



Universidade de Brasília



## **AQUAPONIA RURAL**

Bernardo Ramos Simões Corrêa

Brasília, 2018.

**Bernardo Ramos Simões Corrêa**

## **Aquaponia rural**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, da Faculdade UnB Planaltina, da Universidade de Brasília (UnB), como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dra. Vânia Ferreira Roque-Specht

**Coorientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto da Cruz Júnior

**Brasília/DF**

**2018**

## SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ITS	Instituto de Tecnologias Sociais
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
ONU	Organização das Nações Unidas
SAN	Segurança Alimentar e Nutricional
UNESCO	Organização da Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RC824a Ramos Simões Corrêa, Bernardo  
Aquaponia rural / Bernardo Ramos Simões Corrêa;  
orientador Vânia Ferreira Roque Specht; co-orientador  
Carlos Alberto da Cruz Júnior. -- Brasília, 2018.  
70 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Meio Ambiente e  
Desenvolvimento Rural) -- Universidade de Brasília, 2018.

1. Sistema Aquapônico. 2. Agricultura Familiar. 3.  
Agroecologia. 4. Tecnologias Sociais. 5. Soberania e  
Segurança Alimentar e Nutricional. I. Ferreira Roque Specht,  
Vânia, orient. II. da Cruz Júnior, Carlos Alberto, co  
orient. III. Título.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema simples de aquaponia.	33
Figura 2- Localização da propriedade.	40
Figura 3- Os sete elementos do sistema aquapônico estudado.	41
Figura 4- Tanque de entrada.	42
Figura 5- Tanques piscícolas.	42
Figura 6- Decanto digestor.	43
Figura 7- Reatores de fluxo ascendente.	43
Figura 8- Reator com defletores.	43
Figura 9- Tanques de transferência.	43
Figura 10- Casa de vegetação.	43
Figura 11- Piscinas aquapônicas.	43
Figura 12- Piscina aquapônica.	44
Figura 13- Tanque recalque da entrada.	44
Figura 14- Medidas morfométricas da tilápia.	45
Figura 15- Oxímetro microprocessado.	46
Figura 16- Phmetro microprocessado.	46
Figura 17- Kit de amônia tóxica.	46
Figura 18- Kit de nitrito.	46
Figura 19- Isopores com espumas semadas.	47
Figura 20- Demonstração das densidades.	47
Figura 21- Raízes das plântulas.	47
Figura 22- Plântulas no sétimo dia.	47
Figura 23- Parâmetros biométricos das plantas.	48
Figura 24- Parâmetros médios dos atributos de alfaces das cultivares Itaúna e Atalaia.	55
Figura 25- Média dos pesos das cabeças de alface e número de folhas das	55

cultivares Itauna e Atalaia.

Figura 26- Plantas de Atalaia Friseé no isopor. 56

Figura 27- Plantas de Itaúna Friseé no isopor. 56

Figura 28- Indivíduos de Atalaia Friseé. 56

Figura 29- Indivíduos de Itaúna Friseé. 56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Comparação das médias ( $\pm$ desvio padrão) do peso (g), comprimento total e padrão (cm) e largura (cm), pelo teste t <i>Student</i> (95% de probabilidade), avaliadas na biometria inicial e final no sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).	48
Tabela 2- Dados de temperatura, pH e Oxigênio Dissolvido (OD) nos elementos do sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).	51
Tabela 3- Dados de concentração de Amônia e Nitrito em ppm nos elementos do sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).	51
Tabela 4- Comparação das médias ( $\pm$ desvio padrão) do comprimento da raiz (cm), altura da cabeça (cm), diâmetro da cabeça (cm), peso da cabeça (g) e número de folhas das variedades Itauna e Atalaia, pelo teste t <i>Student</i> (95% de probabilidade), avaliadas aos 45 dias no sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).	54

## DEDICATÓRIA

Com enorme satisfação dedico esta dissertação a todos que queiram viver a sustentabilidade em sua plenitude. Acredito que viver requer responsabilidades perante o ambiente e aos iguais, para podermos transcender todos os malefícios que o desenvolvimento a custo de desigualdades pode causar. A natureza deve estar em primeiro lugar nas discussões políticas deste país e espero que nossa relação com a água seja sempre de amor.

*“... Águas escuras dos rios  
Que levam a fertilidade ao sertão,  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população,  
Água dos igarapés  
Onde Iara, a mãe d'água  
É misteriosa canção,  
Água que o sol evapora  
Pro céu vai embora  
Virar nuvens de algodão...”*  
(Guilherme Arantes)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à minha família, em especial aos meus pais que me auxiliam em todos os momentos e me motivam a ser uma pessoa melhor todos os dias e meus irmãos pelo apoio, companheirismo e parceria. Desculpem-me as variações de humor e ausências nas festas de família, amo vocês! À Carol pela paciência e companheirismo e sua família pelo suporte.

Em seguida agradeço aos meus orientadores que enfrentaram comigo o desafio de elaborar esta dissertação, além de desatar entraves para o sucesso deste experimento. Aos meus professores, que com vasta experiência acadêmica realizam ações em prol da causa ambiental e do desenvolvimento rural sustentável. Aos meus colegas, que além de corroborar com meus anseios por um mundo melhor, são exemplos de profissionais comprometidos. Estamos juntos!

Por fim, gostaria de agradecer meus amigos que infelizmente não pude acompanhá-los em muitas “serestas”, pois estava concentrado para evoluir este trabalho. Agora já podemos resolver os problemas do mundo em longas conversas!



## RESUMO

A aquaponia é um meio de produção agroecológica que agrega as atividades aquícolas e hidropônicas de maneira sinérgica e promove o reuso da água. Além de estar em constante desenvolvimento, assume papel de promotora da produção sustentável, da segurança alimentar e nutricional, assim como, da conservação dos recursos hídricos. Modelos de agroecossistemas que auxiliam no desenvolvimento rural sustentável devem ser difundidos aos agricultores que necessitam de novos métodos produtivos para constituírem renda e se sustentarem. A partir da concepção e implantação de um sistema aquapônico que utiliza tecnologias sociais, visando às produções piscícolas, vegetal e do monitoramento da qualidade da água no sistema, o objetivo deste trabalho foi analisar o crescimento animal e vegetal e da qualidade da água em sistema aquapônico de escala comercial situado no Distrito Federal, durante um período de 45 dias, entre Janeiro e Fevereiro de 2018. Para produção piscícola foi realizada biometria inicial e cada um dos seis tanques de peixes do sistema, de aproximadamente 10m<sup>3</sup> de volume, foram povoados com 150 animais, com peso médio (p) de 337,76g, comprimento total (ct) de 26,96cm, comprimento padrão (cp) de 21,75cm e altura do dorso (ad) de 9,15cm e receberam duas alimentações diárias, totalizando 2% do peso vivo/tanque/dia. Para análise do crescimento, foram coletados os mesmos parâmetros em biometria final, após os 45 dias, e comparados os resultados iniciais e finais. Para alimentação foi utilizada ração comercial, de 5mm de granulometria e teor de proteína de 32%. Para a produção vegetal foram utilizadas sementes peletizadas de variedades de alfaces *baby leaf*, Itaúna Friseé e Atalaia Friseé, cultivadas em espumas fenólicas e isopor, em sistema de flutuação na densidade de 250plantas/m<sup>2</sup>. Foram analisadas a taxa de vigor, no sétimo dia, e a produtividade das plantas ao final do experimento, através dos parâmetros de tamanho de raiz, peso da cabeça, diâmetro e altura da cabeça e número de folhas, além de comparado o crescimento entre as variedades. Para qualidade de água foram coletadas amostras a cada 3 dias em seis elementos do sistema aquapônico, na água da entrada, nos tanques de peixes, após o tratamento biológico, no tanque de transferência de solução nutritiva, na produção vegetal e na água de saída, sendo medidos e analisados os parâmetros de temperatura, pH, oxigênio dissolvido, amônia e nitrito. Os resultados obtidos foram analisados ao longo do período do experimento e os resultados das médias foram comparados com as recomendadas pela literatura, representando a qualidade da água no sistema. Os peixes apresentaram diferenças estatísticas significativas, através do teste *t Student* pareado, para todos os parâmetros (p = 548,52g; ct = 31,36cm; cp = 25,32cm; ad = 10,85cm) demonstrando crescimento ao longo do experimento. As variedades de alfaces apresentaram crescimento e tiveram diferenças estatísticas significativas em todos os parâmetros analisados a partir do teste *t Student* pareado, sendo que a variedade Atalaia Friseé apresentou resultados para os parâmetros de comprimento de raiz (cr), altura de cabeça (ac) e diâmetro de cabeça (dc) (cr = 31,81cm; ac = 11,58cm; dc = 11,93cm), maiores de média que de Itaúna Friseé (cr = 22,47cm; ac = 9,84; dc = 10,24cm). Para os parâmetros de peso da cabeça (pc) e número de folhas (nf), Itaúna Friseé (pc = 18,45g; nf = 10,67) apresentou maiores valores de médias que Atalaia (pc = 16,45g; nf = 8,06). A qualidade da água do sistema apresentou resultados compatíveis, em todos os parâmetros, para sistemas aquapônicos em recirculação. O estudo demonstrou que o sistema em tela pode ser disponibilizado como tecnologia social, produzindo peixes e vegetais integrados, diminuindo a utilização de água e evitando despejo de efluentes nos corpos hídricos.

**Palavras-chave:** Recirculação; Sistema Aquapônico; Agroecologia; Desenvolvimento Rural.

## ABSTRACT

Aquaponics is a means of agroecological production that aggregates aquaculture and hydroponic activities in a seric way and promotes the reuse of water. In addition, the role of promoting sustainable production, food and nutritional security, and the conservation of water resources. Agroecosystems models that support rural development should be disseminated to farmers who need new productive methods to become and sustain themselves. From the choice of an aquatic system, which may have been used for the treatment of plants, fish farming, plant and water quality monitoring system in the system, the animal process is the growth and quality of water in the aquaponic system of commercial scale located in the Federal District, during a period of 45 days, in January and February 2018. For the production of fish culture was carried out the initial biometrics and each of the six fish tanks of the system, of approximately 10m<sup>3</sup> of volume, were populated with 150 average weight (w) of 337.76g, total length (tl) of 26.96cm, standard length (sl) of 21.75cm and height of the back (hb) of 9,15cm and two daily feeds, totaling 2% of live weight / tank / day. For analysis of growth, the new parameters in final biometrics, after 45 days, and the results of the initial and final results. Commercial feed, 5mm particle size and 32% protein content were used for feed. For vegetable production, pelleted seeds of baby leaf lettuce, Itaúna Friseé and Atalaia Frizeé, were cultivated in phenolic and styrofoam foams, in a flotation system in the density of 250 plants/m<sup>2</sup>. The vigor rate, on the seventh day, and the plant productivity at the end of the experiment were analyzed through the parameters of root size, head weight, head diameter and head height and number of leaves, as well as the growth between the varieties. For water quality, samples were collected every 3 days in six elements of the aquaponic system, in the entrance water, in the fish tanks, after the biological treatment, in the transfer tank of nutrient solution, in the vegetal production and in the exit water, the parameters of temperature, pH, dissolved oxygen, ammonia and nitrite were measured and analyzed. The results obtained were analyzed over the period of the experiment and the results of the averages were compared with those recommended in the literature, representing the water quality in the system. The fish presented significant statistical differences, through the paired Student t test, for all parameters (w = 548.52g; tl = 31.36cm; sl = 25.32cm; hb = 10.85cm), showing growth throughout the experiment. The lettuce varieties presented growth and had statistically significant differences in all parameters analyzed from the paired Student t test, and the Atalaia Friseé variety presented results for the parameters of root length (rl), head height (hl) and head diameter (hd) (rl = 31.81cm; hl = 11.58cm; hd = 11.93cm), higher than that of Itaúna Frizeé (c = 22.47cm; hl = 9.84; hd = 10.24cm). For the parameters of head weight (hw) and leaf number (ln), Itaúna Friseé (hw = 18.45g; ln = 10.67) had higher mean values than Atalaia (hw = 16,45g; ln = 8,06). The water quality of the system presented compatible results in all parameters for aquaponic systems in recirculation. The study demonstrated that the on-screen system can be made available as social technology, producing integrated fish and vegetables, reducing the use of water and avoiding effluent discharge in water bodies.

**Word keys:** Recirculation; Aquaponic System; Agroecology; Rural Development.

## SUMÁRIO

SIGLAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
DEDICATÓRIA	vii
AGRADECIMENTOS	viii
RESUMO	Ix
ABSTRACT	x
1-INTRODUÇÃO	13
2-REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1-AGRICULTURA FAMILIAR	16
2.2-AGROECOLOGIA	17
2.3-TECNOLOGIA SOCIAL	18
2.4-HIDROPONIA	21
2.5-AQUICULTURA	24
2.6-EFLUENTES PISCÍCOLAS	30
2.7-AQUAPONIA	33
2.8-SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL	36
3-MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1-ESTRUTURA FÍSICA	40
3.2-PRODUÇÃO PISCÍCOLA	44
3.3-QUALIDADE DE ÁGUA	45
3.4-PRODUÇÃO VEGETAL	46

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1-PRODUÇÃO PISCÍCOLA	48
4.2-QUALIDADE DE ÁGUA	49
4.3-PRODUÇÃO VEGETAL	54
5-CONCLUSÃO	57
6-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

## 1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola aumentou progressivamente e, segundo a ANA (2016), o consumo hídrico da agricultura foi cerca de 75% de toda a água consumida em 2014. A irrigação, além de ser imprescindível para a agricultura convencional é o setor que mais desperdiça água. A Organização das Nações Unidas (ONU) revela que aproximadamente 70% de toda a água disponível no mundo é utilizada para irrigação (UNESCO, 2012). No Brasil, esse índice chega a 72% (ANA, 2014).

O espaço rural brasileiro congrega tanto a pequena gestão comunitária quanto os grandes consumidores; nele, a regulação comunitária e o grande empreendimento consumidor começam a se confrontar num embate pela água. Ocorre que boa parte das nascentes d'água localizam-se em terras acidentadas e pouco férteis, onde também se concentram agricultores familiares. Por isso são estes segmentos da população os principais gestores de nascentes e alvos de programas educativos e repressivos de conservação das águas (RIBEIRO; GALIZONI, 2003).

A agricultura familiar é responsável por garantir boa parte da segurança alimentar do país, como importante fornecedora de alimentos para o mercado interno. Dos oitenta milhões de hectares da agricultura familiar, 45% eram destinados a pastagens, enquanto que a área com matas, florestas ou sistemas agroflorestais ocupava 24% das áreas, e por fim, as lavouras, que ocupavam 22% (FRANÇA *et al.*, 2009).

Os agricultores familiares diferenciam-se não apenas em relação à disponibilidade de recursos e a capacidade de geração de renda e riqueza, mas também em relação às potencialidades e restrições associadas tanto à disponibilidade de recursos e de capacitação/aprendizado adquirido, como a inserção ambiental e socioeconômica que podem variar radicalmente entre grupos de produtores em função de um conjunto de variáveis, desde a localização até as características particulares do meio-ambiente no qual estão inseridos (IICA, 2006).

O universo diferenciado de agricultores familiares está composto de grupos com interesses particulares, estratégias próprias de sobrevivência e de produção, que reagem de maneira diferenciada a desafios, oportunidades e restrições semelhantes e que, portanto, demandam tratamento compatível com as diferenças (IICA, 2006).

Lennard (2004) e Braz (2000), afirmam que as crescentes restrições e custos quanto ao uso da água tem obrigado produtores rurais, em inúmeros países, a buscarem alternativas mais econômicas com respeito ao uso da água para viabilizar a produção de alimentos, dentre das diversas alternativas, a aquaponia tem sido indicada como uma solução para a escassez da água.

A aquaponia é uma técnica de produção de alimentos com integração de organismos aquáticos, vegetais e microrganismos que pode reduzir o consumo de água em até 90%, se comparada aos sistemas convencionais, promover o reaproveitamento integral do efluente gerado dentro do próprio sistema (CARNEIRO *et al.*, 2015) e pode ser utilizada em regiões onde o solo apresenta baixa fertilidade química (solos distróficos) e a água é escassa, por exemplo, em áreas urbanas, climas áridos e ilhas abaixo do nível do mar (FAO, 2016a).

Diver (2006), Rakocy *et al.* (2006) e Love *et al.* (2015), estudaram a aquaponia como alternativa para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente através de características que remetem a sustentabilidade, como implantação de pequenos sistemas familiares e da reciclagem dos recursos hídricos utilizados. Esta integração pode permitir que as plantas utilizem os nutrientes provenientes da água do cultivo de peixes, melhorando a qualidade da água, podendo esta, ser reutilizada na produção de peixes (HUNDLEY & NAVARRO, 2013).

Apesar de estar em evidência, a aquaponia surge como remodelagem de antiga técnica de produção asteca chamada de "chinampas", relatada de aproximadamente 1400 D. C., que se trata de construção de ilhas artificiais de substratos que eram utilizadas para produção vegetal e fertilizada pela utilização da água dos peixes (ALCANTUD & CUELLO, 1992). Durante a década de 1990, surgiram estudos mais avançados sobre esta técnica nos Estados Unidos e nas Ilhas Virgens (RAKOCY, 1989, 1992; RAKOCY & HARGREAVES, 1993; RAKOCY & LOSORDO, 1993; JOHNSON & WARDLOW, 1997; SEAWRIGHT *et al.*, 1998). A partir do início dos anos 2000, Austrália, Canadá e Israel iniciaram pesquisas na área, e no Brasil, a técnica se tornou mais estudada a partir de 2010.

Ainda que seja um tema incipiente no Brasil, renomadas instituições têm gerado materiais que viabilizem a atividade, como o Documento nº. 189, de 2015, redigido pela Embrapa (CARNEIRO *et al.*, 2015), intitulado “Produção integrada de peixes e vegetais

em aquaponia”. Cabe ressaltar que existe em trâmite no Senado Nacional, Projeto de Lei do Senado - PLS nº. 162, de 2015, que incentiva a aquaponia, pelo uso integrado e sustentável dos recursos hídricos na aquicultura e agricultura, possibilitando incentivos ao acesso de mercados institucionais e créditos bancários, demonstrando a atual visibilidade desta técnica.

As unidades aquapônicas com tanque de peixes de cerca de 1.000 litros de volume e um espaço de crescimento de 3 m<sup>2</sup> são consideradas de pequena escala e são apropriadas para a produção doméstica. O principal objetivo dessas unidades é a produção de alimentos para uso doméstico e de subsistência, já que muitas unidades podem ter vários tipos de vegetais e ervas crescendo de uma só vez. Nos últimos cinco anos, grupos, sociedades e fóruns aquapônicos se desenvolveram consideravelmente e serviram para disseminar conselhos e lições aprendidas nessas unidades de pequena escala (FAO, 2014).

Segundo FAO (2016a), sistemas aquapônicos de larga escala requerem cuidadosas considerações, entre estes: a viabilidade financeira, o custeio de insumos (ração de peixes, construções e suprimento em canos), o custo e a disponibilidade de energia elétrica e o acesso direto a mercado significativo que pague um valor adequado por vegetais locais livres de pesticidas.

O estado da arte avança muito rápido e novas técnicas e tecnologias, incluindo desenhos diferenciados e sensores controlados automaticamente, estão sendo desenvolvidos para desvendar alguns desafios para auxiliar o progresso na aquaponia comercial (FAO, 2016a). Entretanto, para o atendimento de populações rurais vulneráveis torna-se uma possibilidade a disponibilização da aquaponia comercial por meio de um sistema produtivo apropriável.

O objetivo do trabalho foi analisar a capacidade produtiva do sistema aquapônico comercial implantado em uma pequena propriedade rural. Para isto, foi verificado o crescimento dos peixes, em sistema intensivo de produção, e dos vegetais, em sistema produtivo de flutuação, além do monitoramento da qualidade da água.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um componente essencial das economias nacionais e locais, e é necessária para criar e manter empregos em todos os setores. Metade da força de trabalho mundial está empregada em oito setores dependentes de recursos hídricos e naturais: agricultura, silvicultura, pesca, energia, manufatura com uso intensivo de recursos, reciclagem, construção e transporte (UNESCO, 2016).

Abordando aspectos de governabilidade dos recursos hídricos, estes devem considerar não apenas a questão ambiental isoladamente, mas também o universo social da água, que se atrela às questões ambientais. Pagnoccheschi (2016) reflete que a proteção da integridade dos recursos hídricos não significa cuidar apenas dos aspectos quantitativos e qualitativos que garantem sua função do elemento biótico, mas, também, disciplinar seu uso, segundo regras que permitam uma partição adequada da água entre os diferentes setores, observando os limites possíveis desta utilização, ou seja, os usos múltiplos de maneira sustentável, que não comprometam a oferta do recurso.

Segundo Southern; King (1982), a aquaponia diminui os altos níveis de nitrogênio amoniacal do cultivo piscícola e os transforma em nutrição vegetal do sistema hidropônico, além de influenciar os sistemas e estruturas dos processos biológicos, tornando-se assim, um sistema permacultural, onde o subproduto de uma produção é a matéria-prima para outra, podendo assumir uma forma cíclica. Carneiro *et al.* (2015), enfatiza o fato de que a aquaponia preconiza a reutilização total da água, evitando-se desperdício e diminuindo, ou mesmo até eliminando, a liberação do efluente no meio ambiente.

### 2.1 AGRICULTURA FAMILIAR

Segundo França *et al.* (2009), 4.367.902 estabelecimentos da agricultura brasileira são de agricultores familiares, o que representa 84,4% dos estabelecimentos nacionais. Apesar de cultivar uma área menor com lavouras, a agricultura familiar é responsável por garantir boa parte da segurança alimentar do país, como importante fornecedora de alimentos para o mercado interno (FRANÇA *et al.*, 2009).

Essa categoria se deu inicialmente no Brasil a partir de um contexto político e atualmente engloba uma gama diversificada de produtores. Segundo RIBEIRO *et al.*, (2009), a partir da incorporação do progresso tecnológico, originou-se uma camada de



produtores “modernos” e que adotaram diferentes estratégias de reprodução social, como o paradigma da agroecologia. Entretanto, é necessário destacar que mesmo entre aqueles que aderiram ao processo de modernização da agricultura, persiste um patrimônio cultural camponês, identificável por meio dos conhecimentos sobre a gestão dos agroecossistemas e da sociabilidade camponesa. Os agricultores familiares, em sua maioria, realizam a produção de subsistência e para o mercado interno, a luz de obstáculos como o repasse de tecnologias adequadas, capacitação, financiamento e políticas públicas voltadas para a transformação estrutural do setor (IICA, 2006).

## 2.2 AGROECOLOGIA

A necessidade de se relacionar a produção agrícola com cuidados com o ambiente torna-se de vital importância, uma vez que atualmente é um dos setores que mais causa impactos ambientais (BITTENCOURT, 2009). Sauer e Balestro (2009), indicam que a transição para formas sustentáveis de agricultura implica um movimento complexo e não linear de incorporação de princípios ecológicos ao manejo dos agroecossistemas, mobilizando múltiplas dimensões da vida social, colocando em confronto visões de mundo, forjando identidades e ativando processos de conflito e negociação entre distintos atores. Segundo Caporal (2009), este processo parte do conhecimento local, respeitando e incorporando o saber popular e buscando integrá-lo com o conhecimento científico, para dar lugar à construção e expansão de novos saberes socioambientais, alimentando assim, permanentemente, o processo de transição agroecológica.

Mais do que simplesmente tratar sobre o manejo ecologicamente responsável dos recursos naturais, a agroecologia constitui-se em um campo do conhecimento científico que, partindo de um enfoque holístico e de uma abordagem sistêmica, pretende contribuir para que as sociedades possam redirecionar o curso alterado da coevolução social e ecológica, nas suas múltiplas inter-relações e mútua influência (CAPORAL *et al.*, 2006).

Altieri (2012), apresenta a agroecologia como a aplicação de conceitos e princípios ecológicos para desenhar agroecossistemas sustentáveis e, ainda, indica que o maior objetivo da agroecologia é integrar todos componentes, aumentando eficiência biológica geral, a preservação da biodiversidade e manutenção da capacidade produtiva

e autorregulatória do agroecossistema, reproduzindo estrutura e função dos ecossistemas naturais locais.

De acordo com Altieri *et al.* (2014), a resiliência, definida como a capacidade de um sistema social ou ecológico de absorver perturbações, mantendo sua estrutura organizacional e produtividade, a capacidade de auto-organização, e a capacidade de se adaptar ao estresse e mudar após uma perturbação é uma forma de se analisar os agroecossistemas. É um produto da dinâmica de um sistema socioecológico, cujas partes constituintes são integradas e interdependentes, podendo ser entendida como a tendência de um sistema para manter o seu estrutura organizacional e produtividade após uma perturbação. Assim, um agroecossistema “resiliente” seria capaz de proporcionar a produção de alimentos, quando desafiados por uma grave seca ou excesso de chuvas.

Outro fator abordado por Altieri *et al.* (2014) que é de vital funcionalidade para um agroecossistema é a vulnerabilidade deste sistema. Esta pode ser reduzida pela “capacidade de resposta”, definida como características agroecológicas das fazendas e estratégias de gestão utilizadas pelos agricultores para reduzir os riscos climáticos e resistir e se recuperar de tais eventos. Portanto, adaptação refere-se aos ajustes feitos pelos agricultores para reduzir os riscos.

A agroecologia enquanto ciência que utiliza de novas metodologias e que visa à melhoria ambiental aliada a produção agrícola permite que a aquaponia se insira neste amplo espectro agroecológico. O avanço do estado da arte possibilita um maior conhecimento acerca da técnica que permite a instalação destes sistemas onde as características ambientais não favorecem outras formas de produção.

### 2.3 TECNOLOGIA SOCIAL

O universo agrário é extremamente complexo, seja em função da grande diversidade da paisagem agrária (meio físico, ambiente, variáveis econômicas etc.), seja em virtude da existência de diferentes tipos de agricultores, os quais têm interesses particulares, estratégias próprias de sobrevivência e de produção e que, portanto, respondem de maneira diferenciada a desafios e restrições semelhantes. Na verdade, os vários tipos de produtores são portadores de racionalidades específicas que, ademais, se adaptam ao meio no qual estão inseridos, fato que reduz a validade de conclusões

derivadas puramente de uma racionalidade econômica única, universal e atemporal que, supostamente, caracterizaria o ser humano. Daí a importância de identificar os principais tipos de produtores (FAO/INCRA, 2000).

Lacey (2008), propõe que a tecnologia não seja apenas transmitida a quem necessita, propõe a utilização do termo "tecnologia apropriada", quer dizer qualquer tecnologia que serve os interesses do desenvolvimento autêntico. Uma tecnologia apropriada interage dialeticamente com as relações de produção que encorajam a participação universal.

Segundo o Instituto de Tecnologia Social – ITS (2004), a definição de tecnologias sociais se resume em “um conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e melhoria das condições de vida”. Possuem características como o compromisso com a transformação social; criação de um espaço de descoberta e escuta de demandas e necessidades sociais; relevância e eficácia social; sustentabilidade socioambiental e econômica; inovação; organização e sistematização dos conhecimentos; acessibilidade e apropriação das tecnologias; um processo pedagógico para todos.

Pode-se afirmar que a tecnologia social não se distingue da tecnologia convencional produzida pela empresa apenas pelos intensivos conhecimentos gerados em unidades de pesquisa e desenvolvimento, mas em resultados a serem alcançados em termos de geração de postos de trabalho, redução do consumo de recursos naturais, promoção de autossuficiência regional e local, entre outros. Difere também pela maneira como é produzida em que ressalta a participação efetiva dos que serão os seus pretensos beneficiados. A tecnologia social tem como elemento central a emancipação dos atores envolvidos, o que torna o seu processo de produção e utilização parte da cidadania deliberativa, aquela na qual a “pessoa toma consciência da sua função como sujeito social, e não adjunto, e como tal passa a ter uma presença ativa e solidária nos destinos da sua comunidade” (RODRIGUES; BARBIERI, 2008).

Outro aspecto diferenciador concerne à apropriação dos conhecimentos, ao seu uso e reaplicação. Na tecnologia social esses aspectos são endereçados à população e aos autores envolvidos. Isso é coerente com o processo democrático de tomada de decisão e elimina a possibilidade de apropriação privada dos conhecimentos por meio

de direitos de propriedade industrial (patentes de invenção, modelo de utilidade, marcas etc.), pois a novidade que a solução vier a trazer passa a ser conhecida e de domínio público, uma condição necessária para viabilizar a sua reaplicação. É pouco provável que as soluções tecnológicas e mercadológicas desenvolvidas por empresas para alcançar a fortuna que existe na base da pirâmide sigam esses mesmos critérios da tecnologia social (RODRIGUES; BARBIERI, 2008).

As tecnologias sociais elevam o potencial de aprimoramento no contexto rural, possibilitando a implementação de técnicas testadas e validadas, com um baixo potencial de risco agregado à atividade produtiva, unida a um conjunto metodológico de soluções (SOUZA, 2014). Tecnologia Social (TS), agroecologia e agricultura familiar são temas que possuem diversas convergências, sendo a agricultura familiar reconhecida como o segmento desejado para materializar essas propostas, portadoras de um futuro mais justo e igualitário (SERAFIM *et al.*, 2013).

Souza *et al.* (2016), indica cinco principais tecnologias sociais voltadas à agricultura familiar com enfoque na disponibilidade de água potável, tais como as cisternas, destiladores solar, fossas sépticas, barragens subterrânea e bioágua. De acordo com os autores, estas tecnologias vêm transformando o modo de vida e garantindo a permanência dos agricultores familiares nessa região, permitindo que os mesmos produzam alimentos para o sustento da família, comercialização e alimentação animal.

Como indicado por Viana; Magalhães (2013), assim como Siqueira *et al.*, (2011) e Schistek (2005), no que se refere a produção piscícola, as estruturas de ferro-cimento são altamente viáveis para armazenamento e tratamento de água. A adoção da técnica como material de construção em estruturas de saneamento básico propicia enorme alcance social, através das características artesanais, que incentivam a participação, além da transferência de tecnologia no processo construtivo, sendo utilizada em pequenos reservatórios e bebedouros (VIANA e MAGALHÃES, 2013).

Segundo FAO (2016b), sistemas aquapônicos são onerosos inicialmente porque requerem a instalação de sistemas de aquicultura e de hidroponia simultaneamente, entretanto podem ser desenvolvidos com materiais locais e conhecimentos domésticos, encaixando com culturas locais e condições ambientais, atendendo as habilidades e interesses de muitos tipos de produtores. Sua operação sempre irá requerer a dedicação e interesse de uma pessoa, ou grupos, que monitoram o sistema diariamente.

Com vistas em desatar os entraves gerados pela modernização da agricultura, surge a concepção teórica da agroecologia, cujo conceito busca sistematizar todos os esforços em produzir um modelo tecnológico abrangente, que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável. A rigor, pode-se dizer que a agroecologia é a base científico-tecnológica para um projeto de desenvolvimento rural sustentável e a aquaponia, como um sistema de baixo consumo de água e de reaproveitamento de nutrientes, pode ajudar a promover princípios agroecológicos e a utilização de tecnologias sociais e apropriadas.

## 2.4 HIDROPONIA

A hidroponia, termo que deriva de palavras de origem grega “*hydro*” que significa água e “*ponos*” que significa trabalho, está rapidamente se desenvolvendo como meio de produção vegetal, principalmente de hortaliças sob cultivo protegido em estufas. É uma técnica alternativa de cultivo protegido, na qual o solo é substituído por uma solução aquosa contendo apenas os elementos minerais essenciais aos vegetais (GRAVES, 1983; JENSEN; COLLINS, 1985; RESH, 1996).

Na década de 30, o pesquisador da Universidade da Califórnia, Dr. W. F. Gericke criou o termo "hidropônico" e desde então esta técnica de produção sem solo vem sendo popularizada e bastante difundida em todo mundo. Segundo Benoit; Ceustermans (1995), apesar de possuir maior custo inicial para instalação, esta técnica possui várias vantagens para o cultivo comercial de plantas, como a padronização da cultura e do ambiente radicular, drástica redução no uso de água, eficiência do uso de fertilizantes, melhor controle do crescimento vegetativo, maior produção, qualidade e precocidade, maior facilidade no manuseio e maiores possibilidades de mecanização e automatização da cultura.

O cultivo hidropônico possui diversas vantagens como: a possibilidade de aproveitamento de áreas inaptas ao cultivo convencional, tais como zonas áridas e solos degradados, independência do cultivo às intempéries tais como veranico, geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos, e às estações climáticas, permitindo o cultivo durante todo o ano, a redução do uso de mão-de-obra nas atividades “braçais” tais como, capina e preparo de solo, além das atividades na hidroponia possam ser consideradas mais suaves. Além disso, ocorre a antecipação da colheita devido ao encurtamento do ciclo da planta, rápido retorno econômico, dispensa a rotação de

culturas e economiza água (CASTELLANE; ARAÚJO, 1994; SANTOS, 1998; TEIXEIRA, 1996; FAQUIN *et al.*, 1996).

Sediyama *et al.* (2009), afirmam que a utilização de sistemas hidropônicos associados ao cultivo protegido permite uma produção intensiva, uma vez que reduz o ciclo de produção das culturas, aumenta a produtividade, facilita o manejo de limpeza dos produtos colhidos e permite a possibilidade de ofertas regulares durante todo o ano.

O sistema hidropônico possui também algumas desvantagens como: o alto custo de instalação dos sistemas, a necessidade de acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, principalmente do fornecimento de energia elétrica e controle da solução nutritiva, a necessidade de mão-de-obra e assistência técnica especializada e novos produtos e técnicas adequadas no controle de pragas e doenças, pois, os agrotóxicos convencionais podem diminuir a qualidade biológica do produto (CASTELLANE; ARAÚJO, 1994; SANTOS, 1998; TEIXEIRA, 1996; FAQUIN *et al.*, 1996).

São elencados três métodos principais de sistemas de hidroponia, que se diferem apenas nas formas que as plantas são inseridas, sendo estas: o cultivo em "*Nutrient Film Technique*" - NFT, ou seja, o cultivo em canos, o "*Media Bed Technique*" - MBT, ou cama de substrato e o "*Deep Water Culture*" - DWC, ou flutuação. O NFT é bastante utilizado em pequenos sistemas e muito promissor para difusão da hidroponia. O método cama de substrato requer maior manutenção, porém permite a inserção de diferentes culturas que não são adaptadas a terem suas raízes imersas em solução aquosa. O último método, de flutuação, é o mais utilizado para a produção comercial, uma vez que produções hidropônicas utilizam, em sua grande maioria, esse mesmo método, é normalmente implantado para uma cultura específica permitindo facilidade na manutenção (FAO, 2014).

Na flutuação, a solução rica em nutrientes circula pelos canais com uma profundidade de 20 cm enquanto as estruturas (usualmente o poliestireno) flutuam no topo. As plantas são suportadas por potes em rede instalados em buracos na estrutura. As raízes estão submersas em solução aquática rica em nutrientes e oxigênio, onde irão absorver grandes quantidades desses elementos e contribuirá para condições de rápido crescimento (FAO, 2016c).

Em pequenas escalas o método DWC é mais complicado que o MBT, porém o método pode não ser usual para alguns locais, especialmente onde o acesso a materiais é limitado. Como na técnica de NFT, a separação dos filtros mecânicos e biológicos é necessária (FAO, 2016b).

Nos últimos anos há uma grande demanda pelo cultivo em hidroponia no Brasil, predominando o sistema NFT. Muitos dos cultivos hidropônicos não obtêm sucesso, principalmente pela falta de domínio sobre aspectos nutricionais das plantas neste sistema de produção, isto é, utilização incorreta de formulações e manejos inadequados das soluções nutritivas, o que sugere uma carência no que diz respeito à mão de obra especializada quanto à capacitação e assistência técnica na área (BARBOSA *et al.*, 2008).

Segundo Ohse *et al.* (2001), a alface (*lactuca sativa* L.) é a planta cultivada em maior escala pela Técnica do NFT. Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema, no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo. As hortaliças folhosas são recomendadas na dieta alimentar de pessoas em tratamento da obesidade e de doenças crônico-degenerativas (doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e câncer) por apresentarem baixo valor calórico, ampliando com isso, seu mercado.

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil, sendo um componente básico de saladas preparadas em domicílios e restaurantes (MORETTI & MATTOS, 2008). A alface é a espécie de maior expressão no sistema de cultivo sem solo, possivelmente por ser a hortaliça folhosa de maior aceitação pelos consumidores, apresentar ciclo curto, alta produtividade e rápido retorno do capital investido (SANTOS, 2000; LONDERO & AITA, 2000).

Silva (2011), destaca a grande importância da alface na alimentação e saúde humana principalmente por ser fonte de vitaminas e sais minerais e ainda por se constituir sendo a hortaliça folhosa mais popular entre os consumidores, não apenas pelo sabor e qualidade nutritiva, mas também pela facilidade na aquisição, baixo custo e pelo fato de se conseguir produzir durante todas as épocas do ano. Ressalta ainda o fato de as alfaces serem ricas em fósforo e possuírem uma quantidade útil de betacaroteno, além de vitamina C, potássio e certos químicos, como os flavonóides e lactucina.

Calori (2013), afirma que folhas *baby leaf* e as minis hortaliças, sendo uma inovação no mercado, estimulam a demanda de hortaliças por parte da população, especialmente das crianças, que têm simpatia por produtos de tamanho reduzido e de coloração diversificada, contribuindo para o combate a obesidade infantil. Cita as culturas beterraba, alface, agrião e a rúcula como sendo as mais interessantes para o cultivo em miniaturas, pelo fato destas já estarem difundidas entre a população nacional em seus tamanhos convencionais.

Morais (2013), concluiu que é viável a utilização de diferentes substratos na produção de alface *baby leaf* e destaca que o cultivo pode ser realizado de diversas formas, no solo, dentro ou fora de estufas agrícolas, em bandejas utilizadas para produção de mudas e sem solo, como é o caso dos sistemas hidropônicos. Destaca ainda as vantagens da produção de *baby leaf* utilizando o sistema floating em cultivo protegido, como a redução dos ciclos de cultivo (até 18 ciclos por ano), a alta qualidade sanitária devido à ausência de contaminantes e a redução do uso de água, nutrientes e consumo de energia, proporcionando benefícios ambientais.

## 2.5 AQUICULTURA

A criação de peixes foi uma atividade introduzida no Brasil pelos holandeses que ocuparam parte do território nordestino no século XVIII, e que a partir da década de 1930 se desenvolveu com o aperfeiçoamento de técnicas de desovas artificiais, permitindo assim a reprodução em cativeiro e conseqüentemente o desenvolvimento de um modelo de produção de peixes com o objetivo de complementação de renda de pequenos produtores (FARIA *et al.*, 2013). Este modelo se caracterizava pela escala de produção muito pequena e pelo sistema extensivo de criação.

Em 2003, o Governo Federal criou a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, que foi transformada em Ministério da Pesca e Aquicultura, MPA, em 2009. Com essas mudanças, o governo federal passou a criar políticas públicas a fim de incrementar a produção de pescados no país, porém em 2015 o MPA foi extinto. Segundo a FAO (2016d), a produção de pescados oriundos da aquicultura no Brasil atingiu 561 mil toneladas no ano de 2014, sendo a produção piscícola em águas continentais de 474 mil toneladas, correspondendo a 84,5% de toda produção nacional.



Para Henry-Silva *et al.* (2008), os agroecossistemas, incluindo a agricultura e a aquicultura, diferem dos ecossistemas naturais em três aspectos básicos. O primeiro aspecto diz respeito à existência de entrada de energia auxiliar, além da energia solar. Esta energia suplementar está sob controle do homem, consistindo em trabalho humano e animal, fertilizantes, ração, água de abastecimento, medicamentos e combustível para movimentar a maquinaria. O segundo aspecto refere-se à pequena diversidade de organismos aquáticos, objetivando maximizar a produção de apenas algumas espécies de maior valor comercial. O terceiro aspecto aborda as seleções artificiais em que as plantas e os animais cultivados geralmente são submetidos, também com o intuito de aumentar a produção e, conseqüentemente, o lucro obtido com a comercialização desses organismos (HENRY-SILVA *et al.*, 2008).

Com a evolução da questão ambiental e das condições que o planeta oferece o cultivo racional de organismos aquáticos, atividade zootécnica mais conhecida como aquicultura, apresenta-se como economicamente emergente na competição pelo recurso água. Atualmente, a aquicultura enfrenta o desafio de moldar-se ao conceito de sustentabilidade, o que implica em agregar novos valores à produção de conhecimento e às práticas do setor (ELER *et al.*, 2007).

A aquicultura depende fundamentalmente dos ecossistemas nos quais está inserida. É impossível produzir sem provocar alterações ambientais. No entanto, pode-se reduzir o impacto sobre o meio ambiente a um mínimo indispensável, de modo que não haja redução da biodiversidade, esgotamento ou comprometimento de qualquer recurso natural e alterações significativas na estrutura e funcionamento dos ecossistemas. Esta é uma parte do processo produtivo, uma vez que não se pode desenvolver tecnologia visando aumentar a produtividade sem avaliar os impactos ambientais produzidos (VALENTI, 2002).

Para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável é fundamental que haja um comprometimento mútuo entre os diversos segmentos que compõem a cadeia produtiva da atividade, de forma a possibilitar o desenvolvimento sustentável e um alimento seguro para os consumidores finais (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

É comum, em criações de peixes, o uso de alimentos de má qualidade e estratégias inadequadas, como volumes elevados de ração sem respeito à capacidade de suporte dos sistemas de cultivo. Isto leva a um excessivo acúmulo de resíduos

orgânicos, oriundos de sobras de ração, fezes e excrementos dos peixes, redução nos níveis de oxigênio e aumento na concentração de substâncias tóxicas (KUBITZA, 2011). Para diminuir estes impactos, os criadores devem trabalhar dentro de padrões mínimos de segurança, respeitando a capacidade de concentração de peixes em determinada área, melhorar as técnicas de manejo, minimizar o desperdício através do uso de rações de boa qualidade com alta digestibilidade (ROSENTHAL, 1994) e com menor quantidade de nitrogênio e fósforo sem reduzir sua qualidade nutritiva (BOYD, 1997).

Além dos impactos nos próprios sistemas de criação, tem-se o impacto ambiental, uma vez que estes sistemas geram efluentes que são devolvidos ao ambiente. Quando comparados com os efluentes domésticos, estes apresentam grande volume com baixas concentrações de nutrientes (FOLKE *et al.*, 1994). Porém, o seu lançamento contínuo nos ecossistemas aquáticos pode provocar a eutrofização artificial com impactos negativos sobre a biodiversidade local (IWAMA, 1991; BEARDMORE *et al.*, 1997). Segundo Boyd e Schimittou (1999), preocupações relativas aos impactos ambientais gerados pela aquicultura, como sedimentação e destruição dos fluxos da água, hipernitrificação e eutrofização, descarga de efluentes de ambientes de criação e poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases de criação, podem estabelecer novos limites para esta atividade.

No Brasil há diversas espécies de peixes de água doce com alto potencial produtivo, sendo que espécies nativas como pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido entre *Colossoma macropomum* e *Piaractus mesopotamicus*). Estes são responsáveis por 24,6 % da produção nacional. As espécies exóticas, como a carpa (*Cyprinus carpio*) e a tilápia (*Oreochromis niloticus*) são responsáveis por 63,4 % de toda produção nacional (MPA, 2010).

O avanço da tilapicultura no mundo inteiro está levando a uma intensificação dos cultivos, provocado principalmente pela diminuição da pesca marinha e maior procura pelo pescado devido às qualidades saudáveis de sua carne. Um dos sintomas dessa intensificação é a busca por linhagens de desempenho superior (SANTOS *et al.*, 2007). A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é considerada a espécie de melhor desenvolvimento nos dias atuais. Seu rápido crescimento se dá devido a sua precocida-

de e graças ao melhoramento genético, que vem cada vez mais aumentando o rendimento de carcaça (ANDRADE *et al.*, 2015).

Love *et al.* (2015), aponta que 69% dos sistemas aquapônicos comerciais utilizam tilápias. Geralmente a tilápia é utilizada na maioria dos sistemas aquapônicos por serem peixes altamente tolerantes à água de má qualidade (LENNARD, 2018). Para piscicultura é importante salientar que cada sistema será mais adequado para diferentes situações devendo-se ter em mente os objetivos do empreendimento, o mercado a ser atingido, a espécie de cultivo, a disponibilidade de água e energia elétrica, a área disponível, o custo dessa área, as características climáticas da região, os aspectos legais e socioculturais (CREPALDI *et al.*, 2006).

Como o desenvolvimento de organismos aquáticos, em viveiros, depende diretamente de requisitos essenciais, Faria *et al.* (2013) observam cada um deles, individualmente, para avaliar a capacidade produtiva, sendo:

- qualidade da água: a qualidade da água varia de acordo com um complexo e dinâmico equilíbrio entre fatores químicos, físicos e biológicos, ligados diretamente às interações entre as características do meio ambiente, como clima, o solo e todos os organismos presentes no sistema. Com o aumento de matéria orgânica na água, advinda de fezes, restos de ração e metabólicos excretados pelos peixes pode-se comprometer este equilíbrio, e assim desencadear diversas consequências, como a proliferação de organismos indesejáveis à produção, à redução de oxigênio dissolvido na água, ao desequilíbrio no pH da água e até causar a morte de peixes. Fatores meteorológicos tais como temperatura do ar, umidade, chuva, vento e radiação solar podem causar alterações nas propriedades físicas da água, como turgidez, cor e temperatura, que por sua vez também podem provocar alterações nas propriedades químicas da água, como pH, concentração de oxigênio dissolvido, gás carbônico entre outros elementos essenciais aos organismos aquáticos. Sendo assim, a manutenção da qualidade da água deve ser um dos principais requisitos ao sucesso da atividade e para isso há de se fazer testes de rotina.

- quantidade de água: a propriedade precisa de uma fonte de água de boa qualidade, sem contaminação por poluentes e em quantidade mínima para abastecer os viveiros, repor as perdas por evaporação e infiltração e ainda atender as necessidades do manejo.

- escolha da espécie: a escolha de espécie a ser cultivada depende principalmente da demanda local, onde o produtor deve analisar a espécie de maior preferência na região, para assim facilitar a venda dos produtos.

- sistema de produção: os sistemas de produção se dividem em sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos. Os extensivos se caracterizam por serem sistemas onde os peixes dependem de alimentação natural presente na água, não sendo utilizados ração e suplementos alimentares, onde também não há interferência contra predadores e nem qualidade da água. Os sistemas semi-intensivos se caracterizam pela existência de uma interferência na disponibilidade de ração, à fertilização da água com suplementos, mecanização de alguns processos e tratamentos químicos da água. Os sistemas intensivos possuem maior interferência na disponibilidade e qualidade de ração, suplementação alimentar, aeração suplementar, tratamento e monitoramento da água e pela alta densidade de indivíduos no sistema. Os sistemas de produção também são classificados de acordo com o tipo de cultivo, que podem ser de monocultivo, sendo apenas uma espécie cultivada no viveiro, policultivo, com duas ou mais espécies de hábitos alimentares diferentes no mesmo viveiro e ainda como consórcio, que se caracteriza pela criação de organismos aquáticos associada com outras espécies animais ou vegetais (no caso da aquaponia ou fertirrigação).

- área disponível para infraestrutura: as características de cada propriedade que vão determinar o tamanho do empreendimento, custos de instalação e de manutenção. Para isso, o produtor deve avaliar a área e a topografia do terreno, o tipo de solo, fazendo testes de permeabilidade e textura do solo.

- energia elétrica: é um item fundamental para todos os tipos de criação, em especial os sistemas intensivos de cultivo, pois possibilita a instalação de aeradores, alimentadores automáticos e bombas de recalque que são utilizadas no manejo da produção.

- alevinos e ração: a aquisição de alevinos deve ser preferencialmente feita por empresas idôneas especializadas em alevinagem, para que estes sejam sadios e com padrão bom de qualidade, com atestado de sanidade expedido por veterinário responsável. A ração é um dos itens mais importantes na criação de peixes, pois representam cerca de 70 % dos custos de produção. A alimentação deve conter proteínas, vitaminas, minerais, lipídeos e calorias em quantidade e qualidade adequadas ao bom desenvolvimento dos peixes. Ainda para o manejo de ração, é importante ressaltar o monitoramento da conversão alimentar, dada pela seguinte fórmula:

$$\text{Conversão alimentar} = \frac{\text{quantidade de ração oferecida}}{\text{ganho de peso obtido no período}}$$

- mão de obra qualificada: para melhor acompanhamento na conversão alimentar e rastreamento do desenvolvimento dos peixes é necessário o monitoramento periódico denominado biometria, que consiste em capturar, medir o tamanho e pesar uma amostra representativa de peixes do viveiro, que deve ser feito de maneira rápida e com muito cuidado, para que os peixes não permaneçam muito tempo fora da água, evitando estresse.

Os principais parâmetros a serem avaliados são a temperatura da água, pH da água, oxigênio dissolvido e amônia tóxica, e por terem grande importância na produção de peixes merecem ser descritos separadamente, sendo:

- temperatura: os peixes são animais pecilotérmicos, ou seja, não possuem capacidade de manter a temperatura corporal constante, e por este fato a temperatura da água é a mais importante variável, exercendo influência direta nos processos fisiológicos como taxa de respiração, assimilação do alimento, comportamento, crescimento e reprodução.

- pH: o potencial hidrogeniônico é a medida utilizada para determinar o quanto o meio é básico ou ácido e pode ser obtida por meio de papel indicador de pH, kits colorimétricos ou com aparelhos eletrônicos denominados potenciômetros.

- oxigênio dissolvido: é um dos mais importantes itens no manejo de produção, sendo disponibilizado por meio de processos de síntese realizado por microalgas do plâncton e por ação dos ventos, que permite a transferência do oxigênio presente no ar para a água. A solubilidade do oxigênio na água é influenciada pela temperatura, salinidade e pressão atmosférica.

- amônia: a amônia ( $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$ ) tem várias origens no meio aquático, sendo oriunda principalmente pela decomposição da matéria orgânica, pela decomposição da proteína contida nos restos de ração, pela morte de microalgas, quando estas crescem excessivamente, e pelos excrementos e metabólicos dos peixes.

## 2.6 EFLUENTES PISCÍCOLAS

A aquicultura pode ter tanto efeitos benéficos, quanto adversos sobre o ambiente. Pode, por exemplo, fornecer resíduos para uso na agricultura, tornando terras marginais mais produtivas; pode converter resíduos vegetais e animais em proteína de alta qualidade; pode ser a principal fonte de suprimento alimentar em regiões onde a pesca tornou-se escassa em razão de modificações no ecossistema e outras causas.

De outro lado, ela pode ter efeito negativo sobre o *habitat* e biota natural por meio do seu processo produtivo e sobre a saúde humana pelo surgimento de doenças de veiculação hídrica (SANTOS, 2009). Alguns autores salientam que a atividade aquícola contribui para a degradação da qualidade da água dos corpos receptores, se mostrando uma atividade poluidora do meio ambiente, pois a principal causa do enriquecimento da água proveniente de viveiros são as substâncias dissolvidas ou em suspensão, contidas no efluente (CASTELLANI *et al.*, 2009).

Durante o processo de criação e engorda da tilápia são produzidos efluentes aparentemente diluídos, no entanto, contribuem com contaminação por nutrientes (fósforo e nitrogênio), sólidos, matéria orgânica e patógenos para os corpos receptores. Tais efluentes não são adequados para reutilização na piscicultura, nem para o despejo

direto aos corpos receptores, razão pela qual o tratamento é necessário (CHAUX *et al.*, 2013).

No viveiro de produção, o material orgânico proveniente da adição de fertilizantes, a excreção dos peixes e os restos de ração não consumidos geram compostos orgânicos, metabólitos e minerais, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), que se depositam no fundo dos tanques ou ficam diluídos no meio (HUSSAR *et al.*, 2005; CHAVES e SILVA, 2006). Os resíduos orgânicos presentes nas fezes de peixes sofrem degradação biológica por meio da ação de bactérias, fungos e outros organismos aquáticos.

Pereira e Mercante (2005), apontam o nitrogênio como um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos em razão de sua participação na formação de proteínas, atuando como fator limitante da produção primária desses ecossistemas e, em determinadas condições, tornando-se tóxico para os organismos aquáticos. Entre os compostos nitrogenados dissolvidos na água, encontram-se uma forma ionizada,  $\text{NH}_4^+$ , denominada íon amônio, e outra não ionizada,  $\text{NH}_3$ , amplamente conhecida como amônia. As duas formas juntas constituem a amônia total ou nitrogênio amoniacal total. Quanto mais elevado for o pH, maior será a porcentagem da amônia total presente na forma  $\text{NH}_3$  (forma tóxica).

A  $\text{NH}_3$  (amônia), metabólito eliminado pelo peixe, é transformada em  $\text{NO}_2$  (nitrito) e em seguida em  $\text{NO}_3$  (nitrato), que são absorvidos pelos vegetais como fonte de nitrogênio (KUBTIZA, 2000). Segundo Resende (2002), entre as diversas formas de nitrogênio presentes na natureza, a amônia e, em especial, o nitrato podem ser causas da perda de qualidade da água. A amônia, entretanto, quando presente na água em altas concentrações, pode ser letal aos peixes.

Para Cavero *et al.* (2004), em uma piscicultura intensiva, a alimentação é a principal fonte de compostos nitrogenados incorporados à água. Assim, no início das criações, quando a biomassa é menor, são observados baixos níveis de amônia que aumentam proporcionalmente à quantidade de alimento fornecido e ao aumento da biomassa. Para os autores, essa situação pode ser agravada em virtude dos elevados níveis de proteína usados nas rações, principalmente no caso da criação de peixes carnívoros.

A probabilidade de lixiviação de nitrato é, em geral, maior quanto maior a permeabilidade do solo. Todos os atributos do solo (notadamente a textura arenosa) que favorecem a infiltração tornam a área mais vulnerável à contaminação da água subterrânea. Nesse sentido, solos com textura grosseira de drenagem rápida, que recebem doses elevadas de nitrogênio na fertilização das culturas, em elevada precipitação pluviométrica ou irrigação com aplicação de água em excesso, caracterizam as condições de maior risco de contaminação de aquíferos subterrâneos (RESENDE, 2002).

Sipaúba-Tavares (1995), indica que o fósforo no ecossistema aquático está na forma de fosfato, sendo ortofosfato o mais encontrado e a principal forma utilizada pelos vegetais. Ao entrar em contato com o sistema aquático, o fósforo é imediatamente incorporado à cadeia alimentar, via fitoplâncton e zooplâncton, sendo um nutriente essencial para a manutenção desses organismos. No caso do zooplâncton, cerca de 50% do fósforo que forma seu corpo fica livre 4 horas após sua morte, sendo incorporado novamente via decompositores. Também, o fósforo serve como indicativo do estado de trofia do ambiente, e em águas com pH elevado e altas concentrações de Ca, pode ocorrer formação do fosfato de cálcio, que precipita no sedimento, podendo ser perdido no sistema. O ferro e o alumínio também participam do ciclo do fósforo.

Segundo Resende (2002), em virtude da forte retenção do fósforo pelas partículas do solo, o processo de poluição da água subterrânea por lixiviação de fosfatos é de magnitude desprezível, especialmente em solos tropicais. Nas águas superficiais, verifica-se que o escoamento superficial de água e a erosão dos solos são os principais agentes da contaminação em áreas agrícolas.

Várias tecnologias têm sido utilizadas no tratamento de efluentes de tilápia: filtros de cascalho, osmose, recirculação e biofiltração em sistemas aquapônicos, sedimentação convencional e reator aeróbio de leito fluidizado, zonas úmidas de fluxo subsuperficial e plantas aquáticas (CHAUX *et al.*, 2013).

Segundo Castellani (2009), pisciculturas intensivas em pequenos tanques, associadas ao cultivo de vegetais em hidroponia, permitiram as plantas a utilizar resíduos contidos no efluente, sendo uma maneira de melhorar a qualidade da água residuária, pela redução do nível de amônia, nitrato e fosfato dissolvido no efluente.



## 2.7 AQUAPONIA

Hundley e Navarro (2013), definem a aquaponia como sendo uma modalidade de cultivo que integra a aquicultura à hidroponia em sistemas de recirculação de água e nutrientes. Neste sentido a aquaponia mostra-se eficiente, pois a água fertilizada pelos peixes será utilizada para o cultivo de plantas e hortaliças, que auxiliarão na remoção de matéria orgânica e outros compostos presentes na água (JORDAN *et al.*, 2013).

Carneiro *et al.* (2015), afirmam que o volume de água necessário é muito menor se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura, pois uma vez o sistema é abastecido e está em funcionamento, pode ficar tempo indeterminado sem a necessidade da troca de água, sendo necessário somente um pequeno volume para repor as quantidades perdidas por evaporação e manejo, como colheitas. Sendo também mais eficiente na utilização da água e geração de efluente que a própria hidroponia, que necessita constantemente de renovar a solução nutritiva. Nos sistemas aquapônicos a única entrada de insumos é o fornecimento de ração aos peixes, que ao se alimentarem produzirão excretas, posteriormente convertidas em nutrientes que serão absorvidos pelas plantas (Figura 1).

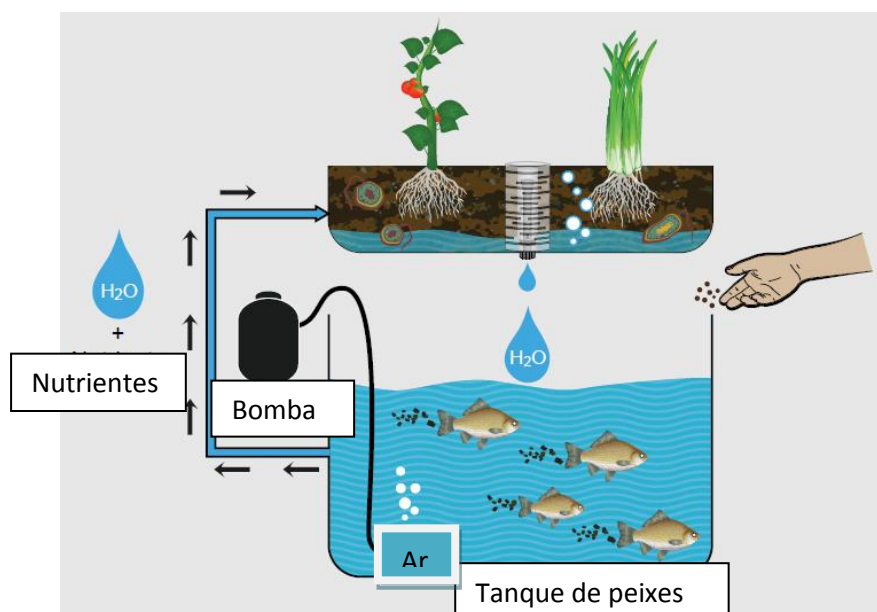


Figura 1. Esquema simples de aquaponia. É representado o tanque de peixes, o aporte de ração na produção piscícola, o oxigênio necessário para os peixes, que advêm de uma bomba aeradora, o ciclo dos nutrientes e de água dos peixes para os vegetais e a água que volta dos vegetais para os peixes. Fonte: Adaptado de FAO, 2014.

A aquaponia envolve três organismos muito distintos (peixes, bactérias e plantas) num mesmo corpo de água, e que é de extrema importância conhecer as necessidades de cada um deles para que a faixa de pH possa atender satisfatoriamente a todos. As bactérias nitrificantes são predominantemente aeróbicas e tem como ótima faixa de pH valores entre 7 e 8. A maioria das plantas cultivadas em hidroponia se desenvolvem melhor em intervalo de pH entre 5,5 a 6,5 e ainda, que a maioria das espécies cultivadas em água doce de interesse econômico, que podem ser utilizadas em sistemas aquapônicos, a faixa ideal de pH encontra-se entre 7 a 9. Consequentemente, recomenda-se manter a faixa de pH da água em sistemas aquapônicos entre 6,5 a 7,0 a fim de atender satisfatoriamente aos três organismos presentes no sistema (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A FAO (2014), descreve o ciclo de recirculação da aquaponia pelo processo natural de nitrificação, pelo qual excrementos dos peixes, ricos em amônia, são convertidos por bactérias naturalmente presentes na água, em nitrito e nitrato, que por sua vez são facilmente absorvidos pelas plantas. Este processo é responsável por gerar nutrientes assimiláveis às plantas e eliminar a amônia tóxica aos peixes. Ainda segundo o autor, o ecossistema presente na aquaponia está totalmente relacionado às bactérias, portanto, se as bactérias não estiverem presentes ou mesmo não estiverem funcionando apropriadamente, a concentração de amônia irá aumentar e poderá causar morte de animais. Nestas condições é vital ao sistema manter saudáveis as colônias de bactérias responsáveis por controlar a concentração de amônia. Para se manterem saudáveis estas colônias, devem ser considerados alguns parâmetros, como área de superfície, pH da água, temperatura da água, oxigênio dissolvido e radiação solar.

As colônias de bactérias podem se estabelecer em vários tipos de materiais, como nas paredes do tanque de peixes, nas próprias raízes das plantas e até mesmo nas tubulações do sistema, sendo que a disponibilidade total da área de superfície é que vai determinar a quantidade de amônia que poderá ser metabolizada. Em sistemas de produção intensiva de peixes, onde há maior adensamento de animais por tanque, há necessidade de se fazer um biofiltro externo, utilizando-se de materiais inertes a fim de aumentar as áreas de superfície para produção de colônias de bactérias e favorecendo o processo de nitrificação (FAO, 2014).

A temperatura da água ideal para o crescimento e proliferação das bactérias nitrificantes está na faixa entre 17°C a 34°C, e temperaturas abaixo dos 10°C a produção de bactérias pode reduzir a metade, desfavorecendo o processo de nitrificação. O oxigênio dissolvido também é um item muito importante na produção e manutenção das colônias de bactérias. Sendo o processo de nitrificação uma reação de oxidação, ou seja, necessita do oxigênio como reagente. Níveis excelentes de oxigênio dissolvido se encontram entre 4 a 8 miligramas por litro, sendo que se no sistema não tiver oxigênio dissolvido disponível, outros tipos de colônias de bactérias indesejáveis ao sistema poderão se estabelecer, algumas são capazes de até converter o nitrato já nitrificado de volta para forma molecular de nitrogênio não disponibilizado, um processo anaeróbico conhecido como desnitrificação. Outro aspecto importante na manutenção das colônias de bactérias, é o fato destas serem sensíveis, ou seja, a luz solar pode ser uma ameaça a sua manutenção, necessitando assim de sombra (FAO, 2014).

Sistemas de aquicultura e hidroponia adequadamente projetados e bem manejados podem ser considerados alternativas ambientalmente responsáveis para produção de hortaliças cultivadas em campo e para a pesca silvestre. A partir da combinação destes sistemas a aquaponia se ajusta à definição de agricultura sustentável combinando a produção de plantas e animais, integrando o fluxo de nutrientes por ciclos biológicos naturais (nitrificação) e faz o uso mais eficiente dos recursos não renováveis (TYSON *et al.*, 2011).

Segundo Junge *et al.* (2017), o avanço dos sistemas aquapônicos sugerem que a tecnologia deve se desenvolver em ao menos duas direções: uma através das baixas tecnologias (em países em desenvolvimento e para *hobby*) e outra através das altas tecnologias (em países desenvolvidos e com atores profissionais e comerciais). Conforme Love *et al.* (2015), 71% dos sistemas aquapônicos comerciais analisados foram desenhados e implantados pelos próprios produtores, enquanto os 29% foram concebidos por consultores ou comprados. Também, quase 80% de empreendimentos aquapônicos de escala comercial estão localizados nos Estados Unidos, e 93% dos aquaponicultores concluíram o ensino médio.

Inúmeros modelos de sistemas aquapônicos podem ser propostos com diferentes espécies de organismos aquáticos e plantas constituintes, além de poderem apresentar elementos de filtragem biológica ou não (SILVA *et al.*, 2017). Castellani *et al.* (2009),

realizaram experimento utilizando camarão da Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) em associação com alface e agrião em NFT. Já Geisenhoff *et al.* (2014) e Jordan *et al.* (2018) realizaram experimento com tilápia em associação a alface crespa, porém o primeiro utilizou para a produção vegetal sistema de cama de substrato, enquanto o segundo utilizou NFT.

Segundo Tokunaga *et al.* (2015), sistemas em flutuação possuem vantagem técnica de aliar simplicidade operacional de colheita ao plantio das mudas, que são colocadas na placa flutuante como cartuchos, demandando pouco tempo e esforço para a atividade de plantio e colheita. Contribuindo significativamente para economia de tempo e esforço no campo, que pode ser direcionado para a comercialização e transporte dos produtos, garantindo melhor qualidade aos produtos que poderão ser comercializados no mesmo dia de colheita.

## 2.8 – SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

Segundo Gomes Júnior (2015), a associação da noção de segurança alimentar com os elementos que devem garantir oferta de alimentos perene e suficiente, inevitavelmente inspiram medidas protecionistas como forma de cumprir o objetivo estratégico interno, que é atender à demanda agregada. Ao mesmo tempo, do ponto de vista externo, a soberania alimentar converte-se em poderosa moeda de troca na construção de relações entre nações.

A garantia de manutenção da oferta interna de alimentos envolve bem mais do que a busca de uma produção diversificada e suficiente que, ao mesmo tempo em que remunere os produtores, garanta que estes alimentos cheguem em quantidade e regularidade necessárias aos pontos de distribuição, livres dos sobre preços produzidos por intermediações desnecessárias. Haveria ainda de garantir a constituição de estoques reguladores, estratégicos e de emergência, que, sob o controle do governo central, permitissem a intervenção no mercado e a sustentação de políticas assistenciais de distribuição de alimentos (GOMES JÚNIOR, 2015).

Segundo Burlandy *et al.* (2015), a criação do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), em que, ao se apropriar da perspectiva sistêmica foca tanto na organização das ações e instituições (Sistema Institucional) quanto dos fluxos e processos locais de produção, comercialização e consumo. (Sistema Alimentar). A

premissa que a realidade tem natureza sistêmica a ser apreendida com o instrumental analítico fornecido pelas teorias sobre sistemas. Ao mesmo tempo, a identificação dos elementos que compõem um sistema determinado permite potencializar os ganhos sinérgicos gerados pelas relações sistêmicas entre tais elementos por intermédio da institucionalização e aprofundamento dessas relações.

A perspectiva sistêmica filia-se aos enfoques que caracterizam o sistema como um conjunto composto de interrelações entre seus elementos que evolui com contradições, isto é, as relações sistêmicas presentes nas dinâmicas econômicas, sociais e políticas contêm elementos de conflito. Supõe, ademais, que a ação humana se faz num ambiente de incerteza (desconhecimento em relação ao futuro) e recorre ao conceito de ‘consequências não intencionais’ da ação humana com o sentido de abertura a várias soluções. Portanto, admite a possibilidade das soluções abertas (BURLANDY *et al.*, 2015).

Em resumo, as políticas nacionais de abastecimento de alimentos devem levar em conta os tipos de bens e circuitos pelos quais circulam, os modelos de produção e os hábitos alimentares que promovem, a formação de preços, movendo-se no sentido inverso. A direção do distanciamento da produção e do consumo, aproximando estes dois elementos. A diversidade de hábitos alimentares e recursos naturais são insumos importantes para uma dieta rica em micronutrientes que poderia ser melhor promovida por sistemas alimentares descentralizados baseados em circuitos regionais-locais de produção, distribuição e consumo de alimentos baseados em uma agricultura familiar diversificada. Entre as vantagens de tal modelo estão: (a) acesso a uma dieta mais saudável e diversificada com maior quantidade de produtos in natura; (b) evitar perdas e desperdícios de alimentos; (c) uso de métodos mais sustentáveis que preservem as propriedades nutricionais dos alimentos; (d) menores custos de transporte e logística, além de economizar energia (MALUF *et al.*, 2015).

No Brasil, iniciativas que reúnem agricultura e nutrição não se restringem a programas e ações do governo. Diversas experiências concretas na produção de alimentos estão ganhando expressão política. Este é particularmente o caso das experiências em agroecologia. Tais experimentos articulam práticas agroecológicas e estratégias de Segurança Alimentar e Nutricional - SAN envolvendo ampla gama de atividades, desde o resgate e conservação de sementes locais e raças de animais, a

diversificação dos sistemas de produção para a recuperação dos alimentos regionais e o autoconsumo (MALUF *et al.*, 2015).

Rocha (2013), indica que cidades regenerativas precisam de sistemas alimentares regenerativos, os sistemas alimentares regenerativos necessitam frequentemente de agricultura local e de pequena escala, as cidades devem apoiar a agricultura de pequena escala em torno deles e que, as cidades são importantes compradores de alimentos, eles regulam, operam e facilitam os mercados de alimentos.

A aquicultura contribui para o abastecimento global de alimentos aumentando a produção de peixe popular, reduzindo os preços e alargando as oportunidades de acesso ao rendimento e aos alimentos (MCKINSEY, 1998; SVERDRUP-JENSEN, 1999). Assim, acredita-se que a aquicultura seja um mecanismo importante para a segurança alimentar local, através da redução da vulnerabilidade a acidentes naturais incontrolláveis na produção aquática, melhor disponibilidade de alimentos, melhor acesso a alimentos e uso mais eficaz dos alimentos (CUNNINGHAM, 2005).

Eliminar a fome e a desnutrição pode salvar milhões de vidas todos os anos. É geralmente reconhecido que a aquicultura poderia contribuir substancialmente para alcançar este objetivo. Se for socialmente aceitável, economicamente viável e ambientalmente amigável, a aquicultura também poderá desempenhar um papel essencial na redução da pobreza. No entanto, embora existam métodos para identificar os afetados pela insegurança alimentar, as metodologias de avaliação da contribuição de tecnologias, como a aquicultura, a segurança alimentar e a redução da pobreza, são pouco documentadas (CUNNINGHAM, 2005).

Os produtos de peixe, incluindo peixes, invertebrados e algas marinhas, são um componente importante da segurança alimentar em todo o mundo. Além de fornecer uma fonte de proteína de alta qualidade e ácidos graxos essenciais de cadeia longa ômega-3 com benefícios nutricionais bem conhecidos em muitos países, o peixe e os produtos da pesca são a principal fonte de proteína animal para uma fração significativa da população global. e, em particular, em países onde a fome é generalizada. Mesmo nos países mais desenvolvidos, o consumo de peixe está aumentando tanto em termos per capita quanto em termos absolutos, com implicações tanto para a segurança alimentar quanto para o comércio global (ROSENBERG, 2016).

Existem grandes necessidades de capacitação no que diz respeito à segurança alimentar. É necessário melhorar a compreensão do papel da pesca e da aquicultura no comércio, no emprego e no apoio aos meios de subsistência. Por conseguinte, é necessária uma capacitação avançada para que as competências adequadas possam utilizar tecnologias avançadas para criar riqueza a partir da captura da pesca e da aquicultura de uma forma sustentável (ROSENBERG, 2016).

Devido à complexidade e extensão da insegurança alimentar, pode ser difícil conceber um único método para avaliar a contribuição da aquicultura para aliviar a pobreza e a fome. Há uma série de indicadores biológicos e socioeconômicos que dão uma boa indicação se uma tecnologia é benéfica para a segurança alimentar global, nacional e local. Avaliar e quantificar até mesmo pequenos benefícios é essencial para melhorar a segurança alimentar, pois permite comparar as vantagens de um tipo de produção de alimentos com as vantagens de outros. O trabalho adicional deve combinar os indicadores delineados neste estudo para formar uma metodologia única para avaliar o nível de contribuição da aquicultura comercial e de pequena escala para aliviar a fome e a pobreza. O resultado determinaria até que ponto a promoção deste sub-setor deveria ser incentivada nas muitas regiões com insegurança alimentar do mundo onde seu desenvolvimento sustentável é possível (CUNNINGHAM, 2005).

A aquaponia, como técnica carregada de pressupostos de sustentabilidade e que, de certa forma necessita de tecnificação, pode ser transmitida como tecnologia social. Ressalta-se também, o viés da promoção da segurança alimentar e nutricional pela aquaponia em vários aspectos como o monitoramento da produção, a qualidade dos alimentos e da oferta desses alimentos para a agricultura familiar. A relação da aquicultura com a segurança alimentar e nutricional é bastante abordada (FRY *et al.*, 2016) e estudos que abordam as técnicas de aquicultura consorciada com a hidroponia, nutrida pelo efluente da produção aquícola, devem ter relevante papel para incrementar o conhecimento para melhoria da qualidade dos alimentos ofertados à população.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram realizados 3 experimentos simultâneos: a) o povoamento e a biometria inicial e final para verificação do crescimento de peixes (*Oreochromis niloticus*); b) o monitoramento da qualidade da água do sistema aquapônico e; c) a germinação e cultivo de duas variedades de alface (*Lactuca sativa*), Itaúna Friseé e Atalaia Friseé,

para verificação do crescimento. Os experimentos foram realizados em janeiro e fevereiro de 2018, na Estação Experimental de Agroecologia Chácara Delfim T61 (Latitude (S) 15° 42' 0,05'' e Longitude (O) 47° 51' 27,8''), localizada em uma propriedade rural de pequeno porte (Figura 2), com solo distrófico e baixa disponibilidade de água, que utiliza mão de obra familiar.

A área de estudo está situada em fragmento de mata de galeria e cerrado estrito senso no bioma Cerrado, Lago Norte, Brasília – DF, Núcleo Rural Córrego do Urubu, a 11km da rodoviária do Plano Piloto. O clima da região é tropical com estação seca, do tipo Aw, na classificação climática de *Köppen-Geiger*.

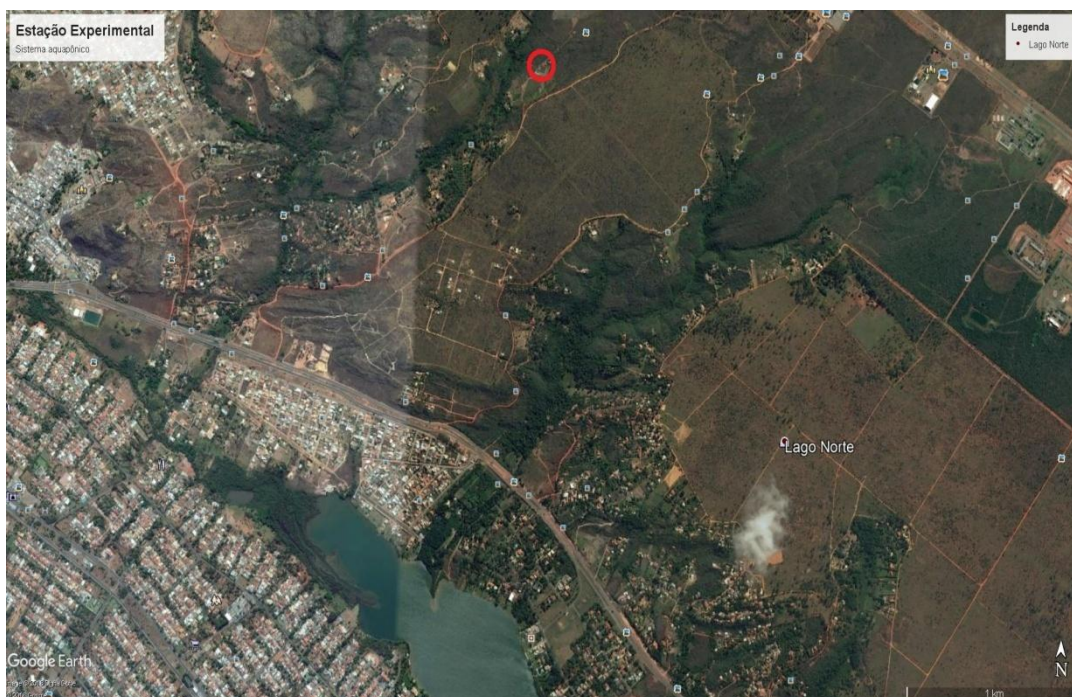


Figura 2. Localização da propriedade. Fonte: Google Earth Pro, acessado em março de 2018.

### 3.1. ESTRUTURA FÍSICA

O sistema aquapônico utilizado possui sete elementos integrados que foram implantados entre os anos 2016 e 2017 (Figura 3).





Figura 3. Os sete elementos do sistema aquapônico estudado. 1 – Reservatório de entrada; 2- Seis tanques de peixes; 3- Sistema de filtros biológicos; 4 – Sistema biológico; 5 – Sistema de nutrição vegetal; 6 – Estufas de produção vegetal; 7 – Tanque de recalque da entrada. Fonte: Google Earth Pro, acessado em março de 2018.

Os elementos do sistema são os seguintes:

1) Reservatório de entrada: 50m<sup>3</sup>, constituído de ferrocimento para transferência de água por gravidade (Figura 4);

2) Unidade de produção de piscícola: seis tanques de ferrocimento de 12m<sup>3</sup> cada, cada um com 2 trocas da água em 24h e aeração forçada (soprador de ar Sulpesca®, 1,0hp, modelo 2RB4107AA01) constante com sistema difusor de microbolhas (Figura 5);

3) Sistema de tratamento do efluente: um decanto digestor de 5m<sup>3</sup>, de volume, em polietileno (Figura 6), e quatro reatores de fluxo ascendente de 1,5m<sup>3</sup> confeccionados com manilhas e preenchidas com telha de barro como defletor e elemento filtrante (Figura 7);

4) Sistema biológico e de recalque (Figura 8): tanque de ferrocimento de 25m<sup>3</sup>, de volume, com uma bomba de 7,5cv trifásica, um soprador de ar de 1 hp ( Sulpesca®, modelo 2RB4107AA01) para aeração forçada constante do sistema;

5) Sistema de transferência de solução nutritiva por gravidade para produção vegetal: dois tanques de ferrocimento de 12m<sup>3</sup>, de volume (Figura 9), e aeração forçada, mesmo sistema dos tanques piscícolas;

6) Casa de vegetação: estufa de 50 metros lineares e 7 metros de largura (Figura 10) coberta por lona difusora de 100mícrons e fechada com tela antiafídeos, que abriga 4 piscinas (confeccionadas com placas de concreto, fundo de terra vermelha compactada e revestido com lona preta (6m largura / 200micras) para produção vegetal por flutuação, cada uma com 5mx12m (Figuras 11 e 12). Para o experimento foi utilizada apenas a piscina n.01;

7) Tanque de recalque: tanque de ferrocimento de 18m<sup>3</sup>, de volume (Figura 13), e uma motobomba bifásica de 12,5 cv (WEG®, modelo 3520). O sistema de bombeamento é acionado por chave bóia de nível inferior (Margirius®, CB-1007 15A) e eletro bóia de nível inferior (Anauger®, *sensor control* 15A). A água utilizada para reposição de volume a cada três dias no sistema aquapônico é obtida de poço artesiano com bomba submersa trifásica de 3cv (Leão®, modelo 4R3ia-27).



Figura 4. Tanque de entrada.



Figura 5. Tanques piscícolas.





Figura 6. Decanto digestor.



Figura 7. Reatores de fluxo ascendente.



Figura 8. Reator com defletores.



Figura 9. Tanques de transferência.



Figura 10. Casa de vegetação.



Figura 11. Piscinas aquapônicas.



Figura 12. Piscina aquapônica.



Figura 13. Tanque recalque da entrada.

### 3.2 PRODUÇÃO PISCÍCOLA

Para o experimento foram utilizados peixes machos da espécie *Oreochromis niloticus* revertidos sexualmente, da linhagem GIFT adquiridos de fornecedor idôneo. Cada um dos 6 tanques de piscicultura foi povoado com 150 animais ( juvenis e adultos de 5 meses de vida), no dia 10 de janeiro de 2018. No mesmo dia foi realizada biometria inicial, permanecendo no sistema por 45 dias, quando foi realizada a biometria final.

A alimentação piscícola foi realizada pelo arraçamento manual duas vezes ao dia (início da manhã e no final da tarde) totalizando 2% do peso vivo total dos animais de cada tanque, conforme determinado por Kubitzka (2011). Foi utilizada ração comercial de 5mm de granulometria, peletizada e extrusada, com teor de proteína de 32% (ração *Acqua Line Supra*®).

Foram realizadas duas biometrias de todos os animais de cada tanque, sendo a primeira no dia de entrada dos animais no sistema, denominada D0 e outra ao final dos 45 dias, estimando assim o crescimento animal e os resultados obtidos foram triados comparando as médias de quando os animais entraram e quando saíram do sistema. As características morfométricas utilizadas na biometria foram o peso (g) dos animais utilizando balança de precisão digital (Quanta®, BD-250), comprimento total (ct), comprimento padrão (cp) e da altura (h) em centímetros medidos com fita métrica (Figura 14), conforme preconizado por Carvalho (2016). Os resultados foram obtidos a partir da comparação das médias apresentadas e os valores foram avaliados utilizando software estatístico (MaxStat pro 3.6) por meio do teste de t *Student* ( $p < 0,01$ ).

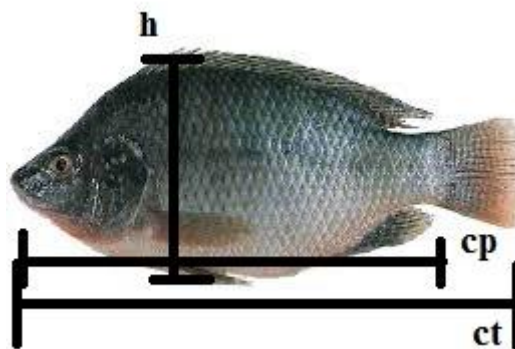


Figura 14. Medidas morfológicas da tilápia.

### 3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

Para a coleta dos dados de qualidade de água no sistema aquapônico foram realizados monitoramentos a cada 3 dias em seis elementos do sistema. Na entrada de água (1), nos tanques piscícolas (2), no tanque de recalque biológico (4), nos tanques de transferência de solução nutritiva (5) (como são dois tanques, a cada coleta foram alternados os tanques e a solução nutritiva é composta apenas pelo efluente piscícola tratado), na piscina de hidroponia (6) e no tanque de recalque da entrada (7). Os parâmetros considerados foram a temperatura em °C e oxigênio dissolvido (OD) em mg/L, ambos coletados por oxímetro microprocessado (marca Alfakit®, modelo AT – 160) (Figura 15), pH aferido através de sonda (pHmetro marca Alfakit®, modelo AT – 315) (Figura 16), amônia e nitrito coletados através de kits de amônia tóxica e nitrito (marca LabconTest®), através de testes colorimétricos (Figuras 17 e 18).

Nos filtros biológicos não foram realizados monitoramentos por serem tampados por telhas de cerâmica. O monitoramento da eficiência dos filtros se deu pela análise da água do tanque de recalque biológico, nos tanques de transferência de solução nutritiva para a produção vegetal e na piscina. Os resultados foram avaliados utilizando software estatístico (MaxStat pro 3.6) por meio da análise de variância (ANOVA one-way) e caso detectada diferença entre as médias, foi empregado o teste de Tukey ( $\alpha = 1\%$ ).





Figura 15. Oxímetro microprocessado.

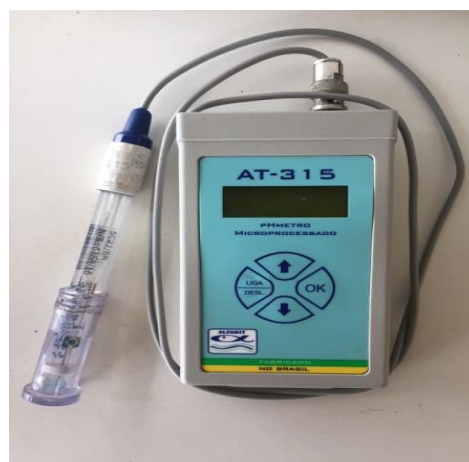


Figura 16. Phmetro microprocessado.



Figura 17. Kit de amônia tóxica.



Figura 18. Kit de nitrito.

### 3.4 PRODUÇÃO VEGETAL

Foram utilizadas sementes peletizadas de alfaces Itaúna Friseé verde e Atalaia Friseé roxa *baby leaf* (marca Isla®, validade em 10/2018). As placas de flutuação eram compostas de isopores com 0,5m<sup>2</sup> de área e 2,5cm de altura, furadas manualmente para inserção da espuma fenólica com espaçamentos entre furos de 5x5cm (Figura 19). As espumas fenólicas (marca Oásis®) foram previamente lavadas com água corrente.

A germinação foi realizada diretamente na piscina de produção vegetal. As sementes foram distribuídas em duas placas de isopor em blocos ao acaso na densidade de 250 unidades/m<sup>2</sup> (Figura 20). Realizou-se irrigação por aspersão nos dois primeiros dias, duas vezes ao dia, com água pura e após esse período, até o sétimo dia, com água diluída com 50% do efluente piscícola tratado.

No experimento de produção vegetal por flutuação em sistema aquapônico, foram realizadas as análises de vigor e da capacidade produtiva. Para avaliar o vigor,

realizou-se contabilização de plântulas no sétimo dia após início da germinação (Figura 21 e 22) e para a capacidade produtiva, foram analisadas variáveis das plantas (indicadas abaixo) após 45 dias do plantio. Para análise da produção vegetal considerou-se o tamanho de raiz, altura da cabeça e diâmetro da cabeça em centímetros (Figura 22), peso da cabeça (g) e número de folhas. Os resultados foram avaliados utilizando software estatístico (MaxStat pro 3.6) por meio do teste de t *Student* ( $p < 0,01$ ) para comparação entre o desenvolvimento das variedades Itaúna Friseé verde e Atalaia Friseé roxa, *baby leaf*.

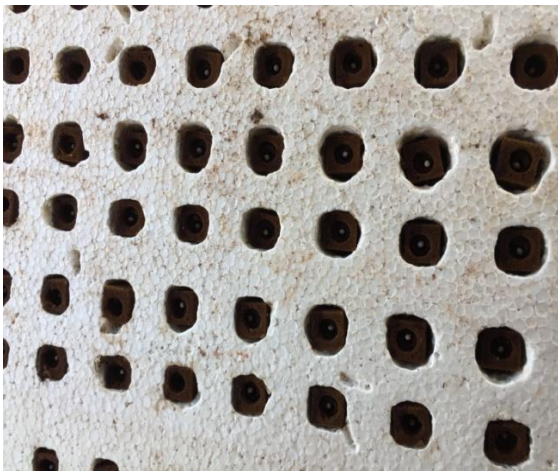


Figura 19. Isopores com espumas semeadas.



Figura 20. Demonstração das densidades.

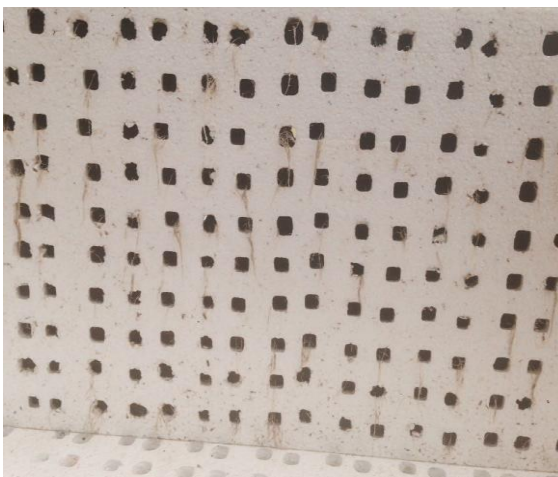


Figura 21. Raízes das plântulas.



Figura 22. Plântulas no sétimo dia.

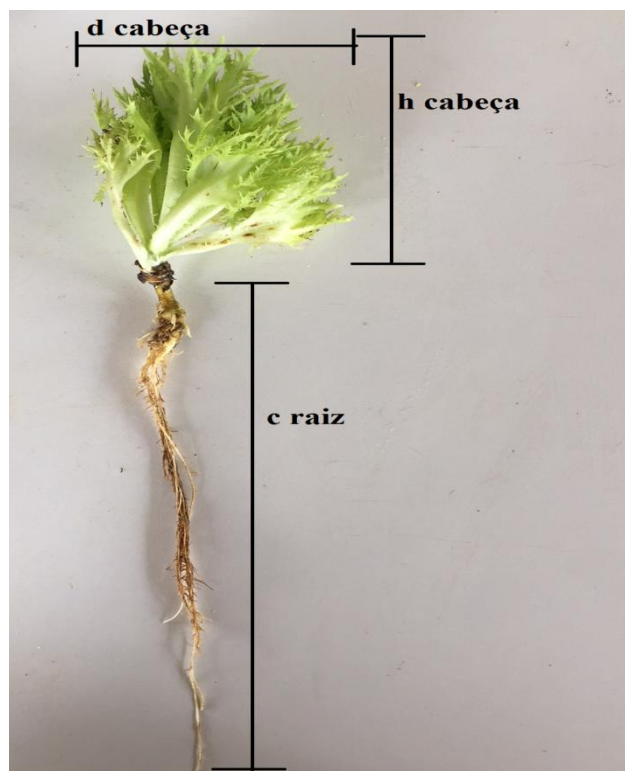


Figura 23. Parâmetros biométricos das plantas. d cabeça – diâmetro de cabeça; h cabeça – altura da cabeça; c raiz – comprimento da raiz.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PRODUÇÃO PISCÍCOLA

Durante o período do experimento não foi observada mortalidade dos peixes nos tanques. O desenvolvimento do primeiro dia de entrada no tanque até a sua retirada foram significativos, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação das médias ( $\pm$  desvio padrão) do peso (g), comprimento total e padrão (cm) e largura (cm), pelo teste t *Student* (95% de probabilidade), avaliadas na biometria inicial e final do sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).

Biometria	n	Peso (g)	Comprimento (cm)		Largura (cm)
			Total	Padrão	
Inicial	900	337,761 $\pm$ 32,003	26,963 $\pm$ 1,103	21,753 $\pm$ 0,834	9,155 $\pm$ 0,451
Final	900	548,522 $\pm$ 87,942	31,361 $\pm$ 1,727	25,321 $\pm$ 1,503	10,856 $\pm$ 0,875
Significância		**	**	**	**

\*\* p < 0,01; \* p < 0,05.



De acordo com Santos *et al.* (2007), o crescimento das partes constituintes do corpo de tilápias é proporcional ao aumento do peso corporal, e este aumento não altera o rendimento desses constituintes. Rutten *et al.* (2005), indica que a largura e o comprimento padrão podem ser utilizados como critérios para a determinação do peso e do rendimento de filé em tilápias, no entanto Santos (2015), conclui que o peso corporal é o melhor indicador do peso do filé em comparação aos demais parâmetros.

Os valores obtidos nas duas biometrias demonstraram crescimento total significativo dos peixes no período avaliado, atingindo peso médio de 548,52g e obtendo padrão comercial para venda inteiro e em filé, conforme preconizado por Gasparino *et al.* (2002) e Souza *et al.* (2002). Os autores apontam que para tilápias o peso superior a 400g é o mais indicado para abate, pois os rendimentos obtidos para as partes comestíveis são superiores.

A densidade da produção foi de 12,5 peixes/m<sup>3</sup> e o ganho de peso animal ao longo do período do experimento, de 337,7g a 548,52g. Menezes (2014) observou que em uma produção piscícola de tilápias em tanque rede e dentro de viveiro, na densidade de 28 peixes/m<sup>3</sup>, com vários períodos de arraçamento diários e durante 60 dias, obteve um ganho de peso de 100%, de 300g a 600g. FAO (2016a), recomenda uma densidade na fase de engorda de 10 peixes/m<sup>3</sup> a 20 peixes/m<sup>3</sup>, dessa forma, a utilizada no experimento foi adequada.

Considerando que na produção piscícola a média de peso dos animais foi de 548,25g por indivíduo, retirados na 24<sup>a</sup> semana após o povoamento inicial de alevinos e totalizando 168 dias de cultivo, o total de produção por ciclo chega a 493kg de peixes nos seis tanques, sendo o potencial produtivo piscícola do sistema aquapônico estudado de 986kg/ano. Considerando que o consumo médio de pescado mundial é de 20kg por pessoa no ano de 2014 (FAO, 2016d), e que no Brasil apresenta média de 9kg/pessoa/ano (LOPES *et al.*, 2016), o sistema analisado consegue alimentar anualmente, de forma segura e nutritiva, 109 brasileiros/ano, segundo média brasileira, consumindo pescado.

## 4.2 QUALIDADE DE ÁGUA

Os dados obtidos para a qualidade de água foram obtidos a partir de 16 coletas de dados distribuídas em três vezes semanais (Tabela 2 e 3). Os dados apresentados para

qualidade da água nos tanques de peixes foram obtidos a partir do agrupamento de dados dos 6 tanques totalizando 96 coletas no espaço amostral.

Não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as diferentes temperaturas da água nas diferentes partes do sistema durante o período estudado. A amplitude de temperatura no sistema variou de 25,6°C (mínima) e 29,9°C (máxima). A temperatura de água é um parâmetro primordial para a produção de peixes, uma vez que influencia o desempenho do metabolismo animal, por serem ectotérmicos (MOURA *et al.*, 2007). Os dados obtidos corroboram com encontrados por Menezes (2014), que apresentaram média de 25,2°C e se mostrou adequada para a criação de tilápias.

Kubitza (2011), indica como valor recomendado para produção de tilápias é de 27 a 32°C. De acordo com Hussain (2004), a tilápia nilótica pode se desenvolver sobre uma variação de temperatura entre 12 e 35°C, já Moro *et al.*, (2013) destacaram que a tilápia tolera temperaturas entre 14 e 33°C. Mesmo existindo uma amplitude grande a despeito da temperatura ideal para a tilapicultura, a média obtida nos tanques piscícolas foi de 27,2°C, dentro do espectro ideal.

Tabela 2. : Temperatura, pH e Oxigênio Dissolvido (OD) nos elementos do sistema aquapônico estudado (jan-fev/2018).

	Temperatura °C						pH						OD (mg/L)						
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
n	16	96	16	16	16	16	16	96	16	16	16	16	16	96	16	16	16	16	16
X	27,3	27,2	27,3	27,4	27,2	27,3	7,2 <sup>a</sup>	7,0 <sup>a</sup>	6,6 <sup>b</sup>	6,3 <sup>c</sup>	6,6 <sup>b</sup>	7,2 <sup>a</sup>	3,9 <sup>a</sup>	5,1 <sup>b</sup>	5,2 <sup>b</sup>	6,0 <sup>b</sup>	5,5 <sup>b</sup>	3,9 <sup>a</sup>	
DP	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,8	1,2	1,5	1,0	0,8	0,9	
Min.	26,2	25,6	25,9	26,2	26,3	26,5	6,7	6,3	6,4	6,0	6,1	6,4	2,5	3,0	2,9	4,7	4,2	2,5	
Max.	28,2	29,9	29,2	29,0	28,9	29,0	7,6	7,5	7,0	6,8	6,9	7,5	5,1	7,7	7,6	8,4	6,8	5,3	
CV%	2,4	3,4	3,4	2,9	2,8	2,7	3,0	3,7	3,4	4,1	3,4	3,7	20,2	24,1	29,5	16,7	14,3	21,4	

1- Entrada de água; 2- Tanques de peixes (seis); 3- Tanque recalque biológico; 4- Tanque transferência e solução nutritiva; 5- Piscina aquapônica; 6- Tanque recalque entrada. n- Número de amostras; X- Média; DP- Desvio Padrão; Min.- Mínimo; Max.- Máximo; CV%- Coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si, para o teste Tukey para  $p < 0,01$ .

Tabela 3. Concentração de Amônia e Nitrito, em ppm, nos elementos do sistema aquapônico estudado (jan-fev/2018).

	Amonia (ppm)						Nitrito (ppm)					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
N	16	96	16	16	16	16	16	96	16	16	16	16
X	0,03 <sup>a</sup>	1,15 <sup>b</sup>	0,25 <sup>a</sup>	0,23 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,04 <sup>a</sup>		0,26 <sup>a</sup>	1,96 <sup>b</sup>	2,03 <sup>b</sup>	0,32 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>
DP	0,08	0,62	0,15	0,14	0,12	0,10		0,17	0,53	0,56	0,21	0,12
Min.	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Max.	0,25	2,00	0,50	0,50	0,25	0,25		0,50	2,80	2,80	1,00	0,25
CV [%]	273,25	54,26	63,24	61,19	153,18	214,99		65,22	27,01	27,87	66,53	153,18

1- Entrada de água; 2- Tanques de peixes (seis); 3- Tanque recalque biológico; 4- Tanque transferência e solução nutritiva; 5- Piscina aquapônica; 6- Tanque recalque entrada; n- Número de amostras; X- Média; DP- Desvio Padrão; Min.- Mínimo; Max.- Máximo; CV%- Coeficiente de variação em porcentagem. Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si, para o teste Tukey para  $p < 0,01$ .

Para o cultivo de vegetais em aquaponia, FAO (2014a) indica que a temperatura de água confortável para o crescimento é de 18 a 30°C e o obtido na piscina aquapônica do sistema estudado foi de 27,2°C, portanto dentro do recomendável. Para melhor funcionamento da atividade microbacteriana a FAO (2014a) aponta que a temperatura ideal da água deve estar entre 17 e 34°C e mesmo variando, os dados de temperatura obtidos no experimento se encontram no espectro ideal, como demonstrado na tabela 2.

Segundo Tyson *et al.* (2004), o pH é um parâmetro decisivo no ambiente aquático. No sistema aquapônico, peixes, plantas e bactérias do ciclo do nitrogênio coabitam o mesmo ambiente. Enquanto o pH próximo a neutralidade favorece aos peixes e plantas, para as bactérias o pH ideal é mais baixo, entre 5,5 e 6,5.

O pH ideal para a cultivo da tilápia do Nilo varia de 6,0 a 8,5 (KUBITZA, 2011), e o obtido no sistema piscícola do experimento apresentou média de 7,0, conforme o recomendado. Carneiro *et al.* (2015), alerta que o pH ótimo para as bactérias nitrificante é de 7 a 8, porém, FAO (2014a), indica que o mais apropriado é o pH entre 6 e 7, pois essa taxa é mais apropriada para as plantas e peixes.

O pH encontrado nas águas dos elementos do sistema apresentou variações. Entrou levemente básico no sistema 7,2, e foi tendendo gradualmente ao neutro nos tanques de peixes 7,0, acidificando no tanque recalque biológico 6,6, acidificando mais no tanque de transferência de solução nutritiva 6,3, alcalinizando na piscina de produção vegetal 6,6 e voltando a alcalinizar no tanque de recalque da entrada 7,2, porém se manteve dentro do espectro ideal preconizado pela FAO (2014).

De acordo com a FAO (2014a), os níveis ótimos de oxigênio apontados para sistemas aquapônicos são de 5 a 8mg/l, sendo que a tilápia tolera até 2mg/l, porém quanto mais alta taxa de oxigênio melhor será para os organismos envolvidos no sistema. As médias do oxigênio dissolvido (OD) em mg/l aferidas no sistema demonstra um elevado aumento da entrada 3,9 para os tanques de peixes 5,1, aumentando sua concentração no tanque de recalque biológico 5,6 tendo seu ápice no tanque de transferência de solução nutritiva 6,0, entrando também alto na piscina de produção 5,5 e baixando na saída do sistema 3,9.

Carneiro *et al.* (2015), informa e atenta sobre a necessidade de oxigenação no sistema aquapônico, indicando a concentração de no mínimo 3,0mg/l, podendo ser

mantida por sopradores de água ou compressores. Cabe ressaltar que em todos os elementos do sistema as médias de OD foram maiores que preconizadas pelos autores. Também, em todos os elementos em que o OD se manteve acima de 5,0mg/l provavelmente foi resultante da aeração forçada através de sopradores de ar e difusores de microbolhas.

A amônia é o principal composto de excreção nitrogenada decorrente do catabolismo proteico que ocorre em peixes (HEGAZI *et al.*, 2010), em um processo conhecido por desaminação, no qual a clivagem do grupo amino resulta em uma fonte de energia e amônia livre (DOLOMATOV *et al.*, 2011). O conjunto formado pelo  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$  é convencionalmente denominado como amônia total (AT) (HEGAZI *et al.*, 2010). As duas formas de amônia são encontradas naturalmente em ambientes aquáticos em uma dinâmica de equilíbrio cujas concentrações são determinadas pelos valores de temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (OD) e principalmente pH (HARGREAVES, 1998; PILLAY; KUTTY, 2005; PIEDRAS *et al.*, 2006; ROUMIEH *et al.*, 2012).

Summerfelt (2000), correlacionando os teores de pH, amônia e temperatura, ressaltou que é mais provável a toxicidade da amônia total em pH elevados e altas temperaturas. El-Sherif e El-Feky (2008) estimaram a concentração letal em 48h de amônia para juvenis de tilápia em 7,40 mg/l. Os dados obtidos pelos autores colocam os juvenis de tilápia como organismos com elevada tolerância à amônia.

Os valores médios de amônia no sistema variaram de 0,03ppm, na entrada de água do sistema e 1,15ppm, nos tanques piscícolas, enquanto nos outros elementos do sistema não excedeu 0,50ppm. Todos os dados obtidos apresentam concentrações de amônia tóxica abaixo de 0,034mg/l, dentro das recomendações de no máximo 0,200mg/l (KUBITZA, 2011).

O nitrito, assim como a amônia, é tóxico para os organismos aquáticos em concentrações elevadas e suas fontes são a oxidação da amônia em ambientes oxidantes e a redução do nitrato em ambientes redutores, sendo a primeira fonte mais comum nos sistemas aquícolas. Em sistemas fechados com elevadas densidades de estocagem, o nitrito pode atingir rapidamente níveis possivelmente letais acima de 11,65 mg/l (YANBO *et al.*, 2006).

O nitrito inicia nulo, aumentando pouco sua concentração nos tanques de peixes, aumentando exponencialmente no recalque biológico e tendo seu ápice nos tanques de transferência de solução nutritiva para a produção vegetal. Em seguida diminui drasticamente na produção vegetal e tende a zerar na saída do sistema.

#### 4.3 PRODUÇÃO VEGETAL

O vigor na germinação foi de 90% para as duas espécies estudadas, semelhante ao encontrado por Silva *et al.* (2008), utilizando substrato Plantmax® e areia. Apesar de alta taxa, Franzin *et al.* (2004), observou em seu experimento que sementes peletizadas apresentaram menor taxa de vigor que sementes nuas. Após 45 dias de crescimento as espécies de *baby leaf* testadas atingiram a maturidade conforme pode ser observado na (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação das médias ( $\pm$  desvio padrão) do comprimento da raiz (cm), altura da cabeça (cm), diâmetro da cabeça (cm), peso da cabeça (g) e número de folhas das variedades Itaúna e Atalaia, pelo teste t *Student* (95% de probabilidade), avaliadas aos 45 dias, em flutuação no sistema aquapônico estudado (Jan-Fev/2018).

Biometria	n	Cabeça (cm)		Raiz (cm)	Nº folhas	Peso (g)
		Altura	Diâmetro			
Itaúna Friseé	125	9,848 $\pm$ 1,893	10,248 $\pm$ 1,638	22,472 $\pm$ 8,354	10,672 $\pm$ 2,416	18,456 $\pm$ 6,179
Atalaia Friseé	125	11,584 $\pm$ 1,973	11,936 $\pm$ 2,011	31,816 $\pm$ 8,928	8,064 $\pm$ 1,686	16,456 $\pm$ 6,123
Significância		**	**	**	**	*

\*\* p < 0,01; \* p < 0,05.

Considerando a densidade da produção vegetal, 250 plantas/m<sup>2</sup>, e o peso médio das cabeças variou entre 18,45 para Itaúna Friseé e 16,45 para Atalaia Friseé, sendo a produtividade do sistema testado de 4,61kg/m<sup>2</sup> para Itaúna e 4,11kg/m<sup>2</sup> para Atalaia. Os resultados obtidos demonstram produtividades superiores às obtidas por Gonnella *et al.* (2003) com a espécie Ronda, ao utilizar 620 plantas/m<sup>2</sup> e obter 6,0kg/m<sup>2</sup> que equivalem a 2,42kg/m<sup>2</sup> com 250 plantas/m<sup>2</sup>.

Enquanto Calori (2013) obteve maior média de número de folhas de 5folhas/planta *baby leaf* em sistema hidropônico com diferentes concentrações de soluções nutritivas, as médias obtidas para o parâmetro exposto foram maiores que 8folhas/planta nas duas espécies estudadas, demonstrando a eficiência do sistema.

Todos os parâmetros morfométricos das duas variedades vegetais demonstraram diferenças estatísticas significativas, sendo que nos parâmetros de altura e diâmetro da cabeça e tamanho de raiz a espécie Atalaia Friseé possuiu maiores valores (Figura 24), enquanto que para número de folhas e peso da cabeça a espécie Itaúna Friseé possuiu maiores valores (Figura 25). As duas espécies se desenvolveram no sistema não apresentando deficiências nutricionais (Figuras 26 a 29).

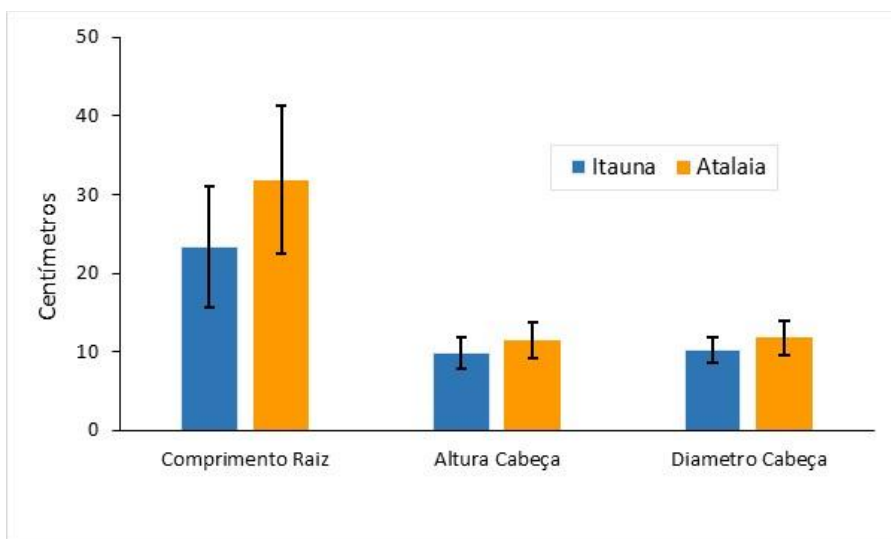


Figura 24. Parâmetros médios dos atributos de alfaces das cultivares Itauna e Atalaia.

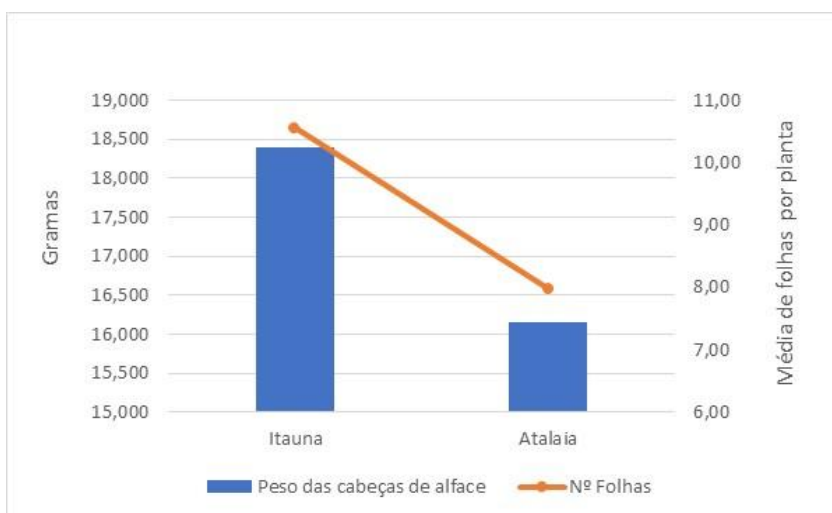


Figura 25. Média dos pesos das cabeças de alface e número de folhas das cultivares Itauna e Atalaia.

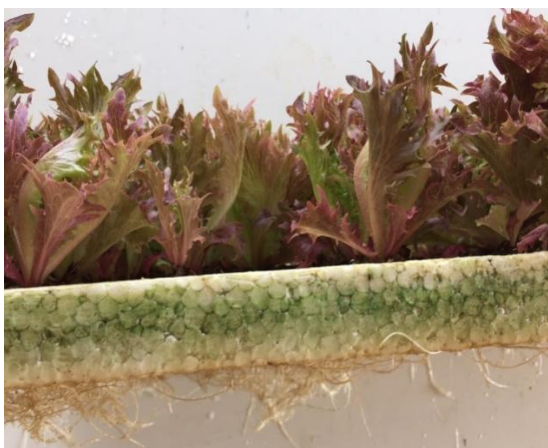


Figura 26. Plantas de Atalaia Friseé no isopor.



Figura 27. Plantas de Itaúna Friseé no isopor.



Figura 28. Indivíduos de Atalaia Friseé.



Figura 29. Indivíduos de Itaúna Friseé.

Ressalta-se que o adubo utilizado no sistema de produção vegetal é proveniente do metabolismo dos peixes, o que demonstra que sistema aquapônico está em equilíbrio e funcionando adequadamente.

Para a produção de alface foram obtidas médias de 18,45g para indivíduos de Itaúna Friseé e 16,45g para Atalaia Friseé, em 45 dias. Uma vez que a casa de vegetação do sistema aquapônico possui quatro piscinas hidropônicas de aproximadamente 60m<sup>2</sup> e a densidade utilizada foi de 250 plantas/m<sup>2</sup>, o potencial produtivo vegetal é de 15.000 plantas/piscina. Considerando o ciclo vegetal de 45 dias, o sistema proposto consegue produzir oito ciclos ao ano, totalizando 480.000 plantas/ano/casa de vegetação.

Segundo Carvalho *et al.* (2013), o consumo de vegetais da população brasileira é de 27 kg/ano e os dados obtidos representam respectivamente, e 328 pessoas/ano (Itaúna Friseé) e 292 pessoas/ano (Atalaia Friseé) consumindo vegetais. Além garantir alimento seguro para a dieta das populações envolvidas na produção, ainda existe a



possibilidade de geração de renda extra por meio da comercialização de excedentes bem como da utilização do sistema para a capacitação de mão de obra por meio de tecnologias sociais de baixo custo.

## **5. CONCLUSÃO**

A importância do estudo de sistemas produtivos apropriáveis que supram as demandas dos países em desenvolvimento, em especial as populações vulneráveis que vivem no meio rural, torna-se vital, uma vez que estes podem e devem ser atores protagonistas no desenvolvimento rural sustentável.

O sistema aquapônico estudado demonstrou uma produção de alimentos de maneira menos impactante ao ambiente, utilizando-se do reuso de água, ou seja, a retroalimentação da água no sistema, evitando a disponibilização de poluentes no ambiente, além ser implantado a partir de tecnologias sociais, utilizando materiais de fácil acesso e com mão de obra local. Os dados foram obtidos por meio de procedimentos simples e equipamentos disponíveis em todo território nacional, apresentando-se apropriável e replicável no meio rural. A produtividade do sistema em estudo apresentou resultados que corroboram na interligação da aquaponia com aspectos da soberania e segurança alimentar e nutricional.

Novos estudos acerca dos sistemas aquapônicos comerciais devem ser desenvolvidos para o avanço no estado da arte da aquaponia e sua disponibilização para as populações vulneráveis, principalmente os que considerem a produtividade do sistema, métodos de construção e operação, além do monitoramento de parâmetros de qualidade da água. Cabe destacar que após a implantação do sistema, sua operação não requer muitos esforços, mas sim uma atenção constante, podendo ser executada por qualquer membro da família, não exigindo esforço físico, como no solo, e mão de obra especializada, sendo uma técnica de fácil assimilação.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Agência Nacional de Águas - ANA. **Levantamento da Agricultura Irrigada por Pivôs Centrais no Brasil - 2014: relatório síntese** / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2016. 33 p.

Agência Nacional de Águas - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2013**. Brasília: ANA, 2014. Disponível em [www. http://arquivos.ana.gov.br](http://arquivos.ana.gov.br), acessado em Novembro de 2017.

ALCANTUD, José A. G, e CUELLO, Antônio M. **El agua. Mitos, ritos y realidades**. Anthropos Editorial. Coloquio Internacional, Rubí, Barcelona, 1992. 444p.

ALTIERI, Miguel. **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. São Paulo: Expressão Popular, 2012. 400p.

ALTIERI, Miguel A.; NICHOLLS, Clara I.; LANA, Marcos A. **Agroecologia e o design de sistemas agrícolas resilientes à mudança e variação climática**. Capítulo 8. In. Ciência, tecnologia, sociedade (cts) para a construção da agroecologia / Ricardo T. Neder e Flávio Murilo Pereira Costa (org). Brasília, 2014. 261p

ANDRADE, C. L.; RODRIGUES, F. S.; CARVALHO, D. P.; PIRES, S. F.; PIRES, M. F. **Nutrição e alimentação de Tilápias do Nilo**. Nutritime Revista Eletrônica, on-line, Viçosa, v.12, n.6, p.4464-4469, 2015.

BARBOSA, R. Z.; ARAÚJO, H. M.; BONFANTE, J. W.; YASSUDA, M. **Crescimento inicial de cultivares de alface em sistema hidropônico tipo NFT**. Revista científica eletrônica de agronomia, VII, n.13. 2008.

BEARDMORE, J. A.; MAIR, G. C.; LEWIA, R. I. **Biodiversity in aquatic systems in relation to aquaculture**. Aquaculture Research, n.28, 829-839. 1997.

BENOIT, F & CEUSTERMANS, N. **Horticultural aspects of ecological soilless growing methods**. Acta Horticulturae, 396: 11-24, 1995.

BITTENCOURT, M. V. L. **Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1)**. Economia & Tecnologia, 05, v. 18, 133 – 146. UFPR. Curitiba. 2009.

BOYD, C E. **Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aquicultura**. Campinas: Associação Americana de Soja (ASA). 1997. 55p.

BOYD, C. E.; SCHIMITTOU, H.R.. **Achievement of sustainable aquaculture through environmental management**. Aquaculture Economics & Management, v.3, n.1, p.59- 69, 1999.

BURLANDY, L.; MALUF, R.; MAGALHÃES, R.; REIS, M.; MAFRA, L.; FROZI, D. **Saúde e Sustentabilidade: desafios conceituais e alternativas metodológicas para a análise de sistemas locais de Segurança Alimentar e Nutricional.** Tempus, actas de saúde coletiva, Brasília, 9(3), 55-70, 2015.

BRAZ, M.. **Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água.** Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, SP. 2000. 42p.

CALORI, A. H. **Cultivo de baby leaf em sistema hidropônico NFT em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e do espaçamento entre plantas.** Dissertação de mestrado. Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, Campinas, 2013, 72p.

CALORI, A. H.; FACTOR, T. L.; SEBASTIÃO, L. J.; MORAES, L. A. S.; BARBOSA, P. J.; TIVELLI, S. W.; PURQUEIRO, L. F. V. **Condutividade elétrica da solução nutritiva e espaçamento entre plantas sobre a produção de beterrada e alface para baby leaf.** Horticultura Brasileira, 32: p. 426-433, 2014.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia: matriz disciplinar ou novo paradigma para o desenvolvimento rural sustentável.** 2006. In: Princípios e perspectivas da agroecologia. Francisco Roberto Caporal e Edisio Oliveira Azevedo (Orgs.), Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Paraná, 2011. 192p.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis.** Texto atualizado de “Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Francisco Roberto Caporal – Brasília: 2009. 30 p.” In: Princípios e perspectivas da agroecologia. Francisco Roberto Caporal e Edisio Oliveira Azevedo (Orgs.), Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia do Paraná, 2011. 192p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. **Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para o estado de Goiás e Distrito Federal.** ACTA Geográfica, Boa Vista, v.8, n.16, pp.40-55. 2014.

CARNEIRO, Paulo C. Falanghe; MORAIS, Carlos A. R. S.; NUNES, Maria U. C.; MARIA, Alexandre N.; FUJIMOTO, Rodrigo Y. **Produção integrada de peixes e**

**vegetais em aquaponia.** Documento 189/2015 - Embrapa. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 30p.

CARVALHO, J. C. **Desempenho zootécnico e curvas de crescimento de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) melhoradas geneticamente para ganho em peso.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato grosso do Sul, 2016. 49p.

CASTELLANI, D. CAMARGO, A. F.; ABIMORAD, E. G. **Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia para produção de alface e agrião hidropônicos.** Bioikos, v. 23, n. 2, p. 67-75, 2009.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 43p.

CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; BORDINHON, A. M.; FONSECA, F. A. L. da; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; ONO, E. A. **Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.5, p.513-516, 2004.

CUNNINGHAM, L. **Assessing the contribution of aquaculture to food security: a survey of methodologies.** 25p. (FAO Fisheries Circular. N. 1010). Rome: FAO, 2005.

CHAUX, G. F.; CAICEDO, J. R. B.; FERNANDEZ, J. E. M. **Tratamento de águas residuais de peixes (tilápia vermelha) por lagoas com *Azolla pinnata*.** Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 11 No. 2 (46-56), 2013.

CHAVES, S. W. P.; SILVA, I. J. O. da. **Integração da piscicultura com a agricultura irrigada.** THESIS São Paulo, ano III, v. 6, p. 9-17. 2006.

CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D. C.; SOUZA, A. B.; SATURNINO, H. M. **Sistemas de produção na piscicultura.** Rev Bras Reprod Anim, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.86-99, 2006.

DIVER, S. **Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture.** National Sustainable Agriculture Information Service, 2006. 28p.

DOLOMATOV, S.I.; SHEKK, P.V.; ZUKOW, W. **Features of nitrogen metabolism in fishes.** Rev. Fish Biol. Fisheries, v.21, p.733-737, 2011.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. **Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados à aquicultura**. Revista Brasileira de Zootecologia. Vol.36 . Viçosa. 2007.

EL-SHERIF, M.S.; EL-FEKY, A.M. **Effect of ammonia on Nile tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures**. In: 8° INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILÁPIA IN AQUACULTURE, p.513-529. 2008.

FAQUIN. V.; FURTINI N. A. E.; VILELA, L. A. A. **Produção de Alface em Hidroponia**. Lavras: UFLA, 1996. 50 p.

FARIA, R. H.; MORAIS, M.; SORANNA, M. R.; SALLUM, W. B. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Brasília: Codevasf, 2013. 136p.

FAO/INCRA. **Novo Retrato da Agricultura Familiar, O Brasil Redescoberto**. Brasília, Incra, 2000. 74p.

FAO. 2014. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming**. 288 p. Rome, Italy. 2014.

FAO. 2016a. **Report of the FAO technical workshop on advancing aquaponics: an efficient use of limited resources, Bogor, Indonesia, 23–26 November 2015**. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1133. Rome, Italy. 71p. 2016.

FAO. 2016b. **Designing an aquaponic unit**. Technologies and practices for small agricultural producers - TECA/FAO. Disponível em <http://teca.fao.org/technology/designing-aquaponic-unit>. Acessado em 15 out. 2016.

FAO. 2016c. **Deep Water Culture Aquaponic Unit, Step by Step Description**. Technologies and practices for small agricultural producers - TECA/FAO. Disponível em <http://teca.fao.org/technology/deep-water-culture-aquaponic-unit---step-step-description>. Acessado em 15 out. 2016.

FAO. 2016d. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**. Contributing to food security and nutrition for all. 204 pp. Rome, 2016.

FOLKE, C.; KAUSTSKY, N.; TROELL, M. **The costs of eutrophication from Salmon Farming: Implications for policy**. Journal of Environmental Management, 40, 173-182. 1994.

FRANÇA, C. G.; GROSSI, M. E. D.; MARQUES, V. P. M. A. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MDA, 2009. 100p.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L. de; GARCIA, D. C.; ROVERSI, T. **Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 26, nº 2, p.114-118, 2004.

FRY, J. P.; LOVE, D.C.; MACDONALD, G.K.; WEST, P.C.; ENGSTROM, P. M.; NACHMAN, K. E.; LAWRENCE, R. S. **Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish**. Environment International. 91. p. 201-214. 2016.

GASPARINO, E.; CAMPOS, A. T.; KLOSOVKI, E. S.; GUERREIRO, P. K.; FULBER, V. M.; LEAL, D. M.; SOUSA, I. de. Estudos de parâmetros corporais em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: AQUICULTURA BRASIL, 2002, Goiânia. **Anais** Goiânia: ABRAq, 2002. p. 183.

GEISENHOFF, L. O.; JORDAN, R. A.; SANTOS, R. C.; SILVA, L. P. P. da; SILVA, R. R. da; **Produção de alface crespa em aquaponia utilizando diferentes substratos**. Anais Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, ENEPEX, 8º ENEPE UFGD e 5º EPEX, UEMS. Dourados, MS. 2014.

GOMES JÚNIOR, N. N. **Segurança Alimentar e Nutricional e Necessidades Humanas**. São Paulo: Editora Fundação Perseu Abramo, 2015. 199 p.

GONNELLA, M.; SERIO, F.; CONVERSA, G.; SANTAMARÍA, P. **Yield and quality of lettuce grown in floating system using different sowing density and plant spatial arrangements**. Acta Horticulturae, v. 614, p.687-692, 2003.

GRAVES, C.J. **The nutrient film technique**. In: JANICK, J., ed. Horticultural Reviews. Westport, Connecticut, USA, The AVI Publishing Company, v. 5, cap. 1, p.1-44. 1983.

HARGREAVES, J.A. **Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds**. Aquaculture, v.166, p.181-212, 1998.

HEGAZI, M.M.; ATTAI, Z.I.; HEGAZI, M.A.M. et al. **Metabolic consequences of chronic sublethal ammonia exposure at cellular and subcellular levels in Nile tilapia brain**. Aquaculture, v.299, p.149-156, 2010.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. **Impacto das atividades de aquicultura e sistema de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas – relato de caso.** Boletim Instituto de Pesca, 34 (1): 163-173, São Paulo, 2008.

HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 3, p. 52-61, 2013.

HUSSAIN, M.G. **Farming of tilapia. Breeding plans, mass seed production and aquaculture techniques.** Momin Offset Press, Dhaka, Bangladesh, 2004. 149p.

HUSSAR, G. J. et al. **Uso de leitos cultivados de vazão subsuperficial na remoção de macronutrientes de efluentes de tanques de piscicultura.** Revista Engenharia Ambiental. Pesquisa e Extensão. V. 2, nº. 1, p 46-59, 2005.

IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. **Agricultura familiar, agroecologia e desenvolvimento sustentável: questões para debate /** Antônio Márcio Buainain; colaboração de Hildo Meirelles de Souza Filho. - Brasília. -- Brasília: IICA, 2006.136p.

ITS (Instituto de Tecnologia Social). **Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social.** In: DE PAULO, A. *et al.* Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. 216p.

IWAMA, G.I., **Interactions between aquaculture and the environment.** Critical Review Environmental Control 21, 177–216. 1991.

JENSEN, M.H. & COLLINS, W.L. **Hydroponic vegetable production.** In: JANICK, J., ed. Horticultural Reviews, Westport, Connecticut, USA, The AVI Publishing Company, v. 7, cap. 10, p.483-558. 1985.

JOHNSON, D.M.; WARDLOW, G. W. A. **Prototype Recirculating Aquaculture-Hydroponic System.** Journal of Agricultural Mechanization, University of Arkansas, November, n.7, 10p. 1997.

JORDAN, R. A.; CAVICHIOLO, F.; GEISENHOF, L.; SANTOS, R. C.; SILVEIRA JÚNIOR, V.; FILHO, C. N.; GIORDANO, E. B.; OLIVEIRA, R.; FIGUEIREDO, M.; SANTOS, K.; SANTOS, H.; MIRANDA, C. **Aquicultura em sistema fechado e**

**controlado – integração biodigestor/aquaponia – produção sustentável de peixes, hortaliças e bioenergia.** Anais XIII CONBRAVA, São Paulo, 2013.

JORDAN, R. A.; GEISENHOFF, L. O.; OLIVEIRA, F. C. de; SANTOS, R. C.; MARTINS, E. A. S. **Yield of lettuce grown in aquaponic system using different substrates.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.22, n.1, p.27-31, Campina Grande, PB. 2018.

JUNGE, R.; KÖNIG, B.; VILLARROEL, M.; KOMIVES, T.; JIJAKLI, M. H. **Strategic Points in Aquaponics.** Water 9, 182, 2017.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial.** 2.ed. Jundiaí: F. Kubitza 2011. 316 p.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica 1.** São Paulo: Editora 34, 2008. 296p.

LENNARD, W. A. **Aquaponics research at RMIT university,** Melbourne Australia. Aquaponics Journal, v. 35, p. p18-24, 2004.

LENNARD, W. **Talking Aquaponics.** Practical Hydroponics & Greenhouses, 44-51. 2018.

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

LOPES, I. G.; OLIVEIRA, R. G.; RAMOS, F. M. **Perfil do consumo de peixes pela população brasileira.** Biota Amazônia, Macapá, v. 6, n. 2, p. 62-65, 2016.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; GENELLO, L.; HILL, E. S.; FREDERICK, J.A.; LI, X.; SEMMENS, K. **An international survey of aquaponics practitioners.** PLoS One, v. 9, p. 1-10, 2015.

MALUF, R. S.; BURLANDY, L.; SANTARELLI, M.; SCHOTTZ, V.; SPERANZA, J. S. **Nutrition-sensitive agriculture and the promotion of food and nutrition sovereignty and security in Brazil.** Ciência e Saúde Coletiva, 20 (8): 2303 – 2312, 2015.

MCKINSEY, K. **Struggles with salmon.** Scientific American Presents the Oceans, 9, 68-69. 1998.



- MENEZES, C. S. M. **Automação do manejo alimentar na engorda de tilápias criadas em tanque-rede**. Botucatu, 2014. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2014. 48p.
- MOURA, G.S.; ALIVEIRA, M.G.A.; LANNA, E.T.A. **Desempenho e atividade de amilase em tilápias do Nilo submetidas a diferentes temperaturas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.11, p.1609-1615, 2007.
- MORAES, L. A.; PURQUERIO, L. F.; ABREU, M.F. **Produção de baby leaf de alface em bandejas com reaproveitamento de substrato**. Instituto Agrônomo de Campinas, Dissertação de mestrado. 2013. 78p.
- MORETTI, C. L.; MATTOS, L. M. **Boas práticas agrícolas na pós-colheita de hortaliças**. In: FERREIRA, M. D. (org.) Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 146p.
- MORO, G.V.; REZENDE, F.; ALVES, A. L. **Espécies de peixes para a piscicultura**. In: RODRIGUES, A.P.O.; LIMA, A.F.; ALVES, A.L. et al. (Ed.). Piscicultura de Água Doce, Multiplicando Conhecimentos. Brasília: EMBRAPA, p. 29-70, 2013.
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura). **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2010**, Brasília-DF, Brasil, 2012. 129p.
- OHSE, S.; DOURADO-NETO, D.; MANFRON, P. A.; SANTOS, O. S. dos. **Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia**. Scientia Agricola, v.58, n.1, p.181-185, 2001.
- OLIVEIRA, R. C. **O panorama da aqüicultura no brasil: a prática com foco na sustentabilidade**. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, vol.2, nº1, 2009.
- OLIVEIRA, S. S.; LUCA, S. J. de; SHINMA, E. A.; PAZ, M. F. **Potenciais impactos ambientais da aqüicultura: carcinicultura de cativeiro**. In: AIDIS; Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, AIDIS, p.1-7, 2006.
- PAGNOCCHESCHI, B. **Governabilidade e Governança das águas no Brasil**. In: DE

MOURA, A. M. M. Org, Governança Ambiental no Brasil: instituições e políticas públicas. Brasília: Ipea, 2016. 360p.

PEREIRA, L. P. F. & MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água: uma revisão. Boletim do Instituto de Pesca, v. 31, n. 1, p. 81-85. 2005.

PIEDRAS, S.R.N.; OLIVEIRA, J.L.R.; MORAES, P.R.R. et al. **Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em juvenis de Cichlasoma facetum (Jenyns, 1842)**. Cienc. Agrotec., v.30, p.1008-1012, 2006.

PINTO, H. S. **Boletim Legislativo nº 32**. Senado Federal. Brasília, 2015. 6p.

PILLAY, T.V.R.; KUTTY, M.N. **Aquaculture Principles and Practices** 2 ed. Wiley-Blackwell, 2005. 640p.

RAKOCY, J. E. **Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system**. University of the Virgin Island Agricultural Experiment Station. Islands Perspectives, v.3, p.4–10, 1989.

RAKOCY, J. E. **Waste management in integrated recirculating systems**. Kingshill: University of the Virgin Islands Agricultural Experiment Station, 1992. 23p.

RAKOCY, J. E.; HARGREAVES, J. A. **Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review**. In.: *Tecnicas for Modern Aquacultura – Aquacultural Engineering Conference*, 1993, Spokane. Proceedings. Spokane: ASAE, p.112–36, 1993.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. **Recirculating aquaculture tank production systems integrating fish and plant culture**. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center: SRAC publication, n. 454, 8p. 1993.

RAKOCY, J. E.; LOSORDO, T. M.; MASSER, M. P. **Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - Integrating fish and plant culture**. Southern Reg. **Aquaculture Center Publications**, n. 454, 2006.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por Nitrato**. Documentos EMBRAPA, nº. 57. 2002. 28p.

RESH, H.M. **Hydroponic food production**. 5th ed. Califórnia, EUA, Woodbridge Press Publishing Company, 1996, 527 p.

RIBEIRO, E. M.; GALIZOLI, F. M. **Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais**. Ambiente & Sociedade - Vol. V – nº. 2 - ago./dez. 2002 - Vol. VI – nº. 1. 2003.

RIBEIRO, V.S.; SALAMONI, G.; da COSTA, A.J.V. **Caracterização dos agricultores familiares de base agroecológica do município de Pelotas, RS**. Anais V Encontro de grupos de pesquisa “Agricultura, desenvolvimento regional e transformações socioespaciais.” UFSM, Rio Grande do Sul, Novembro, 2009.

ROCHA, C. **Enabling policies in support of urban-centred local food systems: cases from Brazil**. Centre for Studies in Food Security Ryerson University, Toronto, Canada. *Future of Cities Forum*. Hamburg, Germany, September 4-7, 2013.

RODRIGUES, I., BARBIERI, J. C. **A emergência da tecnologia social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável**. Revista Brasileira de Administração Pública – RAP. Rio de Janeiro 42 (6): 1069-94. 2008.

ROSEMBERG, A. A. **Food security and safety**. Chapter 16. Synthesis of Part IV. In: "First Global Integrated Marine Assessment (First World Ocean Assessment)". United Nations. Division for Ocean Affairs and The Law of the Sea. Janeiro, 2016. Disponível em [http://www.un.org/Depts/los/global\\_reporting/WOA\\_RegProcess.htm](http://www.un.org/Depts/los/global_reporting/WOA_RegProcess.htm), acessado em outubro de 2017.

ROSENTHAL, H. **Fish farm effluents and their control in EC countries: summary of a workshop**. J.Appl.Ichthyol., v.10, p.215-224, 1994.

ROUMIEH, R.; BARAKAT, A.; ABDELMEGUID, N.E. et al. **Acute and chronic effects of aqueous ammonia on marbled spinefoot rabbitfish, *Siganus rivulatus* (Forsskal 1775)**. Aquac. Res., v.44, p.1777-1790, 2012.

RUTTEN, M. J. M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. **Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model**. Aquaculture, Amsterdam, v. 246, p. 101-113, 2005.

SANTOS, A. A. **Reversão sexual de tilápias GIFT criadas em hapas e submetidas a diferentes taxas de alimentação em alta frequência.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2015. 46p.

SANTOS, F. J. S. **Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão vigna.** Tese de Doutorado. Campina Grande, 2009. 153 pg.

SANTOS, O. S. dos. **Conceito e histórico.** In: SANTOS, S. dos S. (Ed). Hidroponia da alface. Santa Maria: UFSM, p.1-3. 1998.

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

SANTOS, V. B.; FREITAS, R. T. F.; SILVA, F. F.; FREATO, T. A. **Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*).** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.

SAUER, Sérgio e BALESTRO, Moisés V. (org). **Agroecologia e os desafios da transição agroecológica.** São Paulo, Expressão Popular, 2009. 328p.

SCHISTEK, H. **Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básica tela galvanizada de alambrado.** Anais 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005.

SEAWRIGHT, D.E.; STICKNEY, R.R.; WALKER, R.B. **Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems.** Aquaculture, v.160, p. 215-237, 1998.

SEDIYAMA, M. A.; PEDROSA, M. W.; SALGADO, L. T.; PEREIRA, P. C. **Desempenho de cultivares de alface para o cultivo hidropônico no verão e no inverno.** Científica, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 98-106, 2009.

SERAFIM, M. P.; JESUS, V. M. B.; FARIA, J. **Tecnologia social, agroecologia e agricultura familiar, análises sobre um processo sociotécnico.** Segurança Alimentar e Nutricional, Campinas, 20(Supl): 169-181, 2013.

SILVA, E. A. da; MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; OLIVEIRA, A. C.; REIS, L. L.; BARDIVIESSO, D. M. **Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 2, p. 245-254. 2008.

SILVA, E. M.; FERREIRA, R. L.; NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. **Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico.** Horticultura Brasileira, v. 29, n. 2, 2011.

SILVA, L.; ESCALANTE, E.; VALDÉS-LOZANO, D.; HERNÁNDEZ, M.; GASCALEYVA, E. **Evaluation of a Semi-Intensive Aquaponics System, with and without Bacterial Biofilter in a Tropical Location.** Sustainability, 9, 592, 2017.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. **Influência da luz, manejo e tempo de resistência sobre algumas variáveis limnológicas em um viveiro de piscicultura.** Biotemas, Florianópolis, v. 8, n. 1, p. 61- 71, 1995.

SIQUEIRA, T. M.; FOLZ, R. R.; TEIXEIRA, B. A. N. **Projeto e construção de reservatório para armazenamento de águas pluviais em propriedades rurais. Projeto SAMSPAR – Assentamento Rural Sepé Tiaraju, SP, Brasil.** Anais VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Vitória, 2011.

SOUTHERN, A., KING, W. **The aquaponic farmer: a complete guide to building and operating a commercial aquaponic system.** New Society Publishers. Canada, 1982. 281p.

SOUZA, E. M. O. **Tecnologia social: uma análise do PAIS como instrumento de incremento para o desenvolvimento rural sustentável no estado da Bahia.** Dissertação de mestrado. 122 f. Escola de Administração – UFBA, Salvador. 2014.

SOUZA, M. L. R.; DOURADO, D. M.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; MACHADO, S. D.; FERREIRA, I. C.; SCAPINELLO, C. **Análise da pele de tilápia do Nilo.** In: 39ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, Recife. 2002.

SOUZA, N. G. M.; SILVA, J. A.; MAIA, J. M.; SILVA, J. B.; NUNES JÚNIOR, E. S.; MENESES, C. H. S. G. **Tecnologias sociais voltadas para o desenvolvimento do semiárido brasileiro.** BioFarm. v. 12, n. 03. 2016.

SUMMERFELT, R.C. **Water quality considerations for aquaculture.** AquacultureNetwork Information Centre, 2000. 8p.

SVERDRUP-JENSEN, S. **Policy issues deriving from the impact of fisheries on food security and the environment in developing countries.** Fisheries Policy Research in Developing Countries: Issues, Priorities and Needs (eds. Ahmed, M., Delgado, C., Sverdrup-Jensen, S., Santos, R.A.V.), pp. 73-91. ICLARM, Manila, Philippines. 1999.

TEIXEIRA, N. T. **Hidroponia: Alternativa para pequenas áreas.** Guaíba: Agropecuária, 1996. 86 p.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. S. **Economics of Small-scale Commercial Aquaponics in Hawaii.** World Aquaculture Society, v. 46, n. 1, p. 20–32, 2015.

TYSON, R. V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. **Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems.** HortTechnology, 21 (1). 2011.

TYSON, R.V.; SIMONNE, E. H.; WHITE, J. M.; LAMB, E. M. **Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels.** Proc. Fla. State Hort. Soc. v. 117, n. 1, p. 79-83. 2004.

UNESCO. 2012. Fatos e dados. Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos. **O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco.** 17 p. Paris, França. 2012.

UNESCO. 2016. UN WATER. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016.** Resumo Executivo. 12p. Perúgia, Itália. 2016.

VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável.** Anais 12º Congresso de Zootecnia, Vila Real, Portugal. 111-118. 2002.

VIANA, M. R.; MAGALHÃES, L. N. **Estações de tratamento de água construídas de ferrocimento no estado de minas gerais, brasil.** Construindo, Belo Horizonte, v. 5, n. 1. 2013.

YANBO, W.; WENJU, Z.; WEIFEN, L. et al. **Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations.** Fish Physiol. Biochem., v.32, p.49-54, 2006.