

GUSTAVO RAUH

**ASPECTOS LEGAIS E ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM
PISCICULTURA DE ÁGUA DOCE**

**LEGAL ASPECTS AND EFFLUENTS TREATMENT ALTERNATIVES IN
FRESHWATER FISH CULTURE**

CURITIBA

2018

GUSTAVO RAUH

**ASPECTOS LEGAIS E ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM
PISCICULTURA DE ÁGUA DOCE**

**LEGAL ASPECTS AND EFFLUENTS TREATMENT ALTERNATIVES IN
FRESHWATER FISH CULTURE**

Trabalho apresentado para obtenção parcial do título de MBA em Gestão Ambiental no curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Ambiental Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Jara Botton Faria

Co-orientador: Prof. Dr. Rafael Rosa Couto

CURITIBA

2018

RESUMO

A aquicultura é uma atividade agrícola que vem crescendo rapidamente, visto a redução dos estoques naturais e a preocupação das pessoas em consumir alimentos saudáveis. A principal atividade aquícola no Brasil é a piscicultura continental, representando aproximadamente 86,6% da produção nacional. Essa atividade utiliza de maneira intensiva os recursos hídricos, além de gerar um grande volume de efluente, sendo classificada como potencialmente poluidora. Frente à isso, se faz necessário a prática da aquicultura sustentável, através do cumprimento da legislação pertinente e correta gestão dos efluentes gerados. A piscicultura pode ser desenvolvida a partir de diferentes sistemas, que variam em relação ao volume de água utilizada, tempo de cultivo, volume de produção, o que diferencia também as características do efluente gerado. Esse efluente, contudo, é composto por uma série de nutrientes e contaminantes, que grande potencial de poluição e degradação da qualidade dos corpos d'água receptores, como a eutrofização. Para minimizar e/ou evitar tais problemas, é possível a utilização de uma série de alternativas de manejo ou aproveitamento dos efluentes como, por exemplo, a construção de leitos cultivados (*wetland*), integração piscicultura/agricultura, aquaponia, diferentes métodos de despesca, reutilização da água de cultivo, tanque de sedimentação, boas práticas de manejo e sistemas de recirculação de água, todos eles descritos neste trabalho. Visto os impactos causados pela descarga dos efluentes aquícolas ao meio ambiente, é importante a utilização de algum dos métodos acima citados, analisando cada caso individualmente para garantir assim a sustentabilidade do empreendimento.

Palavras-chave: piscicultura sustentável, tratamento de efluentes para aquicultura, boas práticas de manejo para aquicultura, legislação para aquicultura, sistemas de cultivo em piscicultura.

ABSTRACT

Aquaculture is a rapidly growing agricultural activity, due to the reduction of the natural stocks and an interest of people in eating healthy food. The main aquaculture activity in Brazil is the pond aquaculture, showing 86.6% of the national production. This activity uses water resources, beyond generating a large volume of effluents, being classified as a pollutant. Therefore, it is necessary to practice aquaculture, through compliance with the relevant legislation and the organization of the generated effluents. Fish farming can be developed from different systems, which vary in relation to the used water volume, cultivation time, production volume, which is also differentiated by characteristics of the generated effluent. This effluent, however, is composed of a series of nutrients and contaminants, which is a great potential for pollution and degradation of the quality of receiving water bodies, such as eutrophication. To minimize and/or avoid their problems, it's possible the utilization of a series of alternatives for the management or use of effluents, such as, constructed wetlands, fish farming/aquaculture integration, aquaponics, different methods of harvesting, reuse of culture water, sedimentation tank, best management practice and water recirculation systems, all of them in this work. Given the impacts caused by the discharge of aquaculture effluents into the environment, it is important to use some of the methods mentioned above, analyzing each case individually to ensure the sustainability of the enterprise.

Keywords: sustainable pond fish farming, effluent treatment for aquaculture, best management practices for aquaculture, legislation for aquaculture, farming systems in fish farming.

LISTA DE TABELA

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Padrões de emissão de efluentes líquidos..... | 14 |
|--|----|

LISTA DE FIGURA

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Esquema de um leito construído com fluxo horizontal subsuperficial. 1 Região de distribuição do efluente com pedras; 2 Manta impermeável; 3 Material filtrante; 4 Vegetação; 5 Nível da água; 6 Região de coleta do efluente tratado; 7 Tubo de drenagem; 8 Estrutura de drenagem com ajuste de nível. | 18 |
| Figura 2 - Modelo de sistema integrado de piscicultura/agricultura, mostrando as vias e ligações entre os diferentes componentes..... | 19 |
| Figura 3 - Modelo esquemático de um sistema aquaponico..... | 21 |
| Figura 4 - Ciclo biológico da aquaponia..... | 22 |
| Figura 5 - Representação esquemática de um sistema de recirculação de água..... | 28 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 1.1. OBJETIVO GERAL..... | 10 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 12 |
| 3.1. ASPECTOS LEGAIS DA AQUICULTURA BRASILEIRA | 12 |
| 3.2. EFEITO DOS EFLUENTES PISCÍCOLAS SOBRE O AMBIENTE..... | 14 |
| 3.3. ALTERNATIVAS DE MANEJO E APROVEITAMENTO DOS EFLUENTES ... | 16 |
| 3.3.1. LEITOS CULTIVADOS..... | 17 |
| 3.3.2. INTEGRAÇÃO PISCICULTURA/AGRICULTURA..... | 19 |
| 3.3.3. AQUAPONIA..... | 20 |
| 3.3.4. MÉTODOS DE DESPESCA..... | 23 |
| 3.3.5. REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CULTIVO..... | 24 |
| 3.3.6. TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO..... | 24 |
| 3.3.7. BOAS PRÁTICAS DE MANEJO | 25 |
| 3.3.8. SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA | 27 |
| 3.3.9. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS..... | 30 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 31 |
| REFERÊNCIAS..... | 33 |

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura, nome designado ao ato de cultivar organismos aquáticos, é uma atividade do segmento agrícola que vem crescendo mais rapidamente em relação às outras atividades do setor de produtos de origem animal, saltando de uma produção de menos de um milhão de toneladas no início de 1950 para mais de 110 milhões de toneladas em 2016, gerando uma receita aproximada de US\$ 245,5 bilhões (FAO, 2018).

No ano de 2012, a produção de pescado no Brasil alcançou um volume total de 1.550.448 toneladas, sendo 46% deste total proveniente da aquicultura (FAO, 2012), colocando o Brasil em 17º no ranking mundial com uma participação de 0,61% (CHRISTOFOLETTI, 2014).

Dentre os diferentes ramos da aquicultura, a maior parcela da produção aquícola brasileira é oriunda da aquicultura continental, com maior destaque para a piscicultura, representando aproximadamente 86,6% da produção nacional (MPA, 2011), fortemente ancorada pelo cultivo de tilápia, carpa e tambaqui; e é um dos segmentos produtivos mais promissores no Brasil, movimentando cerca de R\$ 5 bilhões ao ano e gerando 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos (ACEB, 2014).

Apesar da crescente demanda de pescados no Brasil, existem ainda alguns fatores limitantes que impedem um crescimento ainda maior, como a grande necessidade de capital de giro, dificuldade na obtenção de licenças e determinados desafios ambientais.

Devido ao aumento da população mundial, procura por alimentos mais saudáveis e crescente preocupação com os impactos ambientais ocasionados por qualquer atividade, incluindo a piscicultura, se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, para garantir alimento de qualidade à população sem agredir o meio ambiente.

A aquicultura é vista como sendo uma atividade produtiva humana, que utiliza de maneira intensa os recursos hídricos, competindo diretamente pela água disponível para a população e outras atividades produtivas além de ser uma atividade que utiliza de maneira intensiva os recursos hídricos, sendo que o piscicultor deve ter água suficiente para encher ou renovar todo o viveiro em no máximo 15 a 20 dias (OSTRENSKY e BOERGER, 1998). A aquicultura apresenta

também riscos de deteriorar a qualidade e quantidade da água, já que a entrada de energia complementar ao sistema, na forma de ração, pode ser alta, gerando assim elevados volumes de metabólitos que contém altos teores de nitrogênio e fosforo, sendo as duas principais fontes poluidoras do ambiente aquático (MEDEIROS, 2002).

No Brasil já existem casos onde unidades de piscicultura encontram dificuldades junto aos órgãos ambientais, inclusive proibindo a sua instalação, devido à qualidade do efluente gerado pelo sistema de cultivo implantado (ZANIBONI, 1997), sendo esse o aspecto de maior impacto da utilização da água pela aquicultura, segundo Phillips *et al.* (1991).

Para que problemas dessa magnitude possam ser revertidos, se faz necessário uma correta gestão dos recursos hídricos utilizados atendendo às legislações vigentes, promovendo assim uma aquicultura sustentável. Porém, ainda faltam instrumentos específicos que auxiliem e assegurem um desenvolvimento sustentável da aquicultura e promovam a proteção ambiental. O termo sustentabilidade, entretanto, tem apresentado diferentes significados sobre óticas distintas (TIAGO, 2002).

Pillay (1996, apud TIAGO, 2002), ao realizar trabalhos referentes à aquicultura sustentável afirma que:

O mais importante desafio da aquicultura, atualmente, é a necessidade de assegurar sustentabilidade em uma base duradoura. Também igualmente importante é a aquicultura ser percebida como sustentável, e, isto, vinculado ao fato de que a aquicultura tem de ser, ao menos, economicamente lucrativa, senão, a aquicultura comercial não se desenvolverá. Entretanto acontece sempre que o aquicultor ou o empreendedor negligenciam os benefícios de longo prazo de suas atividades aquícolas, as consequências de suas demandas sobre os recursos naturais e os efeitos sociais de suas ações. Após a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, desenvolvimento sustentável tornou-se um termo essencial, apesar de as maneiras de se alcançar isto não se encontrarem bem definidas ou adequadamente entendidas.

Muir (1996, apud TIAGO, 2002) cita que a:

A noção de sustentabilidade e de termos associados, como 'desenvolvimento sustentável', são, atualmente, amplamente utilizados na discussão de desenvolvimento econômico, em questões de conservação ambiental e em gerenciamento social e econômico de sistemas de produção, especialmente aqueles que possuem correlação direta com recursos naturais, portanto, sendo aplicados de maneira crescente na aquicultura. Entretanto existem, particularmente nestas noções, uma ampla e pública consciência dos conflitos entre as percepções da necessidade de

conservação e proteção ambiental e do desenvolvimento agrícola e industrial e crescimento econômico, onde a riqueza de capital pode ser gerada através do uso da riqueza natural.

Para que se aplique na prática o conceito de sustentabilidade, é necessário que se adote boas práticas de manejo conjuntamente de um correto direcionamento dos efluentes e resíduos gerados, levando sempre em consideração o arcabouço legal que normatiza e orienta a aquicultura no Brasil.

Esse trabalho objetivou fazer um levantamento das legislações aplicadas à aquicultura, discorrer sobre o efeito dos efluentes da piscicultura sobre o ambiente e apresentar diferentes tipos de manejo e aproveitamento para esses resíduos.

1.1. OBJETIVO GERAL

Apresentar alternativas de manejo e aproveitamento dos efluentes, a fim de diminuir os impactos causados.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar as legislações a serem seguidas por uma propriedade aquícola para obtenção da licença ambiental;
- Discorrer sobre os impactos negativos causados ao ambiente pelo despejo dos efluentes no corpo receptor;

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo constitui-se de uma revisão de literatura, realizada entre os meses de junho e agosto de 2018, na qual se realizou uma consulta a livros, artigos científicos, periódicos, monografias, dissertações, livros, circular técnico, onde se selecionou publicações escritas em inglês, português e espanhol.

Um extensivo levantamento dos trabalhos que abordam o tema proposto foi realizado em três bases de dados bibliográficas, sendo elas *Science Direct*, *Scielo* e *Wiley Online Library* e referenciais disponíveis na internet, utilizando palavras-chave como “tratamento de efluente na piscicultura”, “aquicultura sustentável”, “wetland”, “*Recirculating aquaculture system*”, “impactos gerados pela aquicultura”, “reutilização de água de cultivo”, “integração aquicultura-agricultura”, “boas práticas de manejo na aquicultura”, “métodos de despesca”, “aquaponia”, “tanques de decantação para aquicultura”, “legislação para aquicultura”, “eutrofização”, “assimilação de nutrientes na aquicultura”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que a atividade aquícola se desenvolva competindo de maneira justa e igualitária, alguns aspectos são de suma importância, citados e esclarecidos a seguir.

3.1. ASPECTOS LEGAIS DA AQUICULTURA BRASILEIRA

A aquicultura sofreu, durante muitos anos, com a inexistência de uma norma específica para regulamentar a eficiência ambiental de seus empreendimentos. Tal fato gerava enorme insegurança jurídica para àqueles que licenciavam e também para os produtores, que muitas vezes viram seus projetos serem embargados (SEBRAE, 2011).

Hoje, a aquicultura no Brasil é normatizada e orientada por um conjunto de leis, decretos, portarias e resoluções que tem como objetivo buscar o uso harmônico e equilibrado dos recursos naturais, sendo que a sustentabilidade da atividade dependerá sempre do nível de consciência dos usuários destes recursos, independentemente da qualidade e da quantidade de leis disponíveis (OLIVEIRA NETO, 2004).

Com intuito de garantir ao produtor a sua segurança jurídica além de proporcionar o desenvolvimento de forma sustentável, foi publicada, em 26 de junho de 2009, a Resolução CONAMA nº 413/09, que dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências, em conjunto com a criação do Ministério da Aquicultura e Pesca (MAZOTTO *et al.*, 2015).

Apesar disso, um dos maiores problemas em relação aos licenciamentos dos empreendimentos aquícolas é a falta de instrumentos específicos, incentivadores ou desincentivadores, que auxiliem e assegurem um desenvolvimento sustentável da aquicultura e promovam a proteção ambiental (TIAGO, 2002). Sendo assim, o licenciamento ambiental é o ponto de partida para a criação de ferramentas de gestão ambiental, regulando a exploração dos recursos naturais pela atividade (DOTTI, VALEJO e RUSSO, 2012).

A piscicultura catarinense apresenta características que a diferem dos outros estados, sendo que a maioria dos produtores são amadores, possuem propriedades menores que 50 hectares e utilizam mão de obra familiar, e por não ser a atividade

principal da propriedade, 95% das instalações estão inseridas em áreas de preservação permanente (APP), impossibilitando a obtenção de licenciamento (HASSE, 2018).

Existe, porém, uma contradição quando se comparam as diferentes esferas (federal e estadual), no que diz respeito a prática da aquicultura em APP's. A Lei Federal nº 12.651/2012, alterada pela Lei nº 12.727/2012, que estabelece normas gerais sobre a preservação da vegetação, áreas de preservação permanente e as áreas de reserva legal, traz em seu texto essa possibilidade. O mesmo está disposto na Lei Estadual nº 16.342/2014, que altera a lei que institui o Código Estadual do Meio Ambiente, especificamente em seu art. 120-E.

Contudo, a Lei Estadual nº 15.736/2012, que dispõe, define e disciplina a piscicultura de águas continentais no Estado de Santa Catarina e adota outras providências, não permite a prática de aquicultura em áreas de preservação permanente e reserva legal. Esse fato tem feito a piscicultura sofrer uma série de discriminações, já que está irregular perante a legislação ambiental, resultando em muitos casos de processos por crimes ambientais por falta de licenciamento. A não obtenção de licenciamento ambiental traz uma série de desvantagens ao produtor, já que ficam impossibilitados de acessarem créditos rurais, programas de fomento do Governo Estadual e Federal e medidas de recuperação ambiental (HASSE, 2018).

Com o intuito de adequar a Lei Estadual nº 15.736/2012 ao Código Florestal Brasileiro e ao Código Estadual do Meio Ambiente, foi proposta, através do Projeto de Lei nº 99/2018, uma alteração, a qual passará a regularizar açudes e viveiros construídos em APP's, além de possibilitar aos produtores o acesso aos créditos rurais.

Os empreendimentos piscícolas seguem também as regras gerais de licenciamento ambiental, definidas na Lei nº 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, e na Resolução CONAMA nº 237/1997 que Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental.

Outra importante resolução que abrange a atividade aquícola é a Resolução CONAMA nº 430, que complementa também a Resolução nº 357/2005. Ambas

dizem relação às condições e padrões de lançamento de efluentes, fator importante para a eficiência ambiental do empreendimento, discutido a seguir.

Na esfera nacional, de acordo com o Art. 4º desta Resolução, a aquicultura está inserida dentro da Classe II de classificação e deverá seguir os padrões de lançamento de acordo com a Resolução CONAMA nº 430. Já conforme a legislação catarinense, os efluentes gerados pela piscicultura não podem estar em desacordo com o Decreto nº 14.250/1981, que classifica as águas conforme sua utilização e, também, estabelece padrões para a emissão de efluentes líquidos. (TOMAZELLI JÚNIOR, CASACA e DITTRICH, 1997).

A tabela abaixo apresenta os padrões de lançamento de efluentes líquidos para alguns parâmetros, conforme a Resolução CONAMA nº 430 e o Decreto Estadual de Santa Catarina nº 14.250.

Tabela 1 - Padrões de emissão de efluentes líquidos

| Parâmetros | Resolução CONAMA nº 430 | Decreto nº 14.250 |
|---|--------------------------------|--------------------------|
| DBO ₅ (mg.L ⁻¹) | Redução de no mínimo 60% | ≤ 60 |
| Fósforo total (mg.L ⁻¹) | (1) | ≤ 1 |
| Nitrogênio total (mg.L ⁻¹) | (1) | ≤ 10 |
| Sólidos suspensos (ml.L ⁻¹) | ≤ 1 | ≤ 1 |

Fonte: Brasil (2009) e Santa Catarina (1981)

Legenda: (1) A resolução CONAMA nº 430 não estipula concentrações máximas, para esses parâmetros, que podem ser lançadas em corpos receptores.

Outro aspecto legal envolvendo a aquicultura é a outorga do uso d'água, prevista na Lei Estadual nº 9.748/1994. Esta lei, em seu artigo 29, explica que qualquer empreendimento ou atividade que alterar as condições quantitativas e/ou qualitativas das águas, superficiais ou subterrâneas, observando o Plano estadual de Recursos Hídricos e os Planos de Bacia Hidrográfica, dependerá de outorga, sendo cobrado emolumento no valor de R\$ 708,00 para o caso da aquicultura.

3.2. EFEITO DOS EFLUENTES PISCÍCOLAS SOBRE O AMBIENTE

O cultivo de organismos aquáticos pode ser desenvolvido a partir de diferentes sistemas, que podem variar entre si de acordo com a quantidade de água

utilizada, tempo de cultivo, oferta de alimentação artificial e volume de produção, o que diferencia também as características dos efluentes gerados. Boyd e Tucker (1998) citam ainda que o volume do efluente gerado depende da precipitação, do tipo de viveiro e do manejo empregado. Por exemplo; um viveiro com um hectare de lâmina de água, 1,5 metros de profundidade, onde se adotou uma taxa de renovação diária de 10% ao longo de um cultivo de 140 dias seguido do esgotamento total do viveiro para despesca geraria 224.000 m³ de efluente. A descarga de efluentes ricos em nutrientes, uma preocupação ambiental em muitos países, pode resultar na deterioração da qualidade do corpo receptor (PILLAY, 1992).

Ao avaliar a deterioração da qualidade da água causada pela atividade de uma unidade de piscicultura, Zaniboni *et al.* (1997) relataram que a atividade de cultivo influenciou significativamente a qualidade da água nos tanques de piscicultura, com incremento nas concentrações de nitrogênio amoniacal, da turbidez e redução dos valores de oxigênio dissolvido. A aplicação de fertilizantes nitrogenados amoniacais e ureia também contribuem para o aumento da concentração de amônia na água (BOYD, 1982; KUBITZA e KUBITZA, 2000). Em viveiros de tilápia fertilizados com 120 kg N.ha⁻¹ e 33 kg P.ha⁻¹, apenas 42,5% do nitrogênio e 22,7% do fósforo aplicado foi retirado em biomassa no fim do cultivo (BOYD e TUCKER, 1998).

Sistemas de cultivo que demandam uma elevada taxa de arraçoamento tendem a acumular mais compostos contendo carbono, nitrogênio e fósforo, sendo que apenas 23% a 54% do carbono, nitrogênio e fosforo fornecidos aos peixes através da alimentação se converte em biomassa, sendo que o restante se deposita no solo como alimento desperdiçado ou como excreções fecais (HALL *et al.*, 1992). A ração não consumida é convertida em gás carbônico, amônia, fosfatos e outras substâncias dissolvidas pela ação microbiana, gerando impacto nos sistemas de criação de peixes (PILLAY, 1992; BACCARIN e CAMARGO, 2005 *apud* MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Nutrientes como nitrogênio e fósforo são indispensáveis para o processo de fotossíntese nos ambientes aquáticos e se estiverem disponíveis em excesso podem elevar a taxa de produtividade primária, aumentando a produção de plantas aquáticas e algas, enriquecendo assim o corpo hídrico, levando à eutrofização (AVNIMELECH, 1999), sendo este o principal impacto observado por Pillay (1992) ao

monitorar duzentas fazendas de cultivo de peixe na Inglaterra, onde os impactos estavam geralmente associados ao aumento de fósforo, florescimento de algas potencialmente tóxicas, aumento do material em suspensão, culminando com a mortalidade de peixes.

A eutrofização, por sua vez, causa diferentes efeitos negativos sobre as fontes de água potável, pesca e corpos d'água para fins recreativos (CARPENTER *et al.*, 1998) e os efluentes contaminados, quando lançados diretamente nas águas de rios e lagos, constituem riscos potenciais para a saúde pública, principalmente quando essas águas são utilizadas sem tratamento na preparação de alimentos, higiene pessoal e irrigação de culturas (DONINI *et al.*, 1993; BOYD e QUEIROZ, 1997 *apud* MACEDO e SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Impactos ambientais relacionados aos efluentes aquícolas também foram observados na região de Banguecoque, na Tailândia, onde se encontrou uma relação entre o lançamento de efluentes de carcinicultura e a ocorrência de floração de algas e a morte de organismos coralinos. Observou-se também uma redução na riqueza de macroinvertebrados bentônicos em trechos de corpos d'água receptores de efluentes de fazendas de produção de truta arco-íris, assim como uma maior quantidade de bactérias heterotróficas (CHUA *et al.*, 1989; LOCH *et al.*, 1996; BOAVENTURA *et al.*, 1997 *apud* BIUDES, 2007).

Além dos impactos causados devido à fertilização e descarga de fezes e ração não consumida, a piscicultura também causa impactos através do lançamento de resíduos de produtos químicos como desinfetantes, antibióticos, algicidas, inseticidas e hormônios (ELLER e MILLANI, 2007).

3.3. ALTERNATIVAS DE MANEJO E APROVEITAMENTO DOS EFLUENTES

Para que a aquicultura possa continuar se desenvolvendo de maneira sustentável, é necessário que se desenvolvam alternativas de manejo e aproveitamento para os efluentes gerados que garantam a diminuição do impacto causado, que sejam acessíveis e viáveis financeiramente e de fácil instalação e operação.

Algumas alternativas de tratamento convencional para efluentes de sistemas aquícolas, como filtragem física, química e biológica, já existem em grande número e se mostram bastante efetivas.

3.3.1. LEITOS CULTIVADOS

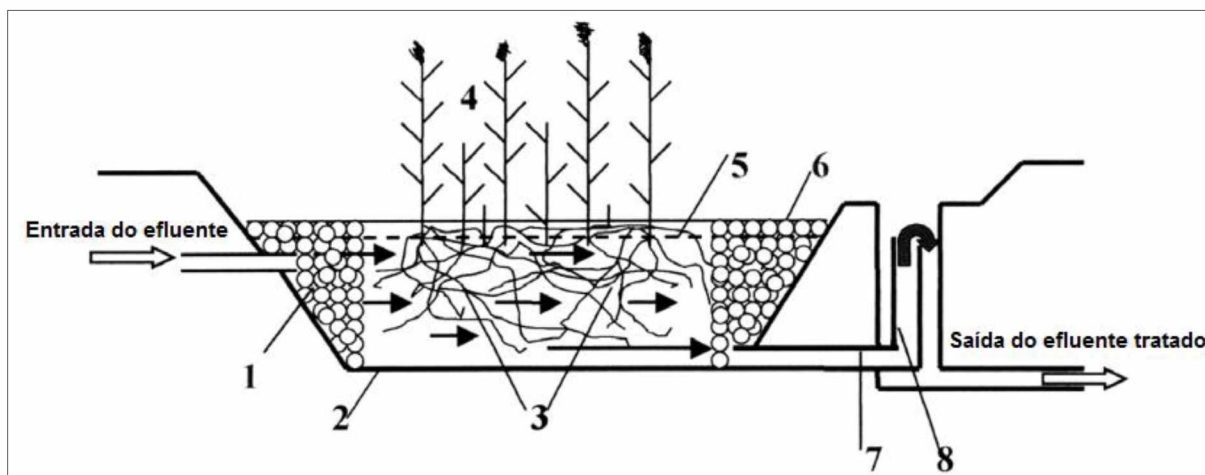
Mundialmente conhecido como *Constructed Wetland*, a utilização de leitos cultivados para o tratamento de efluentes vem sendo usado desde a década de 1950 (VYMAZAL, 2010) e é considerado um sistema de tratamento natural (METCALF & EDDY, 1991) por não dependerem exclusivamente de fontes externas de energia para realização do tratamento, tendo como principais componentes a força gravitacional, os microrganismos, as plantas e algumas espécies de animais (REED et al., 1995) e por se basear nos processos físicos, químicos e biológicos encontrados nos ecossistemas das várzeas naturais (VALENTIM, 2003).

Este tipo de sistema de tratamento é constituído basicamente de um leito por onde escoar o efluente, preenchido com algum tipo de substrato, podendo-se usar cascalho, brita, areia, argila expandida e outros materiais inertes para sustentação dos vegetais. Associado a todos esses elementos ocorre a formação de biofilmes com variadas populações de microrganismos, responsáveis pela transformação e remoção dos contaminantes das águas residuais. A figura 1 representa o esquema de um tipo de leito construído com fluxo horizontal subsuperficial. O uso desse tipo de tratamento é caracterizado pelo baixo custo de implantação e manutenção, fácil manejo e baixo consumo energético.

A eficiência do *wetland* é significativamente afetada pelo tipo de macrófita selecionada para o tratamento, sendo necessária que a mesma atenda algumas características como rápido estabelecimento e alta taxa de crescimento, alta capacidade de assimilar os nutrientes (direta ou indiretamente), grande capacidade de estocar nutrientes na forma de biomassa, tolerâncias às características químicas e físicas do efluente e tolerância às condições climáticas locais (TANNER, 1996).

Outros importantes fatores que também afetam a eficiência desse sistema é o tempo de retenção hidráulica, temperatura e principalmente a atividade microbiana associada às raízes das plantas (El-Khateeb et al., 2009), responsável pelos processos de nitrificação e desnitrificação.

Figura 1 - Esquema de um leito construído com fluxo horizontal subsuperficial. 1 Região de distribuição do efluente com pedras; 2 Manta impermeável; 3 Material filtrante; 4 Vegetação; 5 Nível da água; 6 Região de coleta do efluente tratado; 7 Tubo de drenagem; 8 Estrutura de drenagem com ajuste de nível.



Fonte: Adaptado de Vymazal (2010).

A utilização de *wetlands* construídas para tratar efluentes aquícolas já é uma realidade em muitos países.

Schwartz e Boyd (1995) avaliaram o efeito na redução de poluentes do efluente de cultivo de bagre americano (*Ictalurus punctatus*) utilizando leitos construídos povoados com três espécies de macrófitas (*Scirpus californicus*, *Zizaniopsis miliacea* e *Panicum hemitomon*) e observaram uma redução de 43-98%, 51-75%, 59-84%, 37-67%, 75-87% para nitrito, nitrato, fósforo, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos, respectivamente.

Ao testarem a eficiência de um leito construído com fluxo subsuperficial no tratamento de efluente proveniente do cultivo de truta (*Oncorhynchus mykiss*), Sindilariu *et al.* (2007) constataram uma redução significativa nas concentrações de amônia total, nitrito, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos suspensos.

Além de todos os benefícios já citados, a utilização de *wetlands* construídos produzem efluentes com maior valor ecológico quando comparados a efluentes de tecnologias convencionais, uma vez que não usam tratamento com ozônio e radiação ultravioleta, mantendo assim uma cadeia alimentar básica de fitoplâncton e

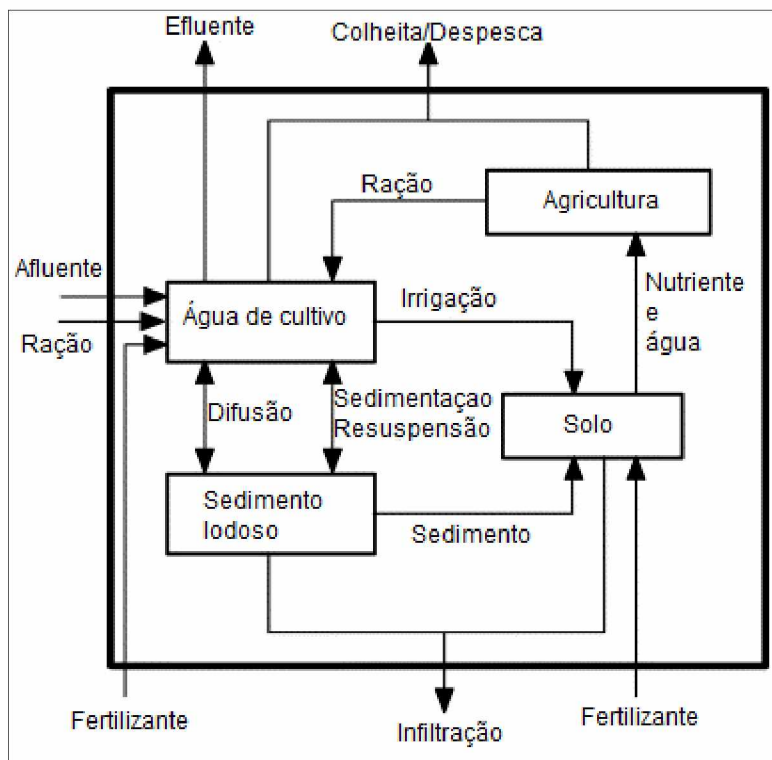
zooplâncton, impactando de modo reduzido as águas superficiais (KAMPF & CLAASSEN, 2005).

A utilização de leitos construídos pode ser, portanto, considerada como uma alternativa economicamente viável e rentável para tratamento de efluentes e sua aplicação em sistemas aquícolas tem se mostrado tecnicamente eficiente além de representar melhoria ambiental, com potencial de melhoria dos parâmetros de qualidade da água, impostos pela legislação.

3.3.2. INTEGRAÇÃO PISCICULTURA/AGRICULTURA

O uso da integração piscicultura/agricultura tem se mostrado interessante por ser um método ambientalmente sustentável, onde os resíduos e nutrientes provenientes do cultivo dos peixes são reciclados e servem como suplementação para o cultivo terrestre (Figura 2), mitigando assim os impactos negativos causados pelos efluentes aquícolas (JAMU e PIEDRAHITA, 2002).

Figura 2 - Modelo de sistema integrado de piscicultura/agricultura, mostrando as vias e ligações entre os diferentes componentes.



Fonte: Adaptado de Jamu e Piedrahita (2002).

Devido à reciclagem dos potenciais poluentes, esse tipo de integração pode ser usado como método de tratamento de efluentes, aumentando assim a produtividade da propriedade devido à diversificação de culturas, distribuindo o risco financeiro atrelado às monoculturas (WILLIAMS, 1997).

Apesar disso, esta técnica não é muito difundida, principalmente pelo fato de dificilmente os tanques de cultivo estarem adjacentes às áreas de agricultura permitindo a sua fertilização (EDWARDS, 2015), além dos níveis de nutrientes exigidos por grande parte das espécies vegetais estarem bem acima dos disponibilizados pelos efluentes aquícolas (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p. 185).

Outra alternativa para tratamento dos efluentes de piscicultura é a passagem de água através de canteiros de gramíneas antes de direcioná-lo ao corpo receptor (ZANIBONI, 2005). Estudo realizado por Ghate *et al.* (1997), onde efluentes contendo diferentes concentrações de poluentes orgânicos foram direcionados para canteiros contendo grama da variedade “Bermuda” (*Cynodon dactylon*) ou “Bahia” (*Paspalum notatum*), evidenciaram uma eficiência na remoção de sólidos suspensos, sendo que quanto maior a concentração, maior a eficiência na remoção, passando de 18% de remoção em uma concentração de 30mg/l para 62 e 82% em concentrações acima de 200 mg/l. Entretanto, não foram observadas reduções dos teores de fósforo total e nitrogênio amoniacal.

3.3.3. AQUAPONIA

A aquaponia, nome derivado da combinação entre “aquicultura” e “hidroponia”, é o cultivo integrado de animais aquáticos com espécies vegetais em sistemas de recirculação de água e nutriente, surgindo na década de setenta, onde ficou evidenciado que os metabólitos liberados pelos peixes poderiam ser aproveitados no cultivo hidropônico (LEWIS *et al.*, 1978), diminuindo assim o impacto no meio ambiente (PÉREZ-ROSTRO *et al.*, 2013) com pesquisas voltadas no desenvolvimento de sistemas de cultivo de peixes em pequena escala (RAKOCY e HARGREAVES, 1993).

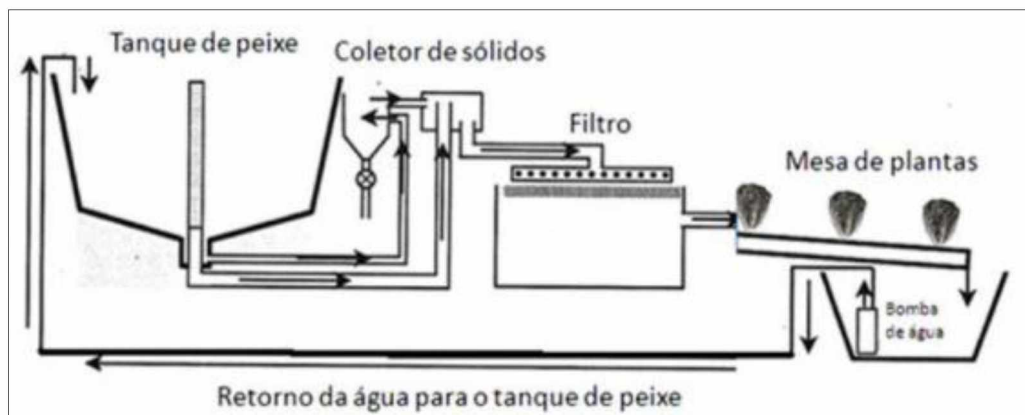
Nelson (2008) cita que na aquaponia, os sólidos oriundos do ração e da excreção dos peixes servem como fontes de nutrientes para as plantas e estas, por sua vez, atuam como um filtro natural da água. Estas características fazem da

aquaponia uma alternativa ideal para solucionar o problema dos aquicultores em relação à descarga de efluente rico em nutrientes no corpo receptor, assim como contribuir para a solução dos agricultores de como conseguir nutrientes para suas culturas (MATEUS, 2009).

Além de ser uma alternativa para a produção de alimento menos impactante ao meio ambiente (DIVER, 2006; HUNDLEY, 2013), é também uma alternativa para tratamento e aproveitamento do efluente aquícola (HUNDLEY, 2013), que vem se tornando cada vez mais popular em todo o mundo, apesar de no Brasil a literatura a respeito ainda ser pobre e incipiente. Essa popularidade ocorre também devido ao fato das pessoas estarem cada vez mais preocupadas com sua alimentação, buscando sempre alternativas mais saudáveis e sustentáveis, podendo, com essa técnica, produzirem seu próprio alimento.

Existem vários *layout's* que podem ser adotados para desenvolvimento do sistema, que variam em sua estrutura principal, porém algumas estruturas são imprescindíveis para o correto funcionamento do mesmo, como tanque para criação dos peixes, biofiltro para transformação da amônia em nitrato e a estrutura hidropônica, destinada à plantação das mudas. Deve-se procurar sempre otimizar o uso da gravidade para evitar gastos com energia e compra de bombas (RAKOCY *et al.*, 2006).

Figura 3 - Modelo esquemático de um sistema aquaponico



Fonte: adaptado de Herbert (2008) *apud* Oliveira (2016).

Esse sistema, que tem sido proposto como método de controle de acúmulo de nutrientes e resíduos provenientes da piscicultura (RAKOCY e HARGREAVES, 1993), incorpora os nutrientes provenientes do cultivo de peixe em biomassa vegetal, sem a utilização de solo, eliminando assim os compostos tóxicos para os

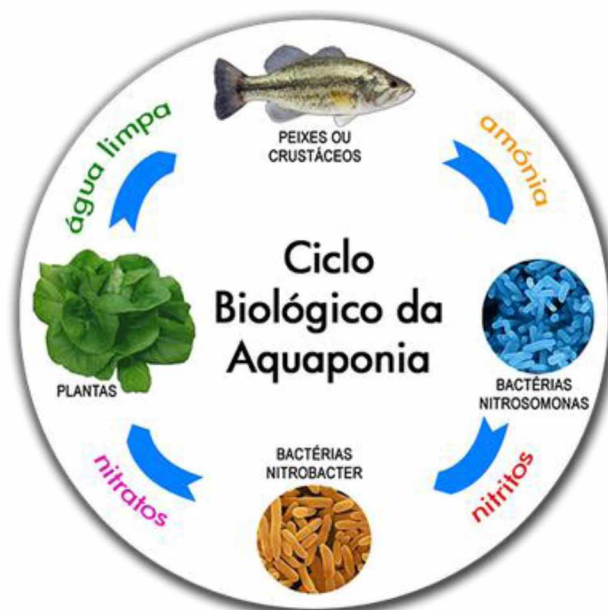
peixes. A utilização de um sistema aquaponico para remoção de nutrientes do efluente de um sistema intensivo de produção de peixe promove a melhoria da qualidade da água antes que retornem para o cultivo, reduzindo níveis de amônia, nitrato e fosfato dissolvido (LEWIS *et al.*, 1978).

Alguns estudos demonstram a eficiência dos sistemas aquaponicos em relação à remoção de nutrientes dos efluentes de cultivo.

Lennard (2006 *apud* TIMMONS & EBELING, 2010) demonstrou que as concentrações de nitrato, em sistemas aquaponicos, reduziram 97% quando comparada com o monocultivo de peixe.

Rakocy *et al.* (1993) e Quilleré *et al.* (1995) desenvolveram estudos nos Estados Unidos e França, respectivamente, e demonstraram que os resíduos sólidos provenientes de tanques de produção intensiva de peixe, quando associados ao cultivo de vegetais, eram removidos, sendo uma forma de melhorar a qualidade da água.

Figura 4 - Ciclo biológico da aquaponia



Fonte: <https://ecoandoblog.wordpress.com/2016/04/12/aquaponia-sistema-integrado-de-peixes-e-plantas/>

Apesar das inúmeras vantagens provenientes da aquaponia, uma série de desvantagens também deve ser levada em consideração, antes da tomada de decisão em relação à implantação ou não do sistema. Entre elas estão a dependência contínua de energia elétrica e de conhecimentos básicos de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia (CARNEIRO *et al.*, 2015).

3.3.4. MÉTODOS DE DESPESCA

Assim que o organismo cultivado atinge tamanho comercial, é necessário que se realize a despesca do viveiro. Em viveiros escavados, essa é a fase que apresenta a maior concentração de poluentes e é caracterizada pela drenagem dos viveiros, mantendo-se em média 35 centímetros de coluna d'água, seguido da passagem de rede de arrasto para coleta dos peixes. Posteriormente, a água restante é liberada.

Apesar de ser o método mais simples e comum, o mesmo apresenta uma série de desvantagens, já que prejudica a qualidade da água devido a grande suspensão de sedimentos do fundo do viveiro, onde está a maior concentração de nutrientes e da matéria orgânica além de algumas espécies, como a tilápia, possuírem a habilidade de se “esconderem” no sedimento lodoso, fugindo assim da captura (LIN e YI, 2003; ZANIBONI, 2005). Essa suspensão de sólidos ocorre devido à passagem da rede de arrasto, movimentação da equipe de despesca e atividade dos peixes.

Ao avaliar o efluente de viveiros no Alabama/USA, Schwartz e Boyd (1994) observaram que conforme a legislação ambiental daquele país, que 75% dos viveiros excediam os limites para sólidos suspensos, 80% para fósforo total, 25% para amônia total e 2% para demanda biológica de oxigênio, sendo que a maioria desses poluentes eram liberados durante a drenagem.

Boyd (1978) analisou a qualidade do efluente de vários viveiros de engorda de bagre americano e observou uma grande variação entre o efluente drenado durante o abaixamento do nível da água e o efluente após a retirada dos peixes com rede de arrasto. Os parâmetros analisados foram sólidos em suspensão, que aumentou de 0,08 ml/l durante a drenagem para 28,5 ml/l (aprox. 356 vezes mais) após a passagem da rede de arrasto; a demanda bioquímica de oxigênio saltou de 4,31 para 28,9 mg/l; demanda química de oxigênio de 30,2 para 342 mg/l; ortofosfato solúvel de 16 para 59 µg/l; fósforo total de 0,11 para 0,49 mg/l e amônia total, que elevou sua concentração de 0,98 para 2,34 mg/l.

Para minimizar os impactos causados pelos poluentes durante a despesca do viveiro e para garantir a sustentabilidade do cultivo, é possível que se adote algumas estratégias e técnicas apropriadas, que são de simples aplicação, financeiramente viáveis.

Lin *et al.* (2001) reproduziram um experimento para avaliar o efeito de diferentes métodos de retirada dos peixes (Tilápia do Nilo – *Oreochromis niloticus*) ao final do cultivo na quantidade de resíduos liberados ao ambiente. Concluíram que a aplicação de anestésico natural para imobilização parcial dos peixes, seguido do arrasto da rede sem a descarga do efluente é efetiva, com uma eficiência de 97%. Outra potencial alternativa para reduzir a descarga de poluentes é a aplicação de hidróxido de cálcio 24 horas antes do esvaziamento do tanque, para precipitação do fósforo e matéria orgânica, mantendo 25 centímetros de coluna d'água para posterior retirada dos peixes, técnica também recomendada por Schwartz e Boyd (1994), sendo que a água mantida no viveiro não influenciara a produtividade do cultivo seguinte, já que processos físicos, químicos e biológicos são capazes de remover nutrientes e matéria orgânica remanescentes nos viveiros (TUCKER *et al.*, 1996).

3.3.5. REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CULTIVO

Ao final do cultivo, normalmente os viveiros são completamente drenados para facilitar a despesca e o efluente é direcionado diretamente para o corpo receptor. Porém, ao invés de despejar o efluente no meio ambiente, é possível direcioná-lo a lagoas adjacentes através de bombeamento ou gravidade, caso a topografia permita, a fim de reutilizar a mesma água em outro ciclo produtivo. Esta é uma prática comumente utilizada nos Estados Unidos devido ao menor gasto com bombeamentos de um viveiro para outro quando comparado com bombeamento de poços profundos e pela grande abundância de alimento natural (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p.188 e 189).

Lin e Yi (2003) citam também que o efluente tem sido utilizado como fonte de nutrientes para sistemas de cultivo semi-intensivo de tilápia.

3.3.6. TANQUE DE SEDIMENTAÇÃO

Os tanques de sedimentação, também chamados de bacias de estabilização, são estruturas construídas na forma de viveiros, utilizadas para tratamento de efluentes de diversas origens, inclusive de sistemas aquícolas e são

de mais fácil construção e operação quando comparadas com os *Wetlands*, pelo fato de não precisarem do estabelecimento de plantas (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008. p.191). Estas estruturas são capazes de proporcionar uma série de benefícios para o meio ambiente como diminuição na concentração de sólidos em suspensão, transformação de nutrientes dissolvidos em biomassa vegetal, volatilização de compostos nitrogenados, degradação de biomassa vegetal e redução na demanda bioquímica de oxigênio, contudo, são mais eficientes na remoção de sólidos inorgânicos em suspensão e menos eficientes na remoção de nitrogênio e fósforo (NUNES, 2002).

A utilização de tanques de sedimentação para a remoção de sólidos suspensos dos efluentes de viveiros de aquicultura é uma alternativa que se mostrou eficiente, apesar do grande volume de efluente gerado durante a despesca. Contudo, é possível projetar o sistema de maneira que apenas os últimos 5 a 20% do efluente sejam direcionados para as bacias de sedimentação, já que existe uma tendência do efluente concentrar mais sólidos e nutrientes nessa porção (Schwartz e Boyd, 1994; Teichert-Coddington *et al.*, 1996 *apud* Teichert-Coddington *et al.*, 1999).

Segundo Teichert-Coddington e colaboradores (1999), reter os últimos 20 centímetros de coluna d'água ao final da despesca durante 6 horas é o suficiente para remover 99,9% dos sólidos suspensos, 93,6% da fração mineral e 63% da demanda bioquímica de oxigênio, sendo que maiores períodos de retenção não resultam em maior sedimentação. Tais resultados foram parecidos com os encontrados por Boyd *et al.* (1998), que analisaram, em laboratório, a sedimentação de viveiros cultivados com bagre americano de três diferentes regiões do Alabama e constataram que dentro de 8 horas 75% dos sólidos suspensos e fósforo total e 40% da demanda bioquímica de oxigênio foram removidos por sedimentação.

3.3.7. BOAS PRÁTICAS DE MANEJO

A adoção de boas práticas de manejo (BPM) na aquicultura é considerada como uma das alternativas mais eficientes para minimizar o impacto ambiental causado pelos seus efluentes (BOYD *et al.*, 2013). Essas práticas tem como finalidade contribuir para a melhoria da qualidade da água nos viveiros através da otimização de insumos, como agroquímicos, fertilizantes e ração, diminuindo a geração de resíduos, e dos índices zootécnicos, aumentando assim a produtividade

e a rentabilidade da produção, permitindo aos produtores um melhor desempenho ambiental e competitividade econômica na produção (QUEIROZ, 2016).

As BPM's não devem ser vistas pelo produtor como uma despesa extra, mas sim como uma ação proativa, que reduzirá os impactos ambientais negativos causados pela sua atividade devido à redução da descarga de resíduos para o corpo receptor (QUEIROZ, 2016), porém, a falta de incentivos que garantam algum tipo de vantagem aos praticantes destas técnicas é determinante na tomada de decisão para o produtor, já que são vistas como uma "preocupação" adicional (BOYD *et al.*, 2013).

Uma das principais preocupações em relação aos efluentes aquícolas é sua concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo, principais responsáveis pela eutrofização dos corpos d'água (SUGIURA *et al.*, 2001; WILSON, 2003, FURUYA *et al.*, 2005), sendo que procedimentos para reduzir tais concentrações, reduziriam o impacto causado (PEREIRA *et al.*, 2012; ALEXANDER *et al.*, 2016).

A concentração de nitrogênio nos viveiros está diretamente associada com o manejo alimentar adotado e o percentual de nitrogênio contido na ração e, para reduzir a quantidade desses nutrientes no efluente, algumas medidas são indicadas, como por exemplo, a utilização de rações de alta qualidade e que apresentam um balanceamento exato de aminoácidos de acordo com a espécie cultivada, aumentando assim a eficiência na assimilação de nutrientes e consequentemente reduzindo o desperdício (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p.195).

Utilizar alimento de alta qualidade possibilita também a obtenção de dietas com teores inferiores de proteína, diminuindo assim os custos com alimentação (FURUYA *et al.*, 2005), já que mesmo sob as melhores condições apenas 10 a 20% do carbono, 20 a 30% do nitrogênio e 25 a 35% do fósforo contidos na ração é convertida em biomassa, além do gasto com ração ser o principal custo variável da produção (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p.195).

Tucker *et al.* (2008, p.197) enfatizam ainda que além da importância da qualidade da ração, é possível maximizar a sua eficiência através de um correto arrazoamento, apesar de grande parte das pesquisas estarem voltadas para as exigências nutricionais das espécies comerciais. Em vias de regra, alimentar animais aquáticos de forma eficiente está mais relacionado com a habilidade do produtor do que com a ciência, já que o consumo varia muito dependendo das condições ambientais, o que dificulta o uso de tabelas de alimentação (GERRARD *et al.* 1990)

e pode ser um dos principais fatores responsáveis pela maior rentabilidade das BPM's (DICKSON *et al.*, 2016).

As BPM's também devem ser empregadas no estágio de construção dos viveiros, procurando evitar ao máximo a erosão da área onde serão instalados, para reduzir problemas como eutrofização e sedimentação do corpo receptor (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p. 176).

Assim que finalizada a construção dos viveiros, é necessário atenção quanto à erosão interna dos taludes dos mesmos, geralmente causada pela chuva e pelas pequenas ondulações da água, promovidas pelo vento. Os impactos causados por esse tipo de erosão não afetarão o ambiente de forma imediata, porém diminuirão a vida útil do viveiro, exigindo manutenção frequente (TUCKER, HARGREAVES e BOYD, 2008, p.177). O controle da erosão interna do talude pode ser feito a partir do assentamento de rochas, colocação de lona ou geomembrana e deve ser feita o quanto antes, uma vez que esse é o principal responsável pela sedimentação do viveiro durante seu primeiro ano de uso (STEEBY *et al.*, 2004).

Para tornar o uso das BPM's viável, é preciso desenvolver estratégias que integrem rentabilidade e eficiência no cultivo (ENGLE e VALDERRAMA, 2004; FRIMPONG *et al.*, 2014). Demonstrar essa viabilidade ao produtor é uma forma de encorajá-los à aderir tais práticas, que além de aumentar sua rentabilidade através do incremento na produção e redução de custos com ração, estarão protegendo o meio ambiente (POOT-LÓPEZ, HERNÁNDEZ e GASCA-LEYVA, 2014).

3.3.8. SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA PARA AQUICULTURA

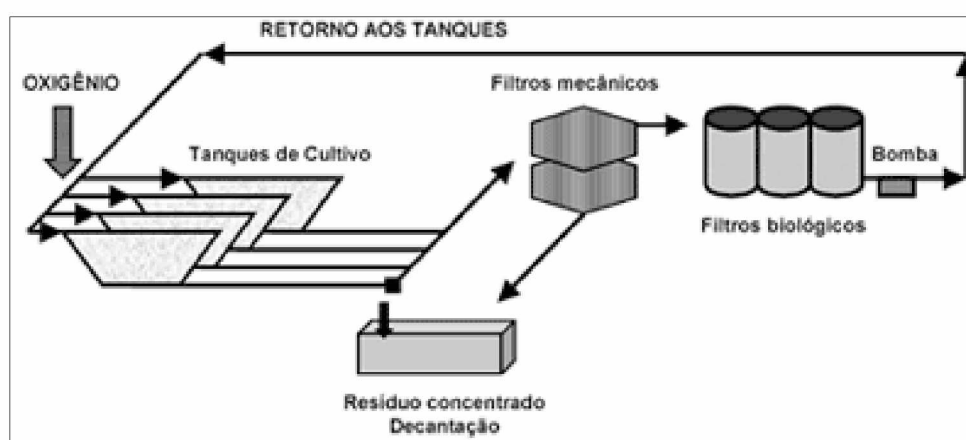
Os sistemas de recirculação para aquicultura (RAS, na sigla em inglês) surgiram como um novo método de cultivo de organismos aquáticos e consiste em sistemas fechados onde a circulação da água entre os tanques de cultivo e de tratamento auxiliam na manutenção da qualidade da água (SRI-UAM *et al.*, 2016), permite um grande controle do ambiente, principalmente da temperatura da água (SUMMERFELT e VINCI, 2008, p.389), prevenindo também diversos tipos de doenças (BAHNASAWY, EL-GHOBASHY e ABDEL-HAKIM, 2009).

Estes sistemas (Figura 4) são altamente complexos e, devido ao seu alto custo de implantação, o número de empreendimentos que utilizam esta técnica é

baixo (SCHNEIDER *et al.*, 2006), além de demandarem de uma alta densidade de estocagem para garantir sua viabilidade econômica (MASSER, RAKOCY e LOSORDO, 1992; BADIOLA, MENDIOLA e BOSTOCK, 2012).

A utilização destes sistemas é interessante em regiões onde os preços de terras são elevados e a disponibilidade de água é baixa, podendo ser instalados em pequenas áreas e próximo à centros urbanos, reduzindo assim custos de transporte (BAHNASAWY, EL-GHOBASHY e ABDEL-HAKIM, 2009), permitindo também a criação de peixes onde a água é escassa (SUMMERFELT e VINCI, 2008, p.389).

Figura 5 - Representação esquemática de um sistema de recirculação de água.



Fonte: Kubitza e Kubitza (2000)

Outras vantagens do uso de sistemas de recirculação envolvem também aspectos ambientais, como consumo reduzido de água (VERDEGEM *et al.*, 2006), com redução de até 99% em relação aos cultivos convencionais (TIMMONS e EBELING, 2010), maior possibilidade de gestão dos resíduos produzidos e de ciclar nutrientes (PIEDRAHITA, 2003), melhor controle biológico, evitando escape de animais para o ambiente (ZOHAR *et al.*, 2005), além de evitar a contaminação do corpo receptor com possíveis patógenos presentes no sistema (SUMMERFELT, BEBAK-WILLIAMS e TSUKUDA, 2001), atendendo aos conceitos de uma aquicultura responsável e ambientalmente correta (BLANCHETON, 2000).

Assim como em outros sistemas aquícolas, a produção de resíduos nos RAS's depende de uma série de fatores, como: espécie e estágio de cultivo, composição nutricional da ração, manejo alimentar empregado e qualidade da água (VAN RIJN, 2013). Karipoglou e Nathanailides (2009) relacionam a produção de

lotes uniformes com um melhor aproveitamento da ração, contribuindo também para uma menor produção de resíduos.

A eficiente remoção dos sólidos gerados é indiscutivelmente o principal ponto crítico dentro de um sistema de recirculação, já que sua decomposição pode afetar a qualidade da água, e assim, afetar direta ou indiretamente a saúde dos animais cultivados e o desempenho das demais unidades de tratamento (SUMMERFELT, 1999; SUMMERFELT, BEBAK-WILLIAMS e TSUKUDA, 2001), como o biofiltro, criando uma competição entre bactérias heterotróficas e autotróficas elevando assim a concentração de amônia (LEONARD *et al.*, 2002; LING e CHEN, 2005; MICHAUD *et al.*, 2006). Além disso, os subprodutos desta decomposição apresentam maior dificuldade de remoção (SUMMERFELT e VINCI, 2008, p.402).

A remoção dos sólidos (acima de 35 μm) pode ser feita, à grosso modo, através de decantação, com a utilização de decantadores ou filtração (TIMMONS E EBELING, 2010; DAVIDSON e SUMMERFELT, 2005) e devem ser armazenados e direcionados de maneira adequada.

Assim como o volume, a composição dos sólidos removidos varia de acordo com uma série de fatores (CHEN *et al.*, 1993, 2002; WESTERMAN, HINSHAW e BARKER, 1993), mas de modo geral, apresentam altos níveis de nitrogênio e fósforo, podendo ser aplicados como fertilizantes na agricultura (MUDRAK, 1981; MACMILLAN, 1992; PARDUE *et al.*, 1994). Outra forma de tratamento dos resíduos é através da compostagem, onde serão estabilizados através da decomposição da matéria orgânica (CHEN, 2002), resultando num material mais “seguro” que o original, que, em casos de aplicação no solo aumentam sua fertilidade e capacidade de retenção de água (TIMMONS e EBELING, 2010).

Outro processo crucial para o correto funcionamento do RAS é a remoção do nitrogênio, presentes no sistema principalmente na forma de amônia, resultado do metabolismo do animal (TIMMONS e EBELING, 2010).

Essa remoção ocorre através de biofiltros, onde bactérias aderidas à substratos são responsáveis pela transformação da amônia em nitrato, através de processos oxidativos (CHEN, LING e BLANCHETON, 2006). A oxidação ocorre em duas etapas, sendo as bactérias do gênero *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* e *Nitrosolobus* responsáveis pela transformação da amônia em nitrito, para posterior ação das bactérias de gênero *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* e

Nitrospina, que irão oxidar o nitrito até nitrato (EBELING, 2001 *apud* EMPARANZA, 2009).

3.3.9. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS

Do ponto de vista da preservação ambiental, a alternativa mais recomendada é a utilização do sistema de recirculação de água, já que neste a descarga de água para o efluente é zero, não causando impacto em nenhum corpo receptor, além de usar um volume de água consideravelmente menor em comparação com os outros métodos de cultivo.

A utilização deste sistema, porém, demanda um elevado investimento inicial, o que muitas vezes acaba inviabilizando o projeto ou leva o empreendedor à desistir de utilizar este sistema.

Em contrapartida, existem alternativas mais baratas e que se tornam mais viáveis economicamente e apresentam resultados satisfatórios em relação à remoção de poluentes do efluente, como é o caso da utilização dos leitos construídos, que tem ainda a capacidade de gerar um segundo produto como fonte de renda da propriedade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquicultura é uma atividade que utiliza de maneira intensa os recursos hídricos, sendo um potencial poluidor do meio ambiente. Sendo assim, juntamente com a crescente demanda de pescado e a impossibilidade de produzir sem causar impacto ambiental, se faz cada vez mais necessário que se apliquem esforços destinados a tornar a atividade aquícola cada vez mais sustentável, seja através do desenvolvimento de novas tecnologias ou aprimoramento das já existentes, visando a preservação da biodiversidade e uso racional dos recursos naturais sem degradação dos ecossistemas aquáticos.

Visto os impactos causados pelos efluentes aquícolas ao meio ambiente, é essencial que sistemas sustentáveis de produção sejam desenvolvidos e cabe aos próprios produtores terem a noção desses impactos e conciliarem a ideia de preservação com a futura continuidade dentro da atividade.

O reuso da água de cultivo, assim como a sua racionalização é uma alternativa cada vez mais presente para minimizar os impactos causados pelo cultivo de organismos aquáticos, visto a grande concentração de matéria orgânica e nutriente nos fluentes, como nitrogênio e fosforo, principais fatores da eutrofização. Atrelado a isso, é de suma importância que se avalie a eficiência de cada método de tratamento, de modo que o aquicultor possa fazer uma correta análise da relação custo/benefício de cada sistema.

No âmbito da piscicultura, visto que a maior parte dos poluentes são liberados durante a fase de despesca, a metodologia utilizada na retirada dos peixes é determinante na quantidade de poluentes produzidos pelo cultivo. O método mais efetivo em termos de liberação de carga orgânica ao ambiente é o sistema de recirculação de água, já que neste sistema a descarga de efluente é zero além de a necessidade de reposição de água ser baixa em relação ao volume de água utilizado. Apesar disso, as desvantagens deste método ainda são um fator determinante para a sua não adoção, tendo em vista o grande custo de implantação e operação, além da necessidade de mão de obra qualificada.

Entretanto, o efluente piscícola não necessariamente deve ser visto como vilão. Existem alternativas de tratamento e sistemas de cultivo que se beneficiam da carga orgânica e dos nutrientes ali presentes, como é o caso dos leitos construídos, integração da piscicultura com a agricultura e dos sistemas aquaponicos, onde os

vegetais em questão utilizam esses compostos para se desenvolverem, podendo assim se tornar uma fonte de renda alternativa para o produtor.

REFERÊNCIAS

- ACEB. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura** – Brasil. Associação Cultural e Educacional Brasil, Brasília, DF, 136 p, 2014.
- ALEXANDER, K. A.; ANGEL, D.; FREEMAN, S.; ISRAEL, D.; JOHANSEN, J.; KLETOU, D.; MELAND, M.; PECORINO, D.; REBOURS, C.; ROUSOU, M.; SHORTEN, M.; POTTS, T. Improving sustainability of aquaculture in Europe: stakeholder dialogues on integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). **Environmental Science & Policy**. v.55, n.1, p.96-106, 2016.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 176, n. 3-4, p. 227-235, 1999.
- BADIOLA, M.; MENDIOLA, D.; BOSTOCK, J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. **Aquacultural Engineering**, v.51, p.26-35, 2012.
- BAHNASAWY, M. H.; EL-GHOBASHY, A. E.; ABDEL-HAKIM, N. F. Culture of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in a recirculating water system using different protein levels. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v.13, n.2, p.1-15, 2009.
- BIUDES, J. F. V. **Uso de wetlands construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura**. Jaboticabal, 103p, 2007.
- BLANCHETON, J. P. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. **Aquacultural Engineering**, v.22, p.17-31, 2000.
- BOYD, C.E. Effluents from catfish ponds during fish harvest. **J. Environ. Qual.**, v.7, p.59-62, 1978.
- BOYD, C.E. Water quality management for pond fish culture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 9. Amsterdam: **Elsevier Science Publishers B.** 317p, 1982.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Massachussets: Kluwer Academic Publishers. 700p, 1998.

BOYD, C. E.; GROSS, A.; ROWAN, M. Laboratory Study of Sedimentation for Improving Quality of Pond Effluents. **Journal of Applied Aquaculture**, v.8, n.2, p.39-48, 1998.

BOYD, C. E.; QUEIROZ, J.; McNEVIN, A. Perspectives on the responsible aquaculture movement. **Journal of the World Aquaculture Society**, p.14-21, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 413, de 26 de julho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 junho 2009.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dezembro 1997.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 maio 2011.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 março 2005.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Seção I, p. 1.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção I, p. 16509.

CARNEIRO, P. C. F.; MARIA, N. M.; NUNES, M. U. C.; FUGIMOTO, R. Y. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: TAVARES-DIAS, M.;

MARIANO, W. S. (Org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Pedro & João Editores, v.2, 345p., 2015.

CARPENTER, S. R.; CARACO, N.F.; CORRELL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPLEY, A.N.; SMITH, V.H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecological Applications**, v.8, p.559-568, 1998.

CHEN, S.; TIMMONS, M. B.; ANESHANSLEY, D. J.; BISOGNI, J.H. Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications. **Aquaculture**, v.112, p.143-155, 1993.

CHEN, S.; SUMMERFELT, S. T.; LOSORDO, T.; MALONE, R. Recirculating systems, effluents and treatments. In: TOMASSO, J. R. (Ed.). **Aquaculture and the Environment in the United States**. Baton Rouge, Louisiana: United States Aquaculture Society, 2002. p.119-140.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.179-197, 2006.

CHRISTOFOLETTI, J. *Futuro Próspero*. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**, 2014, p. 14.

DAVIDSON, J.; SUMMERFELT, S. T. Solids removal from a coldwater recirculating system – Comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. **Aquacultural Engineering**, v.33, p.47-61, 2005.

DICKSON, M.; NASR-ALLAH, A.; KENAWY, D.; KRUIJSSEN, F. Increasing fish farm profitability through aquaculture best management practice training in Egypt. **Aquaculture**, v.465, p.172-178, 2016.

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

DOTTI, A.; VALEJO, P. A. P.; RUSSO, M. R. Licenciamento ambiental na piscicultura com enfoque na pequena propriedade: uma ferramenta de gestão ambiental. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.3, n.1, p.6-16, 2012.

EDWARDS, P. Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. **Aquaculture**, v.447, p.2-14, 2015.

ELER, M. N.; MILLANI, T. J. Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a aquicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 33-44, 2007.

EL-KHATEEB, M. A.; AL-HERRAWY, A. Z.; KAMEL, M. M.; EL-GOHARY, F. A. Use of wetlands as post-treatment of anaerobically treated effluent. **Desalination**, v.245, n.1-3, p.50-59, 2009.

EMPARANZA, E. J. M. Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. **Aquacultural Engineering**, v.41, p.91-96, 2009.

ENGLE, C.; VALDERRAMA, D. Economic effects of implementing selected components of best management practices (BMPs) for semi-intensive shrimp farms in Honduras. **Aquaculture Economics & Management**, v.8, n.3-4, p.157-177, 2004.

FAO Fisheries and Aquaculture Department. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018** - Meeting the sustainable development goals. Rome. 227 p. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i9540en/I9540EN.pdf> Acesso em: 09/07/2018

_____. **Yearbook of fishery statistics – World fisheries production, by capture and aquaculture, by country**. 2012.

FRIMPONG, E. A.; ANSAH, Y. B.; AMISAH, S.; ADJEI-BOATENG, D.; AGBO, N. W.; EGNA, H. Effects of Two Environmental Best Management Practices on Pond Water and Effluent Quality and Growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Sustainability**, v.6, p.652-675, 2014.

FURUYA, W. M.; BOTARO, D.; MACEDO, R. M. G.; SANTOS, V. G.; ROSA SILVA, L. C.; CASTRO SILVA, T.; FURUYA, V. R. B.; SALES, P. J. P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

GHATE, S. R.; BURTLE, G. J.; VELLIDIS, G.; NEWTON, G. L. Effectiveness of grass strips to filter catfish (*Ictalurus punctatus*) pond effluent. **Aquacultural Engineering**, v.16, p.149-159, 1997.

GERRARD, A. B.; STEEBY, J. A.; TUCKER, C. S.; ROBINSON, E. H.; WALDROP, J. E. Schedules versus satiation feeding of farm-raised Catfish. **Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin 159**. Mississippi State, Mississippi: Mississippi State University, 1990.

HALL, P. O. J.; HOLBY, O.; KOLLBERG, S.; SAMUELSSON, M. O. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. **Marine Ecology Progress Series**, v. 89, p.81-91, 1992.

HASSE, I. **Lei Estadual da Piscicultura é encaminhada para Assembleia Legislativa**, 2018 em: < <http://www.scrural.sc.gov.br/?p=22937>> Acesso: 30 ago. 2018.

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.52-61, 2013.

HUNDLEY, G.M. C.; NAVARRO, R. D.; FIGUEIREDO, C. M. G.; NAVARRO, F. K. S. P.; PEREIRA, M. M.; RIBEIRO FILHO, O. P.; SEIXAS FILHO, J. T., Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjericão (*Origanum basilicum*) em sistemas de aquaponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. v.3, n.1, p.51-55, 2013.

JAMU, D. M.; PIEDRAHITA, R. H. An organic matter and nitrogen dynamics model for the ecological analysis of integrated aquaculture/agriculture systems: I. model development and calibration. **Environmental Modelling & Software**, v.17, n.6, p.571-582, 2002.

KAMPF, R.; CLAASSEN, T. The use of treated wastewater for nature: the Waterharmonica, a sustainable solution as an alternative for separate drainage and treatment. **IWA Publishing**, 2005.

KARIPOGLOU, C.; NATHANAILIDES, C. Growth rate and feed conversion efficiency of intensively cultivated European eel (*Anguilla anguilla* L.). **International Journal of Fisheries and Aquaculture**, v.1, p. 11-13, 2009.

KUBITZA, F; KUBITZA, L. M. M. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, 10(59), p.44-53, 2000.

LEONARD, N.; GUIRAUD, J. P.; GASSET, E.; CAILLERES, J. P.; BLANCHETON, J. P. Bacteria and nutrients - nitrogen and carbon - in a recirculating system for sea bass production. **Aquacultural Engineering**, v.26, p.111-127, 2002.

LEWIS, W.M.; YOPP, J.H.; SCHRAMM JR, H.L.; BRANDERBURG, A.M. Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. **Transactions of American Fisheries Society**, v.107, n.1, p.92-99, 1978.

LIN, C.K.; SHRESTHA, M.K.; YI, Y.; DIANA, J.S. Management to minimize the environmental impacts of pond effluent: harvest draining techniques and effluent quality. **Aquacultural Engineering**, v.25, p.125-135, 2001.

LIN, C.K.; YI, Y. Minimizing environmental impacts of freshwater aquaculture and reuse of pond effluents and mud. **Aquaculture**, v.226, p.57-68, 2003.

LING, J.; CHEN, S. Impact of organic carbon on nitrification performance of different biofilters. **Aquacultural Engineering**, v.33, p.150-162, 2005.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.36, n.2, p.149-163, 2010.

MACMILLAN, J. R. Economic implication of water quality management for a comercial trout farm. In: BLAKE, J.; DONALD, J.; MAGETTE, W. (Ed.). **National Livestock, Poultry and Aquaculture Waste Management**. St. Joseph, Michigan: American Society of Agriculture Engineers, 1992. p.185-190.

MASSER, M. P.; RAKOCY, J.; LOSORDO, T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems - Management of Recirculating Systems. **SRAC Publication**, n.452, 1992.

MATEUS, J. Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. In: **RED hidroponía**. Boletín, n.44, p.7-10, 2009.

MAZOTTO, J.; PEREIRA, G. R.; PIRES, H. S.; WALTRICK, D. O.; PORTO FERREIRA, L. S. B. **Licenciamento ambiental da piscicultura: estudo de caso no município de Gaspar (SC)**. Trabalho apresentado no VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre, 2015.

MEDEIROS, F.C. **Tanque-Rede: Mais Tecnologia e Lucro na Piscicultura**. Cuiabá/MT, 110 p., 2002.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3 ed., Metcalf & Eddy Inc., 1334 p, 1991.

MICHAUD, L.; BLANCHETON, J. P.; BRUNI, V.; PIEDRAHITA, R. Effect of particulate organic carbon on heterotrophic bacterial populations and nitrification efficiency in biological filters. **Aquacultural Engineering**, v.34, p.224-233, 2006.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil**. Ministério da Pesca e Aquicultura. Panorama geral da Aquicultura no Brasil. Brasília. p. 33, 2011.

MUDRAK, V. A. Guidelines for economical comercial fish hatchery wastewater treatment systems. In: ALLEN, L. J.; KINNEY, E. C. (Ed.). **Proceedings of the Bio-engineering Symposium for Fish Culture**. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 1981. p.174-182.

NELSON, L.R. **Aquaponic food production. Raising fish and plants for food and profit**. Virgen Islands. Nelson and Pade, Inc., 218p, 2008.

NUNES, A. J. P. Tratamento de efluentes e recirculação de água na engorda de camarão marinho. **Panorama de Aqüicultura**, n.71, p.27-39, 2002.

OLIVEIRA, S. D. **Sistema de Aquaponia**. 27 f. Projeto orientado (Bacharelado em Zootecnia) – Regional Jataí, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2016.

OLIVEIRA NETO, F. M. Aspectos legais da aquicultura brasileira. In: POLI, C. R.; POLI, A. T. B.; ANDREATTA, E.; BELTRAME, E. (Org.). **Aquicultura: experiências brasileiras**. Florianópolis: Multitarefa, 2004.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Agropecuária, RS, 211 p., 1998.

PARDUE, J. H.; DELAUNE, R. D.; PATRICK JR., W. H.; NYMAN, J. A. Treatment of alligator farm wastewater using land application. **Aquacultural Engineering**, v.13, p.129-145, 1994.

PÉREZ-ROSTRO, C. L.; VERGARA, M. P. H.; ESPEJO, I. A. A. **Acuaponía, bases y alternativas**. Editorial Académica Española. España. 109p, 2013.

PEREIRA, J. S.; MERCANTE, C. T. J.; LOMBARDI, J. V.; VAZDOS-SANTOS, A. M.; CARMO, C. F.; OSTI, J. A. S. Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.24, n.4, p.387-396, 2012.

PHILLIPS, M.J.; BEVERIDGE, M.C.M.; CLARK, R.M. Impact of Aquaculture on Water Resources. In: BRUNE, D.E. e TOMASSO, J.R. (Editors). **Aquaculture and Water Quality**. Baton Rouge: The World Aquaculture Society. p.568-591. 1991.

PIEDRAHITA, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. **Aquaculture**, v.226, p.35-44, 2003.

PILLAY, T.V.R. **Aquaculture and the Environment**. Oxford: Fishing Book News/Blackwell Scientific Publications Ltd., London, 1992, 189p.

POOT-LÓPEZ, G. R.; HERNÁNDEZ, J. M.; GASCA-LEYVA, E. Analysis of ration size in Nile tilapia production: Economics and environmental implications. **Aquaculture**, v.420–421, p.198-205, 2014.

QUEIROZ, J. F. **Boas práticas de manejo para a aquicultura em viveiros escavados e em reservatórios**. Circular Técnica n. 25, Embrapa, 2016.

QUILLERÉ, I.; ROUX, L.; MARIE, D.; ROUX, Y.; GOSSE, F.; MOROTGAUDRY, J.F. An artificial productive ecosystem based on a fish/bacteria/plant association. 2. Performance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.53, n.1, p.19-30, 1995.

RAKOCY, J. E.; HARGREAVES, J. A.; BAILEY, D.S. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponic vegetable production. **Proceedings of the Techniques for Modern Aquaculture**, Spokane (Wa), USA, 1993.

RAKOCY, J. E.; HARGREAVES, J. A. Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: Techniques of modern aquaculture. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, Missouri, USA, v.1, p.112-136, 1993.

RAKOCY, J.E.; LOSORDO, T.M.; MASSER, M.P. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics - Integrating Fish and Plant Culture**, SRAC publication, 454p, 2006.

REED, S. C.; CRITES, R. W.; MIDDLEBROOKS, E. J. **Natural systems for waste management and treatment**. 2a edição, McGraw-Hill, 434 p, 1995.

SANTA CATARINA. Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e à melhoria da qualidade ambiental. **Diário Oficial de Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 9 jun. 1981.

_____. Lei Estadual nº 9.748, de 30 de novembro de 1994. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 06 dez. 1994.

_____. Lei Estadual nº 15.736, de 11 de Janeiro de 2012. Dispõe, define e disciplina a piscicultura de águas continentais no Estado de Santa Catarina e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 12 jan. 2012.

_____. Lei Estadual nº 16.342, de 21 de Janeiro de 2014. Altera a Lei nº 14.675, de 2009, que institui o Código Estadual do meio Ambiente e estabelece outras providências. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 22 jan. 2014.

_____. Assembléia Legislativa. Projeto de Lei PL. 0099.6/2018. Altera a Lei nº 15.736, de 2012, que dispõe, define e disciplina a piscicultura de águas continentais

no Estado de Santa Catarina e adota outras providências. Disponível em: <http://www.alesc.sc.gov.br/expediente/2018/PL__0099_6_2018_Original.pdf>

Acesso em: 21 ago. 2018.

SCHNEIDER, O.; BLANCHETON, J. P.; VARADI, L.; EDING, E. H.; VERRETH, J. A. J. **Cost price and production strategies in European recirculation systems**. Linking Tradition & Technology Highest Quality for the Consumer. WAS, Firenze, Italy, 2006.

SCHWARTZ, M.F.; BOYD, C.E. Channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, v.56, p.273-281, 1994.

SCHWARTZ, M.F.; BOYD, C.E. Effluent quality during harvest of channel catfish from watershed ponds. **The Progressive Fish-Culturist**, v.56, p.25-32, 1994.

SCHWARTZ, M.F. & BOYD, C.E. Constructed wetlands for treatment of channel catfish pond effluents. **The Progressive Fish-Culturist**, v.57, p.255-267, 1995.

SEBRAE. **Licenciamento ambiental da aquicultura - critérios e procedimentos**. Cartilha. Brasília, 2011, p. 44.

SINDILARIUS, PD.; SCHULZ, C.; REITER, R. Treatment of flow-through trout aquaculture effluents in a constructed wetland. **Aquaculture**, v. 270, p.92-104, 2007.

SRI-UAM, P.; DONNUEA, S.; POWTONGSOOK, S.; PAVASANT, P. Integrated Multi-Trophic Recirculating Aquaculture System for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Sustainability**, v.8, p.592, 2016.

STEEBY, J. A.; HARGREAVES, J. A.; CRAIG S. TUCKER, C. S.; SUE KINGSBURY, S. Accumulation, organic carbon and dry matter concentration of sediment in commercial channel catfish ponds. **Aquacultural Engineering**, v.30, n.3-4, p.115-126, 2004.

SUGIURA, S. H.; GABAUDAN, J.; DONG, F. M.; HARDY, R. W. Dietary microbial phytase supplementation and utilization of phosphorus, trace minerals and protein by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) fed soybean meal-based diets. **Aquaculture Research**, v.32, p.583-592, 2001.

SUMMERFELT, S. T. Waste handling systems. In: BARTALI, E. H.; WHEATON, F. (Ed.). **CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume II: Animal Production and Aquacultural Engineering**. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers, 1999. p.309-350.

SUMMERFELT, S. T.; BEBAK-WILLIAMS, J.; TSUKUDA, S. Controlled systems: Water reuse and recirculation. In: WEDEMEYER, G. (Ed.). **Fish hatchery management**. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2a Ed., 2001. p.285-395.

SUMMERFELT, S. T.; VINCI, B. J. Better management practices for Recirculating Aquaculture Systems. In: TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A. (Ed.). **Environmental Best Management Practices for Aquaculture**. Oxford: Willey-Blackwell: Hoboken, NJ, USA, 2008. p. 389-426.

TANNER, C.C. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. **Ecological Engineering**, v.7, p.59-83, 1996.

TEICHERT-CODDINGTON, D.R.; MARTINEZ, D.; RAMÍREZ, E. Characterization of shrimp farm effluents in Honduras and chemical budgets of selected nutrients. 1996. In: EGNA, H.; GOETZE, B.; BURKE, D.; MCNAMARA, M.; CLAIR, D. (Org.). **Thirteenth Annual Administrative Report, Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Program**, Office of International Research & Development, Oregon State University, Corvallis, OR, 1995.

TEICHERT-CODDINGTON, D.R.; ROUSE, D.B.; POTTS, A.; BOYD, C.E. Treatment of harvest discharge from intensive shrimp ponds by settling. **Aquacultural Engineering**, v.19, n.3, p.147-161, 1999.

TOMAZELLI JÚNIOR, O.; CASACA, J. M.; DITTRICH, R. Qualidade de água na piscicultura integrada à suinocultura. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.10, n.3, p.54-55, 1997.

TUCKER, C.S.; KINGSBURY, S.K.; POTE, J.W.; WAX, C.L. Effects of water management practices on discharge of nutrients and organic matter from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ponds. **Aquaculture**, v.147, p.57-69, 1996.

TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A.; BOYD, C. E. Better management practices for freshwater pond aquaculture. In: TUCKER, C. S.; HARGREAVES, J. A. (Ed.). **Environmental Best Management Practices for Aquaculture**. Oxford: Willey-Blackwell: Hoboken, NJ, USA, 2008. p. 151-226.

TIAGO, G. G. **Relação entre os indicadores de impactos ambientais e as normas jurídicas na gestão ambiental da aquicultura**. In: ABRAMOVAY, R. (Org) *Construindo a ciência ambiental*. São Paulo, Editora Annablume, 162p., 2002.

TIMMONS, M.B.; EBELING J.M. **Recirculating Aquaculture**. 2 Ed., Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, 2010.

VALENTIM, M. A. A. **Desempenho de leitos cultivados (“constructed wetland”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação**. Campinas, SP: [s.n.], 2003.

VAN RIJN, J. Waste treatment in recirculating aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v.53, p.49-56, 2013.

VERDEGEM, M. C. J.; BOSMA, R. H.; VERRETH, J. A. J. Reducing water use for animal production through aquaculture. **International Journal of Water Resources Development**, v.22, pp. 101-113, 2006.

VYMAZAL, J. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. **Water 2010**, v. 2, p.530-549. 2010.

WESTERMAN, P. W.; HINSHAW, J. M.; BARKER, J. C. Trout manure characterization and nitrogen mineralization rate. In: WANG, J. K. **Techniques for Modern Aquaculture**, St. Joseph, Michigan: American Society of Agriculture Engineers, 1993. p.35-43.

WILLIAMS, M. J. Aquaculture and sustainable food security in the developing world. In: BARDACH, J. E. (Ed.). **Sustainable Aquaculture**. Wiley, New York, 1997. p.15-51.

WILSON, R.P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: D’MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino acid in farm animal nutrition**. Wallingford: CAB International, p.427-447, 2003.

ZANIBONI FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. **Rev. Bras. Biol.**, v.57, n.1, p.3-9, 1997.

ZANIBONI FILHO, E. Tratamento de efluentes da piscicultura. In: Zootec 2005, Campo Grande, MS, **Anais do Zootec 2005**, 2005.

ZANIBONI FILHO, E.; BARBOSA, N.D.C.; GONÇALVES, S.M.R. Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura. **Rev. Unimar**, v.19, n.2, p.537-548, 1997.

ZOHAR, Y.; TAL, Y.; SCHREIER, H. J.; STEVEN, C.; STEVEN; STUBBLEFIELD, J.; PLACE, A. Commercially feasible urban recirculated aquaculture: addressing the marine sector. In: COSTA-PIERCE, B.; DESBONNET, A.; EDWARDS, P.; BAKER, D. (Ed.), **Urban Aquaculture**, CABI Publishing, Cambridge, MA, 2005, p. 159-171.