

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

Avaliação da alface hidropônica usando água de piscicultura misturada com diferentes porcentagens de soluções nutritivas

Gilmar Testolin

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2009

Gilmar Testolin
Licenciado em Técnicas Agropecuárias

Avaliação Da Alface Hidropônica Usando Água De Piscicultura misturada com diferentes porcentagens de soluções nutritivas

Orientador:

Prof. Dr. **PAULO AUGUSTO MANFRON**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2009

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

Testolin, Gilmar

Avaliação da alface hidropônica usando água de piscicultura misturada com diferentes porcentagens de soluções nutritivas / Gilmar Testolin. - - Piracicaba, 2009.
75 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Alface 2. Hidroponia 3. Nutrição vegetal 4. Piscicultura 5. Soluções I. Título

CDD 635.52
T345a

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

Aos meus pais, Antônio e Angela,

Dedico esta grande conquista da minha vida. Sempre me incentivaram a estudar, e seus esforços me garantiram condições para prosseguir e concluir meus estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço: (a) a DEUS por ter me dado o dom da vida e as virtudes que possuo; (b) à minha esposa Ivone e ao meu filho Leonardo Antônio, por terem suportado minhas ausências, por terem me ajudado a superar os desafios, por me darem suporte e acompanharem com tamanha ênfase durante minha trajetória, sempre com amor, compreensão e estímulo constante; (c) ao Diretor da Escola Agrotécnica Federal de Concórdia professor Paulo Gerônimo Pucci de Oliveira e ao Coordenador Geral de Ensino professor Carlos Renato de Oliveira por terem compreendido a importância do Mestrado para mim e para a instituição, facilitando a minha participação no curso; (d) ao professor Jolcemar Ferro pela sua importante contribuição no desenvolvimento da pesquisa; (e) aos colegas de curso com os quais compartilhei expectativas, troquei idéias, dividi angústias e alegrias. Juntos superamos obstáculos, fomos forte e vencedores; (f) aos professores Paulo Augusto Manfron, Pedro Jacob Christoffoleti, Durval Dourado Neto, João Alexio Scarpate Filho, Ricardo Kluge, José Laércio Favarin e Paulo César de Tavares Melo, que pelas disciplinas oferecidas, sugestões apresentadas e experiências transmitidas, proveram-me de formação e de conhecimento substancial; (g) ao Professor Paulo Augusto Manfron pelo apoio irrestrito, meu orientador com quem muito aprendi em termos de filosofia. Competente, objetivo, seguro, experiente, compreensivo, exigente e amigo. Com sabedoria transmitia confiança e segurança; e (h) à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, que por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e do apoio da Escola Agrotécnica Federal de Sertão (EAFS), proporcionou-me um excelente curso em nível de Mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 HIDROPONIA	21
2.1.1 <i>Alface hidropônico</i>	22
2.2 PISCICULTURA	28
2.2.1 <i>Vantagens da piscicultura</i>	29
2.2.2 <i>Escolha da espécie a ser criada</i>	29
2.2.3 <i>Níveis de amônia</i>	31
2.2.4 <i>Metabólitos</i>	32
2.3 AQUAPONIA	32
2.3.1 <i>Temperatura da água</i>	34
2.3.2 <i>pH da água</i>	35
2.4 BIODIVERSIDADE INTEGRADOS (BSI).....	36
2.4.1 <i>Poluentes</i>	37
2.4.2 <i>Qualidade da água</i>	39
2.4.3 <i>Teor de nitrato</i>	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	41
3.2 MATERIAL	41
3.3 ESPÉCIE E VARIEDADE CULTIVADA	41
3.4 PRODUÇÃO DE MUDAS E PLANTAS DE ALFACE HIDROPÔNICA.....	41
3.5 METODOLOGIA	42
3.6 ANÁLISES.....	44
3.7 TRATAMENTOS	45
3.8 ÉPOCAS DA COLETA	45
3.9 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46

	6
4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5 CONCLUSÕES.....	64
REFERÊNCIAS	65
ANEXOS.....	72

RESUMO

Avaliação da alface hidropônica usando água de piscicultura misturada com diferentes porcentagens de soluções nutritivas

O presente trabalho foi conduzido em estufa plástica, na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, SC, com o objetivo de avaliar o desempenho agrônomo da cultura da alface, variedade cultivada Vera, no sistema hidropônico utilizando a água de criação de peixes misturada com diferentes percentuais de macro e micronutrientes na solução nutritiva; e avaliar o incremento de fitomassa seca, analisando os teores de nitrato (NO_3^-) nas folhas da alface na colheita. Os seguintes tratamentos foram utilizados: (T_1) água mais 100% da solução nutritiva descrita por Castellane e Araújo (1995) (testemunha); (T_2) água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T_1 ; (T_3) água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; e (T_4) somente água da piscicultura. Os resultados evidenciaram que: (a) a água residual da criação de peixes (Tilápia), em açudes no sistema semi-intensivo, não é capaz de fornecer os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface para fins comerciais; (b) a produção de alface utilizando o sistema semi-intensivo com o uso da água da piscicultura é tecnicamente viável em açudes, desde que seja realizada uma adubação complementar para suprir as necessidades nutricionais das plantas; (c) o tratamento T_1 (testemunha) foi a que apresentou os melhores resultados, tendo as plantas atingido uma fitomassa verde e seca, respectivamente de 378,70g e 19,97g; (d) o tratamento T_2 não apresentou diferença significativa para o tratamento testemunha, com 293,59g e 19,28g, respectivamente, o que demonstra uma efetividade do sistema semi-intensivo, e que o mesmo é perfeitamente viável a partir de ajustes nutricionais; (e) o tratamento T_1 foi o que apresentou maior teor de nitrato aos 28 dias após transplante, com $793,3\text{mg.Kg}^{-1}$ de NO_3^- , entretanto, dentro dos limites aceitáveis para o consumo humano das folhas de alface.

Palavras- chave: *Lactuca sativa*; Solução nutritiva; Sistema hidropônico

ABSTRACT

Evaluation of the hydroponic lettuce using water from fish production system mixed with different percentage of nutritive solutions

The present work was carried out in plastic greenhouse, at 'Escola Agrotécnica Federal de Concórdia', State of Santa Catarina, Brazil, with the purpose of evaluating the agronomic performance of the lettuce crop, cultivar 'Vera', under hydroponic system using water from fish production mixed with different percents of macro and micronutrients in the nutritive solution; and of evaluating the increment of dry mass, analyzing the leaf nitrate (NO_3^-) content of the lettuce at harvest. The following treatments were used: (T_1) water with 100% of the nutritive solution described by Castellane and Araújo (1995) (control); (T_2) water from fish production mixed with 50% of the nutritive solution of the treatment T_1 ; (T_3) water from fish production mixed with 100% of the micronutrients of the nutritive solution of the treatments T_1 and T_2 ; and (T_4) water from fish production, only. The results show that: (a) the residual water from fish production system (Tilapia) in dams, in the semi-intensive system, is unable to provide the nutrients necessary for growth and development of lettuce plants for commercial proposes; (b) the lettuce production using the semi-intensive system with water from the fish production system is technically feasible in dams, if conducted an additional fertilizer to attend the nutritional needs of plants; (c) the treatment T_1 (control) presented the better results, where the plants reached a green and dry mass of 378.70g and 19.97g, respectively; (d) the treatment T_2 did not present significant difference to treatment T_1 (control), with 293.59g and 19.28g, respectively, which shows an effectiveness of semi-intensive system, and it is perfectly feasible from nutritional adjustments; (e) the treatment T_1 (control) presented the highest nitrate content at 28 days after transplant, with $793.3\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ of NO_3^- , however, within acceptable limits for human consumption of leaf lettuce.

Keywords: *Lactuca sativa*; Nutritive solution; Hydroponic system

LISTA DE FIGURAS

- Figura - 1 Área foliar (AF, $\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 52
- Figura - 2 Índice de Área foliar (IAF, $\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 54
- Figura - 3 Produtividade biológica (PB, $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T_1 ; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 59

- Figura - 4 Valores médios de três cultivos da Taxa de Crescimento da Cultura da parte aérea (TCC, $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 60
- Figura - 5 Valores médios de três cultivos da Razão de Área Foliar (RAF, g.g^{-1} - g de folha por g de planta), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 62
- Figura - 6 Estufa plástica para produção hidropônica integrada com sistema semi-intensivo para cultivo de peixe submetido a adubação orgânica com dejetos de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 .. 74
- Figura - 7 Tanques de terra para produção de peixes em sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 74
- Figura - 8 Peixes (*Tilápia nilótica* - *Oreochromis niloticos*) criados em tanques de terra num sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 75

LISTA DE TABELAS

Tabela - 1	Composição química da solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), recomendada para a cultura da alface, utilizada nos tratamentos T ₁ e T ₂ , respectivamente, água pura com 100% da solução nutritiva e água da piscicultura com 50% da solução nutriiva do tratamento T ₁ . Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008. Concórdia, SC. 2008	42
Tabela 2	Descrição dos tratamentos utilizados no cultivo hidropônico de variedade cultivada Vera, em trabalho realizado no campo experimental da Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008. Concórdia, SC. 2008	45
Tabela - 3	Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra ⁻¹ ; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas, g.amostra ⁻¹ ; FSR: fitomassa seca das raízes de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FST: fitomassa seca total de plantas, g.amostra ⁻¹); referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T ₁). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008	46
Tabela - 4	Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra ⁻¹ ; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra ⁻¹ ; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas, g.amostra ⁻¹ ; FSR: fitomassa seca das raízes das plantas, g.amostra ⁻¹ ; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra ⁻¹ ; FST: fitomassa seca total das plantas, g.amostra ⁻¹); referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T ₂) e os dias após transplante (DAT). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008	47

- Tabela - 5 Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas das plantas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raiz de plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total de planta, g.amostra⁻¹); referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T₃). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008 48
- Tabela - 6 Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas das plantas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raiz de plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total de plantas, g.amostra⁻¹) referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico. (Tratamento T₄). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008..... 49
- Tabela - 7 Valores médios de três anos de cultivo e datas de coleta do número de folhas, fitomassa fresca e seca da parte aérea, da raiz e total (g.planta⁻¹) de alface, variedade cultivada Vera, sob quatro condições nutricionais (testemunha, T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995); T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008. 50

Tabela - 8	Valores médios de três anos de cultivo da área foliar de plantas de alface (AF, $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (testemunha, T ₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995); T ₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T ₁ ; T ₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T ₁ e T ₂ ; T ₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008.....	51
Tabela - 9	Valores médios de três anos de cultivo do Índice de Área foliar de plantas de alface (IAF, $\text{cm}^2.\text{cm}^{-2}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T ₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T ₂ – água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T ₁ ; T ₃ – água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T ₁ e T ₂ ; T ₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008	53
Tabela - 10	Valores de condutividade elétrica (CE) em $\text{mS}.\text{cm}^{-1}$, pH da solução nutritiva e temperatura do ar (°C), e concentração de nitrato em amostras de folhas de alface em $\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ de NO_3^- , na hora da coleta do material, aos 28 dias após o transplante das mudas. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008	56
Tabela - 11	Produtividade biológica (PB, $\text{g}.\text{m}^{-2}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T ₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T ₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T ₁ ; T ₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T ₁ e T ₂ ; T ₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008	58

- Tabela - 12 Valores médios de três cultivos da Razão de Área Foliar (RAF, g.g^{-1} - g de folha por g de panta), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T_1 ; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 60
- Tabela - 13 Valores médios de três cultivos da Razão de Área Foliar (RAF, g de folha g de panta), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T_1 ; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 61
- Tabela - 14 Valores médios das variáveis físico-químicas da água do viveiro (O_2 : oxigênio dissolvido; T ($^{\circ}\text{C}$): temperatura da água; pH: potencial de hidrogênio; DS: disco de Secchi e M/T: manhã e tarde), integrado com 60suínos. ha^{-1} . Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 73
- Tabela - 15 Resultado da análise da água do viveiro para produção de peixes em sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008 73

1 INTRODUÇÃO

A horticultura atualmente tem por desafio manter uma produção estável em todas estações do ano, bem como, oferecer ao mercado consumidor produtos de melhor qualidade. Entretanto, para que esses produtos sejam acessíveis à maioria da população, é fundamental que cheguem ao mercado em níveis de preços compatíveis com o poder aquisitivo dessa população.

A tecnologia de produção a ser adotada deve, por isso, ser capaz de atender ao trinômio regularidade, qualidade e preço. Vários fatores, como: o alto valor das terras, o custo elevado de mão-de-obra, a incidência de pragas e doenças nos cultivos convencionais, maior uso de defensivos, possibilidades de perdas da produção pelas intempéries, menor produtividade dos cultivos convencionais, aumento da demanda por hortaliças, mercado consumidor cada vez mais exigente, obrigam os horticultores a lançarem mão de tecnologias mais sofisticadas, como: cultivo em ambientes protegidos, fertirrigação, cultivo hidropônico e cultivo em substratos.

Para qualquer que seja o sistema de cultivo e para qualquer que seja a cultura, a água é um dos elementos mais importantes. É daí que surge à necessidade de se fazer o bom uso desse precioso recurso, que muitas vezes existe nas propriedades, em volume considerado, sendo usado para diversos fins, entre eles a criação de peixes.

A irrigação de culturas utilizando água de viveiros de peixes reduz o impacto ambiental das descargas de água nos rios ricas em nutrientes ou a necessidade de tratamento das mesmas (BILLARD; SERVRIN-REYSAC, 1993). A irrigação com efluentes de viveiros de peixes também reduz o custo da água e a quantidade de fertilizantes químicos utilizados (AL-JALOUUD et al., 1993; SILVA; MAUGHAN, 1994, 1995). A integração da aquíicultura com a agricultura parece ser um meio de atingir maior sustentabilidade num biosistema de produção mais completo e orientado para objetivos múltiplos (BARDACHI, 1997 apud PEREIRA et al., 2003).

A integração piscicultura e suinocultura, manejo esse praticado pelos chineses a mais de mil anos, tem evoluído muito no tempo e hoje apresenta-se válido tecnicamente, sendo um sistema de integração incentivado por instituições como a FAO/ONU por sua reconhecida inserção social. Apesar de ser tecnicamente validada, a integração ainda apresenta alguns limites como: a inexistência de sistemas de tratamento adaptados para os efluentes dos viveiros, a ausência de boas práticas de produção que garantam a sustentabilidade do sistema, o receio dos órgãos ambientais fiscalizadores quanto ao impacto ambiental dos efluentes e a falta de planejamento para o tratamento e reaproveitamento da água da produção de peixes.

O Estado de Santa Catarina tem o seu desenvolvimento social e econômico baseado na produção agropecuária, destacando-se neste cenário a avicultura e a suinocultura. É o maior produtor de suínos do país, sendo que, 90% desta produção está concentrada na região oeste, desta forma, essa região do estado passou a ter um grande potencial para a prática da piscicultura integrada com a suinocultura, sistema este mais desenvolvido na região. Embora reconhecido por especialistas que o sistema de cultivo de peixes integrado e/ou consorciado com a suinocultura colabora para a melhoria da qualidade ambiental, o principal problema enfrentado pelos produtores são as críticas negativas feitas tanto por leigos como pelos próprios órgãos ambientais, no sentido de que estariam promovendo a poluição dos mananciais de água. Em virtude disto, o conhecimento, o controle da qualidade da água e o destino da água residual se tornam indispensáveis para que o setor possa crescer de forma auto-sustentável.

O presente trabalho tem por objetivo: avaliar o desempenho agrônômico da cultura de alface, variedade Vera, cultivada no sistema hidropônico, utilizando a água da criação de peixes misturada com diferentes percentuais da solução nutritiva e avaliar o incremento de fitomassa seca, analisando os níveis de concentração de nitrato nas folhas da alface no momento da colheita.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de peixes de água doce no Brasil está entorno de 100.000t.ano⁻¹. O Estado de Santa Catarina produz 20.000t.ano⁻¹, ou seja, 20% deste total, em propriedades que praticam a piscicultura integrada com suínos, aves e/ou com ração, numa área alagada superior a 15.000ha, sendo que, a região Oeste participa com 16% do total do estado ou 3.200t.ano⁻¹, produção comercializada, para uma atividade crescente de 20% ao ano (EPAGRI, 2001).

Os conflitos ambientais na região tem se intensificado a partir desta realidade, tendo a suinocultura como protagonista disto tudo, prova disto é que, em uma atitude única no país, está se desenvolvendo nesta região um Termo de Ajuste de Conduta para a suinocultura a fim de licenciar as propriedades. Este Termo prevê a integração piscicultura e suinocultura como possível, destacando que, deve-se oferecer trabalhos de educação ambiental, explicando aos produtores os cuidados com a atividade quanto ao meio ambiente, especialmente no que tange aos lançamentos irregulares de dejetos em córregos, nascentes de rios e lençol freático.

Pela legislação catarinense a piscicultura é tida como uma atividade potencialmente causadora de degradação ambiental. Quando se pratica a piscicultura integrada com suínos o sistema de cultivo mais indicado é o semi-intensivo de produção que habitualmente utiliza várias espécies de peixes, com hábitos alimentares diferentes, no mesmo ambiente aquático, prática esta conhecida como policultivo. Nos sistemas que utilizam o policultivo, este potencial é pequeno para o ar e para o solo e médio para a água, resultando em um potencial geral como médio. Portanto, exige-se licenciamento ambiental para cada operação, sendo este licenciamento regido pela Instrução Normativa 10 da FATMA.

No sistema de produção semi-intensivo de peixes, preconiza-se o uso de fertilizantes orgânicos e/ou químicos para a produção de alimento natural (plâncton). No policultivo os viveiros são povoados concomitante com várias espécies de peixes exatamente para otimizar o aproveitamento do alimento natural. As espécies mais utilizadas são a carpa comum (*Cyprinus carpio*) onívora, a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*) fitoplanctófoga, a carpa cabeça grande (*Aristichthys nobilis*) zooplanctófoga, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idela*) herbívora e a tilápia (*Oreochromis niloticus*) plâncton e detritos orgânicos. Por apresentar esta característica alimentar, a tilápia também pode ser indicada para o sistema semi-intensivo, na forma de monocultivo, pois tem apresentado, neste modelo, um bom aproveitamento dos alimentos disponíveis nos viveiros, obtendo-se produções iguais e até mesmo superiores aos do policultivo.

A tilápia é um peixe que possui filtros branquiais e pode consumir (filtrar) tudo o que é aproveitável no viveiro. Para a tilápia não existe separação entre a fertilização orgânica e a ração. O fertilizante pode ser aproveitado diretamente pelo peixe e reciprocamente a parte que não é aproveitada entra no ciclo da matéria viva e atua como fertilizante.

Os adubos orgânicos, principalmente os dejetos frescos de suínos, são bastante utilizados nas pisciculturas da região Oeste de Santa Catarina, porque, além de fertilizar as águas dos viveiros, os dejetos contém desperdícios de ração e/ou ração não digerida pelos animais que serão aproveitadas diretamente pelos peixes. Para que isto ocorra com maior eficiência, o método de aplicação mais indicado é o direto (modelo vertical). Neste modelo, as instalações (pocilgas) são construídas sobre os viveiros, com o fundo ripado, para que os dejetos caiam diretamente na água com maior facilidade, nas vinte e quatro horas do dia, tendo assim, uma melhor frequência de distribuição, embora mais concentrada num único ponto. A recomendação dada pelos técnicos é a utilização de dejetos de 50 a 60 suínos.ha⁻¹, com peso entre 25 e 100kg, com aporte médio de 35kg.ha⁻¹.dia⁻¹ de matéria seca, para uma densidade de estocagem de 3000 a 4000 peixes.ha⁻¹, no caso do policultivo e de 10000 a 15000 peixes.ha⁻¹, no monocultivo de tilápias.

O modelo de piscicultura praticado no Estado de Santa Catarina, em específico na região Oeste, é de carácter singular e serve de referência nacional devido ao aproveitamento de dejetos de suínos. Estima-se que em Santa Catarina aproximadamente 100.000 famílias estejam praticando, de alguma forma, a criação de peixes baseada exclusivamente no uso de dejetos de animais. Pode-se produzir carne com alto valor protéico a baixo custo e sem comprometer o ambiente, se os dejetos forem utilizados criteriosamente.

Num viveiro de piscicultura acumulam-se compostos de nitrogênio inorgânico (amônia total), fósforo, matéria orgânica e outros poluentes em potencial que podem ser liberados no ambiente durante a circulação de água, durante o cultivo ou na drenagem do viveiro para a despesca. (BOYD, 1990; TURCHER, 1992 apud PALHARES, 2005).

O material orgânico proveniente da adição de fertilizantes, excreção dos peixes e restos de ração não consumidos pelos peixes, depositam-se no fundo dos tanques, já os metabólitos e compostos nitrogenados e fosfatados, encontram-se diluídos no meio estimulando a floração de algas (HUSSAR et al., 2002). Para o autor, em sistemas aonde se adota a circulação intermitente, estes produtos encontram-se no efluente, o qual é geralmente disposto em corpos receptor sem nenhum tipo de tratamento, e, para minimizar o impacto causado por este efluente de tanques de

piscicultura, torna-se necessário a utilização de métodos de tratamento ou até mesmo o reuso desse efluente na irrigação de culturas diversas.

Estudos mostram que o impacto ambiental dos sistemas de produção de peixes com aporte de dejetos de animais não é maior do que aqueles que usam ração. Além disso, em condições de baixa qualidade de água que abastecem os viveiros, ambos os sistemas de engorda melhoram a qualidade da água. Destaca que o tratamento de efluentes ainda não é utilizado na piscicultura catarinense, mas estudos devem ser conduzidos (EPAGRI, 1997).

Estudos realizados pela Epagri de Chapecó sobre a qualidade da água em cultivo de peixes integrados com suinocultura mostram que os efluentes aportados ao meio ambiente durante o cultivo geralmente encontram-se dentro dos parâmetros permitidos para o corpo receptor para as águas de classe 2 e 3 para coliformes fecais e totais, nitrito, nitrato e oxigênio dissolvido (TOMAZELLI et al., 2002).

A aquicultura tem sido duramente criticada por alguns setores governamentais e não governamentais, tendo os impactos ao meio ambiente causado grandes prejuízos e perdas, destruindo ecossistemas importantes, principalmente manguezais, estuários e baías (QUESADA et al., 1998). Conforme Pillay (apud QUESADA et al., 1998), os principais impactos ambientais causados pela aquicultura são os conflitos com o uso d'água; a sedimentação e a obstrução dos fluxos de água; a nitrificação e eutofização a descarga dos efluentes dos viveiros e a poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases do cultivo.

A grande questão é que, atualmente, a água que sai dos viveiros durante o cultivo de peixes, bem como a água da despesca final dos viveiros, independente do sistema de cultivo utilizado, está sendo lançada diretamente nos cursos d'água sem nenhum tratamento, atitude essa que representa um enorme desperdício para os tempos atuais e representa um risco de poluição e/ou contaminação ao meio-ambiente. Por isso, precisa-se pensar em dar um destino mais racional para essa água que sobra, reutilizando-a, quem sabe, na fertirrigação de plantas para a produção de fitomassa, praticando-se, desta forma, o reaproveitamento deste recurso natural tão precioso.

A atitude de lançar a água da criação de peixes diretamente no ambiente tem sido motivo de discussão entre os técnicos, ambientalistas e ministério público. Sabe-se que toda a atividade agropecuária é potencialmente poluidora e capaz de produzir impacto no ambiente, o que deve ser considerado. Esse potencial na piscicultura está intimamente relacionado com o sistema de criação adotado, pois, dependendo do sistema de criação, tem-se um aumento na taxa de

estocagem, escolha e uso de diferentes fontes de alimentos e a intensificação das taxas de arraçamento, que depende de vários fatores e varia de acordo com a espécie, a densidade e a biomassa existente. Tudo isto, porque se dá muita ênfase ao aumento da produtividade e da rentabilidade. O que polui não é o peixe, mas sim, o alimento e alimentação. Portanto, dependendo do sistema de produção adotado se poluí mais ou menos. Como a região, aonde será realizada a pesquisa, é grande produtora de suínos, aves e de peixes é muito comum se recomendar o uso de dejetos destes animais na fertilização da água para a produção de alimento natural para os peixes. Apesar de ser uma recomendação tecnicamente correta, ainda se questiona sobre a capacidade poluidora desta prática. Encontrar uma forma mais adequada para se dar destino a essa água que sobra é uma das exigências para o licenciamento ambiental das propriedades produtoras de peixes. Sobre este aspecto, a presente pesquisa poderia dar sua parcela de contribuição, já que pretende utilizar a água da criação de peixes, no sistema semi-intensivo, com fertilização da água, na produção de alface no sistema hidropônico para avaliar a capacidade de produção de matéria seca desta água. Desta forma, o desperdício de uma atividade poderia sustentar a produção de outra, reciclando os recursos disponíveis, de forma integrada, produzindo, por exemplo, suínos, peixes e plantas ao mesmo tempo.

Integrar agricultura com piscicultura pode gerar maior produtividade para o agricultor, já que se pode produzir duas culturas utilizando a mesma água. As fazendas integradas maximizam os lucros através do uso de duas técnicas de produção (DHWAM; SEHDEV, 1994 apud PEREIRA et al., 2003).

De acordo com Lightfoot et al. (apud PEREIRA et al., 2003) as fazendas com sistemas de produção integrado com aqüicultura semi-intensiva como um componente principal ou secundário do sistema produtivo, são menos arriscados do que fazendas extensivas e semi-intensivas não integradas para os pequenos produtores dos países em desenvolvimento.

A criação de peixes está intimamente integrada ao desenvolvimento socioeconômico da vida do agricultor na atividade de campo em pequenos açudes, viveiros de peixes com $\pm 0,15$ ha área alagada atividade. Nestes locais, os peixes são alimentados com ração e/ou como subprodutos da agropecuária, principalmente materiais orgânicos como dejetos de suínos, aves e bovinos, usados na fertilização da água para a produção de plâncton, alimento natural dos peixes. Esta é uma prática milenar, que recicla a matéria orgânica e, que tem sua recomendação feita nos principais simpósios e congresso de aqüicultura do mundo.

A área alagada e o volume armazenado de água, nesta atividade, são consideravelmente grandes, servindo não apenas para a criação de peixes, mas também, como reservatórios de água para consumo animal e irrigação.

O aproveitamento das águas do cultivo de peixes na produção de vegetais aperfeiçoaria o uso deste recurso, pois, além de integrar as diferentes atividades desenvolvidas nas propriedades rurais, combinaria a produção de proteína de origem animal com a produção de plantas, dentre as quais, hortaliças, grãos, frutas, plantas forrageiras, pastagens, e reflorestamento, através da fertirrigação, tendo ainda, a possibilidade de reduzir o uso de adubos químicos, baixando assim, os custos de produção destes. Desta forma, a combinação peixe/plantas se tornaria muito interessante, porque, além de se produzir um alimento saudável que é o peixe se estaria dando um destino mais nobre para a água que sobra da piscicultura, vindo desta forma auxiliar a resolver, em parte, o impacto que esta atividade provoca ao meio ambiente. Para isso, se torna relevante conhecer a capacidade de produção de fitomassa seca desta água, para que se possa, quem sabe, no futuro estimular os piscicultores a praticarem o reuso da água do sistema de produção de peixes proposto neste trabalho.

O termo hidropônico deriva de duas palavras gregas: hydro = água e ponos = trabalho ou “trabalhar com água” e, implicitamente, o uso de soluções de adubos químicos para se criar plantas sem terra.

2.1 Hidroponia

O cultivo hidropônico de plantas é uma técnica que permite uma produção efetiva em meio líquido, associado ou não a substratos não orgânicos naturais, ao qual é adicionada uma solução nutritiva para suprir as necessidades exigidas ao desenvolvimento da planta, principalmente, se considerarmos a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Cichoriaceae. A alface é uma planta herbácea, com caule diminuto, não ramificado, onde se prendem as folhas, lisas ou crespas, formando ou não cabeça. Como planta anual, a fase vegetativa se completa quando atinge o maior desenvolvimento das folhas, momento em que deve ser colhida para consumo (FILGUEIRA, 1982).

A produção de plantas em solução nutritiva é utilizada tanto em estudos sobre nutrição quanto na área comercial. A solução nutritiva é um dos pontos mais importantes em todo o

sistema de cultivo hidropônico, no qual, seu mau uso poderá acarretar em sérios prejuízos para as plantas (MARTINEZ, 2002).

Diversas soluções nutritivas já foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas em relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto que para os micronutrientes, as diferenças são bem menores (FURLANI et al., 1999).

Um dos sistemas hidropônicos mais utilizados é o NFT (Nutrient Film Technique), onde a absorção de nutrientes pela planta é através de um filme de água que passa por suas raízes (CASTELANE; ARAÚJO, 1995; MARTINEZ, 2002). Porém, este tipo de sistema apresenta como desvantagem um alto consumo de energia, aumentando assim os custos de produção.

Allan Cooper ao introduzir a técnica do NFT “Nutrient Film Technique”, deu um grande impulso ao desenvolvimento e a utilização da hidroponia, tornando-a atrativo e competitivo em relação a outras formas de cultivo utilizado para a produção comercial das diversas espécies vegetais olerícolas. O princípio básico deste sistema é o cultivo de plantas com o sistema radicular parcialmente submerso num fluxo de solução onde estão dissolvidos todos os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (MARTINEZ; SILVA FILHO, 1997).

Sistemas com a utilização de águas residuárias foi desenvolvido por Jewell et al., citados pela FAO (1992) em um processo de cultivo com fluxo laminar de nutrientes (NFT) capaz de, além de tratar águas residuárias, cultivar plantas, ornamentais ou para alimentação humana e/ou animal, no qual a solução nutritiva é substituída pela água residuária que se deseja tratar. Tornando-se uma alternativa na produção em cultivo hidropônico e de tratamento dessas águas, com baixo custo, com relativa eficiência na redução de DQO e DBO.

2.1.1 Alface hidropônico

No contexto das hortaliças folhosas, a alface é a mais consumida na forma de salada crua, sendo muito indicada nas dietas alimentares, pois é fonte de vitaminas A, B₂, B₆ e C; e sais minerais, principalmente cálcio e ferro (KATAYAMA, 1993).

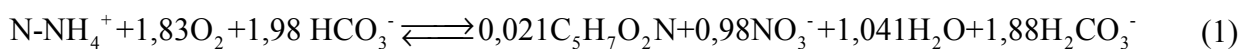
A produção de hortaliças em hidroponia vem ganhando destaque, por apresentar maior produtividade por área, melhor programação da produção, ciclo mais curto em decorrência de maior controle ambiental, menor incidência de pragas e doenças, maior facilidade de execução dos tratos culturais, eliminação de perdas de nutrientes por lixiviação, escorrimento, volatilização,

fixação e retrogradação, resultando, inclusive, no uso mais racional dos fertilizantes (MARINEZ, 2002).

O cultivo em estufas (casa-de-vegetação) permite a utilização intensiva do capital e maior produtividade por área, como também a produção de maneira controlada, melhor qualidade do produto, menor incidência de pragas e doenças, menor dependência das condições climáticas, melhor aproveitamento de insumos, possibilitando a distribuição da produção ao longo do ano, regularizando a oferta e dando oportunidade ao produtor de fugir das épocas de menor preço (RODRIGUES et al., 1997; MARTINEZ, 2002).

No Brasil, a alface (*Lactuca sativa*) é a folhosa mais comercializada, sendo boa fonte de sais minerais, além de se destacar por seu elevado teor de vitamina A. É adequada ao clima ameno, pois, se adapta melhor em cultivos de inverno por obtenção de maiores produções (DELISTOIANOV, 1997). A alface, por ocupar pouco espaço, atinge o ponto de comercialização mais rápido proporcionando vantajoso retorno financeiro, tornando-se uma cultura que vem ganhando, cada vez mais, espaço na produção hidropônica (ZITO et al., 1994).

A concentração de bases existentes na água, expressa em ppm ou mg.L⁻¹ de carbonato de cálcio (CaCO₃) e bicarbonato (HCO₃⁻) que existem na água, onde estes quase sempre são compostos de cálcio e magnésio (OSTRENSKY; BOERGER, 1998). De acordo com Malone; Burden (1988), a conversão de N⁻NH₄⁺ a N⁻NO₃⁻ faz baixar a alcalinidade. Sandu (2000) cita que para cada grama de N⁻NH₄⁺ oxidada a N⁻NO₃⁻; 4,18g de O₂ e 7,12g de CaCO₃ são consumidas e que 8,59g de H₂CO₃⁻ e 0,17g de bactérias são produzidas. A equação mostra o requerimento de oxigênio e alcalinidade, bem como, a produção de biomassa de bactérias:



A solução nutritiva é o meio pelo quais os nutrientes previamente dissolvidos em água, são colocados à disposição das plantas (ANDRIOLO, 1999). Hoagland e Arnon (1950) afirmam que a composição da solução nutritiva deve sempre ser considerada em relação ao fornecimento total de nutrientes, bem como a proporção dos elementos nutritivos, pois o correto fornecimento de nutrientes está diretamente relacionado ao volume de solução disponível para as plantas, estágio de desenvolvimento das plantas, taxa de absorção e frequência de reposição de nutrientes ou renovação da solução.

Para compor uma solução nutritiva pode ser usado qualquer sal (CARMELO, 1996), desde que esse seja capaz de fornecer o nutriente requerido e não contenha elemento químico prejudicial

às plantas. Entretanto, para Silva (1996) é importante a observação da proporcionalidade entre os elementos essenciais e as impurezas uma vez que estas poderão afetar significativamente as leituras da condutividade elétrica e pH, provocando um errôneo manejo da solução nutritiva.

Segundo Faquin e Furlani (1999) na escolha do fertilizante para o preparo da solução, deve ser levado em consideração o preço, a solubilidade, a presença de nutrientes, e de resíduos insolúveis. Entretanto, Martinez (1988) cita que a obtenção de soluções nutritivas ideais para cada espécie ou mesmo para cada variedade cultivada, apresenta condições específicas que ainda é cientificamente discutível, pois a composição inicial de uma solução muda durante o ciclo vegetativo das plantas, onde os cátions e ânions são absorvidos em quantidade e tempos diferentes.

Alguns aspectos devem sempre constar do protocolo de cada pesquisador: (i) a qualidade química da água é um dos fatores mais importantes de um cultivo hidropônico, portanto, deve ser levado em consideração no momento de se realizar qualquer formulação; (ii) a solução nutritiva deve conter todos os nutrientes essenciais e em quantidades que atendam as necessidades fisiológicas das plantas, proporcionando um perfeito e vigoroso crescimento; e (iii) a aplicação e/ou reposição de nutrientes na solução deve ser em quantidades exigidas pelas plantas, e não em concentrações capazes de provocar danos ao sistema radicular e/ou aos demais órgãos das plantas.

A leitura da condutividade elétrica (CE) fornece a concentração total dos sais dissolvidos na solução nutritiva, mas não informa a concentração individual de cada nutriente e, segundo Resh (1997), a condutividade elétrica é pouco afetada pela concentração de micronutrientes. Os valores de condutividade elétrica variam com a composição química da solução nutritiva, com a espécie cultivada e com as condições ambientais de cultivo. Existe uma variabilidade de valores para CE na literatura para a alface, segundo Resh (1997) o intervalo é de 1,5 a 2,5 mS.cm⁻¹, Faquin et al. (1996) falam de valores entre 2,0 e 2,5 mS.cm⁻¹ e Martinez e Silva Filho (1997) propõem valores que não ultrapassem a 2,5 mS.cm⁻¹.

O pH da solução apresenta importância semelhante à condutividade elétrica, pois as plantas não conseguem sobreviver em pH com valores abaixo de 3,5. Os efeitos do pH podem ser diretos, quando houver efeito de íons hidrogênio sobre as células; ou indiretos, quando afetarem a disponibilidade de íons essenciais para o desenvolvimento de plantas. Na solução as mudanças de pH são causadas por desbalanço na absorção de cátions e ânions. Quando a absorção de cátions excede a absorção de ânions, em base de carga equivalente, a solução é acidificada, e quando a

absorção de ânions excede a de cátions a solução se alcaliniza (MARSCHNER, 1995). Em valores de pH baixo, além dos efeitos tóxicos do cátion H^+ sobre as células das raízes, existe competição entre cátion H^+ e os demais cátions essenciais (NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} e Zn^{+2}) e em valores de pH elevado ocorre à redução na absorção dos ânions (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{-2} , Cl^- e MoO_4^{-2}) e precipitação de Fe^{+2} , Mn^{+2} e Zn^{+2} (FAQUIN et al., 1996).

Para entender como o pH pode variar de acordo com a fotossíntese e outros fatores é necessário descrever a equação de equilíbrio do CO_2 e HCO_3^- na água:



A dureza da água é determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e magnésio. Quando o cálcio e o magnésio se encontram ligados a íons carbonato (CO_3^{-2}) e bicarbonatos (HCO_3^-) denomina-se dureza temporal e, quando ligados aos íons sulfatos, cloretos e outros ânions de acidez mineral é chamada de dureza permanente (NOGUEIRA FILHO, 2003). O cálcio e o magnésio são normalmente abundantes em água doce e suas concentrações são expressas em $mg.L^{-1}$ de $CaCO_3$ e, dependendo dessa concentração, as águas são classificadas em água mole de $0-75mg.L^{-1}$, água moderadamente dura de $75-150mg.L^{-1}$ e água muito dura com mais de $300mg.L^{-1}$ (BALDISSEROTTO, 2002).

No processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos (sendo o volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes a principal fonte) e metabólitos nos viveiros em sistemas de renovação intermitentes (HUSSAR et al., 2002). Segundo Kubitzka (1998), 25 a 30 % da matéria seca não digerível das rações fornecidas entram nos sistemas aquaculturais como material fecal, e, a decomposição desse material nos tanques é feita principalmente por ação microbiológica, resultando no acúmulo de metabólitos tóxicos aos organismos (amônia, nitrito e gás carbônico).

Segundo Perdomo (1999), a média de eficiência de utilização do nitrogênio na dieta de suínos é de 29%; fósforo 28% e do potássio é de 6%. Conforme ainda este autor, 45 a 60% deste nitrogênio; 50 a 80% do cálcio e fósforo e 75 a 95% do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro consumidos são excretados pelos animais. O nitrogênio das fezes está principalmente na forma de proteína, enquanto que o nitrogênio da urina está na forma de uréia. Portanto, os dejetos de suínos são uma ótima fonte de nitrogênio, já que apresentam mais de 50% do nitrogênio na forma amoniacal, ou seja, prontamente disponível para as algas.

Na piscicultura é praticamente impossível impedir que resíduos nitrogenados estejam presentes nos cultivos (NOGUEIRA FILHO, 2003), pois diversas são as fontes que adicionam amônia à água dos viveiros, como excreção desta pelos peixes, através das brânquias e urina, decomposição de restos de ração não consumida, excesso de esterco lançado nos viveiros e morte do fitoplâncton, pois qualquer material que contenha proteínas ao se degradar libera amônia na água (OSTRENKY; BOEGER, 1998). A amônia é o principal resíduo nitrogenado eliminado pelos peixes, através das guelras (brânquias), que é um subproduto da digestão das proteínas, sendo que se estima uma proporção de 2,2g de amônia produzida para cada 100g de proteína digerida (MASSER et al., 1999).

Para Baldisseroto (2002), o equilíbrio entre as duas formas de amônia N^-NH_3 e N^-NH_4^+ se dá em função da reação $\text{NH}_3 + \text{H}^+$ a qual é diretamente dependente do pH da água. Em pH neutro, a excreção de N^-NH_3 é facilitada pelo fato de que na camada de água estacionária, junto à membrana apical das brânquias, o CO_2 eliminado na respiração é hidratado, resultando na liberação de H^+ , que se combina com N^-NH_3 formando N^-NH_4 , o que mantém um gradiente de N^-NH_3 entre o sangue do peixe e o ambiente. Segundo Nogueira Filho (2003) espécies que conseguem sobreviver a pH muito alcalino apresentam grande resistência a altos níveis de N^-NH_3 ou eliminam os resíduos nitrogenados na forma de uréia e não de amônia. A amônia na forma ionizada N^-NH_4^+ é eliminada através de um cotransportador $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$, contudo a importância deste mecanismo é bem menor do que a difusão do N^-NH_3 . Os cotransportadores $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ e $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ podem ser inibidos em águas alcalinas, de modo que isto possa provocar redução da concentração plasmática de Na^+ e Cl^- . Os níveis mais elevados de amônia podem causar redução do pH sanguíneo devido ao acúmulo de metabólitos ácidos resultantes da supressão do ciclo do ácido cítrico, provocando danos nas brânquias e nos processos osmorregulatórios (BALDISSEROTTO, 2002).

O nitrito existe na água em duas formas específicas: ácido nítrico (HNO_3) e nitrito ionizado (NO_2^-). Em valores de pH bem ácidos (2,5) cerca de 90% do total está na forma de HNO_3 e em pH acima de 5,5 encontra-se apenas NO_2^- . O ácido nítrico se difunde livremente nas brânquias, enquanto que o nitrito é transportado através da membrana apical pelo cotransportador $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$, competindo com o Cl^- . O nitrito entra nas hemácias e oxida o ferro e o resultado desta oxidação é a metahemoglobina, que não se liga ao oxigênio dando cor marrom ao sangue. Peixes com grande percentagem de hemoglobina na forma de metahemoglobina sofrem anemia

funcional, pois ocorre redução na capacidade do sangue transportar. Contudo, muitos autores supõem que a principal causa da toxicidade do nitrito não seja a hipóxia devido à formação da metahemoglobina e sim o efeito hepatotóxico do nitrito (BALDISSEROTTO, 2002). Basicamente os grandes problemas que surgem com a criação de peixes em sistemas superintensivos são: a manutenção da qualidade da água no que se refere aos teores de amônia e OD (NOGUEIRA FILHO, 2003). Losordo et al. (1999) citam que o ponto crítico na utilização de um sistema de recirculação de água é a manutenção da qualidade desta água no que diz respeito aos níveis de OD, resíduos nitrogenados e dióxido de carbono e ainda que o pH e os níveis de alcalinidade também são importantes, pois estes influenciam na conversão da amônia a nitrato.

De acordo com Ostrenky e Boerger (1998), as concentrações de amônia e nitrito que devem ser observadas num sistema de produção intensiva de peixes são: (i) níveis ($N\text{NH}_3$) inferiores a 0,15 considerados ideais, níveis para diminuição da taxa de crescimento e aumento de estresse entre 0,15 e 1,0 e níveis superiores a 5,0 letais; e (ii) níveis $N\text{NO}_2$ inferiores a 0,5 considerados ideais, níveis para diminuição da taxa de crescimento e aumento de estresse entre 0,5 e 5,0 e superiores a 5,0 letais. Num sistema de recirculação onde a manutenção da qualidade química da água, principalmente, no que se refere aos teores de amônia e nitrito é realizada através de renovação, ação de biofiltros e absorção de nutrientes dissolvidos na água pelas plantas, trabalha-se com taxas menores de renovação de água (NOGUEIRA FILHO, 2003). Masser et al. (1999) recomendam renovações de 5 a 10% do volume total e Rakocy et al. (1992) com renovações em torno de 1%. Na realidade não existe uma taxa fixa para renovação de água, pois ela poderá variar em função da avaliação da qualidade da água em determinado momento, sempre buscando manter teores de amônia e nitrito dentro dos limites considerados ideais (NOGUEIRA FILHO, 2003).

A qualidade de água é mantida através da renovação da água e a taxa de renovação é função da disponibilidade de água e do sistema de produção adotado. Assim, numa criação semi-intensiva, em tanque de terra, com alimentação natural e suplementada através do desperdício de ração, não se aconselha grande renovação, para que não ocorra decréscimo no nível de fertilidade do tanque e diminua a capacidade de produção de alimento natural. Em condições normais, uma taxa de renovação de 10% ao dia é recomendável, mas esta pode variar em função das condições do tanque, observada a cada momento. Nos sistemas de criação intensiva, só com ração

balanceada, as taxas de renovação de água são bastante altas e podem variar de uma renovação do volume total do tanque ao dia até uma renovação total por hora (NOGUEIRA FILHO, 2003).

Diversas soluções nutritivas já foram propostas na literatura havendo, em alguns casos, diferenças marcantes entre elas em relação às concentrações dos macronutrientes, enquanto que para os micronutrientes, as diferenças são bem menores (FURLANI et al., 1999).

2.2 Piscicultura

Uma vez que os peixes são exotérmicos, existe uma faixa de temperatura na qual cada espécie tem um melhor crescimento; em baixas temperaturas, o metabolismo é reduzido e não existe crescimento e dependendo dos limites letais da espécie, pode ocorrer mortalidade. Elevação de temperatura da água pode levar o maior crescimento, mas a partir de certo limite começa a ocorrer morte (dependendo da espécie) (BALDISSEROTTO, 2002). Popma e Masser (1999) citam que a intolerância da Tilápia, a baixas temperaturas é uma restrição aos cultivos comerciais em regiões temperadas e que a temperatura letal para a maioria das espécies deste peixe situa-se entre 10,0 e 11,1°C, mas cessam a alimentação quando a temperatura atinge o nível térmico de 17,2°C.

A água é o meio em que os peixes vivem, se alimentam, se reproduzem e se protegem, embora, a tilápia seja resistente em termos de pH da água, oxigênio dissolvido e concentração e gêneros de algas predominantes, dentre outros parâmetros, este meio deve oferecer condições de sobrevivência aos peixes.

De modo geral, os sistemas de cultivo utilizados na piscicultura são divididos em 5 grupos, em função suas diferenças específicas que vão desde o número de animais por área (peixes.m⁻²), alimentação, controle da qualidade da água, espécies a cultivar, dentre outras.

Assim tem-se: (i) sistema Extensivo - utiliza áreas alagadas, sem controle de qualidade da água, sem alimentação artificial e sem controle de fertilidade da água para produção de alimento natural (plâncton), utilização de monocultivo e policultivo, densidade de 500 a 1000peixes.ha⁻¹; (ii) sistema Semi-Extensivo - utiliza áreas alagadas, com pouca ou nenhuma renovação de água, sem drenagem, com pouca adubação mineral e orgânica para produção de plâncton, utilização do policultivo e densidade de 2500 a 5000peixes.ha⁻¹, com ciclo de cultivo de 1,5 a 2 anos; (iii) sistema semi-intensivo - utiliza tanques de terra, construídos para cultivo de peixes, com renovação diária de água (5 a 10%), utilização de calagem, adubação mineral e orgânica de forma

correta para boa produção de plâncton, utilização de policultivo e densidades de 5000 a 18000peixes.ha⁻¹, com ciclo de cultivo de 6 meses a 2 anos; (iv) sistema intensivo - utiliza tanques de terra, de alvenaria ou outros materiais, com monitoramento e controle total da qualidade da água, com taxa de renovação de água que vai desde 25% do volume do tanque por dia, até 1 a 4 vezes o volume de cada tanque por hora, monocultivo e densidades de povoamento que vão desde 5peixes.m⁻² a 700peixes.m⁻³, alimentação artificial através de ração balanceada. É necessário o suprimento de oxigênio, remoção dos metabólitos dos peixes e dos restos de alimentos em decomposição; e (v) sistema intensivo com recirculação de água - é um sistema fechado, onde apenas é reposta a água evaporada ou perdida durante a remoção dos dejetos e restos de alimentos. Neste sistema as qualidades físicas e químicas da água são mantidas através de filtros, biofiltros e aeração. O material básico para implementação desse sistema é: tanque para o cultivo de peixes, tanque para montagem do biofiltro, filtro, tanque de decantação, bomba para recirculação da água e oxigenação, equipamento para a medição dos níveis de oxigênio dissolvido e amônia. Para manutenção da qualidade da água é necessário que seja recirculado, pelo menos, 25% do volume do tanque por hora.

2.2.1 Vantagens da piscicultura

A criação de peixes em sistemas intensivo e super intensivo, em ambiente fechado parcialmente controlado, apresenta inúmeras vantagens. A pouca utilização de água e a otimização do espaço de produção são aspectos importantes. Da mesma forma, a facilidade de manejo possibilita criar grandes quantidades em pequenos espaços. A água destes ambientes de criação apresenta grande concentração de nutrientes, visto que boa parte do que é ingerida via ração não é aproveitado pelo peixe. Destacam-se as concentrações de nitrogênio e fósforo. No ambiente natural, o excesso destes elementos pode ocasionar o processo de eutrofização.

2.2.2 Escolha da espécie a ser criada

Para uma produção economicamente viável, de uma espécie de peixe, nativa ou exótica, deve-se ater a um conjunto de requisitos fundamentais, entre eles: (i) espécie de crescimento rápido – a capacidade do peixe em atingir o peso comercial o mais rápido possível com máximo aproveitamento do alimento, viabilizando economicamente a produção, devido aos custos e riscos do processo produtivo, para tanto, é importante que seja escolhida uma espécie de crescimento rápido, atingindo tamanho de mercado em um intervalo de tempo reduzido. Proporcionando o

retorno do investimento realizado; (ii) aceitação pelo mercado consumidor - a qualidade da carne é de fundamental importância do ponto de vista do consumidor, pois, esta aceitação facilitará o escoamento da produção; (iii) adaptabilidade da espécie ao sistema de produção escolhido - é importante que a espécie escolhida possua boa adaptabilidade à sistemas fechados e intensivos, evitando o stress, o que retardaria seu crescimento; (iv) aquisição dos alevinos - para a implantação da piscicultura deve-se verificar a facilidade e custos para adquirir os alevinos, bem como, a origem genética e a idoneidade dos fornecedores; (v) viabilidade de estocagem - a espécies escolhida deverá ter possibilidade de ser trabalhada com elevadas taxas de estocagem e manejo intensivo, porque evita uma série de alterações fisiológicas decorrentes de stress, que podem levar os peixes a adoecerem. Todo sistema intensivo de produção de peixes necessita de altas taxas de estocagem, pois o volume de produção por unidade de área ou volume interfere na economicidade do processo; (vi) viabilidade de industrialização - a indústria é um fator importante para o destino da produção, para tanto, no momento da escolha da espécie, deve-se verificar se ela tem potencial para atender as necessidade, principalmente no que se refere a cortes e ausência de espinhas intramusculares; (vii) facilidade na obtenção de alimentos - devem-se preferir espécies com boa aceitação de rações extrusadas, pela facilidade no manejo e no controle dos suprimentos nutricionais básicos. A alimentação é fundamental em qualquer sistema de criação de peixes; (viii) resistência a doenças - a escolha de espécies pouco suscetíveis a doenças diminui os riscos de produção. Se os peixes forem acometidos de alguma doença, está levará a um retardamento do seu crescimento, podendo levá-los a morte; (ix) tolerância às variações dos parâmetros ambientais – é importante, também, que a espécie escolhida seja tolerante as variações dos parâmetros ambientais, como por exemplo a temperatura, que sua variação leva os peixes ao stress, fazendo que eles parem de se alimentar, retardando seu crescimento, reduzindo sua tolerância a doenças ou, até mesmo, levar a morte; (x) tolerância às variações da qualidade da água - é necessário que a espécies escolhida seja tolerante as variações da qualidade da água, principalmente com relação ao pH e oxigênio dissolvido, para no comprometer seu crescimento; (xi) capacidade de retenção protéica e de fósforo - esta característica está relacionada à capacidade da espécie de peixe em aproveitar o máximo o alimento. A retenção protéica está associada ao balanço adequado de aminoácidos essenciais e a retenção do fósforo é função das fontes empregadas na alimentação; e (xii) controle e destino dos resíduos - a eliminação ou o controle dos níveis dos resíduos, normalmente é feito através da renovação de uma parte da água. Só que

esta água, que sai dos reservatórios de criação, está enriquecida por componentes orgânicos e químicos e, portanto, pode apresentar riscos de poluição ao meio ambiente e, também, em algumas regiões representa desperdício de água. Os resíduos em suspensão são retirados através de processos de decantação ou filtragem, podendo ser usados como adubo orgânico.

Espécies como a Tilápia (*Oreochromis niloticus*) se adaptam bem a criações em sistemas fechados e intensivos, com altos níveis de intensificação.

2.2.3 Níveis de amônia

A quantidade de peixes e a composição da ração utilizada influenciam nos níveis de nutrientes dissolvidos na água utilizada nos tanques da piscicultura variam em função da carga de estocagem, da idade dos peixes e dos constituintes das rações.

O nitrogênio que aparece dissolvido na água é oriundo da atividade metabólica dos peixes e encontra-se na forma amoniacal. Esta amônia (NH_3), excretada pelos peixes, dissolve-se na água formando o íon amônio (NH_4^+) que precisa ser transformado em nitrito e este em nitrato para que possa ser mais bem utilizado como nutriente pelas plantas. O desdobramento da amônia até nitrato é realizado por bactérias, principalmente as nitrosomonas e nitrobactérias e ocorre no biofiltro.

No biofiltro está contido um meio para fixação das colônias de bactérias. Meio este, que pode ser pedra britada nº 1, argila expandida, pequenos pedaços de tubos ou mangueiras de PVC, ou outra estrutura feita exclusivamente para este fim, por onde circula a água enriquecida com amônia.

O desenvolvimento das colônias de nitrosomonas e nitrobactérias, encontradas naturalmente no solo, é realizado com a colocação de terra no biofiltro.

2.2.3.1 Oxigenação

O nível de oxigênio dissolvido na água (OD) depende da temperatura - relação inversa, da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda biológica de oxigênio (DBO), que neste caso depende da espécie criada, de seu metabolismo, da densidade de povoamento (peixes.m^{-2}) e da atividade do filtro biológico. Assim, para manutenção dos níveis desejados de OD, é necessária a utilização de práticas que permitam a melhoria ou manutenção dos níveis de oxigênio e isto pode ser realizado por processos naturais, como renovação da água, ou por processos artificiais de movimentação da água através de queda livre, cascatas, chuveiros, aeradores diversos ou introdução de ar no meio líquido por meio de sopradores, borbulhadores e compressores. Assim, a

oxigenação é outro fator que é beneficiado pela integração, pois no momento em que a água retorna das bancadas hidropônicas ela pode ser enriquecida de oxigênio.

2.2.4 Metabólitos

A alta taxa de povoamento, utilizada criação intensiva ou super intensiva, e a alimentação artificial balanceada, provocam o aparecimento de grande volume de resíduos sólidos e líquidos, seja através da excreção dos peixes ou da decomposição das sobras de ração.

Estes resíduos, seja na forma sólida, em suspensão ou dissolvidos na água, provocam alterações na qualidade da água da piscicultura, principalmente na qualidade química, a ponto de não permitir o crescimento e o desenvolvimento dos peixes. Assim, estes resíduos devem ser cuidadosamente monitorados e minimizados ou eliminados à medida que possam representar riscos à criação.

2.3 Aquaponia

Os sistemas que combinam duas produções distintas são considerados complexos, pois envolvem sistemas antagônicos. A biomassa constituída pelos peixes, essencialmente aquática, e a fitomassa de plantas não aquáticas, em função disto, sempre será necessário um controle efetivo dos sistemas e que permita o crescimento satisfatório das duas espécies. Contudo o controle ambiental é básico em qualquer sistema produtivo, pois afeta o consumo e/ou metabolismo tanto dos peixes como das plantas. As variáveis que devem necessariamente ser observadas na criação de peixes em sistemas fechados com recirculação de água são: teor de O₂ ou OD, temperatura, pH, alcalinidade, dureza, resíduos nitrogenados na água.

A aquaponia é a produção de peixes associada à produção de vegetais. Com a tendência mundial, atual, de preservação do meio ambiente, e principalmente dos recursos hídricos, esta é uma atividade que, além da redução do uso de insumos, utiliza o reuso da água em um sistema produtivo.

É um sistema fechado e complexo, formando um ecossistema artificial que envolve três componentes biológicos - peixes, bactérias e plantas. Por envolver duas biomassas antagônicas, uma totalmente aquática - os peixes - e outra não aquática - as plantas, torna-se necessário para um controle eficaz e que permita o crescimento e desenvolvimento de ambas, uma aplicação tecnológica moderna. Neste sistema de produção os resíduos dissolvidos na água são aproveitados pelas plantas.

Para Rakocy et al. (1992) as plantas são consideradas com produção secundária, pois, elas crescem de acordo com o nível de nutrientes provenientes da decomposição bacteriana e da eliminação direta pelos peixes na água e, afirmam que esta integração permite a redução da taxa de renovação de água, sendo possível trabalhar com taxas entre 1 e 5%.

O crescimento dos peixes pode ser afetado por qualquer fator ambiental que venha interferir em seu consumo e/ou metabolismo.

Em ambientes artificiais, tais como, tanques de cultivo ou laboratório, é possível controlar ou, até mesmo, modificar alguns parâmetros ambientais a fim de aumentar a eficiência na utilização de alimentos, conseqüentemente, proporcionar aumento no crescimento. Portanto, em situações de cultivo, considera-se que muitos parâmetros variam ao mesmo tempo, fazendo com que as mudanças tenham efeito maior do que ocorreriam isoladamente (BALDISSEROTTO, 2002).

Durante atividades em ambientes fechados, para criação de peixes, com recirculação de água devem ser observados, principalmente, os seguintes fatores: Teor de oxigênio (O_2) ou oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, alcalinidade, dureza e resíduos nitrogenados na água.

Segundo Santos et al. (2007) a utilização da água residual da criação de Tilápias em sistema fechado e intensivo, acrescida de 25% da solução nutritiva proposta por Castelane e Araújo (1995) proporciona alta produtividade de alface, cultivada no sistema hidropônico, com economia significativa de nutrientes, sem prejuízo no crescimento dos peixes.

A redução na quantidade de fertilizantes industrializados utilizados na produção agrícola é uma tendência mundial, pois, o uso destes fertilizantes está diretamente relacionado com a queima de combustíveis fósseis, tanto para sua produção como na sua aplicação. Conseqüentemente, provocando impactos ambientais, tais como, contaminação do solo, do lençol freático e contribuindo com o aquecimento global. A aquaponia ao reciclar os nutrientes dos peixes para as plantas, através do reuso da água da piscicultura, também contribui para a redução de resíduos da produção de peixes ao mesmo tempo em que se produz alimentos com menor impacto ao meio ambiente.

A aquaponia, apesar de praticamente não ser praticada no Brasil, existe um grande potencial para sua implantação. Seja pelo aumento do número de pesqueiros comerciais, pelo alto custo dos fertilizantes industrializados solúveis utilizados em hidropônica e pela tendência da cobrança pela água utilizada na atividade agrícola, nos leva a necessidade de técnicas de produção

de alimentos que racionalizem o uso da água ou utilize técnica para o seu reuso. Além de proteger o meio ambiente através da redução de produtos químicos nos leva em direção a produção orgânica, em busca de um alimento mais saudável.

Teor de oxigênio

Fatores ambientais, como: temperatura da água, altitude e quantidade de substâncias dissolvidas, afetam a pressão parcial de oxigênio na atmosfera que, por sua vez, influencia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) na água.

Segundo Baldissetto (2002) os níveis de oxigênio ao redor de $5-6\text{mg.L}^{-1}$ são requeridos pela maioria das espécies de peixes e quando OD atinge níveis inferiores 3mg.L^{-1} ocorre situação de estresse para muitas delas, enquanto com níveis de OD abaixo de 2mg.L^{-1} diz-se que a situação é hipóxia.

Algumas espécies de peixes, com a Tilápia, sobrevive no ambiente natural com baixo nível de OD ao amanhecer, próximo a $0,3\text{mg.L}^{-1}$, mas, em ambientes com aeração artificial, para manter níveis de OD acima de $0,7\text{mg.L}^{-1}$, obtém melhor crescimento, porém não ocorre melhor crescimento para níveis de OD acima de 2mg.L^{-1} (POPMA; MASSER, 1999).

De acordo com Faquin e Furlani (1999), o teor de oxigênio dissolvido (OD) na solução nutritiva, a ser utilizada na hidroponia, não deve ser inferior a 5mg.L^{-1} , pois, as raízes o utilizam para a sua respiração. Solução com valores de OD baixos provocam a morte dos meristemas radiculares, pequena ramificação das raízes e baixa absorção de água e nutrientes. O nível de OD pode ser mantido por meios artificiais, tais como, injeção de ar comprimido, aeração por turbulência da solução obtida pelo retorno de parte da solução bombeada ou diretamente no reservatório.

As plantas são tão exigentes quanto os peixes, com relação ao OD, portanto, este é um fator que favorece a associação de criação de peixes com plantas cultivadas em hidroponia, pois, ambos os sistemas são beneficiados com a manutenção de altos níveis de OD (FAQUIN; FURLANI, 1999).

2.3.1 Temperatura da água

A temperatura da água é um fator importante para o crescimento dos peixes, pois são ectotérmicos, e existe uma faixa de temperatura na qual cada espécie tem melhor resposta no crescimento; em baixas temperaturas o metabolismo é reduzido e, conseqüentemente, seu

crescimento é afetado, podendo paralisar totalmente e até ocorrer mortalidade, dependendo dos limites letais da espécie. Contudo, o aumento da temperatura da água pode levar a um maior crescimento dos peixes, respeitando o limite de cada espécie para que não ocorra mortalidade por excesso de calor (BALDISSEROTTO, 2002).

Segundo Popma e Masser (1999), a Tilápia é intolerante a baixas temperaturas, o que causa restrições aos cultivos comerciais em regiões de clima temperado e que a temperatura letal para a maioria das espécies de Tilápias encontra-se entre 10,0 e 11,1°C, mas elas param de se alimentar com temperatura da água abaixo de 17,2°C.

O funcionamento e eficiência do biofiltro são influenciados pela temperatura da água, uma vez que, bactérias são capazes de crescer em ambientes com temperaturas entre 5 e 38°C, indicando que bactérias nitrificadoras são capazes de se adaptar a diferentes faixas de temperatura.

Com relação à manutenção da temperatura da água, o sistema de recirculação da água permite utilizar aquecimento artificial para que durante o inverno a temperatura da água se mantenha em níveis adequados ao crescimento normal dos peixes.

2.3.2 pH da água

A atividade dos íons de hidrogênio (H^+) na solução nutritiva corresponde ao pH e esta relacionado com fontes de nitrogênio e com a composição da solução (CABRERA; FLORES, 1984).

Em meios ácidos (pH baixo) além dos efeitos sobre o sistema radicular, ocorrer a competição entre o H^+ e os nutrientes catiônicos, por outro lado, em meios alcalinos (pH alto) além da diminuição da absorção dos nutrientes aniônicos da solução provoca uma precipitação de Fe^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+} .

Para um valor de pH baixo, Faquin et al. (1996), recomendam adicionar hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) e para valores de pH alto, isto é, acima do recomendado, recomendam a adição de ácido nítrico (HNO_3), ácido clorídrico (HCl) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4). No entanto, Furlani (1997), o uso de soluções básicas ou ácidas para a correção do pH de ser evitado, pois, do mesmo modo que altera o pH rapidamente, quando adicionado, ocasiona rápida reversão do pH quando o efeito diminui. O recomendado é que a solução nutritiva seja mantida em equilíbrio, do que o valor do pH, em faixas estreitas de valores.

Normalmente o pH é regulado pelo sistema gás carbônico-bicarbonato-carbonato, oscilando entre 6,0 e 8,0, ocorrendo variações diárias em uma ou duas unidades, quando cultivados em tanques de água doce. Esta oscilação diária do pH é função da variação da taxa fotossintética do fitoplâncton e outras plantas aquáticas em relação à luminosidade e fotoperíodo.

Durante o dia os organismos fotossintetizantes consomem o CO₂ reduzindo a quantidade de H⁺ presente na água e, conseqüentemente, aumentando o pH. À noite, com a interrupção da fotossíntese, ocorre aumento na concentração de CO₂, aumentando a quantidade de H⁺ e, conseqüentemente, diminuindo o pH. De maneira generalizada, pH variando entre 6,5 e 9,0 representa a faixa ótima para o desenvolvimento da maioria das espécies de peixes. Contudo, existem espécies que vivem naturalmente em águas ácidas (como peixes da região amazônica) e certas espécies sobrevivem e se reproduzem em pH próximos de 10,0. Exemplo é a espécie de tilápia *Oreochromis grahami* que tolera pH da água até 11. A sobrevivência desta espécie em pH alcalino implica numa adaptação do sistema de excreção de resíduos nitrogenados. Os íons H⁺ em excesso competem com íons Ca⁺² e Na⁺ da água, inibindo a captura pelo peixe. Ao mesmo tempo, os íons H⁺ afrouxam as junções protéicas das células da membrana branquial, de modo que aumenta a perda de íons para o meio (BALDISSEROTTO, 2002). De acordo com Popma e Masser (1999), a tilápia sobrevive em uma faixa de pH variando entre 5 e 10, mas o melhor desenvolvimento ocorre na faixa entre 6 e 9.

2.4 Biosistemas integrados (BSI)

Define-se o biosistema integrado como um sistema onde procura-se a maximização das variáveis do desenvolvimento sustentado aplicando métodos e técnicas que eliminem os resíduos produzidos em determinado processo produtivo, transformando-os em matérias primas úteis em outros processos, conforme o pensamento ZERI (*Zero Emissions Research and Initiatives*) (PAULI, 1995), de forma integrada e sustentável.

A necessidade crescente de produção de alimentos, muitas vezes, leva a um atividade econômica irresponsável e com impactos ambientais, com risco de desencadear processos irreversíveis no ecossistema, colocando em risco seu equilíbrio natural.

A água, como o ar, é considerada um bem de propriedade comum, isto é, para uso de todos, necessitando de racionalização do uso e preservação para a continuidade dos ciclos biológicos naturais, garantindo desta forma que no futuro não fique escassa.

Projetos de biosistemas integrados, além de remover boa parcela de poluentes e promover o reuso da água, reduz a quantidade de fertilizantes industrializados utilizados na produção de vegetais, minimizando os riscos de contaminação do meio ambiente.

Com a utilização de um BSI, pode-se agregar valor aos dejetos através da transformação dos nutrientes presentes neste, em produtos como o gás, fertilizantes, produção de peixes, produção de algas e vegetais, o que muda o conceito da suinocultura como grande poluidor (TECPAR, 2002).

Com o conceito de Biosistema Integrado é possível a integração de várias atividades rurais, que podem ser desenvolvidas numa mesma propriedade ou localidade, e que se complementam aproveitando totalmente todos os subprodutos gerados e possibilita a agregação de valor para a propriedade e sinergia entre vários setores produtivos.

A água utilizada na produção hidropônica desenvolve algas que irão para um tanque de peixes, onde servirão de alimento para os mesmos, reduzindo ou até dispensando o uso de ração. Com o reuso da água, do tanque de peixes, a matéria orgânica será utilizada como nutrientes para a produção de plantas, que para seu crescimento, utilizarão os nutrientes existentes na água (TECPAR, 2002).

O ciclo em cascata de resíduos e de geração de receita entrou em um circuito de retroalimentação em um sistema que é denominado dentro do conceito ZERI, de Biosistema Integrado. Isto significa que se gera mais renda com poucos investimentos adicionais, com produção de mais alimentos e energia, mais empregos, sem matérias primas extras, sem gerar resíduo e reduzindo impactos ambientais.

No final de todo o processo de tratamento o efluente do tanque de peixes apresenta parâmetros favoráveis para serem reincorporados ao ecossistema.

2.4.1 Poluentes

Segundo Medri (1997), os indicadores de poluentes são separados em duas categorias: orgânicos e minerais. Na primeira categoria, entre os vários parâmetros indicadores de poluição, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresentam-se como dos mais importantes parâmetros que classificam a poluição de uma água residuária em fraca, média e forte.

A DBO está associada à fração biodegradável dos compostos orgânicos carbonáceos. Portanto, retrata a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar, através de processos biológicos, a matéria orgânica presente nos dejetos. É uma indicação indireta do carbono orgânico biodegradável. O teste padrão realizado em laboratório é feito em 5 dias (DBO5), através de diluições e incubação das amostras a 20°C, sem a presença da luz. Com esgotos 46 domésticos, esse tempo de 5 dias implica em cerca de 70 a 80% de degradação da matéria carbonácea.

A DQO representa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar quimicamente as matérias orgânica e inorgânica oxidáveis de uma água, ou seja, é a quantidade de oxigênio consumida por diversos compostos sem a intervenção de microorganismos. É uma indicação indireta do teor do carbono orgânico através do consumo do oxigênio no processo de oxidação da matéria orgânica presente na água. O teste é realizado através do uso de oxidante forte, o dicromato de potássio, em meio ácido e temperatura elevada, durante duas horas.

O Oxigênio Dissolvido (OD) apresenta-se como um bom indicador de poluição, sua concentração é de 9mg.L^{-1} , para água limpa a 20 °C e ao nível do mar. Em meio onde a matéria orgânica é altamente concentrada, o OD poderá ser zero mg/l, enquanto que em presença de elevada concentração de algas pode-se observar valores de super saturação (MEDRI, 1997).

Na segunda categoria, os parâmetros mais relevantes para a medida da poluição mineral são: pH, Oxigênio Dissolvido, Sólidos (ST, SF e SV) e nutrientes (N e P).

O potencial de hidrogenação (pH) é um parâmetro importante, pois condiciona as reações químicas do meio.

Os sólidos são os responsáveis pelo aparecimento da cor e turbidez nas águas. Os sólidos são classificados segundo suas características químicas em sólidos fixos (SF) e Sólidos Voláteis (SV), os quais juntos formam os sólidos totais (ST). Os Sólidos Totais em águas residuárias caracterizam o teor da matéria seca das mesmas, os Sólidos Voláteis indicam uma estimativa da matéria orgânica existente no resíduo, enquanto que os Sólidos Fixos representam a matéria inorgânica, ou seja, o teor dos sólidos minerais.

O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes responsáveis pelo crescimento e reprodução dos microorganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica presente nos despejos.

Os compostos nitrogenados nos despejos domésticos são encontrados na forma de amônia, nitritos, nitratos e nitrogênio orgânico. A amônia, juntamente com o nitrogênio orgânico, nitrito e

nitrato, resulta no nitrogênio total (NT), enquanto que o nitrogênio total Kjeldahl (NTK) é a soma do nitrogênio orgânico com a amônia.

Nos despejos o fósforo aparece sob as formas de ortofosfatos e polifosfatos, que são solúveis, e nas formas de complexos: fosfatos orgânicos insolúveis, fosfatos precipitados, que são pouco solúveis, e ácido fosfórico insolúvel. A determinação dos fósforos orgânico e inorgânico denomina-se de fósforo total (PT) (MEDRI, 1997).

2.4.2 Qualidade da água

As plantas são capazes de crescer e se desenvolver nas mais variadas condições de nutrição, entretanto, a formulação de uma solução que garanta um desenvolvimento máximo sem excedentes e nem falta, necessita um conhecimento mais apurado de cada cultura e de suas exigências nutricionais, especialmente, em condições de cultivo hidropônico. Este conhecimento se faz necessário devido as exigências nutricionais variarem entre espécies, cultivares, estágio de desenvolvimento, fotoperíodo, intensidade luminosa e temperatura (FURLANI, 1999). Neste contexto, a água é quantitativamente o elemento mais importante da solução, já que representa mais de 99% do composto (CABRERA; FLORES, 1984). Em princípio toda água que serve para consumo humano serve para uso em hidroponia. De qualquer forma é importante efetuar uma análise completa da água, levando em consideração a sua característica química, física e biológica (SCHMIDT, 1999).

Segundo Hanger (apud CASTELLANE; ARAUJO, 1995), a condutividade elétrica da água deve ser inferior a $0,5\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, com uma concentração total de sais inferior a 350 ppm. Santos (1998) e Schimdt (1999) afirmam que o total de sais contido na água pode ter grande influência na composição da solução nutritiva, devendo-se descontar o valor encontrado se maior que 20 a 25% do recomendado.

2.4.3 Teor de nitrato

O consumo de alimentos diários expõe as pessoas à presença de nitritos e nitratos na alimentação. Geralmente, suas quantidades são pequenas, o que não apresenta efeitos prejudiciais a saúde humana e animal (MAYNARD et al., 1976). Contudo, quando os alimentos possuem alto teor de nitrato, sua qualidade nutricional é diminuída, devido aos compostos nocivos formados a partir de sua ingestão.

A alface possui grande habilidade em acumular nitrato em suas folhas (ROORDA van EYSINGA, 1984), portanto, existe grande interesse em monitorar o teor de nitrato nestas plantas. Para a Organização Mundial da Saúde, a ingestão diária aceitável de nitrato, sem risco para a saúde é de $3,65\text{mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ por kg de peso vivo (ESCOÍN-PEÑA et al., 1998). O acúmulo depende de vários fatores como intensidade luminosa, temperatura (CANTLIFFE, 1972; KANAAN; ECONOMAKIS, 1992), manejo, quantidade e fonte de fertilizantes nitrogenados (GUNES et al., 1994; POVLOVIC et al., 1997; URRESTARAZU et al., 1998), genótipos (BLOM-ZANDSTRA; EENINK, 1986; BEHR; WIEBE, 1992; WEIMIN et al., 1998) e a disponibilidade de molibdênio, que influencia a atividade da redutase do nitrato, enzima responsável pela redução do nitrato a nitrito no processo de assimilação de nitrogênio pela planta (MARSCHNER, 1986). O nitrato presente nos vegetais pode ter origem do nitrato adicionado como fertilizante ou formado, no substrato, pela mineralização ou nitrificação (MAYNARD et al., 1976). Já Richardson e Hardgrave (1992) concluíram que diferentes fontes de nitrogênio aplicados no solo não influenciaram o teor de nitrato nas plantas. Como em sistema hidropônico é comum a utilização de fonte nítrica, acredita-se que esse cultivo proporcione plantas com alto teor de nitrato (LUO et al., 1993).

Faquin et al. (1996), utilizando a solução Furlani (1995), encontraram teor de nitrato $436,9\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca (FF) para a variedade cultivada Verônica. Ruschel (1998) encontrou $8993,89\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa seca (FS) e $345\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca (FF) como teor máximo de nitrato em alface sob hidroponia, quando a solução fornecia $240\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de nitrogênio. Já Rezende et al., (1999), analisando oito cultivares de alface sob hidroponia em Brasília-DF, encontraram teores variando de 687 a $5044\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca (FF) em nitrato de sódio. Da mesma forma, Junqueira et al. (1999), analisando 20 amostras de alface cultivadas em hidroponia, encontraram teores de NO_3^- médios de 3841 e $684\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca. Delistoianov et al. (1996) obtiveram o maior teor de nitrato com a variedade cultivada Tainá ($1688\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca). Na França, Dapigny et al. (1996) encontraram em alface produzida em solução nutritiva teores variando de 500 a $2000\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de fitomassa fresca. A discrepância de valores encontrados entre as pesquisas, certamente são ocasionadas em função das condições ambientais em que os experimentos são executados e, sobretudo, aos diversos métodos utilizados para a análise de nitrato.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do local

O projeto foi conduzido no setor de piscicultura e horticultura da Escola Agrotécnica Federal de Concórdia-SC (EAFC), em estrutura montada para a produção de peixes e para a produção alface em sistema hidropônico. O município de Concórdia localiza-se na região Oeste do Estado de Santa Catarina, tendo como coordenadas geográficas: latitude 27°13'55"S; longitude 52°00'26"W e altitude 569m.

3.2 Material

O experimento foi conduzido em estufa plástica para produção hidropônica com oito bancadas. Cada tratamento foi composto por duas bancadas, sendo cada bancada composta por seis perfis de PVC com 6m de comprimento, e espaçamento de 25cm entre os furos, perfazendo um total de 24 furos por cano, totalizando 144 mudas de alface por tratamento. Para cada tratamento foi montado um sistema formado por uma caixa d'água de fibra com capacidade de 200 litros para depósito da solução, e uma bomba de 0,33HP, acionado por temporizador, com vazão de 1,5 a 2,0L.min⁻¹ por cano, com intervalos de tempo de 15 minutos durante o dia e 2 a 3 vezes durante a noite, em intervalos espaçados. Os experimentos foram conduzidos em estufa plástica tipo arco pampeano, com dimensões de 12,5m x 7,5m e pé direito de 2,5m, com cobertura e cortinas laterais em policloreto de vinil (PVC) com 230 µ de espessura, aditivado contra raios ultravioletas.

3.3 Espécie e variedade cultivada

A planta teste foi a alface (*Lactuca sativa* L.), variedade cultivada Vera, que apresenta como características predominantes folhas crespas, indicação para semeadura o ano todo, principalmente na época de primavera e verão, possuindo alta tolerância ao pendoamento precoce, sendo que as plantas apresentam folhas de coloração verde clara.

3.4 Produção de mudas e plantas de alface hidropônica

A semeadura foi realizada em espuma fenólica, sendo que em cada célula da espuma fenólica foi colocada uma semente peletizada. A espuma fenólica foi colocada no berçário, que se

constituiu de uma mesa de telha de fibra de vidro, com dimensões de 4,4m x 2,1m e canais com 3,0cm de profundidade e desnível de 3,0%. A solução nutritiva utilizada foi a descrita por Castellane e Araújo (1995) diluída a 50% da formulação inicial.

Tabela 1 - Composição química da solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), recomendada para a cultura da alface, utilizada nos tratamentos T₁ e T₂, respectivamente, água pura com 100% da solução nutritiva e água da piscicultura com 50% da solução nutriiva do tratamento T₁. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008. Concórdia, SC. 2008

Sal	g por 1000L
Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	950
KNO ₃	900
KH ₂ PO ₄	272
MgSO ₄ .7H ₂ O	246
MnSO ₄ .4H ₂ O	1,70
Zn SO ₄ .7H ₂ O	1,15
Cu SO ₄ .5H ₂ O	019
Na ₂ B ₄ O ₇	2,85
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,12
Fe – EDTA *	1000

* Como fonte de ferro foi utilizado Fe - EDTA obtido através da dissolução de 24,1g de Fe SO₄ em 400mL de água e 25,1g de Na – EDTA em 400g de água quente (80°), misturando-se as duas soluções frias, completando o volume de um litro e borbulando ar por 12 horas, no escuro. Esta solução contém 5mg.mL⁻¹ de Fe.

3.5 Metodologia

Na fase seguinte do experimento foi utilizada a solução nutritiva descrita por Castellane e Araújo (1995) em conformidade com as diluições dos diversos tratamentos descritos no item tratamentos. A água foi repostada sempre que o nível na caixa atingiu 50% do volume original, sendo corrigida a solução nutritiva conforme a recomendação da Tabela de correção e/ou até a água atingir a condutividade elétrica original. O pH foi mantido entre 6,2 e 6,5.

A qualidade da água da água foi controlada através do monitoramento dos teores de OD, pH, amônia, nitrito, alcalinidade e dureza. A determinação do teor de oxigênio foi realizada com o auxílio de um oxímetro SI 510, através de leituras diárias, em função da necessidade de avaliar a recirculação de água durante o ensaio. Posteriormente, efetuou-se um controle complementar

através da observação do comportamento dos peixes, movimentação e avidez na busca de alimento, para que o nível de OD nunca estivesse abaixo de $4,0\text{mg.L}^{-1}$.

A leitura de pH foi realizada diariamente com o auxílio de peagâmetro digital, cuja finalidade de acompanhar sua variação durante o ciclo da cultura de alface e determinar a porcentagem de amônia não ionizada N-NH_3^- em relação à amônia total (TAN). O monitoramento dos teores de resíduos nitrogenados, alcalinidade e dureza foram realizados através de testes colorimétricos, com o auxílio de um Kit Técnico para análise da qualidade química da água, fornecido pela Alfa-Tecnoquímica.

Os peixes foram criados no sistema semi-intensivo, integrados com suínos. A alimentação foi feita por adubação orgânica para a geração de plâncton no modelo vertical (direto) suíno-peixe, apresentando uma densidade de 60 animais por hectare alagado de viveiro, com peso médio dos suínos na baía entre 25 e 100 quilos (entrada e saída respectivamente) e o tempo de residência de 70 a 90 dias. O cultivo foi realizado em tanque de terra, semi-escavado, com área de 400m^2 com profundidade de 1,3m na parte mais profunda e 1,0m na parte mais rasa. O abastecimento de água foi individual, por gravidade, com vazão de $3\text{L.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ ou taxa de reposição equivalente a 2,5% ao dia oriunda de nascente própria. A densidade de cultivo foi de $1,5\text{peixes.m}^{-2}$ ou $15.000\text{peixes.ha}^{-1}$. A espécie de peixe utilizada foi a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

O monitoramento ambiental do cultivo de peixes foi realizado através de duas medidas semanais de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizando aparelhos digitais e a transparência com o uso do disco de Secchi (ideal 20 a 30cm). As medidas foram realizadas no período da manhã entre 8:30 as 9:00 horas e a tarde entre 16:00 e 16:30 horas. O preparo do viveiro seguiu as recomendações técnicas indicadas pela Epagri para este sistema de cultivo, que inclui a secagem e exposição ao sol por 15 dias. A calagem foi realizada conforme a recomendação da análise do solo com amostras retiradas do fundo do viveiro com pH de 5,9. Foi aplicado 2000kg.ha^{-1} de calcário dolomítico com PRNT de 80% uma semana antes do início do enchimento do viveiro, e realizada uma adubação antes do peixamento (viveiro vazio) com 1500kg.ha^{-1} de cama de aviário de cinco lotes.

A avaliação do crescimento das alfaces foi realizada através da metodologia preconizada por Manfron (1985) com estudo das seguintes variáveis: índice de área foliar (IAF), produtividade biológica (PB), taxa de crescimento da cultura (TCC) e razão de área foliar (RAF). As definições

de tais índices foram baseados nas formulações apresentadas por diversos autores, citados por Watson (1952).

3.6 Análises

Na cultura da alface foram realizadas as seguintes análises: fitomassa fresca (FMV) e seca (FMS) aos 35 dias após o transplante de mudas para o local definitivo, número de folhas por planta considerando-se somente as com tamanho superior a 5,0cm de comprimento (desconsideradas folhas senescentes). A avaliação da concentração de nitrato ($\text{mg.kg}^{-1}.\text{FMS}^{-1}$) das folhas da alface variedade cultivada Vera foi realizada aos 28 dias após transplante. Cada amostra foi constituída por seis plantas de alface de cada tratamento, correspondentes ao 4º, 8º, 12º, 16º e 20º furo do cano PVC, que correspondem respectivamente a 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e 5ª coleta. As coletas foram realizadas sempre no mesmo dia da semana, entre 8:30 e 9:00 horas da manhã. Para a obtenção da fitomassa fresca as plantas foram pesadas inteiras. Após a pesagem foram separadas as raízes da parte aérea, determinado o número de folhas por tratamento e coletados 50 discos para cálculo da área foliar (AF). As folhas, discos e raízes foram colocadas em bandejas individuais e levadas a estufa de ventilação forçada à temperatura aproximada de 70°C, até atingirem massa constante, sendo em seguida, utilizada balança eletrônica com precisão de 0,01g para pesar o material e se obter a fitomassa seca da parte aérea, raiz, disco e fitomassa seca total. Com base nessas informações determinou-se o índice de área foliar (IAF), a produtividade biológica (PB), a taxa de crescimento da cultura (TCC) e a razão da área foliar (RAF).

Após a coleta, secagem e determinação da fitomassa seca das plantas procedeu-se a moagem da parte aérea em micro moinho do tipo Willey. A obtenção do extrato e a determinação de nitrato foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Cataldo et al. (1975) com modificações descritas em Ohse (1999): em 0,1g de amostra seca e moída já colocada em tubo de ensaio a centrífuga de 12mL, adicionou-se 10mL de água destilada e deixou-se incubando a 45°C por uma hora, após o resfriamento o material foi centrifugado a 5000rpm por 10 minutos, em centrífuga do tipo Eppendorf, modelo Centrifuge 5416. Do sobrenadante, pipetou-se 0,2 ml do extrato para um Becker de 50mL e adicionou-se 0,8mL a solução de ácido salicílico a 5% em H_2SO_4 concentrado (peso/volume). Agitou-se e esperou-se 20 minutos. Adicionou-se lentamente 20mL de NaOH (2N). Deixou-se a amostra esfriar e então, determinou-se a absorbância a 410nm em espectrofotômetro do tipo Spectronic® 20 Genesys Instruments. O teor de nitrato foi

determinado inserindo-se as leituras de absorvância em uma equação obtida previamente com padrões de nitrato conhecidos, preparadas de forma idêntica às amostras.

Para a obtenção da equação, valeu-se de uma curva obtida da seguinte maneira: dissolveu-se 2,8864g de nitrato de potássio (KNO_3) em um litro de água destilada. Esta solução continha 400 ppm ou mg.L^{-1} de nitrogênio na forma de nitrato. Pipetou-se 0,5; 10; 20; 40 e 80mL desta solução para balões volumétricos de 100mL, completando-os até a marca com água deionizada, obtendo-se assim uma curva do teor de nitrato em função da absorvância, a partir dos valores conhecidos do teor de nitrato: 0 (Branco); 20; 40; 80; 160 e 320 ppm de nitrato.

3.7 Tratamentos

Em cada tratamento (Tabela 1) foram cultivados 144 plantas de alface distribuídos em seis canos de PVC (6,0m de comprimento com 24 furos cada).

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos utilizados no cultivo hidropônico de alface, variedade cultivada Vera, em trabalho realizado no campo experimental da Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, nos anos agrícolas de 2006, 2007 e 2008. Concórdia, SC. 2008

Tratamento	Descrição
T ₁	Água pura, com 100% de solução nutritiva. Testemunha
T ₂	Água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T ₁
T ₃	Água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T ₁ e T ₂
T ₄	Somente a água da piscicultura

3.8 Épocas da coleta

As coletas foram realizadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplante das mudas para o local definitivo.

3.9 Delineamento estatístico

O modelo de delineamento estatístico foi o de blocos casualizado com quatro repetições. Os tratamentos relativos as formulações nutritivas foram submetidos à análise de variância, sendo suas médias comparadas entre-si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, e para as variáveis de crescimento de plantas de alface foram determinadas regressões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados experimentais médios de três anos de cultivo do número de folhas por tratamento, nas coletas efetuadas aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplante das mudas de alface variedade cultivada Vera são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6. Estes valores mostram que o melhor tratamento foi o tratamento T₁ seguido pelo tratamento T₂ (Tabela 7). Os tratamentos T₃ e T₄ não diferiram significativamente entre-si, entretanto, mostraram uma acentuada diferença para os demais, fato que realça uma deficiência nutricional destes tratamentos em relação aos tratamentos T₁ e T₂ (Tabela 7).

Tabela 3 - Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total de plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total de plantas, g.amostra⁻¹); referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T₁). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008

Coleta	DAT	Planta verde				Planta seca			
		FVT	FVR	FVPa	NF	FSD	FSR	FSPa	FST
1	07	47,51	9,13	38,38	14	0,19	0,37	2,36	2,73
2	14	104,43	19,28	85,15	22	0,20	0,78	5,36	6,14
3	21	232,07	35,00	197,07	30	0,24	1,78	11,74	13,52
4	28	581,51	64,98	516,53	48	0,32	3,06	25,37	28,43
5	35	679,92	49,12	630,80	68	0,23	3,61	41,68	45,52

O valor máximo do número de folhas para a alface foi obtido no tratamento com 100% da solução nutritiva proposta por Castellane e Araújo (1995) com a média de 36,4 folhas, não apresentando diferença significativa para o tratamento T₂ com a média de 32,0 folhas, o que mostra a eficiência da solução nutritiva utilizada no crescimento das plantas de alface, que se desenvolveram mesmo com aplicação de 50% da solução nutritiva do tratamento T₁ (Tabela 2). Ocorreu uma diferença de 29,4% entre os tratamentos T₁ e T₂; 55,9% entre os tratamentos T₁ e T₃; 54,4% entre o T₁ e T₄, e 37,5% entre o T₂ e T₃, sendo o pior tratamento o T₃ que não diferiu significativamente do T₄ (Tabela 7). Este fato nos leva a concluir que, a água da piscicultura continha teores muito baixos de nutrientes pois existe uma precipitação natural dos mesmos no açude.

Tabela 4 - Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raízes das plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total das plantas, g.amostra⁻¹; referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T₂) e os dias após transplante (DAT). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008

Coleta	DAT	Planta verde				Planta seca			
		FVT	FVR	FVPa	NF	FSD	FSR	FSPa	FST
1	7	72,30	11,21	61,09	16	0,20	0,54	3,72	4,26
2	14	166,57	36,78	129,79	25	0,23	1,14	7,62	8,76
3	21	323,03	47,18	275,85	28	0,28	2,13	15,39	17,52
4	28	604,65	63,91	540,74	43	0,31	2,57	22,57	25,14
5	35	723,86	72,13	651,53	48	0,24	4,68	39,5	44,42

Os resultados obtidos de fitomassa apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6; dos componentes fitomassa verde e seca da parte aérea (FVPa, FSPa), fitomassa verde e seca da raiz (FVR, FSR), fitomassa verde e seca total (FVT, FST), mostram que o crescimento e desenvolvimento da alface variedade cultivada Vera foi máximo no tratamento T1 com 100% da solução nutritiva de Castellane e Araújo (1995).

Nas Tabelas 3, 4, 5 e 6, observa-se que houve comportamento muito similar entre os tratamentos, para as variáveis fitomassa fresca e seca da parte aérea, raiz e fitomassa total das plantas de alface variedade Vera, salientando sempre o melhor crescimento nos tratamentos com adição de nutrientes e que continham macronutrientes e micronutrientes, em relação aos demais tratamentos. Isso realça o fato de que a composição da solução nutritiva de Castellane e Araújo (1995) foi efetiva para que as plantas completassem seu ciclo com bons resultados de produtividade, superior aos demais tratamentos.

Tabela 5 - Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas das plantas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raiz de plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total de planta, g.amostra⁻¹); referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico (Tratamento T₃). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008

Coleta	DAT	Planta verde				Planta seca			
		FVT	FVR	FVPa	NF	FSD	FSR	FSPa	FST
1	7	34,18	6,22	27,96	15	0,22	0,33	2,00	2,54
2	14	38,41	8,36	30,05	15	0,24	0,45	2,76	3,21
3	21	81,00	16,95	64,05	22	0,28	1,36	7,30	8,66
4	28	98,40	30,42	67,98	26	0,27	2,49	7,88	10,37
5	35	112,86	34,16	78,70	30	0,33	3,30	8,53	12,16

Comparando-se os valores médios das variáveis estudadas obtidos neste experimento (Tabela 7), verifica-se que são similares aos encontrados por NOGUEIRA FILHO (1999) e LONDERO (2000) que analisaram diferentes soluções e reposições de nutrientes. Também os valores obtidos permitem concluir que, o tratamento T₄ em que não ocorreu adição de nutrientes na solução (somente água da piscicultura) apresentou deficiência nutricional, obtendo-se plantas com menor número de folhas e fitomassa fresca e seca (71,97g e 7,07g), em síntese com desenvolvimento prejudicado. Quanto a fitomassa seca da parte aérea, raiz e total, foi possível observar que os valores de fitomassa seca de planta em relação aos tratamentos utilizados apresentaram desempenho diverso aos de fitomassa fresca de planta, considerando-se o tratamento somente com água da piscicultura. Em todas as análises realizadas a variedade cultivada Vera apresentou desempenho superior no tratamento T₁ com a solução nutritiva proposta por Castellane e Araújo (1995), o que pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 6 - Resultados experimentais médios de três anos de cultivo (FVT: fitomassa verde total das plantas, g.amostra⁻¹; FVR: fitomassa verde total das raízes de plantas, g.amostra⁻¹; FVPa: fitomassa verde total da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; NF: número de folhas das plantas de alface; FSD: fitomassa seca dos discos de folhas das plantas, g.amostra⁻¹; FSR: fitomassa seca das raiz de plantas, g.amostra⁻¹; FSPa: fitomassa seca da parte aérea de plantas, g.amostra⁻¹; FST: fitomassa seca total de plantas, g.amostra⁻¹) referentes a variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico. (Tratamento 4). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia-SC. 2008

Coleta	DAT	Planta verde				Planta seca			
		FVT	FVR	FVPa	NF	FSD	FSR	FSPa	FST
1	07	31,33	5,77	25,56	14	0,20	0,27	3,63	3,90
2	14	49,46	9,60	39,86	21	0,23	0,54	3,67	4,21
3	21	72,65	16,35	56,30	23	0,29	1,34	6,35	7,69
4	28	105,26	30,29	74,97	28	0,28	2,31	7,81	10,09
5	35	113,60	29,10	83,90	31	0,30	2,46	8,76	11,55

Medeiros et al. (2001), avaliando o crescimento e desenvolvimento da alface em estufa com fertilização de substratos, também observaram que a maior disponibilidade de nutrientes a partir dos 27 dias após transplante (DAT) determinou uma maior área foliar, por ser esta a fase de cultivo em que o crescimento da cultura é mais intenso. Uma melhor oferta de nutrientes nessa fase de cultivo é que determinou melhores condições nutricionais em relação aos demais, enquanto que para os tratamentos T₃ e T₄, a fertilização não foi suficiente para atender a demanda das plantas. É bom salientar que no vigésimo quinto dia após transplante (DAT) houve uma reposição de volume de água e solução nutritiva, proporcional para todos os tratamentos, na ordem de 50%. Na metodologia do projeto foi o patamar estabelecido como sendo limite máximo para se efetuar a reposição, fato que acelerou o crescimento da alface nos tratamentos T₁ e T₂, o que nos leva a concluir que as reposições periódicas de água e solução nutritiva parece ter sido benéfica ao crescimento e ao desenvolvimento da cultura, embora que no tratamento T₂ a solução nutritiva correspondesse a apenas 50% da solução nutritiva recomendada e utilizada no tratamento T₁. Os tratamentos T₃ e T₄ tiveram um comportamento também semelhante tendo apresentado um crescimento quase nulo até os primeiros dias após transplante, tendo uma pequena recuperação para decrescer percentualmente entre os 28 DAT e 35 DAT.

Tabela 7 - Valores médios de três anos de cultivo e datas de coleta do número de folhas, fitomassa fresca e seca da parte aérea, da raiz e total (g.planta^{-1}) de alface, variedade cultivada Vera, sob quatro condições nutricionais (testemunha), T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995); T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Tratamento	Número de Folhas	Fitomassa Fresca (g)			Fitomassa Seca (g)		
		Parte aérea	Raiz	Total	Parte aérea	Raiz	Total
T ₁	36,4a	331,80a	46,27a	378,07a	17,76a	2,21a	19,97a
T ₂	32,0a	293,59a	35,50a	329,09a	17,30a	1,98a	19,28a
T ₃	23,4b	56,12b	19,22b	75,34b	6,04b	1,59b	7,63b
T ₄	21,6b	53,75b	18,22b	71,97b	5,69b	1,38b	7,07b

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

No caso do tratamento T₃ observa-se um crescimento muito pequeno no intervalo entre o 28 DAT e 35 DAT, sendo que no tratamento T₄ essa tendência se manteve, com um decréscimo de 11,2%, em relação ao tratamento T₃. Fica evidenciado claramente que a falta de macronutriente foi determinante no crescimento e no desenvolvimento da alface. Como se observa, nestes dois tratamentos a reposição da água teve pouca ou nenhuma influência sobre o crescimento da cultura. Acredita-se que a falta de nutrientes prejudicou o desenvolvimento da cultura e antecipou o final do seu ciclo de crescimento. Embora o tratamento T₃ tivesse recebido micronutrientes da solução testemunha, este apresentou um crescimento negativo em relação ao tratamento T₄ que recebeu somente água da piscicultura, demonstrando não ser os micronutrientes os elementos nutritivos decisivos para um bom desenvolvimento da alface.

Tabela 8 - Valores médios de três anos de cultivo da área foliar de plantas de alface (AF, $\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (testemunha, T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995); T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Coleta	DAT	AF ($\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	7	796,36	816,1	398,87	544,5
2	14	1774,83	1453,65	504,45	700,11
3	21	2144,35	2411,64	960,72	1134,14
4	28	3475,45	3583,51	1280,54	1223,84
5	35	7944,02	7221,36	1442,92	1281,19

Espera-se que uma limitação de fornecimento de nutrientes nos tratamentos T₃ e T₄ e os mesmos teriam que obrigatoriamente apresentar desempenho muito inferior que os tratamentos T₁ e T₂. Portanto, tem que se oferecer as plantas todos os nutrientes que ela precisa e em quantidade suficientes, para que não haja deficiência nutricional capaz de comprometer o seu produtividade. Diante disto, era de se esperar que os tratamentos T₃ e T₄ apresentassem desempenho reduzido associado a deficiência nutricional, principalmente de nitrogênio e fósforo, que compromete o crescimento e desenvolvimento da cultura da cultura, antecipando o final do ciclo e provocando a senescência das folhas mais velhas. Mesmo assim, embora pequeno, observa-se que ocorreu um aumento da área foliar em ambos os tratamentos, por conta exclusiva dos nutrientes existentes na água da piscicultura, o que não deixa de ser interessante.

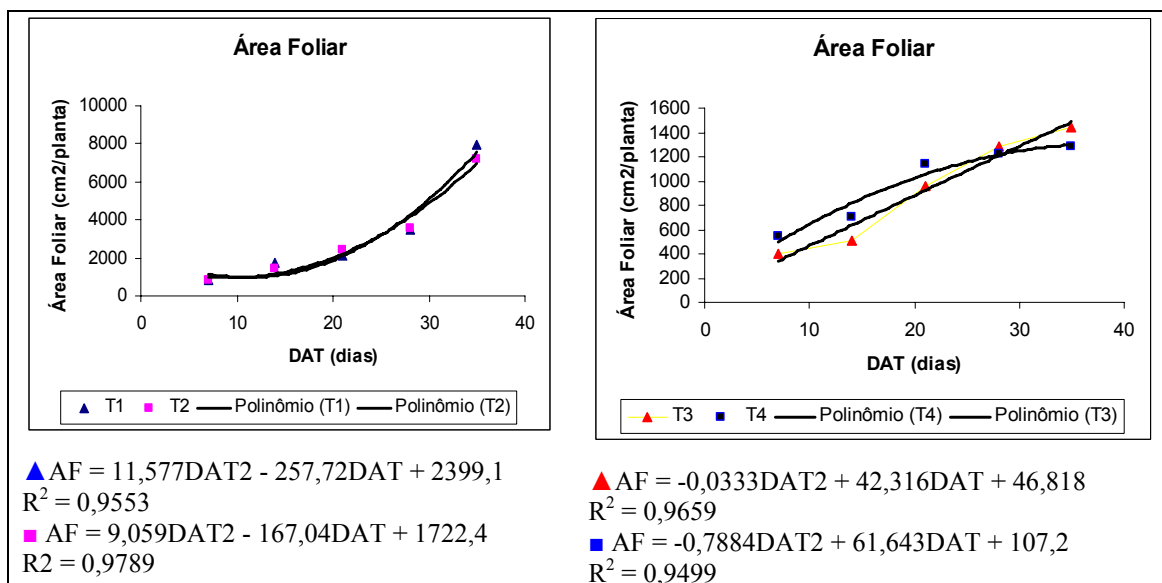


Figura 1 - Área foliar (AF, cm².planta⁻¹) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Sempre é importante lembrar que este trabalho não pretende descobrir uma nova solução nutritiva para a produção de hidropônica da alface, mas sim, em avaliar o desempenho agrônomo da cultura, para determinar o acúmulo de fitomassa seca, com o intuito de avaliar a possibilidade de reutilização da água residual da piscicultura na irrigação de plantas. Sabe-se, também, que no cultivo de peixes a saída de água dos viveiros é constante e, portanto, o carreamento de nutrientes também é constante, o que leva a crer de que quando se utilizar a água da piscicultura na irrigação e, que não seja em circuitos fechados, existiria também uma constante reposição de nutrientes, o que poderia corrigir, em parte, a deficiência de nutrientes observada nos tratamentos T₃ e T₄, podendo desta forma, também se esperar um produtividade melhor da cultura.

Tabela 9 - Valores médios de três anos de cultivo do índice de área foliar de plantas de alface (IAF, $\text{cm}^2\text{cm}^{-2}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Coleta	Tratamento				
	DAT	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	7	1,27	1,31	0,64	0,87
2	14	2,84	2,33	0,81	1,12
3	21	3,43	3,86	1,81	1,54
4	28	5,56	5,73	2,05	1,96
5	35	12,71	11,55	2,31	2,05

A área foliar é uma variável que corresponde a área de superfície fotossintetizante útil. A medida da área foliar é importante na determinação de processos fisiológicos relativos ao crescimento e desenvolvimento, como índice de área foliar (IAF), taxa de assimilação líquida (TAL), intensidade de transpiração (IT), produtividade biológica (PB), taxa de crescimento da cultura (TCC), taxa de crescimento relativo (TCR) e razão de área foliar (RAF) (MANFRON, 1985, 2003). As maiores médias (Tabela 8) foram observadas nos tratamentos T₁ e T₂ que utilizaram, respectivamente, 100% da solução nutritiva de Castellane e Araújo (1995) e o tratamento T₂ que utilizou água da piscicultura mais 50% da solução do tratamento T₁, sendo que os mesmos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos estudados, mas foram superiores ao tratamento T₃ que usou a água da piscicultura mais os micronutrientes da solução nutritiva da testemunha e o tratamento T₄ que utilizou somente a água da piscicultura (Tabela 8). Essas médias sempre foram crescente com um acentuado aumento dos 21 DAT até os 28 DAT e muito acentuado dos 28 aos 35 DAT, ficando neste último caso para o tratamento T₁ 56,25% e (T₂) 49,62% maior, demonstrando que o bom desenvolvimento da alface, quando cultivada em hidroponia, depende de uma boa e equilibrada oferta de nutrientes, principalmente os macronutrientes, embora o tratamento T₂ possua somente a metade dos nutrientes da solução nutritiva recomendada e usada no tratamento T₁, que apresentou um resultado levemente superior (Tabela 8). Os coeficientes das equações que melhor se ajustaram para a AF e os coeficientes de determinação encontram-se na Figura 1.

O índice de área foliar (IAF) é a relação entre a área foliar verde das plantas numa determinada área de solo. O IAF de uma determinada densidade de plantas determina a quantidade de radiação solar absorvida, o que é decisivo para a produtividade biológica (PETR et al., 1988).

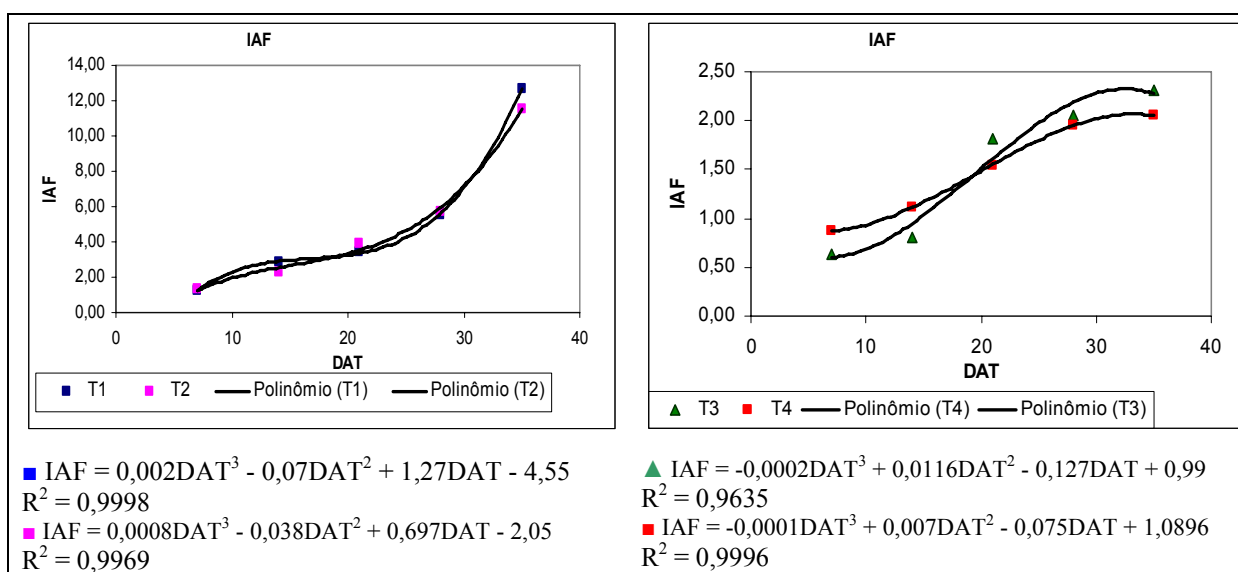


Figura 2 - Índice de Área foliar (IAF, $cm^2 \cdot cm^{-2}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Apesar da superfície foliar ter uma importância na absorção da radiação solar, a produtividade das culturas não aumentam indefinidamente com o aumento da área foliar (MANFRON, 1985 e 2003). Isso se deve ao fato de, a partir de um determinado IAF, existir uma área recebendo luz e realizando fotossíntese e uma grande área foliar auto-sombreada. As folhas sombreadas, além da baixa capacidade fotossintética, mantêm as suas células às custas da respiração de parte dos fotoassimilados produzidos pelo dossel. Portanto, com o aumento da taxa respiratória, há uma redução da produtividade das culturas (FLOSS, 2006). A partir de valores de IAF, pode-se determinar a produtividade da cultura.

O índice de área foliar (IAF) por coleta nos tratamentos estudados, são apresentados na Tabela 9, e na Figura 2, são mostradas as curvas ajustadas de IAF ao longo do ciclo da cultura, para todos os tratamentos, com suas respectivas equações de regressão. De um modo geral verifica-se que o valor máximo de IAF foi atingido aos 35 dias após transplante, acima do ponto

ideal para comércio das plantas de alface que ocorreu aos 28 dias para os tratamentos T₁ e T₂, sendo que para os tratamentos T₃ e T₄ esse momento foi atingido aos 35 DAT.

Os coeficientes das equações que melhor se ajustaram para o IAF e os coeficientes de determinação encontram-se na Figura 2. O índice de área foliar mostrou uma variação temporal, atingindo o valor máximo nos tratamentos T₁ e T₂ aos 35 DAT (12,71 e 11,55, respectivamente), decrescendo nos tratamentos T₃ e T₄ para valores de 2,31 e 2,05, respectivamente. Este fato, deve-se a senescência das folhas mais velhas, certamente provocado pela excasses de macronutrientes da solução. Nos tratamentos T₁ e T₂ o índice de área foliar máximo é alcançado nos 35 DAT, sendo que, não apresentaram sinais de decréscimo pois a oferta de macronutrientes associado ao melhor desenvolvimento das plantas favoreceram a essa resposta de crescimento. No entanto, não significa que obrigatoriamente o rendimento da cultura acompanharia essa evolução de IAF, de forma proporcional, devido ao auto-sombreamento, que certamente seria maior, aumentando a taxa respiratória. Valores máximo de IAF de 6 a 8 com produtividade de 5 a 7t.ha⁻¹ são hoje comuns em cultivos bem conduzidos de trigos de inverno. Valores estacionais de 8-10 estão associados com recordes de produtividade de grãos em cereais de inverno (FLOSS, 2006). De forma similar, valores máximos de IAF de 5 a 6 são verificados correspondendo a produtividades de grãos de 5 a 6t.ha⁻¹ em cultivares de centeio (PETR et al., 1998 apud FLOSS, 2006).

O aumento acentuado no IAF, ocorrido nos tratamentos T₁ e T₂, teve início logo após ter sido realizada a reposição do volume de água e solução para todos os tratamento, quando este atingiu níveis críticos, que para este trabalho ficou estipulado em 50% do volume inicial. O mesmo comportamento não foi observado nos tratamentos T₃ e T₄. Isto leva a concluir que a reposição de nutrientes, que ocorreu juntamente com a reposição da água, foi o fator decisivo e responsável pelo significativo aumento do IAF no tratamento T₂, já que o tratamento T₁ sempre teve um ritmo de crescimento crescente, sem mostrar sinais de carrência de nutrientes, nem por isto, pode-se afirmar que as plantas do tratamento T₁ tenha deixado de se beneficiar com essa prática, mesmo que essa não seja visível, embora que, para o tratamento T₁ se poderia considerar que seria desnecessária.

A falta de resposta mais acentuada no tratamento T₂ e a baixa resposta encontrada no tratamento T₄ são reflexos diretos da deficiência de macronutrientes. Na situação de deficiência as plantas dão sinais de carrência e encurtam o seu ciclo de crescimento. Este comportamento já seria esperado para os tratamentos T₃ e T₄, em virtude das plantas estarem sendo cultivadas em

cicuito fechado como é o caso da hidroponia e, portanto, com uma disponibilidade limitada de nutrientes, vindos somente da água da piscicultura. Porém, é de se esperar um desempenho superior se estas mesmas plantas estivessem sendo cultivadas num sistema com fluxo de água sem retorno, mesmo quando se estivesse usando somente a água da piscicultura.

Tabela 10 - Valores de condutividade elétrica (CE) em mS.cm^{-1} , pH da solução nutritiva e temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), e concentração de nitrato em amostras de folhas de alface em mg.kg^{-1} de NO_3^- , na hora da coleta do material, aos 28 dias após o transplante das mudas. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Tratamento	CE (mS.m^{-1})	pH	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Nitrato
T ₁	1,16	6,28	14	793,3a
T ₂	1,19	6,27	14	413,8b
T ₃	0,16	6,28	14	87,5c
T ₄	0,14	6,28	14	7,9d

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

A alface acumulou diferentes teores de nitrato na parte aérea em função do tipo de solução nutritiva empregada em cada tratamento. A solução nutritiva do tratamento T₄ foi a que proporcionou o menor acúmulo de nitrato, diferindo significativamente dos demais tratamentos ($\alpha=5\%$). Todos os tratamentos diferiram significativamente quanto aos teores de nitrato acumulado na parte aérea das plantas de alface, cultivar Vera (Tabela 10). As soluções testadas nos diversos tratamentos possuem diferentes concentrações de nitrogênio, sendo que no tratamento T₄ a explicação para o menor acúmulo de nitrato pelas plantas, deve-se ao fato do mesmo ter utilizado somente água da piscicultura, diferentemente dos demais tratamentos.

O maior teor de nitrato encontrado foi de $793,3\text{mg.kg}^{-1}$ de fitomassa fresca quando da utilização de 100% solução Castellane e Araújo (1995) pela variedade cultivada Vera, e o menor foi de $7,9\text{mg.kg}^{-1}$ de fitomassa fresca quando do uso da água da piscicultura, tratamento T₄. Pode-se suspeitar que a cultivar Vera possua características genéticas que regulem o acúmulo de nitrato, diferentemente de outras cultivares, tendências que podem ser observadas pela comparação entre os tratamentos T₁ e T₂ em comparação com os tratamentos T₃ e T₄.

Existem inúmeros estudos sobre teores de nitrato mas que sugerem futuros estudos levando em consideração a atividade fotossintética e o acúmulo de açúcares nos diversos cultivares

estudados, fato que vai identificar cultivares com características para alto ou baixo acúmulo de nitrato. Behr e Wiebe (1992) encontraram menor teor e nitrato no cultivar de alface Bellona, o qual apresentou maior concentração de açúcares e maior capacidade fotossintética que outros cultivares estudados. Esses mesmos autores concluíram que os níveis de malato, açúcares e cloretos, devem ser utilizados como fatores de seleção quando do melhoramento da alface visando baixo teor de nitrato. Já, Blom-Zandstra e Lampe (1985) citam que o nitrato pode servir como regulador osmótico, em condições de baixa luminosidade, para compensar a escassez de carboidratos, principalmente glicose, resultante de uma fotossíntese baixa. Entretanto, as diferenças genotípicas quanto a capacidade osmótica não podem ser relacionadas com as diferenças genotípicas para o acúmulo de nitrato (REINRIK; BLOM-ZANDSTRA, 1989).

Muito são os fatores que podem ter contribuído para o menor acúmulo de nitrato na alface ao se considerar o tratamento T₄, mas o que certamente exerceu maior influência foi a baixa concentração de macronutrientes desse tratamento, pois o tratamento T₃ mostrou que com 50% da solução do tratamento T₁ decresceu significativamente o teor de nitrato, com um nível de 41,8% inferior (Tabela 10). O maior acúmulo de nitrato obtido no tratamento T₁ e por semelhança no tratamento T₂, pode ser atribuído ao fato dessas soluções nutritivas fornecerem nitrogênio na forma de nitrato e em maior concentração que as demais, uma vez que o nitrato acumulado nas hortaliças é derivado primeiramente do nitrato aplicado ou formado no meio nutritivo, sendo o suprimento de nitrogênio o fator nutricional mais importante na determinação do acúmulo de nitrato (OHSE, 1999).

Nas condições experimentais do trabalho esperava-se que o teor de nitrato atingisse níveis mais elevados, no entanto, observa-se que os valores encontrados foram significativamente inferiores aos limites máximos permitidos para consumo humano. A disparidade entre os valores encontrados da concentração de nitrato nos tecidos da alface variedade cultivada Vera (Tabela 10), deve-se também ao fato que as soluções nutritivas modificam sua composição inicial durante o ciclo vegetativo das plantas, onde os cátions e os ânions são absorvidos em quantidades diferentes e tempos diferentes, o que certamente ocorreu nesse experimento com os tratamentos estudados (Tabela 2). A literatura circulante na comunidade europeia define os limites máximos para alface produzida em casa-de-vegetação durante a época de inverno de 4500 mg kg⁻¹ de fitomassa fresca (FF) e, conseqüentemente abaixo do limite máximo permitido para alface produzida a campo aberto com níveis de 2500mg.kg⁻¹ de fitomassa fresca (FF) (MCCALL;

WILLUMSEN, 1998). Ohse (1999) relata que, a Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estipulam que uma pessoa de 65 Kg de massa corporal poderia ingerir diariamente 237,25mg de nitrato, o que corresponde a consumir diariamente 271,04g de alface variedade Regina cultivada na solução Castellane e Araújo (1995) durante o inverno.

Os tratamentos T₃ e T₄ mostram condutividades elétrica inferiores aos tratamentos T₁ e T₂, devido aos mesmos apresentarem concentrações de macronutrientes muito inferiores em suas soluções. Este fato está comprovado quando se compara a condutividade elétrica dos tratamentos T₁ e T₂ com o tratamento T₃, mostrando que a condutividade elétrica é pouco afetada pela concentração de micronutrientes, elementos estes que compõe a solução do tratamento T₃.

Tabela 11 - Produtividade biológica (PB, g.m⁻²) média de plantas de alface, variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Coleta	DAT	PB (g.m ⁻²)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	7	19,36	19,84	10,67	12,59
2	14	28,59	40,64	14,72	19,57
3	21	62,61	82,08	38,93	33,87
4	28	135,31	120,37	42,03	41,65
5	35	222,29	210,67	45,49	46,72

Os valores de produtividade biológica (PB) durante o crescimento das plantas de alface variedade cultivada Vera, encontram-se na Tabela 11 e na Figura 3, para os respectivos tratamentos estudados. Para os tratamentos (T₁, T₂, T₃ e T₄) de uma forma geral as maiores produtividades biológica foram alcançadas aos 35 DAT, cujos valores foram, respectivamente, de 229,29g.m⁻²; 210,67g.m⁻²; 45,49g.m⁻² e 46,72g.m⁻² (Tabela 11). O melhor tratamento foi o tratamento T₁, inclusive no momento que as plantas atingiram um porte comerciável, aos 28 DAT. Na Tabela 11, verifica-se claramente as diferenças entre os quatro tratamentos, com vantagem para os que receberam adubações com macronutrientes (T₁ e T₂). As equações de regressão para

cada tratamento, os valores dos coeficientes da equação de regressão e respectivos coeficientes de determinação (R^2) compõe a Figura 3.

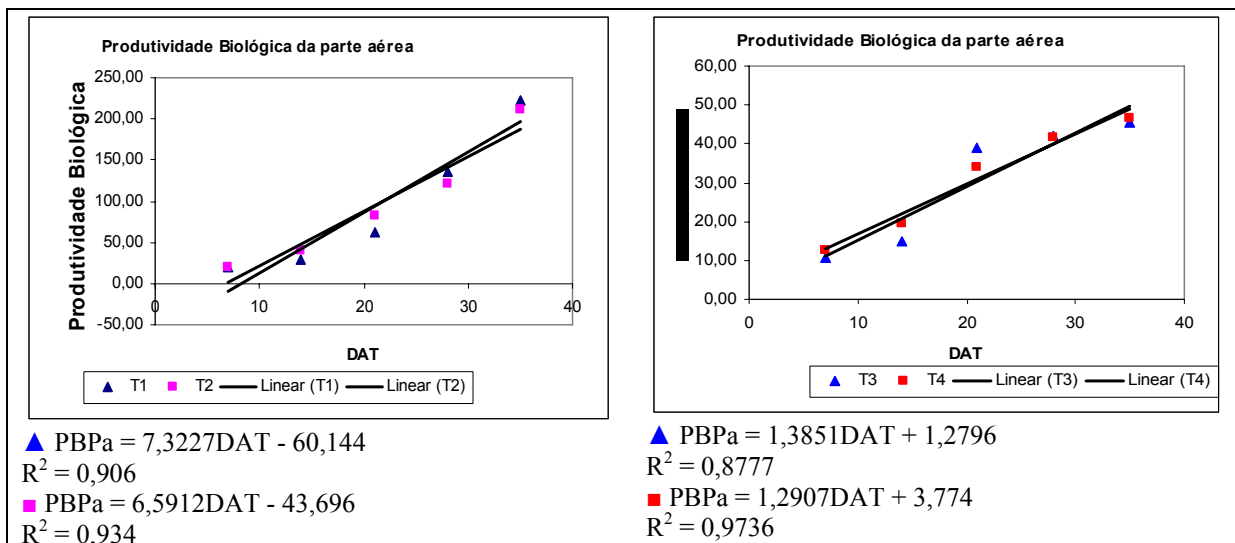


Figura 3 - Produtividade biológica (PB, $g.m^{-2}$) média de plantas de alface variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T_1 - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T_2 - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T_3 - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T_1 e T_2 ; T_4 - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) foi calculada a partir de valores médios dos tratamentos estudados (Tabela 12), e até os 35 DAT não sendo considerados o intervalo de tempo faltante para que a alface completasse todo o seu ciclo biológico, fato que forçou um ajuste maior em direção a uma regressão linear. Isso implica concluir que mesmo não atingindo a maturidade fisiológica das plantas, o que comercialmente não é o recomendável, biologicamente tem-se uma ótima idéia do comportamento das plantas em todos os tratamentos estudados.

Tabela 12 – Valores médios de três cultivos da taxa de crescimento da cultura (TCC, $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁- água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Coleta	DAT	TCC ($\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
2	14	2,766	2,834	1,524	1,798
3	21	3,425	4,320	1,813	2,297
4	28	5,265	6,789	3,063	3,144
5	35	8,781	9,390	3,798	3,845

Os tratamentos T₁ e T₂ foram os que melhor se comportaram, em termos de produção de fitomassa seca por unidade de área e tempo, isto é, taxa de crescimento da cultura (Figura 4). As fitomassas produzidas nos tratamentos T₁ e T₂ são superiores aquelas dos tratamentos T₃ e T₄, devido ao melhor estado nutricional que as plantas possuíam durante todo o período experimental. Uma planta bem nutrida recebendo todos os macro e micronutrientes essenciais ao seu desenvolvimento é mais eficiente em termos fotossintéticos, tem uma maior taxa transpiratória, e consequentemente, apresenta maior capacidade de absorção de nutrientes, portanto, uma nutrição adequada.

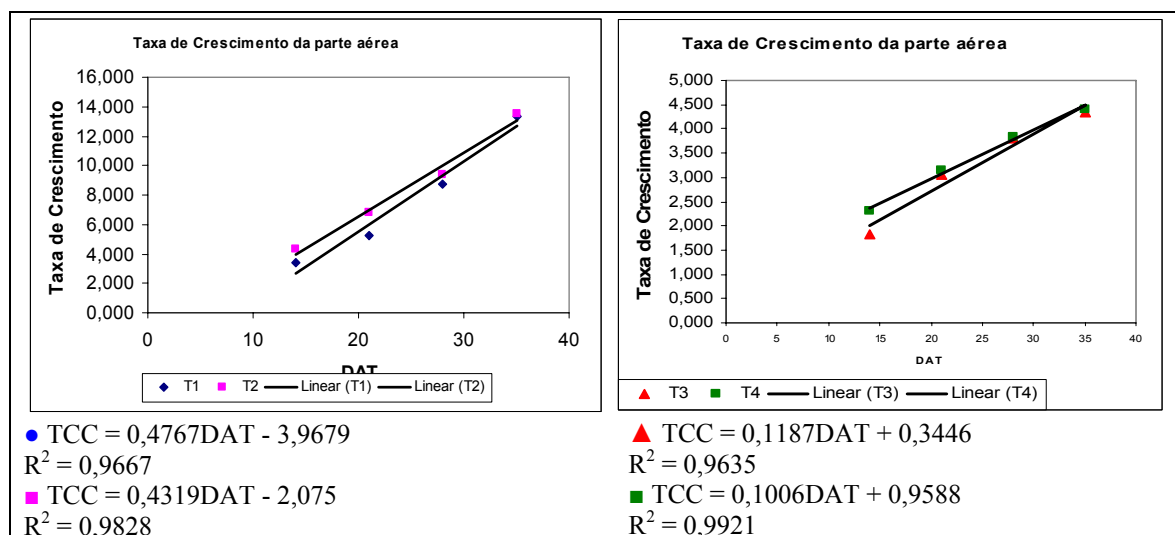


Figura 4 – Valores médios de três cultivos da Taxa de Crescimento da Cultura da parte aérea (TCC, $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁- água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008.

A razão de área foliar (RAF) é um parâmetro de crescimento que nos permite analisar a capacidade destas plantas de alface em produzirem fitomassa, considerando os tratamentos nutricionais aplicados, que foram as diferentes soluções (Tabela 2). Os valores médios de três cultivos são apresentados na Tabela 13, e nos infere que a capacidade fotossintética dos tratamentos T₁ e T₂ foram superiores durante a totalidade do período experimental, mesmo com a mudança da composição inicial da solução nutritiva e da água da piscicultura no decorrer do crescimento dos peixes (Tabela 13).

As variações da razão de área foliar nos tratamentos (T₁, T₂, T₃ e T₄) estão apresentados na Tabela 13. Verifica-se que, no período compreendido entre 21 e 28 dias em relação ao período compreendido entre 28 e 35 dias, os tratamentos que tiveram maiores variações foram, respectivamente, T₂ e T₁ com 15,57% e 8,99%; contra os tratamentos T₃ e T₄ com 6,82% e 2,95%. Já, para o período compreendido entre os 28 dias e os 35 dias houve uma inversão para os tratamentos T₁ e T₂ que apresentaram valores, respectivos de 22,90% e 7,52%. No caso do tratamento T₁, deve-se a uma maior estabilidade nutricional com a formação de maior fitomassa da parte aérea das plantas e da planta como um todo, isto é, com maior sistema radicular formado. Para os tratamentos T₃ e T₄, a tendência anterior se manteve, devido a maior estabilidade do tratamento T₃ em função de ter recebido micronutrientes, o que certamente não nutriram adequadamente as plantas mas induziram a melhor absorção da solução nutritiva.

Tabela 13 - Valores médios de três cultivos da razão de área foliar (RAF, g.g⁻¹ - g de folha por g de planta), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T₁ - água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T₂ - água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T₃ - água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T₁ e T₂; T₄ - somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Coleta	DAT	RAF (g.g ⁻¹)			
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	7	5,98	5,72	4,65	6,11
2	14	5,71	4,97	4,67	5,00
3	21	5,23	4,88	3,96	3,73
4	28	4,76	4,12	3,69	3,62
5	35	3,67	3,81	2,79	3,31

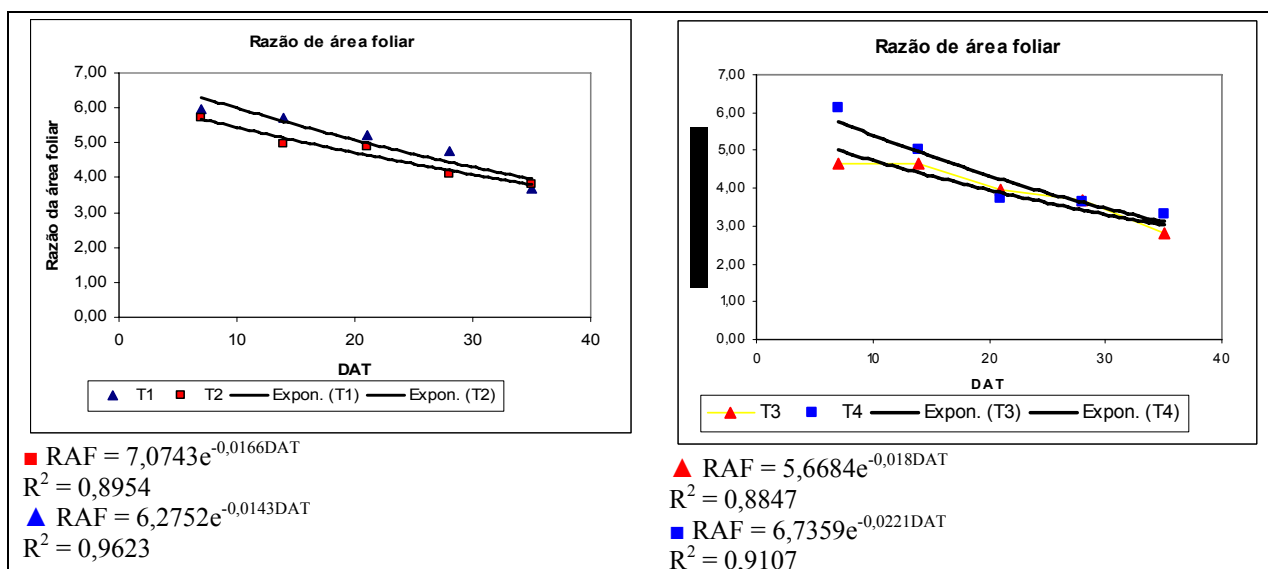


Figura 5 – Valores médios de três cultivos da Razão de Área Foliar (RAF, g de folha.g de planta⁻¹), variedade cultivada Vera, num sistema hidropônico sob quatro condições nutricionais (T1- água pura, com 100% de solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), testemunha; T2 – água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento 1; T3 – água da piscicultura com 100% dos micronutrientes da solução nutritiva dos tratamentos T1 e T2; T4 – somente a água da piscicultura). Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008.

4.1 Considerações finais

A gestão dos recursos hídricos deve prever o aproveitamento das águas residuais dos sistemas de produção de peixes, pois, essas águas são valiosas demais para serem consideradas somente como resíduos. O elemento água é cada vez mais escasso, portanto, deveríamos considerar a água residual como parte integrante dos recursos hídricos do local, usando-a primeiramente na aquicultura e, posteriormente na agricultura para irrigação aumentando a produção agrícola.

A linha de pesquisa deve continuar, para avaliar a capacidade de produção de fitomassa verde e fitomassa seca produzidas pelas águas residuais da piscicultura e que envolvam outros sistemas de produção de peixes. A sugestão é que sejam testadas outras soluções, bem como, outros percentuais para soluções, para que sejam misturadas a água da piscicultura. Na intensificação de produção, existirá aumento das taxas de estocagem, incremento nas taxas de alimentação (principalmente rações com elevados níveis de proteína e fósforo) e, que para garantirem a sobrevivência dos peixes precisam renovar constantemente a água dos viveiros de criação, utilizando grandes volumes de água, que depois de passarem pelo sistema são lançados

diretamente nos cursos d'água sem nenhum tratamento. A parte mais interessante, quando se pensa no reuso das águas da piscicultura, não reside apenas em se saber o quanto elas ainda conseguem produzir, mas de se ter consciência da responsabilidade que cada um tem quando faz uso de um recurso natural, para que se possa garantir a sustentabilidade da atividade e o futuro das próximas gerações.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na produção de alface hidropônica, variedade cultivada Vera, conclui-se que: (i) a água residual da criação de peixes (Tilápia) em açudes no sistema semi-intensivo, não é capaz de fornecer os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface, tendo essas plantas tamanho e visual adequado para fins comerciais; (ii) a produção de alface utilizando o sistema semi-intensivo com o uso da água da piscicultura é tecnicamente viável em açudes, desde que seja realizada uma adubação complementar para suprir as necessidades das plantas; (iii) entre os tratamentos testados, o tratamento testemunha, usando a água residual mais 100% da solução nutritiva Castellane e Araújo (1995), foi a que apresentou os melhores resultados, com fitomassa verde e seca das plantas, respectivamente, de 378,70g e 19,97g; (iv) o tratamento T₂ que utilizou água da piscicultura com 50% da solução nutritiva do tratamento T₁, não apresentou diferença significativa para o tratamento testemunha, em termos de produção de fitomassa verde e seca, com 293,59g e 19,28g, respectivamente, o que demonstra uma efetividade do sistema semi-intensivo, e que o mesmo é perfeitamente viável a partir de ajustes; (v) o tratamento que apresentou maior concentração de nitrato no momento da coleta do material, aos 28 dias após transplante das plantas, foi o tratamento T₁ (testemunha): água mais 100% da solução Castellane e Araújo (1995), com 793,3 mg.kg⁻¹ de NO₃⁻, entretanto, dentro dos limites aceitáveis para o consumo humano das folhas de alface.

REFERÊNCIAS

- AL-JALOUD, A.A.; HUSSAIN, G.; ALSADON, A.A.; SIDDIQUI, A.Q.; AL-NAJADA, A. Use of aquaculture effluent as a supplemental source of nitrogen fertilizer to wheat crop. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, New York, n.7, p.223-241, 1993.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Ed.UFSM, 1999. 142p.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. 212p.
- BEHR, U.; WIEBE, H.J. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.49, n. 3/4, p. 175-179, 1992.
- BILLARD, R.; SEVRIN-REYSSAC, J. Positive and negative impacts of pond pisciculture upon the environment. In: BARNABÉ, G.; KESTEMONT, P. (Ed.) **Production, environment and quality**: In: INTERNATIONAL CONFERENCE BORDEAUX AQUACULTURE, 9., 1992. Bordeaux-France, March, 1992. EAS Special Publication, 1993. p.17-29.
- BLOM-ZANDSTRA, M.; EENINK, A.H. Nitrate concentration and reduction in different genotypes of lettuce. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, New York, v.111, n.6, p.908-911, 1986.
- BLOM-ZANDSTRA, M.; LAMPE, J.E.M. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 36, p.1043-1052, 1985.
- CABRERA, F.G.; FLORES, B.P. **Curso sobre Hidroponia (Cultivos sin suelo)**. Maracay: Universidad Central de Venezuela, 1984. 123p.
- CANTLIFFE, D.J. Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, New York, v.97, n.2, p.152-154, 1972.
- CARMELO, Q.A.C. **Cultivo hidropônico de plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 43p.
- CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo – hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.
- CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrication of salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.6, n.1, p.71-80, 1975.
- CHAVES, S.W.P.; SILVA, I.J.O. **Integração da piscicultura com a agricultura irrigada**. São Paulo: THESIS, v.6, 2006. p. 9-17. Disponível em:
<http://www.cantareira.br/thesis2/n6a3/iran_2_thesis_6.pdf> Acesso em: 14 nov. 2008.

- DAPOIGNY L.; ROBIN P.; RAYNAL-LACROIX C.; FLEURY A. Study of the relationship between relative growth rate and nitrogen content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: effects of nutrient and radiation levels. **Agronomie**, Paris, n.16, p.529-539, 1996.
- DELISTOIANOV, F. **Produção, teores de nitrato e capacidade de rebrota de cultivares de alface, sob estufa, em hidroponia e solo, no verão e outono**. 1997. 76p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- DELISTOIANOV, F.; PEREIRA, P.R.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SEDIYAMA, C.S.; PAUL, P.A. Teores de nitrato em cultivares comerciais de alface sob cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.14, n.1, p.84, 1996.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA SA (EPAGRI). **Aspectos técnicos recomendados para o desenvolvimento sustentável da piscicultura em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2001. 4p.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA SA (EPAGRI) **Atualização de dados da piscicultura de água doce em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 4p.
- ESCOÍN-PEÑA, M.C.; IBAÑEZ, M.A.C.; SANTAMARTA, A.A.; LAZARO, R.C. Contenido de nitratos en lechugas y espinacas frescas. **Alimentaria**, Madrid, n.298, p.37-41, 1998.
- 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, 1999.
- FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. **Produção de alface em hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, 1982. 357p.
- FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 3ª ed. Passo Fundo: editora Universidade de Passo Fundo, 2006. 751p.
- FUNDAÇÃO DE MEIO AMBIENTE - FATMA (2005). para Licenciamento de Pisciculturas e Canicultura. Disponível em: <http://www.fatma.gov.sc.br>. Acesso em: 23 abril 2008.(Instrução Normativa,10).
- FURLANI, P.R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos IAC, 55)
- FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia – NFT**. Campinas: IAC, 1997. 30p. (Boletim Técnico, 168).
- FURLANI, P.R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L.C.P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, p.90-98, 1999.

- GUNES, A.; POST, W.N.K.; KIRKBY, E.A.; AKTAS, M. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.17, n.11, p.1929-1938, 1994.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: University of California, 1950. 32p. (Circular, 47).
- HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; SAKAMOTO, Y.; JONAS, T.C.; ABRAMO, A. L. Aplicação da água de escoamento de tanque de piscicultura na irrigação da alface: aspectos nutricionais. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.27, n.1/2, p.49-52, 2002.
- JUNQUEIRA, A.M.R.; REZENDE, A.J.; BORGIO, L.A.; XIMENES, M.I.N. Níveis de nitrato em alface hidropônica e em agrião produzidos no Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39., 1999, Tubarão. **Anais...** Tubarão: SOB, 1999.
- KANAAN, S.S.; ECONOMAKIS, C.D. Effect of climatic conditions and time of harvest on growth and tissue nitrate content of lettuce in nutrient film culture. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.323, p.75-80, 1992.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.141-148.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes - Parte II. **Revista Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v.8, n.46, p.35-41, 1998.
- LONDERO FAA. **Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico de alface**. 2000. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- LOSORDO, T.M.; RAKOCY, J.E.; MASSER, M.P. **Recalculating Aquaculture tank prouction systems: A review of component options**, 1999. 12p. (SRAC publication, 453)
- LUO, J.; LIAN, Z.; YAN, X. Urea transformation and the adaptability of three leafy vegetables to urea as a source of nitrogen in hydroponic culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.5, p.797-812, 1993.
- MALONE, R.F.; BURDEN, D.G. **Design of recirculating blue crab shedding systems**. Louisiana: Louisiana State Univerity, Sea Grant College Program, 1988. 76p.
- MANFRON, P.A. **Análise Quantitativa do Crescimento do cultivar AG 401 (Zea mays L.) sob diferentes sistemas de preparo do solo e população de plantas**. 1985. 120p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D.; PEREIRA, A.R.; BOMUCARRÈRE, R.A.G.; MEDEIROS, S.L.P.; PILAU, F.G. Modelo do índice foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.333-342, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.E.P. **O cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Viçosa: UFV, 1988. 111p.

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

MARTINEZ, H.E.P.; SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa: UFV, 1997. 52p.

MASSER, M.P.; RAKOCY, J.E.; LOSORDO, T.M. **Recirculating aquaculture tank production systems**. Management of Recirculating Systems. 1999. (SRAC publication, 452).

MATTOS, A.C.; BOLL, M.G.; TESTOLIN, G.; ROCZANSKI, M. **Psicultura sustentável integrada com suínos**. Florianópolis: Epagri, 2006. 70p. (Boletim Técnico, 131).

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

McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of horticultural science & biotechnology**, Ashford, v.37, n.5, p. 698-703. 1998.

MEDEIROS, L.A.M.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; BONNECARRÈRE, R.A.G. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa*) conduzida em estufa plástica com fertilização de substratos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.2. p.199-204, 2001.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos de suínos**. 1997. 56p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

NOGUEIRA FILHO, H. **Aquaponia: cultivo hidropônico de alface com a utilização da água residual a criação de Tilápias**. 2003. 53p Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

NOGUEIRA FILHO, H. **Cultivares de alface e formas de sustentação das plantas em cultivo hidropônico**. 1999. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

- OHSE, S. **Produtividade, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina C em alface sob hidroponia**. 1999. 67p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queriróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.
- OHSE, S.; DOURADO NETO, D.; MANFRON, P.A.; SANTOS, O.S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.181-185, 2001.
- OSTRENSKY, A.;BOERGER, W. **Piscicultura**: Fundamentos e técnicas de manejo. Guaíba: Agropecuária, 1998. 211p.
- PALHARES, J.C.P.; **Criação integrada entre Piscicultura e Suinocultura**. Disponível em: <www.cnps.embrapa.br/sgc-publicacoes/publicação>. Acesso em: 21 abril 2008.
- PALHARES, J.C.P.; MATTEI, R.M.; PAIVA, D. P. Impacto ambiental de um sistema de consorciação piscicultura/suinocultura localizada no Oeste Catarinense. In: **Anais... João Pessoa**. ABRH, 2005.
- PAULI, G. **Zero emissions research Initiative**: feasibility 1994 –1995, research program 1995 – 1998: towards the ZERI Foundation an the basis of a ten year Research Program 1995-2004. Tokyo: United Nations University, 1995.
- PAVLOVIC, R.M.; STEVANOVIC, D.R.; KRESOVIC, M.M. Effect of growing method and lettuce fertilization on changes of nitrate content in leaf. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.462, p.885-889, 1997.
- PEREIRA, E.W.L.; AZEVEDO, C.M.S.B.; LIBERALINO FILHO, J.; DUDA, G.P. Utilização de efluente de viveiro de peixes na irrigação de alface cultivada em diferentes tipos de substratos. **Caatinga**, Mossoró, v.16, n.1, p.57-62, 2003.
- PETR, J.; CERNY, V.; HRUSKA, L. **Yield formation in the main field crops**. New York: Elsevier. 1988. cap.4: Yield formation in maize: p.154-172.
- PILARSKI, F.; TOMAZELLI JÚNIOR, O.; CASACA, J.M.; GARCIA, F.R.M.; TOMAZWELLI, I.B.; SANTOS, I.R. Consórcio suíno-peixe. Aspectos ambientais e qualidade do pescado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.267-276, 2004.
- POPMA, T.; MASSER, M. **Tilápia**: life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center, 1999. 4p. (Southern Regional Aquaculture Center, n.283)
- QUESADA, J.E.; COELHO, M.A.; AQUINI, E.N. et al. Aquicultura sustentável: construindo um conceito. In: AQUICULTURA BRASIL 98, 1998, Recife. **Anais... Recife**. 1998. p.515-525.
- RAKOCY, J.; LOSORDO, T.; MASSER, M. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems**: Integrating fish and plant culture. 1992. 6p. (Southern regional aquaculture center, 454)
- REININK, K.; BLOM-ZANDSTRA, M. The relation between cell size, ploidy level and nitrate concentration in lettuce. **Physiologia Plantarum**, Oxford, v.76, n.4, p.575-580, 1989.
- RESH, H.M. **Cultivos hidropônicos**. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 509p.

REZENDE, A.J.; JUNQUEIRA, A.M.R; XIMENES, M.I.N.; BORGIO. L.A Teor de nitrato em alface produzida em sistema hidropônico e sistema convencional em Brasília. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, suplemento, p.533-534, 2000.

RICHARDSON, S.J.; HARDGRAVE, M. Effect of temperature, carbon dioxide enrichment nitrogen form and rate of nitrogen fertilizer on the yield and nitrate content of two varieties of glasshouse lettuce. **Journal of Science Food and Agriculture**, v.59, p.345-349, 1992.

RODRIGUES, A.B.; MARTINS, M.I.E.G.; ARAÚJO, J.A.C. Avaliação econômica da produção de alface em estufa. **Informações econômicas**, São Paulo, v.27, n.3, p.27-35, 1997.

RODRIGUES, J.L.M.T.C. **Projeto, construção e teste de casa-de-vegetação para a produção de alface na Região de Viçosa-MG**. 1997. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1997.

ROORDA Van EYSINGA, J.P.N.L. Nitrate and glasshouse vegetables. **Fertilizer Research**, The Hague, v.5, p.149-156, 1984.

RUSCHEL, J. **Acúmulo de nitrato, absorção de nutrientes e produção de duas cultivares de alface cultivadas em hidroponia, em função das doses de nitrogênio e potássio**. 1998. 76 p. Dissertação (Mestrado em Solos E Nutrição De Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

SANDU, S.I. **Factors influencing the nitrification efficiency of fluidized bed filters with a plastic bead medium**. 2000.129p. Thesis (Master of Science) - Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, 2000.

SANTOS, O.S. **Soluções nutritivas**. In: SANTOS, O.S. Hidroponia da alface. Santa Maria: UFSM, 1998. p.72-85.

SANTOS, O.S.; NOGUEIRA FILHO, H.; LAZZARI, R.; FRONZA, D.; FILIPETTO, J.E.; SINCHAK, S.S. **Aquaponia: associação da criação de peixes com produção hidropônica de plantas**. Santa Maria: Editora da UFSM/CCR, 2007. (Informe Técnico, 6)

SCHMIDT, D. Cultivares de alface. In: SANTOS, O.S. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: 1998. p.57-62.

SCHMIDT, D. **Soluções nutritivas, cultivares e formas de sustentação de alface cultivada em hidroponia**. 1999. 79p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 1999.

SILVA A.M.; MAUGHAN, O.E. Effect of density and water quality on red tilapia in pulsed flow culture systems. **Journal of Applied Aquaculture**, Frankfort, n.5, p.69-75, 1995.

SILVA, A.M.; MAUGHAN, O.E. Multiple use of water: integration of fishculture and tree growing. **Agroforestry Systems**, New York, n.26, 1994. p.1-7.

SILVA, G.G. **La técnica de la solución nutritiva recirculante**. In: CURSO TALLER INTERNATIONAL DE HIDROPONIA, 1996. Lima: Universidad Nacional Agrária La Molina, 1996. 393p.

TECPAR - Instituto de Tecnologia do Paraná. Disponível em:
<<http://www.tecpar.br/telus/Projetos/04%20BSI%20-%20esquema.htm>> Acesso em; 14 nov. 2008.

TOMAZELLI JÚNIOR, O.; CASACA, J.M.; DITTRICH, R. Estudos sobre qualidade de água em cultivos de peixes integrados à suinocultura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12., 2002. Goiânia.. **Anais...** Goiânia, 2002. p.23.

URRESTARAZU, M.; POSTIGO, A.; SALAS, M.; SÁNCHEZ, A.; CARRASCO, G. Nitrate accumulation reduction using chloride in the nutrient solution on lettuce growing by NFT in semiarid climate conditions. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.21, n.8, p.1705-1714, 1998.

WATSON, D.J. **The physiological basis of variation in yields**. Advances in Agronomy, Ed. The growth leaves. London: Butterworths, 1952. p.178-191.

WEIMIN, Z.; SHIJUN, L.; LIHONG, G.; ZHONGYANG, H.; DABIAO, Z. Genetic diversity of nitrate accumulation in vegetable crops. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.467, p.119-126, 1998.

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

ANEXOS

Tabela 14 - Valores médios das variáveis físico-químicas da água do viveiro (O₂: oxigênio dissolvido; T (°C): temperatura da água; pH: potencial de hidrogênio; DS: disco de Secchi e M/T: manhã e tarde), integrado com 60suínos.ha⁻¹. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Mês	O ₂ (mg.L ⁻¹)	T (°C)	pH	DS (cm)
	M/T	M/T	M/T	M/T
Março	4,0/8,4	25,2/27,9	7,0/8,2	24/21
Abril	4,6/8,6	25,2/29,8	7,1/8,0	26/29

Tabela 15 - Resultado da análise da água do viveiro para produção de peixes em sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008

Parâmetro	Resultado
pH	6,84
Fósforo total (mg.L ⁻¹)	0,1
Nitrato (mg.L ⁻¹ de NO ₃ ⁻)	0,47
Magnésio (mg.L ⁻¹)	12
Potássio (mg.L ⁻¹)	0,8
Cálcio (mg.L ⁻¹)	14
Amônia total (mg.L ⁻¹)	0,88
Condutividade (µS.cm ⁻¹)	62

Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Laboratório de Análise de Água- Centro de pesquisa para Agricultura Familiar-CEPAT



Figura 6 - Estufa plástica para produção hidropônica integrada com sistema semi-intensivo para cultivo de peixe submetido a adubação orgânica com dejetos de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008



Figura 7 - Tanques de terra para produção de peixes em sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008



Figura 8 - Peixes (Tilápia nilótica – *Oreochromis niloticus*) criados em tanques de terra num sistema semi-intensivo integrado com a criação de suínos. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, Concórdia, SC. 2008