



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS - ICTA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - BESA**

**ANÁLISE DAS ABORDAGENS SOBRE RESÍDUOS  
GERADOS POR PISCICULTURA**

**VERIDIANO DE SOUZA FERNANDES**

**SANTARÉM – PARÁ**

**2018**

**VERIDIANO DE SOUZA FERNANDES**

**ANÁLISE DAS ABORDAGENS SOBRE RESÍDUOS  
GERADOS POR PISCICULTURA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal do Pará - UFOPA como pré-requisito essencial para obtenção de grau em Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental - BESA.

**Área de concentração:**

Engenharia Sanitária, Resíduos.

**Orientadora:**

Prof<sup>ª</sup>a. Dra. Lenise Vargas Flores da Silva

**SANTARÉM – PARÁ**

**2018**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

F363a Fernandes, Veridiano de Souza  
Análise das abordagens sobre resíduos gerados por piscicultura / Veridiano de Souza Fernandes. – Santarém: UFOPA, 2018.  
37 f.: il.  
Inclui bibliografias.

Orientadora: Lenise Vargas Flores da Silva  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental.

1. Piscicultura. 2. Tratamento. 3. Resíduos. I. Silva, Lenise Vargas Flores da, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 628

---

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do Autor: FERNANDES, Veridiano de Souza

Título: Análise das abordagens sobre resíduos gerados por piscicultura.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação:

### Banca Examinadora

\_\_\_\_\_ Orientador e Presidente

Prof. Dra. Lenise Vargas Flores da Silva

Curso de Engenharia de Pesca / Universidade Federal do Oeste do Pará

\_\_\_\_\_ Membro Titular

Prof. MSc. José Cláudio dos Reis Ferreira Junior

Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental / Universidade Federal do Oeste do Pará

\_\_\_\_\_ Membro Titular

Prof. Dr. Keid Nolan Silva Sousa

Curso de Engenharia de Pesca / Universidade Federal do Oeste do Pará

O conselho da sabedoria é:  
Procure obter sabedoria; use tudo o que você possui  
para adquirir entendimento.  
Provérbios 4:7

## AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento é à Deus, sem Ele eu nada seria, muito obrigado Senhor.

Meus agradecimentos aos meus pais, Sr. Veridiano e Dona Rosanira, por todo o apoio e incentivo ao longo desses anos. Essa conquista eu devo a vocês.

À minha esposa Rilda, por todo seu carinho e apoio nessa caminhada, muito obrigado por tudo meu amor.

À minha irmã Wanessa pela ajuda nos momentos difíceis dessa caminhada.

A meu irmão André, que essa conclusão lhe incentive a lutar pelos seus sonhos.

Ao meu cunhado Jeferson, muito obrigado pelo apoio e incentivo pra seguir em frente.

Minha avó Raimunda pelos anos de convivência logo quando me mudei pra Santarém, meu muito obrigado minha avó, você é papel fundamental na minha história. A meu finado avô que me ajudou em muitos momentos, que Deus lhe tenha.

Aos meus amigos e professores da Engenharia Sanitária e Ambiental meu agradecimento pelo companheirismo, pelo incentivo, e pelo crescimento que me proporcionaram.

Aos que fizeram parte desse momento final meu muito obrigado, em especial a profa. Lenise pelo apoio imensurável que prestou para elaboração deste trabalho. Aos professores restantes, pelo grande apoio e sensibilização pela causa estudantil, pelos aprendizados e lições, enfim, a todos que fizeram parte dessa caminhada, meu mais sincero obrigado.

## RESUMO

**FERNANDES, V. S. Análise das abordagens sobre resíduos gerados por piscicultura.** 2018. 36 F. Trabalho de Conclusão de Curso (Resíduos) – Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Oeste do Pará.

A aquicultura é considerada uma atividade modificadora de ambientes, por demandar alto aporte de nutrientes, energia e medicamentos para sua manutenção. Os resíduos gerados precisam ser removidos do ambiente e tratados, de forma que ao serem descartados não proporcionem a proliferação de organismos aquáticos prejudiciais aos peixes e ao ambiente. A presente revisão bibliográfica tem como objetivo avaliar os tipos de resíduos produzidos por piscicultura, levando em consideração as disposições da legislação ambiental e os métodos eficazes no tratamento que ofereçam proteção ao meio ambiente e que servem de cenário para a produção de pescado. Através de revisão de artigos, livros e periódicos presentes na Biblioteca da Universidade Federal do oeste do Pará – campus Tapajós e de trabalhos obtidos através de pesquisas no banco de dados da plataforma Scielo e periódicos CAPES, foi possível constatar que os resíduos gerados por piscicultura se caracterizam principalmente pelo acúmulo de nitrogênio, fósforo e matéria orgânica nos sedimentos, que se não controlados, podem causar eutrofização, redução ou alteração da biodiversidade no ambiente. Os resíduos de piscicultura foram classificados como resíduos classe II, não inertes por possuírem características como, biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Os tipos de tratamento abordados foram a Eletrocoagulação e o uso de biofiltro como o tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas. Considera-se necessário mais estudo a respeito dos resíduos gerados dentro do ambiente da atividade de produção de pescado, dos medicamentos administrados no tratamento dos animais e também sobre o tratamento e descarte dos resíduos comuns, como plásticos de embalagens, sacos e demais acessórios comumente usados na piscicultura.

**Palavras-chave:** resíduos da piscicultura, tratamento de resíduos, impacto ambiental, efluentes.

## **ABSTRACT**

**FERNANDES, V. S. Analysis of approaches to waste generated by fish farming.** 2018. 37 P. Course Completion Work (Waste) - Coordination of the Bachelor's Degree in Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of the West of Pará..

Aquaculture is considered an environment-modifying activity, since it requires a high intake of nutrients, energy and medicines for its maintenance. The generated wastes need to be removed from the environment and treated, so that when discarded they do not provide the proliferation of aquatic organisms harmful to fish and the environment. This review aims to evaluate the types of residues produced by fish farming, taking into account the provisions of environmental legislation and effective treatment methods that provide protection to the environment and serve as a scenario for fish production. Through a review of articles, books and periodicals present in the Library of the Federal University of the West of Pará - Campus Tapajós and works obtained through researches in the Scielo platform and CAPES journals, it was possible to verify that the residues generated by fish farming are characterized mainly by the accumulation of nitrogen, phosphorus and organic matter in the sediments, which, if not controlled, can cause eutrophication, reduction or alteration of biodiversity in the environment. Fish farms were classified as Class II waste, not inert because they have characteristics such as biodegradability, combustibility or water solubility. The types of treatment addressed were Electrocoagulation and the use of biofilter as the treatment of effluents with aquatic macrophytes. Further study is needed on the waste generated within the environment of the fish production activity, on the medicines administered in the treatment of animals, and on the treatment and disposal of common residues such as packaging plastics, bags and other commonly used devices in fish farming.

**Keywords:** fish waste, waste treatment, environmental impact, effluents.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>10</b>
2.1. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	10
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>11</b>
4.1. ASPECTOS GERAIS DA PISCICULTURA.....	11
4.2. A PISCICULTURA NO ESTADO DO PARÁ.....	12
4.3. RESÍDUOS NA PISCICULTURA.....	13
4.4. CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	14
<b>4.4.1. Resíduos classe 1.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.2. Resíduos classe 2.....</b>	<b>15</b>
4.5. SISTEMAS DE CULTIVO EM PISCICULTURA.....	15
<b>4.5.1. Criação extensiva.....</b>	<b>16</b>
<b>4.5.2. Criação intensiva.....</b>	<b>17</b>
<b>4.5.3. Criação semi-intensiva.....</b>	<b>18</b>
4.6. RESÍDUOS DE PISCICULTURA.....	19
4.7. DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	21
4.8. SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE PISCICULTURA.....	22
<b>4.8.1. Eletrocoagulação.....</b>	<b>22</b>
<b>4.8.2. Tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas.....</b>	<b>24</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>31</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>33</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção de pescado podem provocar impactos ambientais através do aporte de efluentes não tratados ao meio ambiente. Na região Norte são praticadas as atividades aquícolas em empreendimentos que não possuem tratamento dos seus efluentes (RAMOS *et al*, 2010).

A piscicultura é a atividade de produção de alevinos ou peixes em locais conhecidos como viveiro, açude, reservatório, alagado ou tanque, caracterizado por uma área composta por uma lâmina d'água represada e que possui controle de entrada e saída da mesma, é conceituada como uma atividade dentro da aquicultura. Por ser uma atividade econômica crescente no Brasil, é relevante mais conhecimento sobre os resíduos gerados na Piscicultura, através da revisão bibliográfica que destaca os problemas causados nas águas usadas e sua relação com a eutrofização (IAP, 2018).

A eutrofização é o processo de enriquecimento de nutrientes em níveis excessivos, principalmente no que se referem à presença de N (nitrogênio) e P (fosforo) ajudados pela irradiação (VON SPERLING, 1995), o que geralmente ocorre em sistemas intensivos de produção de pescado, comprometendo a qualidade das águas servidas e também as águas que forem descartadas de volta ao meio ambiente sem o devido tratamento, para que não possa representar dano ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre a prevenção e redução dos resíduos, atenta para o fato da piscicultura se enquadrar como potencialmente poluidora e que tais resíduos devem receber o aporte de tratamento necessária, aplicando políticas de logística reversa, a fim de evitar danos seja no ambiente aquático, do solo, fauna ou flora. Importante destacar também a implantação de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, que é um conjunto de documentos que busca o controle e melhor execução nas etapas de um determinado projeto, desde coleta até o tratamento dos resíduos (BRASIL, 2018).

Os problemas ambientais oriundos da falta ou tratamento inadequado do efluente da criação e despesca da piscicultura podem contaminar as águas

superficiais e subterrâneas, também o solo, causando danos à flora e fauna. Dessa forma, o desenvolvimento desta atividade requer preocupação sobre os aspectos ambientais pertinentes a produção e aos impactos provocados nos ecossistemas naturais.

Neste contexto, o presente trabalho pretende contribuir para melhor percepção e entendimento dos tipos de resíduos que são gerados na atividade de piscicultura, dessa forma apresentando com base na análise das abordagens existentes sobre o assunto, utilizando estudos integrados e multidisciplinares na vertente da engenharia ambiental e sanitária, buscando identificar quais são esses resíduos e a sugestão de métodos adequados para tratamento.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Revisar as abordagens temáticas do estudo sobre resíduos produzidos na piscicultura a partir da literatura especializada; levando em consideração as disposições da legislação ambiental e os métodos eficazes no tratamento que ofereçam proteção ao meio ambiente que serve de cenário para a produção de pescado.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Identificar os possíveis resíduos produzidos por piscicultura;
- Estudar os resíduos produzidos por piscicultura;
- Sugerir formas de tratamento dos resíduos de pisciculturas.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo constitui-se de uma revisão bibliográfica especializada, realizada entre Julho de 2017 e março de 2018, no qual realizou-se uma consulta a livros e periódicos presentes na Biblioteca da Universidade Federal do Oeste do Pará – campus Tapajós. A pesquisa constou de artigos no banco de dados da plataforma Scielo e periódicos CAPES, realizada entre Dezembro 2017 e Março de 2018.

Os critérios de inclusão para os estudos encontrados foram a abordagem sobre os tipos de resíduos gerados na atividade de piscicultura, estudos qualitativos e quantitativos desses resíduos e sobre as modalidades de tratamento dos mesmos.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Aspectos Gerais da Piscicultura**

A Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009, que dispõe sobre Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca, compreende a atividade pesqueira desde o cultivo, processamento, transporte, comercialização e pesquisa dos recursos pesqueiros. Classificando-as como comercial (artesanal, industrial), seja ela utilizando de poucos equipamentos e embarcações pequenas visando abastecer um pequeno mercado pesqueiro local; ou industrial, realizada por pessoa física ou jurídica, utilizando de embarcações de pequeno, médio e grande porte; realizada por um pescador profissional, ou não comercial (de subsistência, amadora e científica); praticada como forma de consumo doméstico, pesca de recreação ou com propósitos puramente científicos, respectivamente (BRASIL, 2010; Lei nº 11.959, 2009).

A aquicultura compreende a criação ou cultivo de organismos que passam parte do seu ciclo de vida na água, sendo que a piscicultura é um ramo da aquicultura, trata da produção e criação de pescado em cativeiro (Brabo *et al.* 2016).

A aquicultura é apontada como estratégica para a suplementação alimentar mundial, por gerar fontes de proteína para a população de forma mais rápida em comparação com outros recursos (FAO, 2012).

Brabo (2014) em sua pesquisa, caracteriza a forma de se obter o pescado em duas formas: extrativismo e a aquicultura. O extrativismo se caracteriza pela pesca artesanal, retirados diretamente do seu ecossistema, servindo principalmente para o consumo de subsistência e não conta com o uso de técnicas de manejo e reprodução do pescado. Já a aquicultura, utiliza de técnicas de manejo mais avançadas, possibilitando produtos mais homogêneos, contando com respaldo técnico durante toda a cadeia de cultivo, proporcionando um balanceamento nutricional mais assertivo para o pescado, com maior segurança alimentar atendendo assim as exigências de um mercado competitivo (EMBRAPA, 2013). Mercado este muito promissor sendo que no período de 1961 – 2009 a produção pesqueira vem crescendo a uma taxa média de 3,2% ao ano, e a estimativa é que de 2009 até 2025 o setor tenha um crescimento de mais de 104% (FAO, 2016).

## **4.2 A Piscicultura no Estado do Pará**

Os estudos mais recentes realizados por profissionais da área da produção de pescado, seja ele de forma artesanal ou de produção em cativeiro, destacam um grande potencial de crescimento deste setor, principalmente na região norte do país que dispõe de grandes quantidades de recursos hídricos (SEBRAE, 2018).

Segundo dados da SEDAP (2018), o Estado do Pará é a segunda maior Unidade Federativa do Brasil em extensão territorial, com área de 1.248.042 km<sup>2</sup>. Encontra-se na região Norte do Brasil, sendo formado por 144 municípios que geopoliticamente estão separados por mesorregiões, a saber, são seis: Metropolitana, Nordeste, Marajó, Sudeste, Sudoeste e Baixo Amazonas.

A população do estado do Pará é de 8.073.924 habitantes sendo a agropecuária, os extrativismos mineral e vegetal, a indústria e o turismo a base da economia do estado (BRASIL, 2010).

Com relação às características naturais, destaca-se a rede hidrográfica, constituída por cursos d'água das bacias Amazônica, Araguaia-Tocantins e Atlântico Nordeste Ocidental. O potencial para a prática de diversas modalidades de pesca e de aquicultura é demonstrado na disposição de 562 km de litoral, (MARTINS b, 2013).

As instituições públicas e da sociedade civil responsável pela gestão compartilhada das atividades de pesca e aquicultura no Pará, estão representadas por quatro órgãos: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca (SEDAP), responsável pelo fomento; a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA), encarregada pela gestão ambiental; a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), incumbida das ações de assistência técnica e extensão pesqueira e aquícola; e a Agência de Defesa Agropecuária (ADEPARÁ), responsável pela defesa e inspeção sanitária de produtos pesqueiros.

No que diz respeito apenas à aquicultura, os três primeiros são os mais atuantes. No caso da SEMA, o licenciamento ambiental, a fiscalização de atividades poluidoras e/ou degradadoras e a emissão da outorga de uso dos recursos hídricos são as atribuições mais importantes, visto que o primeiro permite o acesso à políticas públicas como o crédito rural e o subsídio no consumo de energia elétrica, e os outros dois têm a função de garantir a qualidade de águas superficiais e subterrâneas, bem como de regular a quantidade utilizada por usuário (SEDAP, 2018)

### **4.3 Resíduos na Piscicultura**

A geração de resíduos orgânicos é presente em todas as fases da cadeia produtiva do pescado, sendo inevitável a alteração ecológica por esta atividade.

Contudo, quanto maior for a produtividade de organismos aquáticos, maior serão os impactos negativos sobre o meio ambiente (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).



**Figura 1:** Cabos e assessorios usados na despeca, materiais de manejo, sacos de ração e embalagens de medicamentos usados na piscicultura. Fonte: <http://dacquapiscicultura.com>

A aquicultura, assim como outras atividades consideradas modificadoras de ambientes, necessita obrigatoriamente da elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), que são relatórios exigidos para obtenção do licenciamento ambiental de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas de significativo potencial de degradação ou poluição, conforme a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.

Braga *et al.* (2005), define a poluição como uma alteração nociva às características físicas, químicas e biológicas na hidrosfera, litosfera ou da atmosfera, que acarreta danos à saúde, à sobrevivência ou às atividades dos seres humanos e de outras espécies.

A NBR 10.004/2004 define resíduos sólidos da seguinte maneira:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.” (NBR 10004, 2004, pag. 1).

O processo de beneficiamento do pescado é a fase em que há a maior geração de resíduos sólidos na indústria pesqueira. Essa etapa consiste na seleção do pescado por tamanho, depois são lavados e condicionados ao congelamento. Os resíduos gerados no beneficiamento são a cabeça do peixe, vísceras, cauda, nadadeira, barbatanas, escamas, coluna vertebral do pescado, resíduos esses que constituem cerca de 50% da matéria-prima utilizada no manejo, além de ser uma fonte rica em nutrientes que podem ser reutilizados para outros fins, como por exemplo, para produção de farinha de peixe (ARRUDA & OETTERER, 2006; FELTES *et al.* 2010).

Contudo, na produção do pescado em nossa região a maioria dos empreendimentos não faz o beneficiamento do pescado, sendo que o mesmo é comercializado inteiro, e só então passam pelo processo de beneficiamento nos frigoríficos. Nesta pesquisa bibliográfica visaremos os efluentes gerados pela piscicultura, que são compostos principalmente pelo acúmulo de nitrogênio, amônia e fósforo, além dos materiais orgânicos eliminados pelo pescado, que possuem potencial poluidor ao ambiente se não tratados corretamente.

#### **4.4 Classificações dos Resíduos**

Segundo a NBR 10.004/2004, que dispõe sobre Resíduos Sólidos, há duas classificações para os resíduos, que serão descritos a seguir:

#### 4.4.1 Resíduos Classe I

Nesta classe os resíduos são considerados perigosos, são aqueles inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos. Ex: resíduos de tinta, gases industriais.

#### 4.4.2 Resíduos Classe II

São considerados não perigosos, sub classificados como não inertes os resíduos que possuem propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. E considerados como inertes, todos aqueles que em contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor (NBR 10.004/2004).

### 4.5 Sistemas de Cultivo em Piscicultura

A piscicultura é apenas mais um braço da aquicultura que destina-se a criação de peixes, e é necessário que as condições presente no ambiente estejam de acordo com as necessidades dos peixes que se pretende manejar, com as características adequadas para proporcionar seu melhor desenvolvimento. Atualmente, quando nos referimos a criação de peixes, na piscicultura existem três vertentes, sendo elas: a criação extensiva, semi-intensiva e intensiva (WAMBACH, 2012).

Estas formas de sistemas de criação possuem métodos diferentes, tendo em vista suas características produtivas, métodos empregados e tipo de produção obtida quanto a qualidade e nível técnico (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2012).

### 4.5.1 Criação Extensiva

Este tipo de criação é considerada secundária pelo produtor em uma propriedade rural pelo fato de utilizar instalações já existentes, como açudes ou lagos naturais, onde os peixes são criados de forma totalmente natural, se alimentando diretamente do que o ecossistema presente fornece a eles. Por ser uma forma um tanto doméstica para a criação dos peixes, ela se torna não tão competitiva, já que o aproveitamento das áreas não é eficiente e a qualidade dos peixes não é comercialmente competitiva (VIEIRA *et al.* 2004).



Figura 2: Sistema extensivo de cultivo de peixe. Fonte da imagem: Grupo Águas Claras, 2013.

### 4.5.2 Criação Intensiva

O sistema intensivo de cultivo de peixe que, segundo Oliveira (2018), é definido como um sistema cuja finalidade é puramente comercial, por isso, deve ser feito em viveiros, podendo ser adotado como uma das principais atividades da propriedade. Nesse sistema as fases de recria e de engorda são bem definidas, as quais poderão ser realizadas em conjunto na própria piscicultura. Caso os peixes

juvenis venham a ser adquiridos junto a pisciculturas de recria de alevinos, a engorda poderá ser feita sozinha.

A alimentação dos peixes no sistema intensivo deverá ser feita com ração balanceada e adequada, de acordo com a fase de desenvolvimento de cada espécie. Se o manejo for feito de maneira criteriosa, o piscicultor poderá produzir até 10.000 kg de tilápias, por exemplo, por hectare de lâmina d'água, por ciclo de cultivo (OLIVEIRA, 2018). Sendo esse sistema a atividade mais interessante do ponto de vista lucrativo dentro do cultivo de pescado, devido ao seu potencial produtivo, mas que por representar importante segmento no que diz respeito ao potencial produtivo também passou a ser considerado pela CONAMA um potencial poluidor de ambientes naturais (CONAMA nº 413/2009).

É fato que existem problemas ambientais oriundos do não tratamento adequado do efluente da criação e despesca da piscicultura, podendo ocorrer a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação do solo, danos à flora e fauna (EMBRAPA, 2013), este fato incorreu na alteração da Lei Estadual nº 5.887/1995, que passou a considerar a atividade aquicultura, e dentro desta está a piscicultura, como potencial poluidora de ambientes aquáticos, quando esta por sua vez fizer o descarte de seus efluentes em corpo hídrico natural.

Um exemplo local desse tipo de sistema em Santarém - PA é a Estação de Aquicultura Santa Rosa que possui aproximadamente 1,5 ha de viveiros em sua infra-estrutura atual, com produção anual estimada de 2.000.000 alevinos das espécies de peixes: Tambaqui (*Colossoma macropomum*), Pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), Curimatã (*Prochilodus spp.*), Matrinchã (*Brycon sp.*) e Pirarucu (*Arapaima gigas Cuvier*) (SEDAP, 2018).



Figura 3: Cultivo de peixe em Sistema Intensivo em tanques. Fonte da imagem: [www.basspiscicultura.com.br/produtos](http://www.basspiscicultura.com.br/produtos)

#### 4.5.3 Criação Semi-intensivo

No sistema de criação semi-intensivo, são construídos tanques ou viveiros, onde o piscicultor já desenvolve uma atividade profissional, possuindo conhecimentos técnicos mais elevados visando obter competitividade comercial e bons lucros. Há uma preocupação maior quanto a fertilização da água e da alimentação do pescado, consumindo alimentos processados e naturais presentes no ecossistema em que está inserido (FORNARI, 2015).



Figura 4: Cultivo de peixe em sistema semi-intensivo. Fonte: [www.criacaodepeixe.com](http://www.criacaodepeixe.com)

## 4.6 RESÍDUOS DE PISCICULTURA

A produção pesqueira necessita de aporte de nutrientes para manutenção da produtividade desses organismos, e os resíduos gerados devem ser removidos com a intenção de manter o equilíbrio ecológico no sistema aquático, a fim também, de evitar a eutrofização no ambiente e a proliferação em excesso de organismos nocivos aos peixes. Sendo assim a remoção dos poluentes é crucial para a preservação da sustentabilidade da própria piscicultura (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).

O excesso de ração e o uso de rações sem balanceamento reduzem a absorção dos nutrientes pelos peixes, gerando uma maior carga de matéria orgânica dispensada no ambiente. Vale ressaltar que parte da ração fornecida ao pescado não será totalmente absorvida, sendo assim parte da ração será assimilada pelo organismo e parte será depositada no ambiente gerando resíduos no ecossistema aquático (CYRINO *et al.* 2010).

Segundo Silvert (1992), há três classificações para os impactos causados pela piscicultura, sendo eles: interno, local, ou regional. O primeiro, impacto interno, ocorre no próprio sistema de criação, como por exemplo, aumento da concentração de fósforo e nitrogênio no viveiro de piscicultura. O impacto local acontece com uma área afetada maior, estendendo-se a até um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes. Já o impacto regional atinge áreas com vários quilômetros de abrangência.

Os resíduos decorrentes de um viveiro de piscicultura, são predominantemente carregados de fósforo, nitrogênio, materiais orgânicos, sejam eles naturais ou artificiais em decomposição, e naturalmente, os excrementos do pescado, eliminados na forma de amônia, enquanto o restante é eliminado na pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico (HENRY-SILVA e CAMARGO, 2006).

A carga nutritiva do efluente é a principal causa de eutrofização em um ambiente aquático, sendo esses compostos essenciais para a proliferação de organismos aquáticos em um ecossistema. Eutrofização é o processo de acumulo

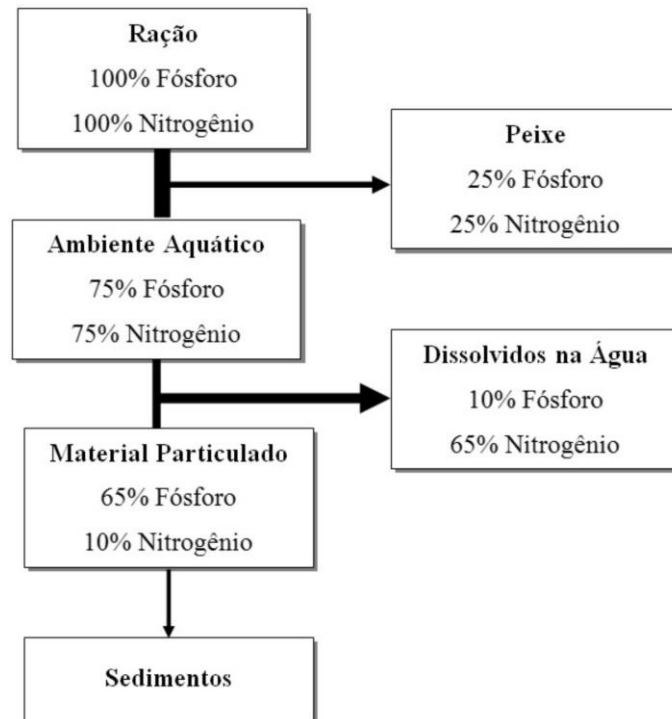
elevado de nutrientes em um ecossistema, gerando o aumento excessivo de produção de biomassa pelos produtores primários (HUTCHINSON, 1957).

Feltes *et al.* (2010), caracteriza tais resíduos como altamente ricos em matéria orgânica dissolvida, além da água utilizada no manejo do pescado que contém elevadas demandas bioquímicas e químicas de oxigênio, o que torna ainda mais necessário o correto direcionamento destes efluentes, com relativo potencial de causador de impactos ambientais se diretamente dispostos no ambiente.

Com a elevada concentração de nutrientes e o aumento na população de microrganismos, alguns piscicultores utilizam de antimicrobianos e antibióticos, com o intuito de matar ou inibir o crescimento desses microrganismos. Contudo, a mudança da água dos viveiros deve ser feita de forma adequada, caso contrário haverá resíduos de antibióticos usados no tratamento dos peixes, que consumidos podem causar alergias e toxicidade, além de levar a resistência antibiótica, quer em bactérias do intestino humano quer em bactérias presentes nos peixes (GASTALHO, 2014).

Estimativas realizadas por Cochava *et al.* (1990), indicam que a taxa de excreção de peixes com uma dieta de consumo de aproximadamente 40% de proteína, são de aproximadamente de 0,033 kg de fósforo/kg e de 0,0025 kg de nitrogênio de biomassa produzida. Na Figura 4 podemos analisar o caminho biológico que o fósforo e nitrogênio seguem no meio aquático depois de lançados.

Apenas 25% do fósforo e do nitrogênio são consumidos pelos peixes, enquanto o restante é disposto no ambiente de forma particulada ou dissolvido. Em termos de matéria orgânica o teor aproximado de digestibilidade varia entre 70 a 75% da matéria seca das rações, enquanto o restante é lançado ao ambiente em forma de fezes, constituindo uma das principais fontes poluidoras do meio aquático (KUBITZA, 2006).



**Figura 5:** Fluxo do nitrogênio e fósforo no ambiente aquático. Fonte: BERGHEIM *et al.* (1991).

## 4.7 DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS

A legislação ambiental, no que diz respeito ao tratamento de resíduo por piscicultura, dispõe no Artigo 29 da Lei Estadual nº 6.713, que a piscicultura é considerada ilegal nos casos de: “ausência de controle e de uso de alternativas tecnológicas para tratamento de efluentes” e “desvio dos recursos hídricos naturais” (BRABO, 2014). Em contrapartida a Resolução CONAMA nº 413/2009, de acordo com a redação “os empreendimentos de aquicultura, quando necessário, deverão implantar mecanismos de tratamento e controle de efluentes que garantam o atendimento aos padrões estabelecidos na legislação ambiental vigente”, inviabilizando ambientalmente o abastecimento de água por gravidade, assunto do qual trataremos no capítulo seguinte, sem a construção de pequenas barragens de terra, o que onera o custo de implementação da atividade aquícola e piscicultura, tornando-a na maioria das vezes inviável economicamente.

Seguindo este contexto, Martins (2010), destaca que a gestão dos resíduos da piscicultura exige planejamento, tecnologias adequadas e eficiência, já que os aspectos ambientais, legais e econômicos estão diretamente interligados.

A resolução CONAMA 357/05 deve ser atendida, já que a mesma dispõe sobre a classificação da água utilizada nesses sistemas e estabelece as condições adequadas para o lançamento desses efluentes.

## **4.8 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE PISCICULTURA**

### **4.8.1 Eletrocoagulação**

Neste contexto, destaca-se a Eletrocoagulação (EC) um método alternativo para o tratamento dos resíduos. Essa técnica utiliza energia elétrica para coagular os contaminantes contidos na água, criando flocos insolúveis coagulados de sedimentos que possam ser facilmente removidos por sedimentação, flotação ou filtração. É uma técnica de custo relativamente baixo, não causa impactos ambientais, uma vez que o elétron é o principal reagente, não demandando coagulantes químicos nocivos ao ambiente, como ocorre nas técnicas convencionais (VISCONCIN *et al*, 2017).

Dada à natureza do seu processo que inclui flotação, coagulação e oxidação de poluentes não articulados, situa a eletrocoagulação (EC), como vantajosa no tratamento de efluentes com elevadas cargas orgânicas e inorgânicas se comparado a outros processos mais convencionais (ILHAN *et al*, 2008; ESPINOZA-QUIÑONES *et al.*, 2009). Observa-se na figura 5 o modo que a corrente elétrica coagula os resíduos:

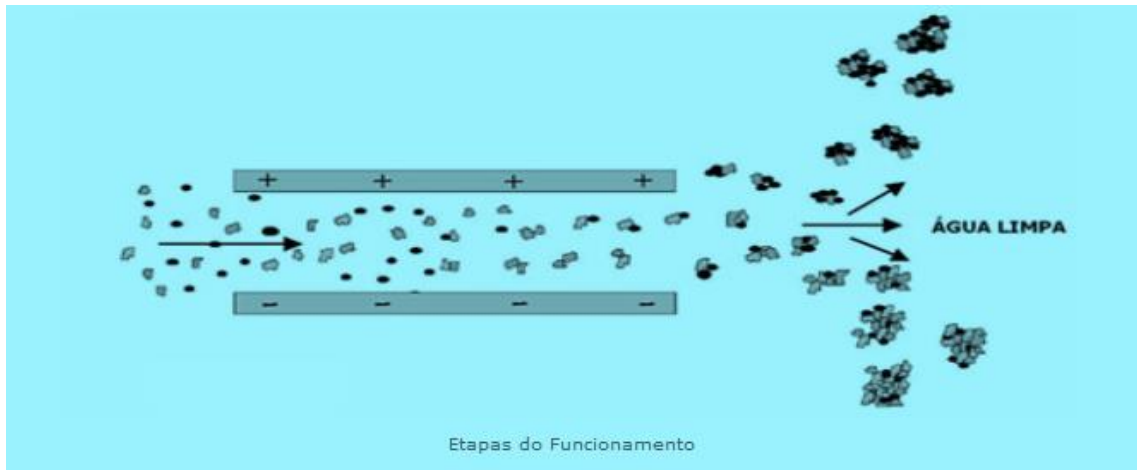


Figura 6: Processo de Eletrocoagulação (EC). Fonte: Naturaltec, 2018.

É uma técnica considerada simples, se comparada a outros processos convencionais, eficiente com o tratamento de águas e efluentes, e considerada de baixo custo, facilitando sua implantação em diversas regiões mais carentes. É uma tecnologia que não gera impactos ambientais, devido o elétron ser seu principal reagente, e não requer a adição de reagentes ou produtos químicos (VISCONCIN *et al*, 2017)

Esta técnica pode ser aplicada a vários tipos de resíduos, onde placas (eletrodos) geralmente feitas de alumínio ou ferro, recebem uma certa voltagem de corrente elétrica que são inseridas nos tanque de efluentes, desestabilizando a solução e coagulando os contaminantes. Os campos elétricos entram em contato com os contaminantes, gerando reações de oxirredução, tornando-os menos reativos, insolúveis e com uma maior estabilidade (ILHAN *et al.*, 2008).

A corrente elétrica neste processo é responsável pela aglomeração das partículas coloidais e suspensas, devido o processo de colisão mútua formando flocos insolúveis coagulados, podendo ser facilmente removidos por sedimentação, flotação ou filtração. Esse processo é semelhante à coagulação química com sulfato de alumínio, com a vantagem de não utilizar substâncias químicas no seu processo (MOLLAH *et al.* 2001).

#### 4.8.2 Tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas

Este método alternativo para tratamento de resíduo de piscicultura utiliza as Macrófitas Aquáticas como uma espécie de filtro. Estas plantas são utilizadas para realizarem o tratamento de efluentes doméstico e industrial, buscando a decomposição da matéria orgânica, redução de poluentes inorgânicos, e remoção de substâncias nocivas (COOPER e FINDLATER, 1990).

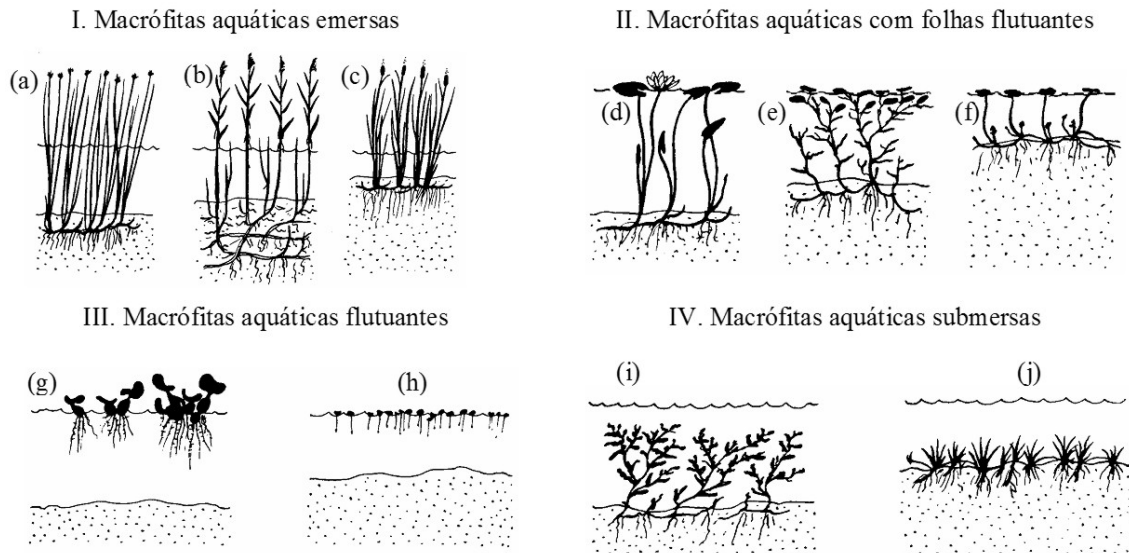
Os alagados artificiais, como são comumente denominados, se enquadram em três categorias, segundo a publicação científica Panorama da Aquicultura (2011), são elas:

**Flutuantes:** são aquelas que ficam na superfície da água, com as folhas emersas e as raízes submersas. Ex: alface d'água, lentilha d'água, aguapé, entre outras.

**Emersas:** são aquelas que possuem suas raízes no substrato do viveiro mas mantêm suas folhas e parte do caule acima da superfície da água para captação de gás carbônico para realizar fotossíntese. Exemplos: pinheirinho d'água, braquiária do brejo, entre outras.

**Submersas:** possuem todo seu corpo sob a superfície da água, enraizadas ou não no substrato do viveiro. Exemplos: Cabomba, Sagitaria, entre outras.

Embora existam diversos tipos de macrófitas aquáticas, há características variáveis entre elas, devendo ser considerados adaptabilidade ao clima, local, resistência a pragas e doenças, capacidade de assimilação de poluentes e sistema radicular desenvolvido (WOOD, 1995). Conforme a figura 5 abaixo, podemos observar as três categorias de macrófitas:



**Figura 7:** Macrófitas aquáticas emersas, flutuantes e submersas utilizadas para tratamento de resíduos de piscicultura. Fonte: BRIX and SCHIERUP, 1989.

O sistema de tratamento feito com macrófitas tem se demonstrado muito eficaz, podendo remover o nitrogênio e fósforo, que são considerados, em excesso, muito nocivos ao meio aquático, matéria orgânica e até mesmo sólidos suspensos. Esse sistema ocorre através de diversos mecanismos, como sedimentação de sólidos, absorção dos contaminantes, e reações físicas e químicas (LIN *et al.* 2002).

O tratamento de efluentes por sistemas com macrófitas aquáticas ocorre por diversos mecanismos, como a sedimentação de sólidos, incorporação de contaminantes, biotransformação e reações físicas e químicas (SOOKNAH e WILKIE, 2004). Alguns estudos demonstram que as macrófitas podem remover sólidos suspensos, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, elementos traços e microrganismos em efluentes de produção aquícola (LIN *et al.*, 2002); diminuição de nitrogênio e fósforo em efluente de viveiro de tilápias do Nilo (HENRY-SILVA, 2001); remoção microrganismos indicadores ou patogênicos (TRIPATHI e SHUKLA, 1991).

A retenção dos materiais orgânicos e minerais presentes na água ocorrem pelo sistema radicular das macrófitas, corroborando pela manutenção do viveiro com a criação de um ambiente rico em bactérias e fungos predadores, que vão reduzir os níveis de coliformes na água (CARNEIRO *et al.* 1999).

Porém, o manuseio de plantas aquáticas para tratamento de efluentes deve ser feita de maneira equilibrada, sendo que o excesso dessas plantas em um ambiente aquático dificultaria o manejo da alimentação e captura do pescado, além

de prejudicar a qualidade da água e tomar conta do viveiro (PANORAMA DA AQUICULTURA, 2011).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente abordagem temática conta com artigos publicados em revistas científicas da área ambiental e aquícola, artigos de pós graduação, dissertação de mestrado e trabalhos nas áreas de gestão de resíduos em diferentes sistemas de produção de pescado e aumento das atividades de produção aquícola com aspectos inerentes ao desenvolvimento sustentável das mesmas. Os trabalhos foram realizados em diferentes regiões do Brasil e publicados no período entre 2008 e 2016, e dentro de todas as literaturas especializadas existentes, tais estudos foram selecionados levando em consideração sua importância dentro do tema relacionado a revisão proposta que são os resíduos gerados por piscicultura.

O Quadro 01 a seguir retrata os autores e o ano da publicação, o título das obras e quais resíduos oriundos da piscicultura foram identificados na pesquisa de cada um dos trabalhos revisados.

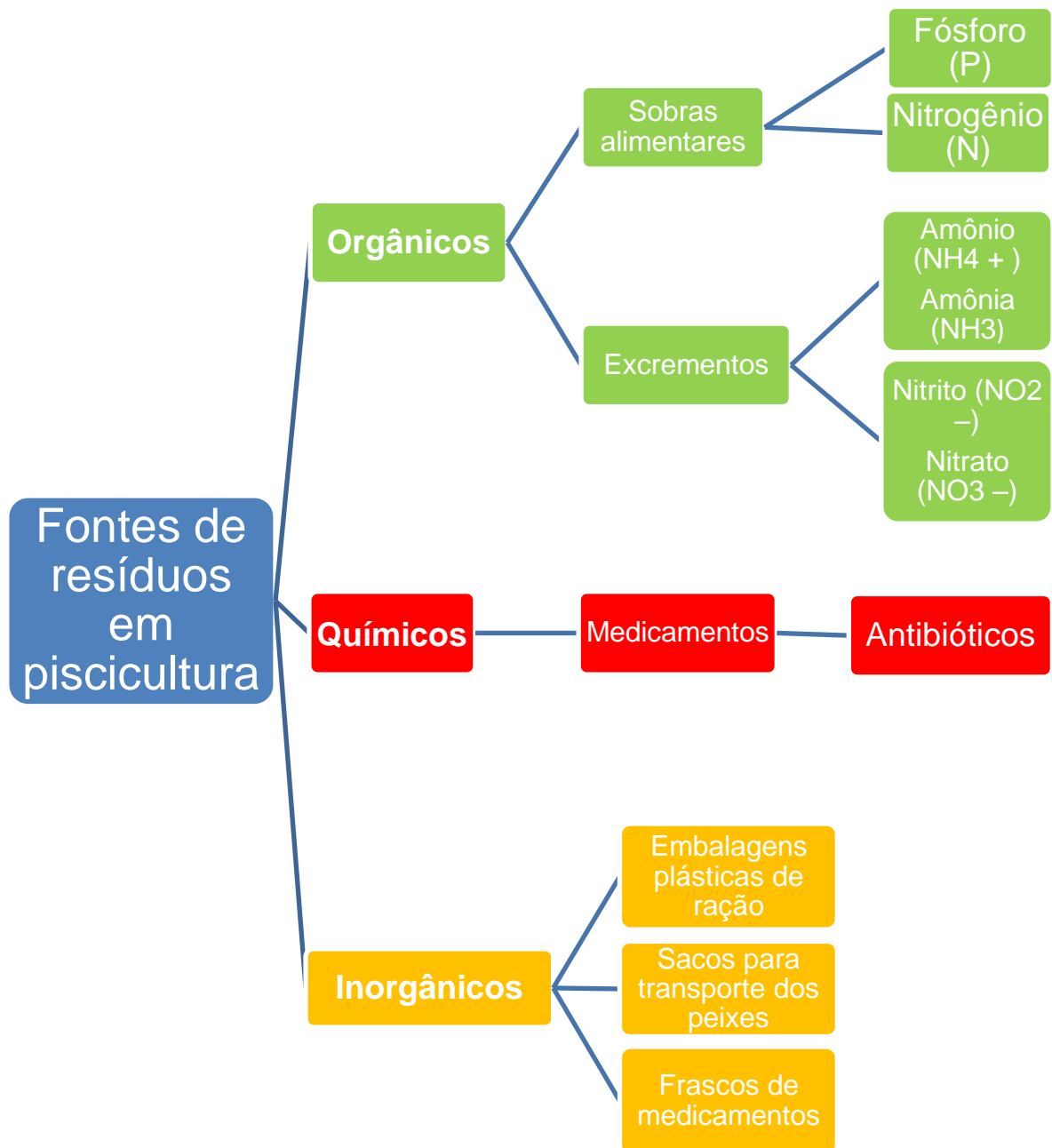
<b>Autor/ Ano da Publicação</b>	<b>Título do Trabalho</b>	<b>Resíduos Identificados</b>
CYRINO, <i>et al.</i> 2010.	A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura.	Sal iodado, antibióticos.
PEREIRA, 2008.	Avaliação do impacto do efluente de piscicultura sobre o corpo receptor.	Amônia total, nitrogênio total, fósforo total e clorofila a; carga de nitrogênio e fósforo.
ASSUNÇÃO, <i>et al.</i> 2017.	Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de <i>Escherichia coli</i> de efluentes de criação de pacu.	Matéria orgânica, nitrogênio e fósforo.

SANTOS, <i>et al.</i> 2016.	Biorremediação da água residual de piscicultura utilizando microalgas dulcícolas.	Matéria orgânica, nitrogênio e fósforo.
-----------------------------	---	---

Quadro 1: Trabalhos publicados com a temática no período de 2008 a 2016.

Com base na pesquisa, podemos perceber que os resíduos químicos, identificados como antibióticos, embora pouco citados nas literaturas abordadas, são motivos de preocupação mais constantes nos trabalhos revisados, dado o seu poder em termos de poluição e impactos no meio ambiente onde é desenvolvida a piscicultura.

Nota-se que em todos os trabalhos apresentados no Quadro 01 foram considerados resíduos químicos, orgânicos e inorgânicos gerados por atividade de pisciculturas, os quais serão avaliados de forma detalhada a seguir com a ajuda do fluxograma que indica o tipo de resíduo constatado nos trabalhos revisados e seus respectivos fatores geradores dentro da atividade de piscicultura. Esses resíduos estão presentes em todos os tipos de sistema de criação de peixes que foram abordados nos trabalhos revisados.



Fluxograma 1: Origem dos resíduos na piscicultura. Fonte: FERNANDES, 2018.

Segundo Pereira (2008) o impacto gerado pela atividade de piscicultura no corpo receptor durante um ciclo de cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em Pindamonhangaba, estado de São Paulo, de novembro/2006 a março/2007 apontaram as seguintes variáveis utilizadas nesta avaliação: concentrações de

amônia total, nitrogênio total, fósforo total e clorofila a; carga de nitrogênio e fósforo e seus coeficientes de exportação.

Os dados adquiridos foram conferidos com a Resolução CONAMA 357/2005. Das variáveis estudadas, especialmente o fósforo foi o elemento que melhor caracterizou a avaliação do impacto. As concentrações do fósforo variaram de 0,02mg/L (na água de abastecimento) e 0,38mg/L (no efluente). As cargas de fósforo variaram de 0,004kg/dia (na água de abastecimento) e 27,11kg/dia (no ponto de mistura). Os resultados indicaram que ocorreu um elevado incremento desse elemento do início ao final do ciclo de cultivo, sendo o principal fator desencadeador do processo de eutrofização verificado neste estudo (PEREIRA, 2008).

O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água e o acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos são os principais impactos gerados pelo descarte dos resíduos oriundos da atividade de piscicultura não tratados no meio ambiente. O nitrogênio dos efluentes das atividades da atividade de produção de pescado deriva sobretudo da proteína das rações, significando que parte é excretada pelos organismos na forma de amônia, enquanto o remanescente é eliminado pelas fezes na forma de nitrogênio orgânico.

No trabalho de Santos *et al* (2016) foi realizado um estudo sobre a avaliação do potencial de biorremediação da água residual originária do cultivo de peixes em sistemas semi-intensivos utilizando a microalga *Chlorella sorokiniana* (*Chlorophyceae*). Esse estudo usou o terapêutico contendo como meio de cultivo água residual da piscicultura enriquecidas com fertilizante químico NPK ou vinhaça com intuito de avaliar a cinética da duplicação celular da microalga.

Também foram mensurados os parâmetros químicos nos meios de cultivo para avaliar a capacidade de biorremediação da microalga para os elementos químicos analisados, que são: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Cromo (Co), Chumbo (Pb), Molibdênio (Mo), Alumínio (Al), Cádmio (Cd) e Níquel (Ni). No entanto, apenas manganês e chumbo apresentaram maior eficiência de biorremediação entre os tratamentos com o inoculo de microalgas. Para esse trabalho com microalgas, os autores sugeriram mais estudos que possibilitem compreender os processos sinérgicos e antagônicos envolvidos no processo de biorremediação da água residual da piscicultura.

Nos efluentes de criações de organismos aquáticos as características ressaltadas por todos os estudos revisados são de que os mesmos são ricos em matéria orgânica e nutrientes, nitrogênio e fósforo, decorrente de adubação, restos de ração e excreção. No trabalho realizado por Assunção *et al* (2017), em uma criação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) os resultados apresentaram impacto ambiental significativo na qualidade da água do efluente do viveiro, gerando elevação da concentração de fósforo total, nitrogênio total e material particulado suspenso, aumento nos níveis de turbidez e demanda bioquímica e química de oxigênio.

O trabalho avaliou o sistema wetland, que remove os microrganismos por meio de adsorção, sedimentação e inativação, sendo que o principal processo de remoção é a inativação dos microrganismos (BOUTILIER *et al.*, 2009 *apud* ASSUNÇÃO *et al*, 2017), povoado com espécies de macrófitas aquáticas de três tipos ecológicos diferentes.

A conclusão do estudo foi de que a água de abastecimento contaminada por *Escherichia coli* pode chegar até o viveiro de criação de pacu ou também pode ocorrer a contaminação dentro do próprio viveiro. A água contaminada atingirá o corpo hídrico receptor por meio de um efluente não tratado. A utilização de um sistema de tratamento de efluentes do tipo constructed wetland (alagados artificiais), contendo três espécies de macrófitas aquáticas de tipos ecológicos diferentes (*Eichhornia crassipes*, *Ceratophyllum demersum* e *Typha domingensis*), mostrou eficiência média de remoção de 46% do número mais provável de *E. coli*.

Contudo, essa remoção média do experimento foi prejudicada devido à presença de *E. coli* nas amostras de solo utilizado como substrato dos tanques de tratamentos com *C. demersum* e *T. domingensis*, duas dos tipos de macrófitas utilizadas no estudo (ASSUNÇÃO *et al*, 2017).

Cyrino (2010), destaca que a alimentação em excesso e o uso de rações sem o devido controle, compromete o sistema de produção, aumentando a quantidade de matéria orgânica presente na água, além de dificultar a absorção de nutrientes pelo pescado. Pois além dos resíduos que são produzidos pelos próprios animais em sua cadeia produtiva, a introdução dos alimentos em excesso ou que não sejam consumidas pelos animais reflete em maior quantidade de material que vai

sedimentar e servir de nutriente para o desenvolvimento de algas que ocasionam na eutrofização do ambiente aquático.

Em se tratando dos resíduos químicos orgânicos produzidos pelos organismos cultivados, Cyrino *et al* (2010) apresenta a figura 6, a seguir, ilustrada para melhor entendimento do balanço de massa, nitrogênio e fósforo para elucidar a retenção e excreção dos elementos químicos na cadeia reprodutiva.

Dessa forma, podemos considerar que tanto a próprio desenvolvimento do indivíduo cultivado, seja a espécie que for a exemplo do que a figura nos mostra abaixo, quanto a pratica para o cuidado e manutenção dos viveiros de piscicultura demanda atenção quanto aos seus respectivos resíduos emitidos durante o desenvolvimento da atividade aquícola.

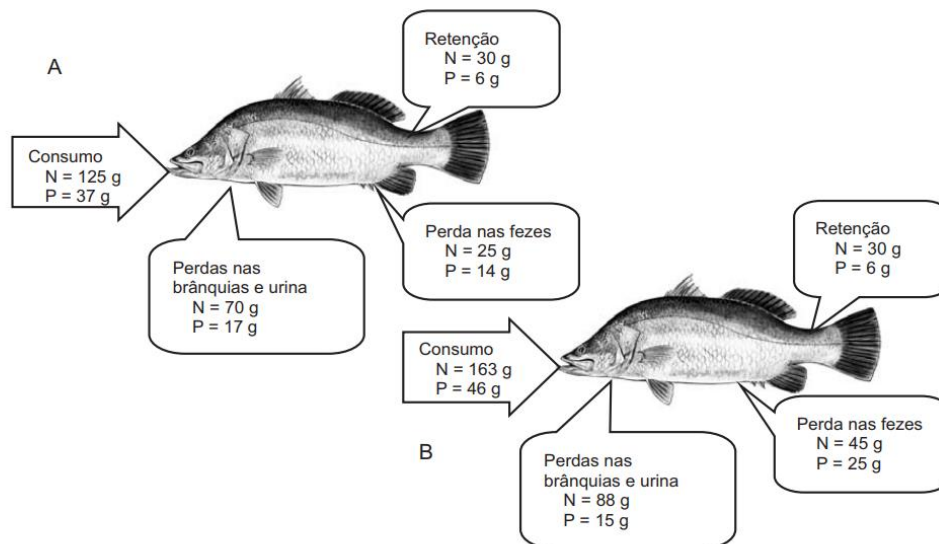


Figura 8: Exemplo de balanço de massa, nitrogênio e fósforo para peixes alimentados com dietas contendo alta (A) ou baixa (B) densidade energética nutricional. Fonte: Cyrino, 2010.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos os trabalhos destacaram o nitrogênio, fósforo e material orgânico como principais fontes poluidoras das águas utilizadas nos tanques de produção de pescado, destacando a importância do melhor manuseio destas substâncias, e eventualmente a remoção dessas substâncias dos efluentes gerados. Para o tratamento dos resíduos inorgânicos, as pisciculturas podem utilizar a coleta seletiva dos materiais e realizar o descarte dos mesmos através das cooperativas de reciclagem para não descartá-los no meio ambiente. E para os resíduos orgânicos, adotar uma das medidas abordadas, tanto a eletrocoagulação quanto o uso de biofiltros no tratamento dos resíduos parecem de grande valia.

Os resíduos de piscicultura foram classificados como Classe II, por não serem considerados perigosos, possuem sub classificação tanto não inertes quanto inertes, por apresentarem características de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e outros resíduos que em contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os tipos de tratamento adequados que sugere-se são a Eletrocoagulação (EC) um método alternativo para o tratamento dos resíduos, assim como o uso de biofiltro, como por exemplo, o tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas, uma técnica considerada simples, se comparada a outros processos convencionais quanto a sua eficácia e que demonstra ser eficiente com o tratamento de águas e efluentes, além de ser considerada de baixo custo para a implantação.

Com a realização deste trabalho observa-se a necessidade de adequação às normas vigentes e a mudança em práticas de manejo consideradas danificadoras do ecossistema, bem como de mais estudos sobre meios de tratamento alternativos que sejam interessantes para os piscicultores, em termos de facilidade na implantação e custos razoáveis, chamando a atenção para os efluentes gerados pela piscicultura, atividade essa bastante comum em nossa região amazônica devido às nossas grandes quantidades de águas disponíveis.

Considera-se necessário mais estudos a respeito dos resíduos inorgânicos gerados dentro do ambiente da atividade de produção de pescado no que tange os medicamentos administrados no tratamento dos animais e também sobre o

tratamento e descarte dos resíduos comuns, como plásticos de embalagens, sacos e demais acessórios comumente usados na piscicultura.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ARRUDA, L. F; OETTERER, M. Agregação de valor ao pescado cultivado. Curso de Extensão, 2006.

ASSUNÇÃO, A. W. A; JUNIOR, P. G; ALMEIDA, R. V; GASPAROTTO, Y; AMARAL, L. A. Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de *Escherichia coli* de efluentes de criação de pacu. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017, vol.22, n.4, pp.657-663.

BERGHEIM, A.; AABEL, J.B.; SEYMOUR, E.A. Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NUTRITIONAL STRATEGIES IN MANAGEMENT OF AQUACULTURE WASTE, Ontario, 1991, p. 88-95.

BOUTILIER, L.; JAMIESON, R.; GORDON, R.; LAKE, C.; HART, W. Adsorption, sedimentation, and inactivation of E. coli within wastewater treatment wetlands. New York, v. 43, p. 4.370-4.380, 2009.

BRABO, M. F. Piscicultura no Estado do Pará: situação atual e perspectivas. Actapesca, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2014.

BRABO, M. F; VERAS, G.C; CAMPELO, D.A; COSTA, J.W; RABELO, L.P. Piscicultura no Estado do Pará: custo de produção e indicadores econômicos, 2016.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L. Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo, Ed. Pearson Prentice Hall, 318p., 2005.

BRASIL. Lei Estadual nº 5.887/95. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências.

BRASIL. Lei Estadual nº 6.713, de 01 de outubro de 2015. Dispõe sobre a Política Pesqueira e Aquícola no Estado do Pará.

BRASIL. Lei nº 11.959, de 29 de junho de 2009. Diário Oficial. 29 jun. 2009. Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da

Pesca, regula as atividades pesqueiras, revoga a Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988, e dispositivos do Decreto-Lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura: Brasil 2010. Brasília, DF, 2012. 128 p.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 413, de 26 de julho de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* (2009).

BRIX, H. and SCHIERUP, H.H. 1989 The use of aquatic macrophytes in water – pollution control. *Ambio*, 15: 100-107.

CARNEIRO, P.C.F.; MARTINS, M.I.E.G.; CYRINO, J.E.P. Estudo de Caso da Criação comercial da tilápia vermelha em tanques-rede - avaliação econômica *Informações Econômicas*, SP, v.29, n.8, ago.1999.p- 52-61

COCHAVA, M.; DIAB, S.; AVNIMELECH, Y. MIRES, D.; AMIT, Y. Intensive growth of fish with minimal water exchange, pag. 174-181. Israel, 1990.

COOPER, P.F. e FINDLATER, B.C. *Constructed Wetlands in Water Pollution Control*, Oxford: Pergamon Press, 1990.

CYRINO, J.E.P, BICUDO, A.J, SADO, R.Y, BORGHESI, R., JONY KOJI DAIRIKI, J.K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.68-87, 2010.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. Meio Ambiente Jaguariúna, SP, 2013.

ESPINOZA-QUIÑONES, F.R.; FORNARI, M.M.T.; MÓDENES, A.N.; PALÁCIO, S.M.; SILVA, F.G.; SZYMANSKI, N.; KROUMOV, A.D.; TRIGUEIROS, D.E.G. Pollutant removal from tannery effluent by electrocoagulation. *Chemical Engineering Journal*, v. 151, p. 59-65, 2009.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016*. Contributing to food security and nutrition for all. Rome: FAO, 2016, 200 pp.

FAO. *The state of world fisheries and aquaculture, 2012*. Rome: FAO

FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p. 669 – 677, 2010.

FORNARI, D. C. *Sistemas de cultivo em Piscicultura*. EMBRAPA, 2015.

GASTALHO, S; DA SILVA, G. J; RAMOS, F. Uso de antibióticos em aquicultura e resistência bacteriana: Impacto em saúde pública.. Acta Farmacêutica Portuguesa 2014, vol. 3, n. 1, pp. 27-41

GRUPOS ÁGUAS CLARAS. Site: [www.grupoaguasclaras.com.br](http://www.grupoaguasclaras.com.br), acessado em 14 de março de 2018.

HENRY-SILVA, G.G. and CAMARGO, A.F.M. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents, 2006.

HENRY-SILVA, G.G. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal. 79p, (Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal), Jaboticabal, 2001.

HUTCHINSON, G. E. A Treatise on Limnology: Geography Physics and Chemistry. v.1, New York: 1957, 1.015p.

ILHAN, F.; KURT, U.; APAYDIN, O.; GONULLU, M.T. Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum electrodes. Journal of Hazardous Materials, v. 154, p. 381-389, 2008.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, IAP. Acesso: [www.iap.pr.gov.br](http://www.iap.pr.gov.br), acessado em 13 de abril de 2018.

KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reúso da água. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.

LIN, Y.F.; JING, S.R.; WANG, T.W. Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system. Aqualculture, n. 209, p.169–184, 2002.

MARTINS, J. C (b); Seletividade de captura, dinâmica populacional, análise de estoque e sustentabilidade da pesca de *Himiodus unimaculatus* (BLOCH, 1794) a montante da barragem de Tucuruí, Brasil, 2013.

MARTINS, V.; SANTANA, G. S.; SELBACH, P. A. Determinação da atividade microbiana pela evolução de CO<sub>2</sub> em função da aplicação de diferentes resíduos. In: XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, Resumos... 2010.

Ministério do Meio Ambiente. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos: do nacional ao local, 2012

MOLLAH, M.Y.A.; SCHENNACH, R.; PARGA, J.R.; COCKE, D.L. Electrocoagulation (EC) -Science and applications. Journal of Hazardous Materials, v.84 n.1 p.29-41, June 2001.

NATURALTEC, Tratamento de água e meio ambiente. Acesso em [www.naturaltec.com.br](http://www.naturaltec.com.br), acesso realizado em 13 de abril de 2018.

OLIVEIRA, ANDRÉA; Criação de tilápias - sistemas de produção extensivo, semi-criacaodepeixes/artigos/criacao-de-tilapias-sistemas-de-producao-extensivo-semi-intensivo-intensivo-e-superintensivo - acessado em 11 de fevereiro de 2018.

PANORAMA DA AQUICULTURA, Uma publicação sobre cultivos aquáticos, Vol. 21, nº 123, pag. 15, Janeiro/Fevereiro de 2011.

PEREIRA, JENIFFER SATI. Avaliação do impacto do efluente de piscicultura sobre o corpo receptor. Programa de pós-graduação em aquicultura e pesca. São Paulo, 2008.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2012. Acesso em [www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br), acessado em 12 de abril de 2018.

RAMOS, I. P; ZANATTA, A. S; ZICA, E. O. P; SILVA, R. J; CARVALHO, E. D; Impactos ambientais de piscicultura em tanques-rede sobre águas contineitais brasileiras: revisão e opinião, Capítulo 9, 2010.

SANTOS, C. R; DORNELES, A. I. F; PEREIRA, N. S; NAKAGAKI, J. M; CARVALHO, E. M. Biorremediação da água residual de piscicultura utilizando microalgas dulcícolas. 10º Simpósio Internacional de Qualidade da Água. Outubro, 2016.

SEDAP – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca. disponível em: <http://www.sedap.pa.gov.br>. Acesso realizado em 21 de fevereiro de 2018.

SILVERT, W. Assessing environmental impact of finfish aquaculture in marine waters. *Aquaculture*, 107: 67-79, 1992.

SOOKNAH, REETA D, WILKIE, ANN C. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater, pag 27–42, 2004.

TRIPATHI, B. D. AND SHUKLA, S. C., “Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants,” *Environmental Pollution* (69), 69- 78. 1991.

VIEIRA, S. J; GOMIERO, J. S. G; DIONÍZIO, M. A; LOGATO, P. V. R. Aspectos gerais da piscicultura, 2004.

VISCONCIN, K. C. L; BARBOSA, F. S; MEDINA, H. E; LUIZ, M. G; MEIRA, J. S; Tratamento de efluente de tanques de aquicultura utilizando técnica de eletrocoagulação, 2017.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1995. 240 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

WAMBACH, X. F. Manejo Prático Aplicado a Piscicultura de Água Doce. Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Zootecnia Programa de Educação Tutorial (PET/MEC/SESu) Recife, 2012.

WOOD, A. Constructed wetlands in water pollution control: fundamentals to their understanding. *Water Science and Technology*, 1995 pag 21-29.