamento.

Para a determinação da produção, as características analisadas foram: matéria da massa fresca e seca: total, parte aérea, folha, caule e raiz; número de folhas aproveitáveis e não aproveitáveis; medidas do caule: diâmetro e comprimento.

Logo após a colheita, as plantas foram pesadas em uma balança digital com precisão de 0,01g e, em seguida, as estruturas de cada planta foram separadas. As plantas foram desfolhadas para a contagem do número de folhas aproveitáveis e não aproveitáveis e para determinar o comprimento e o diâmetro do caule. O número de folhas aproveitáveis foi contado a partir da primeira folha comercial, isto é, aquela que apresentava as condições mínimas de ser utilizada pelo consumidor final. As que não atendiam a esse critério e demonstravam já estar em processo de senescência, foram consideradas não aproveitáveis.

O diâmetro e o comprimento do caule foram medidos, respectivamente, com paquímetro e fita métrica. Em seguida, procedeu-se a pesagem do caule.

Posteriormente, todo o material foi acondicionado em sacos de papel, devidamente identificados, e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até massa constante. Após a secagem do material, fez-se a pesagem em balança digital de todo o material novamente.

Após a determinação das variáveis avaliadas, os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F).

As análises de variância foram executadas no programa SISVAR, 3.01.

3.7 Análise de NO_3^- , NH_4^+ N-Amino

A determinação do nitrato da alface hidropônica foi feita colorimetricamente, por uma técnica descrita por CATALDO *et al.* (1975), a partir da nitratação do ácido salicílico e leitura em espectrofotômetro a 410 nm. As análises químicas da alface foram efetuadas no Laboratório de Solos Solanálise no município de Cascavel – PR.

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado e os tratamentos se constituíram de uma solução nutritiva com três vazões de aplicação.

3.7.1 Análise Estatística do Nitrato

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com comparação de média pelo teste de Tukey (5%).

3.8 Análise Sensorial

A análise sensorial foi conduzida nas dependências dos laboratórios do curso Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *campus* de Medianeira – PR.

As amostras de alface provenientes dos três tratamentos hidropônico, convencional e orgânico foram adquiridas de produtores locais do Município de Cascavel. A aquisição e as análises foram realizadas entre 15/05/2006 e 30/05/2006.

A avaliação sensorial foi realizada em cabines individuais com luz branca, com a colaboração de setenta e três julgadores não treinados, consumidores de alface, recrutados entre alunos, funcionários e professores da UTFPR. Foi aplicado um teste afetivo de aceitabilidade, segundo indicações de MEILGAARD *et al.* (1998), utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando desde o desgostei muitíssimo (1) até o gostei muitíssimo (9). Foram avaliados os seguintes atributos: aparência, sabor, aroma, textura, cor e qualidade global.

A aparência foi avaliada em uma cabine individual, onde o provador podia observar as plantas inteiras de cada tratamento (orgânico, hidropônico e convencional). Para a avaliação as plantas foram colocadas em béqueres para que ficassem na posição vertical, visando facilitar a observação. A escolha das

plantas utilizadas para o teste de aparência se deu em análise minuciosa do lote, visando à escolha da amostra mais representativa do todo.

O delineamento estatístico utilizado foi o DIC, com três tratamentos. Os tratamentos considerados foram os sistemas de cultivo (hidropônico, convencional e orgânico) com 73 repetições, neste caso, representado por cada um dos julgadores perfazendo um total de 219 unidades experimentais. Os resultados da escala hedônica aplicada em cada atributo, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e para diferenciar as médias foi aplicado o teste de médias de Tukey para o nível de 5% de margem de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção da Massa Fresca de Alface

O gráfico abaixo (Figura 4) demonstra que a produção de massa fresca total em gramas de alface (*Lactuca sativa L*), produzida no sistema hidropônico NFT, obteve resultados entre as vazões que foram ascendentes, proporcionalmente à vazão aplicada. Como foram usadas vazões de 0,5 L.min⁻¹, 1,0 L.min⁻¹ e 1,5 L.min⁻¹ a melhor massa foi a produzida pela vazão de 1,5 L.min⁻¹ que produziu uma massa fresca 18,97% maior que a produzida na vazão de 1,0 L.min⁻¹ e 25,32% maior que a produzida com a vazão de 0,5 L.min⁻¹. A vazão de 1,0 L.min⁻¹ produziu uma massa maior que a produzida na vazão de 0,5 L.min⁻¹ em 5,34%, revelando diferenças significativas pelo teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância, entre todas as vazões e mostrando que a melhor vazão, neste limite estudo, foi a de 1,5 L.min⁻¹. Mediante esses resultados, pode-se afirmar que as três vazões atenderam às necessidades das plantas, pois elas apresentaram um bom desempenho em seu desenvolvimento. Mesmo a 0,5 L.min⁻¹, em termos de massa fresca total, merece destaque e mostrou-se superior aos resultados encontrados por KOEFENDER (1996), VAZ & JUNQUEIRA (1998) e SCHMIDT *et al.* (2001) que, produzindo alface em sistema NFT, obtiveram, respectivamente, médias de 207,8 g, 183,4 g e 295,8 g de biomassa fresca por planta, apesar da cultivar ser diferente. HELBEL JÚNIOR (2004) obteve em seus estudos dados semelhantes, uma das soluções que compunha o tratamento era a de FURLANI *et al.* (1999).

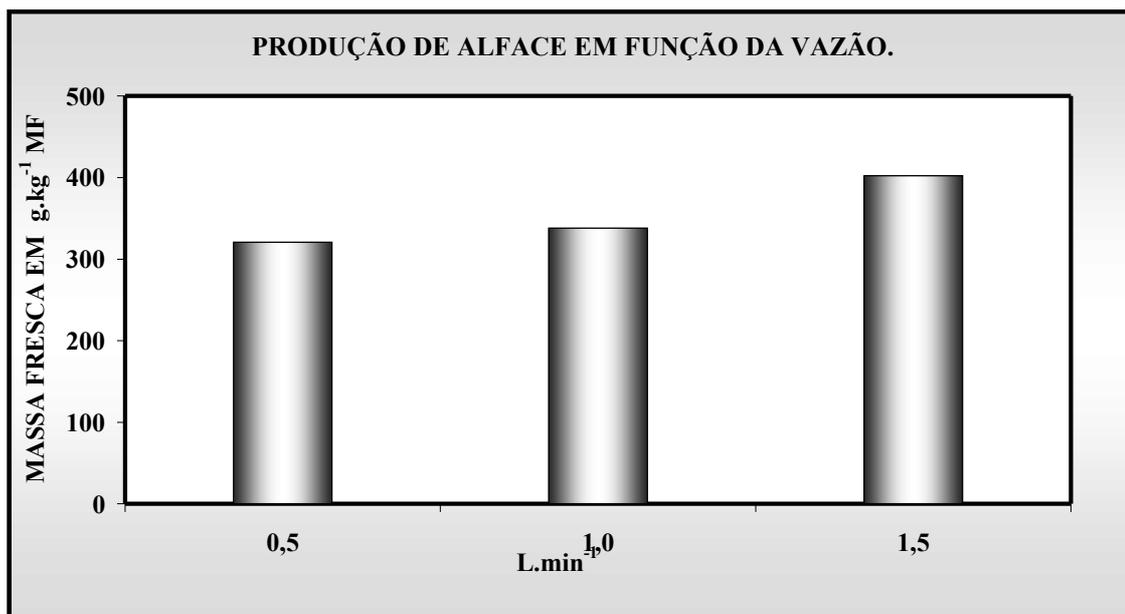


Figura 4 - Massa fresca da produção total de alface hidropônica produzida em três vazões.

NOGUEIRA FILHO (1999), estudando cultivares de alface no sistema NFT, durante o período de inverno, obteve resultados menores, apesar de as cultivares serem diferentes o melhor resultado de matéria fresca foi em média de 237,7 g. VERDADE *et al.* (2003) obtiveram em seu experimento, em época de verão, média de massa fresca de folhas de 133 g.planta⁻¹ em casa de vegetação convencional e 112 g.planta⁻¹ na casa de vegetação climatizada, valores que estão bem abaixo obtidos neste trabalho. Verifica-se, portanto, que ocorreram diferenças significativas pelo teste de médias de Scott Knott, ao nível de 5% de significância, entre todas as vazões, mostrando que a melhor vazão, foi a de 1,5 L.min⁻¹, seguida da vazão de 1,0 L.min⁻¹ e a menor foi à vazão de 0,5 L.min⁻¹.

Além destes valores de massa fresca, em relação à planta inteira, foi realizada uma análise de variância e um teste de média para cada uma das partes da planta: MFT = Massa fresca total, MFPA Massa fresca parte aérea, MFF Massa fresca da folha, MFC = Massa fresca do caule, MFR = Massa fresca da raiz. Foram encontrados valores proporcionais em relação à parte analisada, com diferença significativa também para MFPA e MFF, e para as demais partes MFC e MFR, não ocorreram diferenças significativas a este nível, em relação às três vazões aplicadas.

Tabela 2 - Massa fresca da produção da alface em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva

Vazão	MFT	MFPA	MFF	MFC	MFR
L.min ⁻¹	Massa em grama (g)				
0,5	320,90 A	272,16 A	253,11 A	19,91 A	29,69 A
1,0	338,05 B	286,49 B	266,58 B	20,19 A	30,58 A
1,5	402,18 C	351,09 C	330,59 C	20,5 A	31,65 A
MG	353,71	303,25	283,43	19,83	30,64
F	74,30*	99,08*	101,00*	1,05 NS	0,71 NS
CV (%)	11,24	11,25	11,63	29,87	30,36

Nota: Medidas seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, MFT - massa fresca total, MFPA - massa fresca parte aérea MFF - massa fresca da folha, MFC - massa fresca do caule, MFR - massa fresca da raiz, L.min⁻¹ - Litros por minutos, MG - média geral, F - fator de variação, CV - coeficiente de variação, NF - não significativo.

A produção média de massa fresca de planta inteira (Tabela 2) foi de 353,71 g.planta⁻¹ com 28 dias pós-transplante. Esses dados são superiores aos encontrados pela maioria dos pesquisadores e, neste trabalho, somente para MFPA foi encontrado um valor médio de 303,25 g.planta⁻¹.

Para as vazões individuais foram encontrados 272,90 g.planta⁻¹, 286,50 g.planta⁻¹ e 351,09 g.planta⁻¹, respectivamente para as vazões de 0,5 L.min⁻¹, 1,0 L.min⁻¹ e 1,5 L.min⁻¹, mostrando que também houve, pela análise de variância, diferença significativa, ao nível de 5% de significância, com um coeficiente de variação de 11,14%. O teste de média de Scott Knott mostrou que a produção melhor foi a de 1,5 L.min⁻¹, 29,00% melhor que a vazão de 0,5 l.min⁻¹ e 22,54% melhor que a vazão de 1,0 L.min⁻¹. KOPP *et al.* (2000/2001), estudando seis cultivares com duas soluções nutritivas e usando uma vazão de 1,5 L.min⁻¹, encontraram valores de MFPA 216,15 g.planta⁻¹, 198,49 g.planta⁻¹, 166,07 g.planta⁻¹, 162,26 g.planta⁻¹, 152,19 g.planta⁻¹ e 150,34 g.planta⁻¹ parte aérea, para as cultivares *Grand Rapids* (solta crespa), Quatro Estações (solta lisa), Rainha de Maio (lisa repolhuda), Luiza (solta lisa), Brisa (solta crespa) e Regina (solta lisa), respectivamente, não trabalhando com a cultivar Vera (solta crespa). Porém, os valores aqui obtidos foram superiores aos encontrados por

esses autores. O maior valor encontrado neste trabalho foi para a vazão $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ que foi maior que o maior valor encontrado por KOPP *et al.* (2000/2001) na cultivar *Grand Rapids* com uma vazão de $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e o menor valor encontrado foi com a vazão $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, também superior ao encontrado por KOPP *et al.* (2000/2001) e maior que o maior valor encontrado por estes autores, sendo a sua menor resposta a que avaliou a variedade Regina, com uma vazão de $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

RUSCHEL (1998), trabalhando com alface da cultivar vera, encontrou valores menores, porém, sem especificação de suas vazões: $155,3\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ e com a cultivar Marisa: $159,2\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$. Os valores deste trabalho também foram superiores aos dados encontrados por DIAS JÚNIOR *et al.* (1999) para o cultivar Babá de Verão ($213,9\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$), Livia ($199,7\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$), Deisy ($163,9\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$), Aurora ($161,2\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$), Vitória ($118,3\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$) e Maravilha ($70,5\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$).

4.2 Produção da Massa Seca de Alface

Observou-se efeito significativo do fator vazão sobre as características avaliadas que, para a variável massa seca total, não apresentou resultado significativo para os níveis de vazão a $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, no entanto, na vazão de $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ apresentou a maior massa, comparativamente às outras duas vazões testadas.

A produção da massa seca total em gramas de alface (*Lactuca sativa L*), produzida no sistema NFT, conforme o gráfico da Figura 5, apresentou resultados não-significativos entre os níveis das vazões $0,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ e $1,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, porém, houve efeito significativo para o nível $1,5 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$, resultando num índice maior para a característica analisada, de modo ascendente, proporcionalmente à vazão aplicada.

Como foram usadas vazões de 0,5 L.min⁻¹, 1,0 L e 1,5 L.min⁻¹ a melhor massa foi a produzida pela vazão de 1,5 L. min⁻¹ que produziu uma massa 14,36% maior que a produzida na vazão de 0,5 L.min⁻¹ e 11,79% maior que a produzida com uma vazão de 1,0 L.min⁻¹, portanto ocorreram diferenças significativas pelo teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância, para a vazão de 1,5 L.min⁻¹.

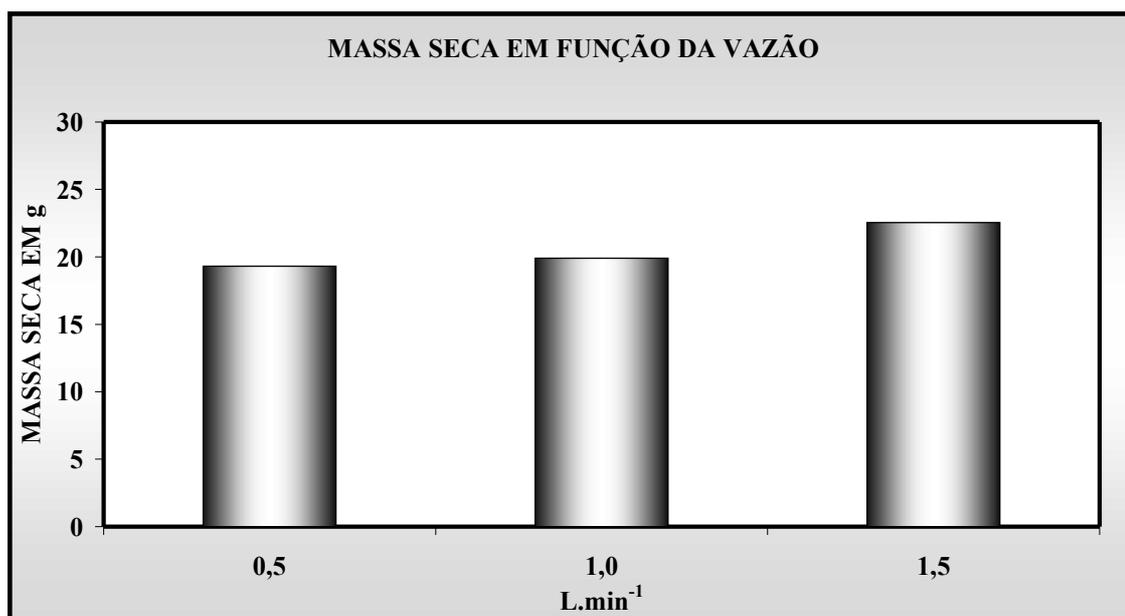


Figura 5 - Produção de massa seca da alface hidropônica em função da vazão da aplicação da solução nutritiva.

Na Tabela 3 é apresentado um resumo da análise de variância das características avaliadas da MST, MSPA, MSF, MSC e MSR. Verifica-se que para a massa seca total houve diferenças significativas, ao nível de 5% de significância, e a melhor MST foi para a vazão de 1,5 L. min⁻¹. Entre as outras duas vazões não ocorreram diferenças significativas a este nível. Para a MSC ocorreram diferença significativas entre as vazões, porém não seguiram a ordem crescente das vazões e as melhores foram: 1,5 L. min⁻¹ e 0,5 L.min⁻¹. Para as demais medidas não ocorreram diferenças significativas, ao nível de 5% de significância.

Tabela 3 - Massa seca da produção da alface em relação às vazões de aplicação da solução nutritiva

Vazão	MST	MSPA	MSF	MSC	MSR
L.min ⁻¹	Massa em grama (g)				
0,5	19,31 A	12,46 A	10,38 A	2,08 A	4,77 A
1,0	19,89 A	12,35 A	9,59 A	2,76 B	4,78 A
1,5	22,55 B	13,10 A	10,91 A	2,19 A	4,36 A
MG	20,56	12,64	10,29	2,34	4,36
CV (%)	14,54	25,44	32,24	38,13	24,34
F	21,28*	1,02 NS	2,59 NS	10,81*	2,93 NS

Nota: Medidas seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, MST - massa seca total, MSPA - massa Seca parte aérea MSF - massa seca da folha, MSC - massa seca do caule, MSR - massa seca da raiz, L.min⁻¹ - Litros por minutos, MG - média geral, F - fator de variação, CV -coeficiente de variação. * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade. NS - não significativo ao nível.

4.3 Número de Folhas e Medidas do Caule por Planta

Na Tabela 4 apresenta-se um resumo da análise de variância das características avaliadas em relação ao número de folhas aproveitáveis, número de folhas não aproveitáveis, número de folhas total, comprimento do caule e diâmetro do caule, o coeficiente de variação F e a média geral.

Verifica-se, pelos dados apresentados nessa tabela, que só ocorreram diferenças significativas em relação ao número de folhas aproveitáveis. Sendo que os maiores valores para esse fator foi encontrado na vazão de 1,5 L.min⁻¹. Pelo teste de Tukey, percebe-se que não houve diferença significativa a este nível de significância para as demais categorias.

Tabela 4 - Número de folhas aproveitáveis, número de folhas não aproveitáveis, número total de folhas, comprimento do caule e diâmetro do caule em relação das vazões de aplicação de solução nutritiva

Vazão L.min ⁻¹	NFA	NFNA	NFT	CC	DC
0,5	22,22 B	2,29 A	24,75 A	4,18 A	27,65 A
1,0	22,52 B	2,53 A	25,27 A	4,37 A	27,34 A
1,5	22,98 A	2,75 A	25,28 A	4,31 A	28,09 A
MG	22,57	2,53	25,1	4,29	27,69
CV (%)	7,56	42,45	7,49	16,47	21,77
F	3,27*	2,85 NS	1,66 NS	1,19 NS	0,25 NS

Nota: Medidas seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, NFA - número de folhas aproveitáveis, NFNA - número de folhas não aproveitáveis, NFT - número de folhas totais, CC - comprimento do caule, DC - diâmetro do caule, Vazão.L.min - Litros por minutos, MG - média geral, F - análise de variância, CV - coeficiente de variação, * - significativo ao nível de 5% de probabilidade. NS - não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

A evolução do teor de nitrato em folhas de alface hidropônica para as três vazões testadas pode ser verificado no gráfico da Figura 6.



Figura 6 - Teor de nitrato da alface hidropônica cultivada sob três vazões.

Na Tabela 5 são apresentados os resultados da análise descritiva para os dados do efeito da vazão de aplicação da solução nutritiva para teor de nitrato em folhas de alface sob cultura hidropônica.

Tabela 5 - Efeito vazão de aplicação da solução nutritiva para teor de nitrato em folhas de alface sob cultura hidropônica – mg.NO₃⁻¹.kg MF

NITRATO	TODOS	0,5 L.kg ⁻¹	1,0 L.kg ⁻¹	1,5 L.kg ⁻¹
Média	1293,47	1330,04	1270,23	1280,13
Erro Padrão	33,10	63,34	48,87	60,04
Desvio padrão	324,30	358,31	276,44	339,67
Intervalo	1679,64	1422,07	1364,31	1517,10
Mínimo	640,01	897,58	640,01	697,77
Máximo	2319,65	2319,65	2004,32	2214,87
Contagem	96	32	32	32
Coefficiente de variação	26,53	21,76	26,94	25,07

Pelos resultados da Tabela 5, verifica-se se que a maior média de teor de nitrato (1330,04 L.min⁻¹) foi obtida na vazão de 0,5 L.min⁻¹, a qual apresentou também o maior desvio padrão (358,31 L.min⁻¹). A menor média (1279,23 L.min⁻¹) foi obtida na vazão de 1,0 L.min⁻¹, a qual apresentou também o menor desvio padrão (276,44 L.min⁻¹). Verifica-se ainda que, pelo coeficiente de variação, os dados do teor de nitrato na vazão de 0,5 L.min⁻¹ são os mais homogêneos.

Os resultados apresentados na Tabela 5 permitem verificar que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos (vazão de aplicação da solução nutritiva), ao nível de 5% da margem de erros para o teor de nitrato. Esses resultados mostram que, nos três tratamentos, os teores de nitrato estão bem abaixo do padrão estabelecido pela legislação europeia, que vai de 3.500 a 4.550 mg.kg⁻¹ para massa fresca (FAQUIN & ANDRADE, 2004).

TAKAHASHI *et al.* (2007), em seus estudos sobre a composição e manejo da solução nutritiva, visando à diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica, alface crespa cultivar vera, encontraram como média geral do teor médio de nitrato: 2314 mg.kg⁻¹, superior à média geral de 1588 mg.kg⁻¹ encontrada por BENNINI *et al.* (2002), em 32 amostras de alface hidropônica

comercial, porém abaixo do limite máximo de 2500 mg.kg⁻¹ de nitrato em folhas, admitido pela legislação européia, com exceção do tratamento 4, que apresentou média de 3024 mg.kg⁻¹, comparando os teores de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. Os resultados apresentados demonstram que, apesar dos maiores valores obtidos na alface cultivada sob o sistema hidropônico, estes não foram superiores aos estabelecidos pela legislação européia, considerando-se de boa qualidade os produtos comercializados no Município de Londrina, no que se refere ao teor de nitrato.

Vários trabalhos recentes realizados no Brasil confirmam esses resultados. Entre eles, pode-se citar MONDIN (1996) e FERNANDES *et al.* (2002).

Na Tabela 6 são apresentadas as médias do valor de F e o valor-P, referentes à análise de nitrato e ao teste de Tukey. Verifica-se que não se diferenciaram em função das vazões e que os valores encontrados atendem ao recomendado pela OMS e também aos recomendados pela comunidade européia.

Tabela 6 - Efeito vazão de aplicação da solução nutritiva para teor de nitrato em folhas de alface sob cultura hidropônica – mg.NO₃⁻¹.kg MF

Fonte de Variação	F	valor-P
Tratamentos	0,31	0,74
Vazão L.min ⁻¹	Média	Tukey
0,5	1330,04	A
1,0	1270,23	A
1,5	1280,13	A

Nota: Letras iguais significam que não diferenças significativas ao nível de 5%.

Os resultados da análise de variância, apresentados na Tabela 6, mostram que o valor da estatística *p* foi igual a 0,74. Considerando um nível de significância de 5%, verifica-se que não houve diferença significativa entre os níveis das vazões testadas. ESCOÍN-PEÑA *et al.* (1998) encontraram entre 10 e 1.243 mg.kg⁻¹ peso fresco.

O valor de nitrato encontrado neste estudo demonstrou, conforme se verifica na Tabela 7, valores semelhante ao encontrado por KROHN *et al.*

(2003), cujo teor total de nitrato foi de 2139 mg de $\text{N-NO}_3^- \cdot \text{Kg}^{-1}$, em folhas de alface. CAVARIANNI *et al.* (2000a), também avaliando cultivares, encontraram valores (mg de $\text{N-NO}_3^- \cdot \text{kg}^{-1}$ de massa seca) de 1545 a 1963 para alface lisa, de 1242 a 1536 para as crespas e de 1030 a 1965 para a do tipo americana.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância da análise sensorial da alface, proveniente de três tipos de cultivos: orgânico, hidropônico e convencional

CULTIVO	ATRIBUTOS					
	Aparência	Sabor	Aroma	Textura	Cor	Q. Global
Hidropônico	7,681 B	7,000 B	7,222 A	7,681A	8,000 A	7,517 A
Convencional	6,917 B	6,861 B	6,917 A	6, 917 A	6,944 B	6,911 B
Orgânico	7,736 A	7,569 A	7,222 A	7, 736 B	7,819	7,617 A
F	7,493*	5,835*	1,302 NS	7,493*	7,493*	7,493*
CV	19,682	18,796	18,337	19,682	18,558	15,710

Nota: 1. Atributos avaliados: aparência, sabor, aroma, textura, cor, qualidade global da alface, F - Teste F, C V - coeficiente de variação, * - significativo, NS – Não significativo.

2. Notas baseadas em escala hedônica de 9 pontos com “desgostei extremamente” = 1 e “Como gostei extremamente” = 9.

Para OHSE (2001), as características sensoriais da alface podem variar em função do sistema de cultivo. A Tabela 7 e a Figura 7 demonstram que para os sistemas de cultivo apresentados os melhores valores para os atributos analisados foram os do sistema orgânico e hidropônico, não apresentando diferenças significativas entre si, sendo que diferiram estatisticamente, ao nível de 5 % de significância, do sistema de cultivo convencional, nos atributos aparência, sabor, textura, cor e qualidade global, não havendo, contudo diferenças significativas a este nível entre os três sistemas para o atributo aroma.

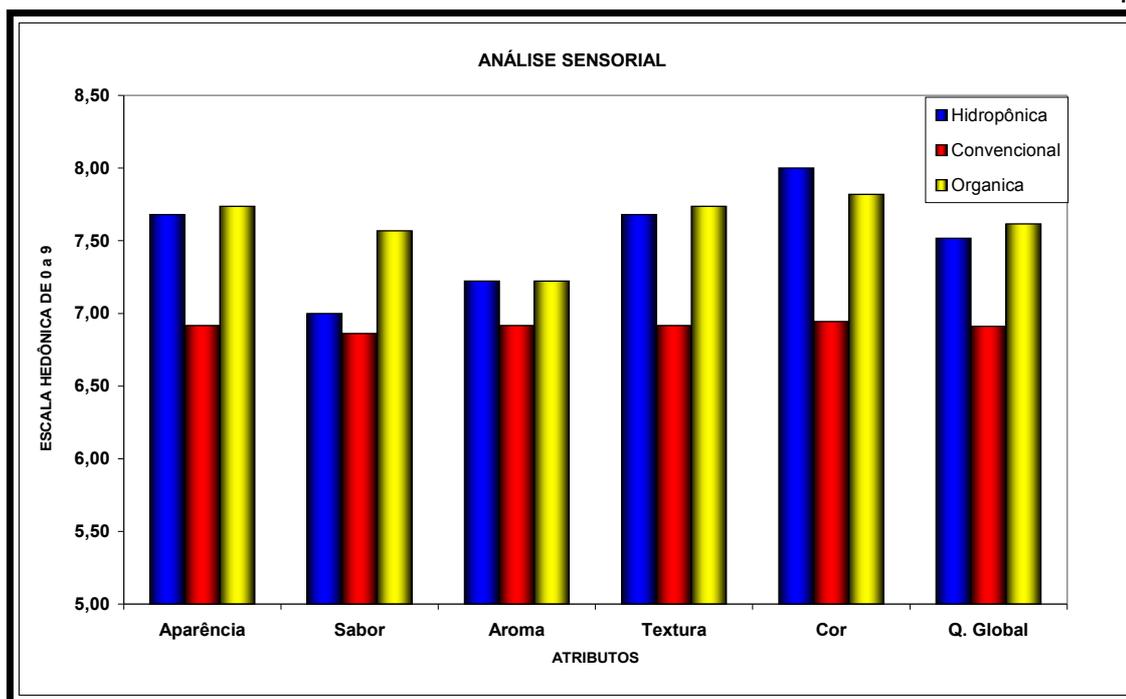


Figura 7 - Valores dos atributos em uma escala hedônica de 1 a 9 pontos, de plantas alface em três sistemas de cultivo: hidropônico, convencional e orgânico.

Resultados obtidos por SIOMOS *et al.* (2001) mostraram que pela avaliação visual da qualidade é possível a diferenciação de alfaces produzidas em diferentes substratos de cultivo.

TRINDADE *et al.* (2007), estudando o efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade de alface lisa, concluíram que os sistemas de cultivo não influenciaram no sabor e na aceitação global das amostras analisadas. O sistema orgânico gerou alfaces com uma menor aceitação quanto à aparência e à textura.

5 CONCLUSÃO

Em relação às vazões, conclui-se que a melhor vazão foi a de 1,5 L.min⁻¹ que apresentou a maior massa, seguida da vazão de 1,0 L.min⁻¹ e por último a vazão de 0,5 L.min⁻¹. devido a demanda de nutrientes se dar de forma gradativa.

A quantidade de nitrato encontrada na folha de alface, em função das vazões, não foi estatisticamente significativa e os valores obtidos se encontram dentro dos pré-estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde e dos aceitos na comunidade européia. Considerando-se de boa qualidade por não apresentar riscos a saúde do consumidores.

Em relação à análise sensorial, o melhor resultado foi obtido com alface cultivada no sistema orgânico, seguido pelo sistema hidropônico e, posteriormente, pelo sistema convencional. Porém, a maioria dos atributos não apresentou diferenças significativas entre o sistema orgânico e o hidropônico, porém diferiram, ao nível de 5% de significância, em relação ao sistema convencional.

A análise sensorial foi uma ferramenta adequada para diferenciar a qualidade final das alfaces.

6 SUGESTÕES DE PESQUISA

De acordo com os resultados obtidos e às necessidades observadas, podem ser sugeridas outras pesquisas que contribuiriam para o desenvolvimento da área, entre elas:

- O estudo da vazão em sistemas hidropônicos;
- O estudo comparativo das alfaces comercializadas na região, nos diversos sistemas de cultivo;
- A qualidade e formas de descarte dos efluentes gerados no sistema hidropônico.

REFERÊNCIAS

ALVES PINTO, F.; FEITOSA, V. S.; SOUZA, V. S.; SOARES, I.; Evaluation of the electrical conductivities of the nutritive solution for the lettuce cultivation in substrate. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, p 165-170, out. 2004.

ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2002. 158 p.

ANTÔNIO, I. C. **Análise do comportamento da cultura da alface em sistema Hidropônico, tipo NTF, com e sem o uso de nutrientes quelatizados na solução nutritiva**. 1998. 91 f. Dissertação - UNESP: Jaboticabal, 1998.

BELTRÃO, J.; TRINDADE, D.; CORREIA, P.J. Lettuce yield response to salinity of sprinkle irrigation water. **Acta Horticulturae**, Grécia, v. 449, p. 623-627, 1997.

BENINNI, E. R. Y.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J.; FONSECA, I. C. B. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 183-186, junho 2002.

BERNARDES, L. J. L. **Hidroponia da alface - uma história de sucesso**. Charqueada: Estação experimental de hidroponia “alface & Cia”, 1997, 135 p.

BERNARDI, A. C. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. R.; WERNECK, C. G.; HAIM, P. G.; MONTE, M. B. M. Produção, aparência e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em alface cultivada em substrato com zeólita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.920-924, out-dez 2005.

BERTOLDI, Fabiano Cleber. **Preço da alface hidropônica**. Fabiano Cleber Bertoldi, pesquisador do Laboratório de Hidroponia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mensagem recebida por Lucia de Fatima Furtado – luciafurtadof@yahoo.com.br em 20 de março de 2008.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R. H. C.; ROCHA, R. C. C.; NEGREIROS, M. Z.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; NUNES, G. H. S.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; QUEIROGA, R. C. L. F. Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura e ampla luminosidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 133-137, 2005.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; LONDERO, F. A. A.; SANTOS, O. S.; MANFRON, P. A. Teores de nitrato em cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 288-289. 2000a.

BONNECARRÈRE, R. A. G.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. Teores de nitrato em plantas hidropônicas de alface em função de cultivares e soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 286-287. 2000b.

BRESLER, E.; HOFFMAN, G.J. Irrigation management for soil salinity control: theories and tests. **Soil Science Society of America Journal**, v.50, p.1552-1560, 1986.

BÜCHELE, F. A.; SILVA, J. A. **Manual prático de irrigação por aspersão em sistemas convencionais**. Florianópolis: EPAGRI, 1992. 81 p. (Boletim).

BYRNE C; MAHER MJ; HENNERTY MJ; MAHON MJ; WALSH PA. **Reducing the nitrate content of protected lettuce**. Irish Agriculture and Food Development Authority. Dublin: University College, 2002. 19 p.

CARMELLO, Q. A. C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. 1996. 43 p.

CASCAVEL. Prefeitura Municipal. **Proposta para recuperação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Cascavel**. Cascavel, PR: Prefeitura municipal de Cascavel, 1995. 164 p.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo**: – hidroponia. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1995. 43 p.

CATALDO, D. A. ; ARAÚJO, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commun. Soil Science and plant Anal.**, New York, v. 6, n. 1, p. 71-80, 1975.

CAVARIANNI, R. L.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; BARBOSA, J. C.; CECILIO FILHO, A. B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivada na primavera, em função do ambiente de cultivo, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v 18, suplemento, p. 324-325 2000a.

CAVARIANNI, R. L.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; BARBOSA, J. C.; CECILIO FILHO, A. B. Acúmulo de nitrato em cultivares de alface, cultivadas no inverno, em função do ambiente de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 322-325. 2000b.

COBBE, R. V.; JABUONSKI, R. E. A importância econômica e social das plantas olerícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, Jaboticabal, 1990. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1993. Cap.1, p. 1-14.

COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 4, p. 748-753, 2004.

COMMISSION REGULATION (EC). **Maximum levels for certain contaminants**. ACT Nº [1881/2006](#) of 19 December 2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Disponível: <http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l21290.htm>. Acesso em: 18 jul. 2008.

COOPER, A. **The ABC of NFT**. Narrabeen, Australia: Casper Publications, 1996. 171 p.

COSTA, P. C., FEITOSA, V. S., SOUZA, V. S., SOARES I. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 595–597, jul./set. 2001.

CUPPARI, LÍLIAN. **Nutrição clínica no adulto**. 1. ed. Barueri - SP: Manole, 2002.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S.; KIKUCHI, M. Vera: Nova cultivar de alface crespa resistente ao florescimento prematuro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p. 171, jul. 1999.

DIAS JÚNIOR, C.P.; LAURA, V.A.; FAVERO, S. Desempenho de seis cultivares de alface sob cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39, n. 95., Tubarão. **Anais...** Tubarão: SOB, 1999.

- DOUGLAS, J.S. **Hidroponia**: cultura sem terra. São Paulo: Nobel, 1987. 141p.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 1996. 123 p.
- ESCOÍN-PEÑA M. C; IBANEZ M. A. C; SANTAMARIA A. A; LAZARO R. C. Contenido de nitratos en lechugas y espinacas frescas. **Alimentaria**, v. 29 p. 37-41. 1998
- FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88 p.
- FAQUIN, V.; FURLANI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1996. 50 p.
- FAQUIN, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p. 99-104, 1999.
- FERNANDES, A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; PEREIRA, P. R. G.; FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.
- FERREIRA, V. L.; ALMEIDA, T. C. A.; PERTINELLI, M. L. C. V.; SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. P. **Análise Sensorial. Testes discriminativos e afetivos**. Manual - Série Qualidade. Campinas: PROFIQUA/SBCTA, 2000. 127p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2 ed. São Paulo: E. Ceres, v.2, 1982. 357p.
- FILGUEIRA, F. A. R.. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Editora UFV, 2000. 402p.
- FRANCO, Guilherme. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

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

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, set./dez., 1999.

FURLANI, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia NFT**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1995. 18 p. (Documentos IAC, 55).

FURLANI, P. R. **Hidroponia**. Instituto Agronômico de Campinas, Boletim Técnico. 100: 1-277. 1996.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: Instituto Agronômico, 1998. 30p. (Documentos IAC, 168).

FURLANI, P. R.; Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Maringá, v. 481, p. 777-778, 1999.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

GUADAGNIN, S. G.; RATH, S.; REYES, F. G. R. Evaluation of the nitrate content in leaf vegetables produced through different agricultural systems. **Food Additives and Contaminants**, v. 22, n. 12, p. 1203-1208, 2005.

GRAZIA, J.; TITTONELL, P. A.; CHIESA, A. Acumulacion de nitratos em lechugas de hojas sueltas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, suplemento, CD ROOM, 2001.

HELBEL JÚNIOR, C. **Produção de alface hidropônica em função da composição da solução nutritiva e vazões**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2004.

HIDROGOOD. **Sobre hidroponia**. Disponível: em: <http://www.hidrogood.com.br/11h/pag/brz/sobre.hidroponia.asp>. Acesso em: 11 de janeiro de 2007.

HUETT, D. O. Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K:Ca ratio in solution. **Australian Journal of Agricultural Research**, Austrália, v. 45, p. 251-267, 1994.

JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K. **Iceberg lettuce production in California**: Disponível em: <http://www.vegetablecrops.ucdavis>. 1999.

JESUS FILHO, J. D. **Hidroponia de plantas aromáticas, condimentares e medicinais**. São Paulo: Vídeo Par, 2000. 27p. (Manual técnico).

JONES JR, J. B. **A guide for the hydroponic & soilless culture grower**. Portland: Timber Press, 1983. 124 p.

JUNQUEIRA, A. H. Hortaliças: novos caminhos no ambiente protegido. In: **ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA - AGRIANUAL 99 - São Paulo**: FNP Consultoria & Comércio, 1999. p. 35-38.

KNOTT, J. E. **Handbook for vegetable growers**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1962. 245 p.

KOEFENDER, V. N. **Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução**. 1996. 85 f. Dissertação (Mestrado em) - ESALQ, Piracicaba, 1996.

KOPP, L. M. ; SCHUNEMANN, A. P. P. ; BRACCINI NETO, J. ; LEMOS, C. A. S. ; SIMONETTI, R. B. ; SILVA, E. S. B. **Avaliação de seis cultivares de alface sob duas soluções nutritivas em sistema de cultivo hidropônico**. Rev. Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia - Uruguaiana, v.7/8, n.1, 2000/2001.

KROHN, N. G.; MISSIO, R. F.; ORTOLAN, M. L.; BURIN, A.; STEINMACHER, D. A. LOPES, M. C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 216-219, abril/junho 2003.

LABHIDRO. Laboratório de Hidroponia do Departamento de Engenharia Rural - da UFSC. **Hidroponia**. Disponível em: <http://www.labhidro.cca.ufsc.br/hidroponia.htm>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2008.

LEIFERT, C.; FITE, A.; LI, H.; GOLDEN, M.; MOWET, A.; FRAZER, A. Human health effects of nitrate. In: AGRICULTURAL CONFERENCE ON MANAGING PLANT NUTRITION, 1999, Barcelona. **Proceeding...** Barcelona: IFA, 1999. 9 p.

LONDERO, F. A. A.; AITA, A. Comercialização de alface hidropônica. In: SANTOS, O. **Hidroponia da Alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p.145-152.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Produção da alface e acúmulo de nitrato em função da adubação nitrogenada**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 758-762, 2005.

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa : UFV, 2002. 61 p. Caderno Didático, n.1.

MARTINEZ, H.E.P. Formulação de soluções nutritivas para cultivos **hidropônicos comerciais**. Jaboticabal, FUNEP, 1997. 31p.

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

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 1998, 281 p.

MIYAZAWA, M.; HATOUNIAN, C. A; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzidas em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, Ano II, v.7, p.23, fev./mar., 2001.

MONDIN, M. **Efeito de sistema de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface**. 1996. 88 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - UNESP/FCAV, Jaboticabal, 1996.

MORAES, C. A. G. de. **Hidroponia** - Como cultivar tomates em sistema NFT (Técnica do Fluxo de Nutrientes). 1. ed. Jundiaí: DISQ Editora, 1997.

MOTA, J. H. **Efeito do potássio através da fertirrigação na produção da alface americana em cultivo protegido**. 1999. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 1999.

MUÑOZ, A.M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evolution in quality control**. New York: Academic Press: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.

NOGUEIRA FILHO, H. **Cultivares de alface e formas de sustentação das plantas em cultivo hidropônico**. Santa Maria, 1999. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1999.

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

OHSE, S. **Qualidade nutricional e acúmulo de nitrato em alface hidropônica**. In: Hidroponia da alface. SANTOS, O. (editor) Impr. Univ. UFSM: Santa Maria, RS. p. 10-24. 2000.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; PINHEIRO, N. C.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

PAIVA, M. C. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. Cuiabá: Sebrae-MT, 1998. 78 p.

PILAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2002.

PÔRTO, M. L. **Produção, estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica**. 2006. 65 f. Dissertação Mestrado em Agronomia - PPGA/CCA/UFPB, Areia, PB, 2006.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supra Potássio®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos**: nuevas técnicas de producción 4. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 553 p.

REVISTA INOVAÇÃO **Hidroponia**. v. 4. 2006. Disponível em: www.fapema.br. Acesso em: 18 de agosto de 2007.

RICK, C. M. The Tomato. **Science Amer**. University of California, California, v. 239, p. 76-87, 1978.

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

RUSCHEL, J. **Acúmulo de nitrato, absorção de nutrientes e produção de duas cultivares de alface cultivadas em hidroponia, em função de doses conjuntas de nitrogênio e potássio**. Piracicaba, 1998. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

SANCHES, L. M.; LAURA, V. A.; FAVERO, S.; MATIAS, R. **Épocas de troca de solução nutritiva por água em alface cultivada sob hidroponia e sua influência no teor de nitrato**. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, 2001. 1 CD ROM.

SANTIAGO, J. P. Água na dose certa. **Guia rural**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 56-58, mar.1990.

SANTOS, O. S. Conceito, histórico e vantagens da hidroponia. In: SANTOS, O. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 5-9.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: UNICAMP, 1987. 387 p.

SCHMIDT, D.; SANTOS, O.S.; BONNECARRÉRE, R.A.G.; MARIANI, O.A.; MANFRON, P.A. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.122-126, jul. 2001.

SHENG MINGZHU. Study of the accumulation and content of nitrate in vegetable crops. **Sica Horticulture**, v. 11, p. 257-262. 1982.

SILVA, Ê. F. F.; DUARTE, S. N.; FERREIRA, Y. R. P.; MIRANDA, J. H. Tolerância da cultura de alface à salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.788-789, junho 2000. Suplemento.

SIOMOS, A.S.; BEIS, G.; PAPADOPOULOU, P.P.; NASI, P.; KABERIDOU, I.; MALOUPA, E.; GERASOPOULOS, D. **Aerial biomass, root biomass and quality of four lettuce cultivars grown hydroponically in perlite and pumice.** *Acta Horticulturae*, n.548, p.437-443; 2001.

SISVAR. Registro de *Software* de 28/04/2006 sob o número: 828459851

SOARES, I. **Alface**: cultivo hidropônico. Fortaleza: Editora UFC. 2002. 50 p.

STAFF, H. **Hidroponia**. 2ª ed. Cuiabá: SEBRAE/MT, 1998. 101p. (Coleção Agroindústria; v. 11).

TAKAHASHI, H. W.; HIDALGO, P. C. ; FADELLI, L. ; CUNHA, M. E. T. Composição e manejo da solução nutritiva visando a diminuição do teor de nitrato nas folhas de alface hidropônica. **Horticultura Brasileira**, p. 6-9, v. 25, n. 1, Brasília Jan./Mar. 2007.

TEIXEIRA, T. N. **Hidroponia**: uma alternativa para pequenas propriedades. Agropecuária, 1996.

TEIXEIRA-YAÑEZ, L. D.. **Identificação, patogenicidade e sensibilidade a produtos químicos *in vitro* de espécies de *pythium* de cultura hidropônica de alface (*Lactuca sativa* L.).** 2000. 74 f. Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, SP, 2000.

TRINDADE, C.S.F.; MARTELLO, L.S. ; MARCATTI, B.; MORETTI, T. S.; PETRUS R.R.; ALMEIDA,E.; FERRAS, J. B. S. **Efeito dos Sistemas Orgânico, Hidropônico e Convencional na Qualidade da Alface Lisa.** Braz. J. Food Technol., v. 10, n. 2, p. 111-115, abr./jun. 2007

UEDA, S. **Hidroponia**: guia prático. São Paulo: Agrocasa de Vegetação, 1990. 50p.

VAN DER BOON, J.; STEENHUIZEN, J.W.; STEINGRÖVER, E.G. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by nitrogen and chloride concentration, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 65, n. 3, p. 309-321, 1990.

VAN OS, E. Closed soilless growing systems: a sustainable solution for dutch greenhouse horticulture. **Water Science and Technology**, Colchester, v. 39, n.5: p. 105-112, 1999.

VAZ, R. M. R.; JUNQUEIRA, A. M. R. Desempenho de três cultivares de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**. Brasília-DF, v. 16, n. 2, p. 178-189, nov. 1998.

WIKISPECIES. **Classificação taxonômica da cultura de alface**. Disponível em: <"<http://species.wikimedia.org/wiki/Lactuca>">. Acesso em: out. 2006.

ANEXO

ANEXO A - TESTE DE ACEITABILIDADE SENSORIAL

Nome: _____ Data: ____/____/____

Você está recebendo amostras codificadas de salada de alface. Por favor, avalie cada uma delas utilizando a escala de valores abaixo:

- (9) gostei muitíssimo
- (8) gostei muito
- (7) gostei regularmente
- (6) gostei ligeiramente
- (5) nem gostei e nem desgostei
- (4) desgostei ligeiramente
- (3) desgostei regularmente
- (2) desgostei muito
- (1) desgostei muitíssimo

Descreva o quanto você gostou e/ou desgostou do produto, com relação aos atributos indicados no quadro abaixo:

AMOSTRA	APARÊNCIA	SABOR	AROMA	TEXTURA	COR	QUALIDADE GLOBAL
196						
358						
274						

Comentários:

Obrigado por sua colaboração!