

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

JAÍNE FÁTIMA RODRIGUES

DINÂMICA DE PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS EM SISTEMAS DE  
AQUAPONIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Dourados/MS

Maio de 2018

JAÍNE FÁTIMA RODRIGUES

DINÂMICA DE PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS EM SISTEMAS DE  
AQUAPONIA

ORIENTADORA PROF a. DR a. MÁRCIA REGINA RUSSO

COORIENTADORA PROF a. DR a. CLAUDIA ANDREA LIMA CARDOSO

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Ciência e tecnologia ambiental, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração de Ciência Ambiental.

DOURADOS/MS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R696d Rodrigues, Jaine Fatima

Dinâmica de parâmetros limnológicos em dois sistemas de aquaponia [recurso eletrônico] /  
Jaine Fatima Rodrigues. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Márcia Regina Russo.

Coorientador: Claudia Andrea Lima Cardoso.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) -Universidade Federal da Grande  
Dourados, 2018.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. sistema de recirculação. 2. piscicultura integrada. 3. resíduos orgânicos I. Russo, Márcia  
Regina. II. Cardoso, Claudia Andrea Lima. III. Título.

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.




MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

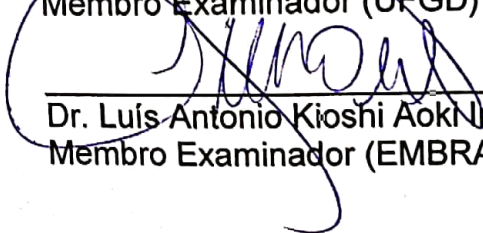
---

## Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“Dinâmica de parâmetros limnológicos em sistemas de aquaponia”**, de autoria de **Jaíne Fátima Rodrigues**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr.ª Márcia Regina Russo  
Presidente da banca examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Jordan  
Membro Examinador (UFGD)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Antonio Kioshi AokNhoue  
Membro Examinador (EMBRAPA)

Dourados/MS, 15 de maio de 2018.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que por sua imensa misericórdia me deu a vida e a oportunidade de realizar o mestrado durante esses dois anos, sendo meu alicerce, meu confidente.

Aos meus pais, Alvir e Eleci, por todo o incentivo desde o início desta etapa, por sempre acreditarem em mim, por cada palavra de carinho e afeto que me ajudaram a seguir em frente mesmo com as dificuldades encontradas ao longo do tempo.

As minhas irmãs e irmão, por sempre me apoiarem em todos os meus projetos, me acalmando nos momentos difíceis e pelos momentos de descontração nas reuniões da família.

À CAPES, pela bolsa, ao CNPq, ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental e ao corpo docente, pela a oportunidade de aprendizado de diversas maneiras, nos conteúdos didáticos- científicos e lições para vida.

À minha orientadora professora Dr<sup>a</sup>. Márcia Regina Russo e ao NUPAQ, pela oportunidade e confiança em desenvolvermos esse trabalho, no qual pude adquirir e compartilha conhecimentos científicos.

À minha coorientadora professora Dr<sup>a</sup>. Claudia Andrea Lima Cardoso, pela disposição em me ajudar sempre que necessário.

À banca examinadora, composta pelo professor Dr. Rodrigo Aparecido Jordan e Dr. Luís Antônio Kioshi Aoki Ipoue (EMBRAPA), pelas excelentes contribuições feitas.

Ao professor Dr. Rodrigo Aparecido Jordan, por disponibilizar a aquaponia, aonde foi feito a pesquisa.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e amizade.

Aos colegas de laboratório da UFGD e UEMS, pela acolhida e parceria.

À todas as pessoas que passaram pela minha vida durante o período de pós-graduação, que puderam contribuir para a realização deste trabalho.

## Lista de figuras

### REVISÃO DE LITERATURA

<b>Figura 1:</b> Estrutura molecular da clorofila a (SOARES, et. al, 2006) .....	15
<b>Figura 2:</b> Esquema das reações de obtenção da feofitina a através da clorofila a pôr acidificação (SOARES, et. al, 2006) .....	15

### CAPÍTULO ÚNICO

<b>Figura 1:</b> Variação temporal da Alcalinidade (F1A) do pH (F1B), e da Dureza (F1C) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST .....	29
<b>Figura 2:</b> Variação temporal de Amônia (F2A) e Nitrito (F2B) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST .....	31
<b>Figura 3:</b> Variação temporal de condutividade elétrica (F3A) e TSD (F3B) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST .....	32
<b>Figura 4:</b> Análise de PCoA dos sistemas alface e tomate .....	34

## Lista de tabelas

### CAPÍTULO ÚNICO

<b>Tabela 1:</b> Características dos dois sistemas avaliados .....	24
<b>Tabela 2:</b> Composição de táxons e número de indivíduos/mL de algas Fitoplanctônicas encontradas nos dois sistemas de aquaponia SA (Sistema Alface) e ST (Sistema Tomate).....	34

# SUMÁRIO

<b>1.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
1.1. A qualidade da água em sistemas de produção de piscicultura .....	6
1.1.1. Piscicultura .....	6
1.1.2. Sistemas hidropônico.....	7
1.1.3. Cultura do tomateiro .....	7
1.1.4. Cultura da alface .....	8
1.1.5. Sistema aquapônico de produção .....	8
1.1.6. Manejo no sistema de criação de peixe .....	10
1.1.7. Parâmetros físico, químicos e biológicos .....	10
1.2. Comunidades do fitoplâncton na qualidade da água.....	12
1.3. A escolha das espécies de peixes e hortaliças cultivadas no sistema aquapônico.....	15
<b>2. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO ÚNICO- ARTIGO</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
2.1. Área de Estudo .....	23
2.2. Variáveis físicas, químicas e biológicas de qualidade de água .....	24
2.3. Coleta das amostras de Fitoplâncton e Clorofila a .....	25
2.4. Identificação da comunidade de fitoplâncton.....	25
2.5. Filtragem e quantificação da Clorofila a .....	25
2.6. Extração da Clorofila a e leitura no espectrofotômetro U Vis .....	26
2.7. Cálculo da Clorofila a e Feofitina a .....	26
2.8. Análise estatística.....	27
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>27</b>
3.1. Análise de componentes principais das variáveis físico-químicas.....	32
3.2. Comunidades fitoplanctônicas.....	33
<b>4.CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>5.REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>



# 1. REVISÃO DE LITERATURA

## 1.1 A qualidade da água em sistemas aquaponia

### 1.1.1 Piscicultura

A piscicultura, é uma das atividades agropecuárias que mais tem crescido no Brasil e no mundo, durante os últimos anos (FAO, 2016). É uma atividade de importante alternativa de renda, servindo de acréscimo ou até mesmo como atividade principal de várias famílias que vivem no perímetro rural, como por exemplo nos assentamentos, sítios e chácaras. Para gerar a produção, é necessário que o piscicultor possua alevinos, rações, produtos químicos, equipamentos diversos, compradores para sua produção, financiamento, assistência técnica etc.

Considerada por muitos como uma atividade que incentiva tanto o desenvolvimento social quanto o econômico, a piscicultura possibilita o aproveitamento efetivo dos recursos naturais locais. O produto produzido, o peixe, é um alimento que tem um alto valor nutritivo e de fácil aceitação no mercado trazendo ao piscicultor ganhos significativos que contribuem para a economia local (MILLANI, 2012).

O Mato Grosso do Sul é o estado brasileiro de maior destaque no cenário da piscicultura no país, naturalmente rico em águas e peixes, permitindo que se produzam produtos de alta qualidade, sendo que essa atividade se expandiu por todo estado, principalmente na década de 90 com o surgimento dos pesque e pague que passaram a ser grandes consumidores de peixes, e com isso o número de produtores aumentou consideravelmente.

Na piscicultura, há o controle sob o crescimento, reprodução e nutrição do peixe partindo do conhecimento de várias áreas da ciência como limnologia, ictiologia, zootecnia e parasitologia. Particularmente com relação à limnologia, existe uma grande lacuna em torno da dinâmica dos parâmetros limnológicos nos diferentes sistemas de produção e a compreensão dessa dinâmica tem aplicação direta na adequação do manejo e consequente aumento da produtividade. Portanto, na medida em que se intensificam as atividades aquícolas, os aspectos limnológicos assumem papel fundamental no manejo destes sistemas de cultivo, desse modo, mantendo adequada a qualidade da água de cultivo aumentam as chances de melhoria na produtividade (MILLAN, 2012).

### 1.1.2. Sistema hidropônico

Hidroponia é uma técnica agrícola, através da qual se cultivam plantas sem a necessidade do solo como fonte dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, além disso, as hortaliças são cultivadas em ambiente fechado que permite obter produtos de qualidade superior ao cultivo a campo (GRAHAM, 2011).

A solução nutritiva e as condições de cultivo variam para cada espécie vegetal, a qual possui diferentes potenciais produtivos e exigências nutricionais. Assim, o ajuste químico da solução nutritiva depende da espécie, do ambiente, da época de plantio e cultivo (intensidade luminosa e temperatura) e, principalmente, da qualidade da água utilizada nesta forma de cultivo (ROOSTA, 2012).

Com isso, para o desenvolvimento e crescimento das hortaliças cultivadas no sistema hidropônico tenha resultado satisfatório é necessário que haja constante equilíbrio de nutrientes na solução fornecida no sistema.

### 1.1.3. Cultura do tomateiro

O tomateiro destaca-se entre as hortaliças cultivadas por ser extremamente exigente em nutrientes, apresentando demandas diferenciadas de acordo com os estágios de desenvolvimento, com a duração do ciclo de cultivo, com o genótipo e com a época do ano.

O potássio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelo tomateiro, tanto em condições de campo quanto em cultivos protegidos, como é o caso hidroponia. A deficiência de potássio limita a fotossíntese nas folhas que afeta o transporte de fotoassimilados para os frutos, que acarreta a redução do número e do tamanho dos frutos do tomateiro. Outro nutriente que possui influência no desenvolvimento e crescimento do tomate é o nitrogênio, e o excesso deste (HERRERO et al.; 2014).

O tomateiro é uma planta que se adapta melhor a ambientes quentes. Precisa de temperaturas superiores a 15 ° C para crescer e é afetado desfavoravelmente por longas exposições a temperaturas inferiores a 10°C. A temperatura ideal varia de 24 a 26 ° C durante o dia e de 18 a 20 ° C durante a noite. No tempo da estação fria, essas temperaturas são mais baixas. Em clima frio, as emissões de CO<sub>2</sub> por causa dos sistemas de aquecimento têm um alto impacto ambiental que precisa ser minimizado (PAGE et al., 2011).

#### 1.1.4. Cultura do alface

A alface (*Lactuca sativa* L.), é considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro é a hortaliça preferida para as saladas por ser refrescante, de sabor agradável e de fácil preparo, o que assegura à cultura expressiva importância econômica. A produção da alface no Brasil tem destaque entre os produtores, pois é uma cultura de fácil manejo e por apresentar ciclo curto, garantindo assim rápido retorno do capital investido (MAGALHÃES et al.; 2011).

Em cultivos hidropônicos a aplicação mais intensiva de produção é uma alternativa de cultivo de plantas com uso de soluções nutritivas, pois desta maneira é possível medir o teor dos nutrientes através da condutividade elétrica, que é um parâmetro muito importante na hidroponia.

#### 1.1.5. Sistemas aquapônicos de produção

A aquaponia é um modelo de produção aquícola sem solo que combina sinergicamente a aquicultura e a hidroponia. Esse modelo surgiu a partir do conceito de produção baseada em biosistemas integrados, que consiste na junção de segmentos da agroindústria onde as saídas de um sistema são as entradas de outros, visando a maximização do uso de matéria – prima, melhorando, em sua concepção total, os impactos ambientais de cada sistema (HERREIRO, 2014). Assim, o sistema aquapônico é um sistema de recirculação que tem como objetivo o cultivo integrado de peixes e hortaliças, visando uma maior produção, de maior qualidade e a reutilização da água, tornando-se assim uma atividade aquícola em busca da sustentabilidade, especialmente a ambiental.

Entre os méritos dos sistemas aquapônicos, está a recuperação de nutrientes, minimizando a demanda de água e aumentando a lucratividade, produzindo simultaneamente duas culturas comerciais (LOVE et al., 2015). Esta técnica de produção de pescado está em sintonia com a preocupação mundial em proteger o meio ambiente, sendo considerada uma prática de produção mais limpa, protegendo o meio ambiente, com baixo consumo de água, e alta produtividade, tanto de peixes quanto de hortaliças (SCHMAUTZ. et al., 2017).

Quando comparado este sistema de produção com o sistema convencional (tanque escavado, tanques rede, criação extensiva) de produção de pescado, verifica-se que ele oferece uma série de vantagens, tais como: baixo volume de água para a produção; reúso da água; alta capacidade de estocagem; fácil manejo; pouca mão-de-obra necessária; produção de pescado e hortaliças, entre outras.

O nitrogênio é um elemento essencial para todos os organismos vivos presentes no sistema, pois é o componente do ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA), aminoácidos, proteínas e outros componentes celulares (PRATT e CORNELLY, 2014). A principal fonte de entrada de nitrogênio nos sistemas aquapônicos é a ração para peixes, que é excretada pelos peixes na forma de nitrogênio amoniacal (90%) (TIMMONS et al., 2002).

Assim, o nitrogênio amoniacal excretado pelo peixe fornece nutrientes como fonte de crescimento das plantas. À medida que o efluente da aquicultura flui para o componente hidropônico, os nutrientes são transformados por nitrificação. As bactérias nitrificantes dos gêneros *nitrosomonas* e *nitrobacter* são responsáveis pela conversão da amônia (NH<sub>3</sub>) em nitrito (NO<sup>2-</sup>) e este em nitrato (NO<sup>3-</sup>). Esses nutrientes produzidos são adsorvidos pelas plantas que, juntamente com as bactérias presentes, exercem uma importância na filtragem da água, dessa forma assegura a condição adequada para o desenvolvimento dos peixes (CARNEIRO, 2015).

As plantas consomem uma quantidade maior de NO<sup>3-</sup> em comparação a absorção de outros nutrientes, como por exemplo Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>. O aumento da absorção de NO<sup>3-</sup> acompanha o desenvolvimento da planta, portanto quanto mais a planta cresce maior será a necessidade de consumir o nutriente NO<sup>3-</sup> (WONGKIEW et al.; 2017).

A escolha da espécie de peixe para estocagem deve ser feita de acordo com as necessidades imposta pelo sistema. Algumas das espécies utilizadas na aquaponia são o bagre americano (*Ictalurus punctatus*), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), carpa comum (*Cyprinus carpio*). A tilápia tem sido a espécie mais utilizada neste sistema, por ser bastante rústica e resistente (RAKOCY, 2007).

As espécies de vegetais adaptadas a hidroponia são sempre recomendadas para a aquaponia, a maioria delas tem um excelente crescimento entre pH de 5,8 a 6,2, além de suportarem altos teores de água em suas raízes e significativas variações nos teores de nutrientes, sem que isso altere seu valor nutricional (DE GOES, 2016).

#### 1.1.6. Manejo no sistema de criação de peixe

O manejo tem uma influência direta na limnologia dos sistemas de cultivo, um exemplo que pode ser citado, é o aumento na concentração de cálcio, ocasionando um acréscimo da alcalinidade e pH, condições estas que podem levar a eutrofização da água. Num sistema onde o pH é alto, o  $N_2$  (nitrogênio) é transformado em amônia gasosa ( $NH_4^+$ ) que pode atingir a atmosfera (DA SILVA, 2014). O acúmulo de matéria orgânica introduzida nos sistemas de criação cria condições favoráveis aos famosos *blooms*, que é o crescimento repentino e excessivo de fitoplâncton que acaba interferindo na qualidade da água (QUEIROZ, 2006).

As condições locais apresentadas ao longo de um ciclo produtivo podem influenciar diretamente na dinâmica dos sistemas de criação. Há diferenças limnológicas entre eles, mesmo que o manejo seja feito de forma similar, contendo o mesmo tipo de peixe, a mesma densidade de estocagem, com o abastecimento de água fornecido da mesma fonte (DA SILVA, 2014).

#### 1.1.7. Parâmetros Físico, Químicos e Biológicos

A dinâmica dos processos biológicos e físico-químicos determinam as condições da qualidade da água, isso ocorre através de um ciclo que passa por todos os níveis da cadeia alimentar, desde os produtores passando pelos consumidores, decompositores e de novo aos produtores. Os primeiros indícios de que há modificação de qualquer fator ambiental é dado pelo fitoplâncton (MITRA, 2016).

A Temperatura é um parâmetro físico de grande importância sobre os organismos aquáticos. Tem um profundo efeito sobre o crescimento, a taxa de alimentação e o metabolismo dos peixes, pois estes são animais pecilotermos, ou seja, a temperatura do seu corpo não está internamente regulada, portanto estão subordinados a temperatura do meio em que vivem (HENRY, 2004). Além disso, num sistema de aquaponia, é importante ressaltar que deve ser levado em consideração as exigências dos organismos que fazem parte do sistema, para o funcionamento normal dele.

A água possui de forma natural uma quantidade variável de oxigênio dissolvido. E essa é uma das medidas mais aplicadas, para obter informações a respeito das trocas biológicas e bioquímicas da água. Esse oxigênio é produzido por fotossíntese, das algas e plantas aquáticas, ou

é proveniente da atmosfera. O oxigênio dissolvido é promovido para a respiração de vários microrganismos aeróbios e com o excesso de matéria orgânica o oxigênio é reduzido no ambiente (ZEITOUNI, 2004).

Em qualquer sistema aquático, o pH é o principal fator que controla o metabolismo dos peixes, atividades microbianas e afeta a disponibilidade de nitrogênio às plantas (ZOU et al., 2016). A oxidação biológica de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_2^-$  e a atividade de nitrificantes diminuem quando o pH está abaixo de 6,4 e acima de 9,0 (RUIZ et al., 2003).

O pH também rege a solubilidade de outros micronutrientes, como cálcio, fósforo, potássio, magnésio etc., o que afeta a biodisponibilidade de nutrientes para a absorção das plantas (RESH, 2013). O pH em fase aquosa é tamponado por alcalinidade a variação recomendada para sistemas aquapônicos varia de 100– 150 mg / L como  $\text{CaCO}_3$ . O pH pode ser periodicamente ajustado usando hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), que também fornecem os nutrientes essenciais às plantas (RAKOCY et al., 2003).

A alcalinidade total é a medição da capacidade da água de neutralizar ácidos fortes. Os principais constituintes da alcalinidade são o bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). A alcalinidade total é a concentração total das bases que são tituláveis na água, neste temos como exemplo o bicarbonato e o carbonato. Uma mudança na alcalinidade do ambiente pode afetar o pH (M. V. C. SÁ & D. H. CAVALCANTE, 2009).

A concentração de cátions multimetálicos em solução refere-se à dureza da água, e os cátions mais comuns são os  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ . Os valores tanto da dureza total quanto da alcalinidade são equivalentes quando os íons  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  estão associados aos íons de bicarbonatos e carbonatos (KUBTIZA, 2003). Além disso, a alcalinidade pode aumentar quando o pH alcançar valores altos, pela adição de bases fracas como o bicarbonato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) influenciando na eficiência de utilização de nitrogênio no sistema integrado.

A amônia possui caráter básico, portanto quando o pH do meio está alto, há uma grande concentração de amônia. O ideal é que a concentração da amônia total fique abaixo de 1,5 a 2 ppm em sistemas de criação de peixes (HU et al., 2015). Os resíduos metabólicos resultante da excreção nitrogenada dos peixes, e da decomposição microbiana (restos de alimentos, fezes, adubos orgânicos), dentro dos viveiros a amônia é produzida pela conversão biológica do nitrogênio orgânico (SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) é oriundo da oxidação parcial da amônia pelo processo de nitrificação, também é considerado tóxico para os peixes, porém o nitrito não permanece no sistema, ele é oxidado por bactérias gênero *nitrobacter*, gerando assim o nitrato, que não é tóxico aos animais (TOKUYAMA, 2004).

Os sólidos dissolvidos, além de gerarem problemas no sistema de recirculação, como a obstrução de canos, consomem oxigênio e produzem amônia. Os sólidos são retirados do ponto de saída do fundo do tanque de cultivo dos peixes, e enviados para o tanque de decantação (DE AZEVEDO et al., 2014).

## 1.2. Comunidades do Fitoplâncton na Qualidade da Água

São organismos fotossintéticos constituídos por um conjunto de diversificados grupos taxonômicos, ou seja, possuem diferentes necessidades fisiológicas, respondendo de forma distinta a alguns parâmetros físico-químicos, como luz, temperatura e regime de nutrientes (CALIJURI, et. al, 2006).

As cianofíceas também conhecidas como cianobactérias ou algas azuis pertencem à classe taxonômica Cyanophyceae, habitam, principalmente, ambientes aquáticos lênticos e muito eutrofizados. As cianobactérias são microrganismos procarióticos, aeróbicos e fotoautotróficos, possui um elevado número de espécies tóxicas e capacidade de formar florações que, por sua vez, representam um problema para a qualidade da água em todo o mundo (JARDIM, 2011).

A composição e biomassa de espécies de fitoplâncton em sistemas de criação de peixes dependem de uma série de fatores, tais como temperatura, luz, quantidade de nutrientes disponível, entre outros. Os ambientes de água doce são mais apropriados para o crescimento de algas azuis com pH entre 6 e 9 (de neutro à alcalino), temperatura de 15 a 30°C, e com uma alta concentração de nutrientes, principalmente fosfatos e nitratos (ZAGATTO, 2006).

A comunidade fitoplanctônica pode detectar as modificações presentes nas características físicas e químicas dos ambientes aquáticos, sendo usualmente empregados como bioindicadores de qualidade de água (CAVALCANTE, D. H., & SÁ, M. V. C. 2010).

Abaixo segue a descrição de alguns grupos, segundo Esteves (2011) no sistema de classificação utilizado por Bicudo e Menezes (2006).

\* Chlorophyceae: Divisão Chlorophyta (clorófitas ou algas verdes), possuem clorofila a e b e amido como substância de reserva. Este grupo é o mais frequente em águas doces. O habitat em que vivem são de preferência mesotróficos a eutróficos e são cosmopolitas. AS principais ordens lacustres são Chlorococcales (*Scenedesmus*, *Pediastrum*) e Volvocales (*Chlamydomonas*;

\* Cianobacteria: (Cyanophyta, Cianobactéria ou algas azuis) são organismo unicelulares e procariontes, ou seja, não apresentam seu material genético. Possui clorofila a e glicogênio como substância de reserva. São coloniais ou não, ou filamentosas, com algumas espécies fixadoras de nitrogênio atmosférico, formadoras de estrutura de resistência, e geralmente possuem mucilagem. Alguns exemplos de gêneros são: *Oocystis borgei*, *Microcystis* e *Anabaena*, etc.

\* Bacillariophyceae: (Diatomáceas) a maioria são organismos unicelulares, e constitui o maior grupo de algas eucarióticas. Sua principal característica é a parede celular formada por duas metades constituídas principalmente de sílica, com diferentes formas. Exemplo de gêneros: *Cyclotella* e *Pinnularia*, etc.

\* Euglenophyceae: São organismos unicelulares, possuem clorofila a e b e paramilo como reserva de substância e muitos dos indivíduos realizam o processo de fotossíntese, outros fagocitam partículas ou se alimentam por simples difusão. Estão presentes em matéria orgânica em águas doces. Possui gêneros como *Euglena*, *Strombomonas*, etc.

A eutrofização é o evento que causa um acúmulo de nutrientes na água, provocando o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas. Em tanques de criação de peixes, a eutrofização pode ocorrer pelo excesso de adubação (BIATO, 2005). A proliferação de algas pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, e ainda as cianobactérias que causam sabor desagradável nos peixes podem se manifestar em grande escala, pois são de difícil assimilação (SIPAÚBA-TAVARES, et. al, 2010).

A estrutura da clorofila *a* foi confirmada por síntese total e a sua configuração absoluta foi estabelecida da mesma maneira (Figura 1). A clorofila-a é encontrada em todas as plantas que inclui o O<sub>2</sub> (oxigênio) durante o processo de fotossíntese e é a principal clorofila encontrada nas algas e em plantas que produzem sementes, podendo ser facilmente extraída destes vegetais (SOARES, et. al, 2006).



A clorofila *a* é comumente utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica, ou seja, um indicador do crescimento de algas devido ao enriquecimento por nutrientes, sobretudo nitrogênio e fósforo, que geram o processo chamado de eutrofização. A clorofila *a* pode ser considerada uma importante variável indicadora do estado trófico de um viveiro de criação de peixes e muito útil para avaliar o impacto de contaminantes orgânicos e inorgânicos etc. (CETESB, 2014).

A clorofila *a* pode ser modificada para a sua versão desmetalada, a qual é chamada feofitina *a*, onde o íon metálico  $Mg^{2+}$  é substituído por dois átomos de hidrogênio. A obtenção da feofitina ocorre pela reação de hidrólise ácida (Figura 2), (DA SILVA SOARES, 2006).

O método espectrofotométrico de Richards e Thompson (1952), modificado por Creitz e Richards (1955), para aferir os pigmentos do fitoplâncton, ainda é muito utilizado. Esse método envolve a medida da absorvância em três comprimentos de onda, para medir as clorofilas *a*, *b* e *c*, e é conhecido como método tricromático. Como a clorofila *a* é o pigmento predominante e está presente em todos os grupos vegetais, sendo a indicadora ideal da biomassa fitoplanctônica, o método espectrofotométrico monocromático está sendo o mais utilizado atualmente (CETESB, 2014).

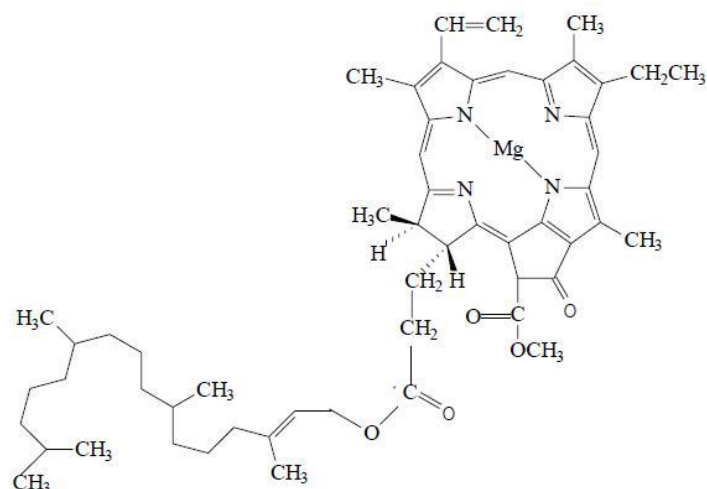


Figura 1: Estrutura molecular da clorofila *a* (SOARES, et. al, 2010).

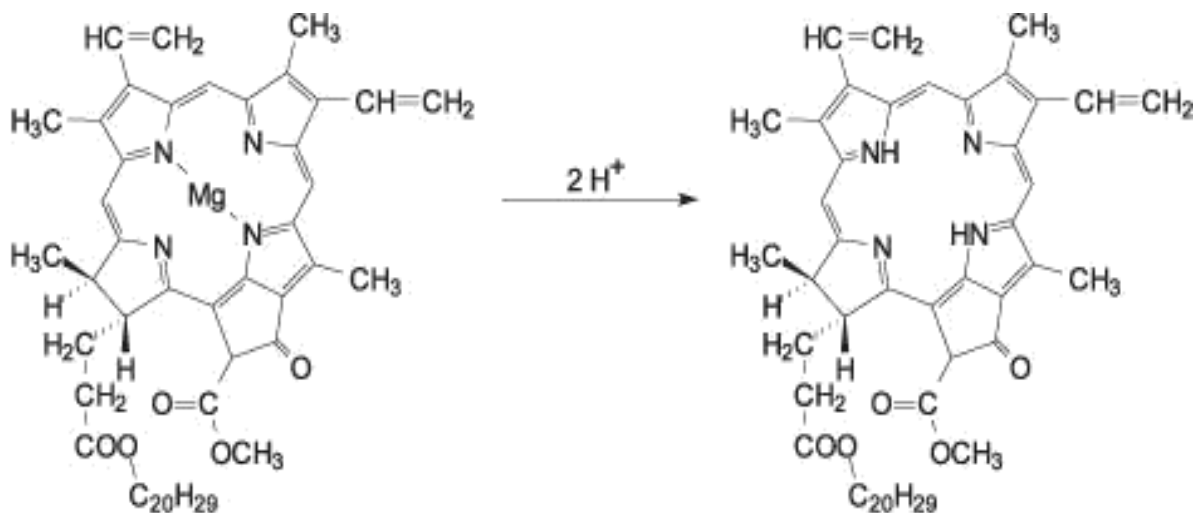


Figura 2: Esquema das reações de obtenção da feofitina a através da clorofila a pôr acidificação (SOARES, et. al, 2010).

### 1.3 A escolha das espécies de peixes e hortaliças cultivadas no sistema aquapônico

A escolha das espécies de hortaliças mais adaptadas a cultivos hidropônicos em sistema de aquaponia está relacionada de forma direta com densidade de estocagem dos peixes nos tanques. Algumas hortaliças como: alface, manjericão, espinafre, almeirão, agrião e orégano, por apresentarem poucas exigências nutricionais e um rápido crescimento, se adaptam muito bem em sistemas aquapônicos (DIVER, 2006). O rendimento vegetal comparado entre diferentes formas de cultivos, por exemplo, em aquaponia, hidroponia e em solo, tem demonstrado equivalência em rendimento de variedades plantadas tanto na hidroponia quanto na aquaponia, e ambas possuem rendimento superior ao cultivo em solo em diversos parâmetros (BRAZ, 2010).

Existem várias espécies de peixes que apresentam grande potencial para os sistemas de aquaponia, sendo os de água doce os principais, todavia espécies que possuem maior tolerância as variações de salinidade também podem ser cultivadas. Para gerar uma produção de qualidade deve-se sempre levar em consideração as características biológicas, adaptação climática e quando o objetivo é a comercialização, a demanda de mercado.

No mundo, as principais espécies cultivadas em sistemas de aquaponia são as tilápias, bagres, trutas, carpas, carpas coloridas, robalos e inclusive alguns crustáceos como o camarão de água doce (EMERENCIANO et al., 2015) e pesquisas sobre a dinâmica limnológica no cultivo das diferentes espécies de peixes e plantas na aquaponia são escassos.

Neste sentido, considerando que no Brasil existem poucos produtores que utilizam este sistema, estudos que relacionam os parâmetros de qualidade de água possuem grande importância na produção de peixes e neste caso também das hortaliças, com isso o presente trabalho tem como objetivo analisar estes parâmetros, a fim de observar as interferências que eles causam no sistema.

## 2. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, E.J.A.; Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de *Brycon orbignyanus* sob dois tipos de tratamentos alimentares. Dissertação. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” UNESP, Jaboticabal-SP, 120p, 1999.
- BIATO, D.O. Detecção e controle do off flavor em Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio de depuração e defumação. Dissertação. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2005.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Gêneros de algas continentais do Brasil: chave para identificação e descrição. 2<sup>a</sup> edição. 502 p. Rima, 2006.
- BRAZ FILHO, M. S. P. Aquaponia: alternativa para sustentabilidade na aquicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 24, 2014. Anais... Vitória: UFES, 2014.
- BRAZ, M.. Qualidade na produção de peixes em sistemas de recirculação de água. Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo, SP. 2010.
- CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; DOS SANTOS, A. C. A. Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais. São Carlos: Rima, 2006. 118 p. 14.
- CARNEIRO, P., MARIA, A., FUJIMOTO, R., & NUNES, M. Sistemas familiar de aquaponia em canaletas. Embrapa Tabuleiros Costeiros Técnica (INFOTECA-E). 2016.
- CAVALCANTE, D. H., & SÁ, M. V. C. (2010). Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo da tilápia do Nilo. *Revista Ciência Agronômica* 41(1), 67-72.
- CETESB, C. A. D. E. D. S. P.-. Determinação de Clorofila a e Feofitina a: método espectrofotométrico - L5.306. , , n. 11, p. 14, 2014.
- Da SILVA SOARES, R.R. 2006. Estudo de propriedades da clorofila a e da feofitina a visando a terapia fotodinâmica. Tesis de Maestría en Química, Universidade Estadual de Mirangá, Mirangá. 29-31 pp.
- DA SILVA. B. D. Comunidade bacteriana em viveiros de aquicultura. Dissertação. UNESP-Câmpus de Jaboticabal-SP, 2014.
- EMERENCIANO, M. et al. Biofloc technology in intensive broodstock farming of the pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum*: spawning performance, biochemical composition and fatty acid profile of eggs. *Aquaculture Research*, v. 45, n. 10, p. 1713-1726, 2014. ISSN 1365-2109.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges. FAO, Rome, Italy.
- GRAHAM T; ZHANG P; WOYZBUN E; DIXON M. 2011. Response of hydroponic tomato daily applications of aqueous via drip irrigation. *Scientia Horticulturae* 129: 464-471.

HENRY, R. 2004. A variabilidade de alguns fatores físicos e químicos da água e implicações para amostragem: estudos de caso em quatro represas do Estado de São Paulo. In: BICUDO, C.E.M. e BICUDO, D.C. Amostragem em limnologia. São Carlos: Rima. p.245-262.

HERRERO B; BLÁZQUEZ ME; CRISTÓBAL MD. 2014. Agronomic parameters assessment in hydroponic tomato crop. *Horticultura Brasileira* 32: 385-390. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620140000400003>.

HU, Z., LEE, J.W., CHANDRAN, K., KIM, S., BROTTTO, A.C., KHANAL, S.K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresour. Technol.* 188, 92–98.

HUNDLEY, G.C.; NAVARRO, R.D.; FIGUEIREDO, C.M.G. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Origanum basilicum*) em sistemas de Aquaponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.3, p.51-55, 2013.

KUBITZA. F. Aquicultura no Brasil: Conquistas e Desafios. *Panorama da AQUICULTURA*, julho, agosto 2015.

KUBITZA. F. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí: Degaspari, 2003, 229p.

KUBITZA. F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. São Paulo: Degaspari, 2000, 289p.

LOVE, D.C., FRY, J.P., GENELLO, L., HILL, E.S., FREDERICK, J.A., LI, X., SEMMENS, K., 2014. An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS One* 9, e102662.

MAGALHÃES AG; MENEZES D; RESENDE LV; BEZERRA NETO E. 2010. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. *Horticultura Brasileira* 28: 316-320

MILLANI, Thiago. Introdução à piscicultura sustentável viveiros escavados e tanques-rede. 2012. Disponível em: <http://201.2.114.147/bds/BDS.nsf/cartilhapisciculturaforumdasaguas.pdf>. Acesso dia 25-08-2016. 15

MITRA, A., et al. 2016. Defining planktonic protist functional groups on mechanisms for energy and nutrient acquisition: incorporation of diverse mixotrophic strategies. *Protist* 167:106–120.

- NASCIMENTO. L. F; OLIVEIRA. D. D. M. Noções básicas sobre piscicultura e cultivo em tanques-rede no Pantanal. Embrapa Pantanal. Corumbá- MS 2010.
- NETO. E. N. Apostila de piscicultura. UFMT- faculdade de agronomia e medicina veterinária. Departamento de zootecnia e extensão rural. Cuiabá- MT, 2008.
- PRATT, C.W., CORNELLY, K., 2014. Essential Biochemistry, 3rd ed. John Wiley and Sons, Inc., MA.
- QUEIROZ. F. J. Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aquicultura. Jaguariúna-SP. Dezembro, 2006.
- RAKOCY, J. E. Ten Guidelines for Aquaponic Systems. Aquaponics Journal, v.46: 14-17, 2007.
- RESH, H.M., 2013. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower, 7th ed. CRC Press, Northwestern.
- ROOSTA, H. R.; AFSHARIPOOR, S. Effects of different cultivation media on vegetative growth, ecophysiological traits and nutrients concentration in strawberry under hydroponic and aquaponic cultivation systems. Advances in Environmental Biology, Jaipur, v.6, n.2, p.543-555, fev. 2012.
- RUIZ, G., JEISON, D., CHAMY, R., 2003. Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration. Water Res. 37,1371–1377. S. Nazeer et al. / Environmental Technology & Innovation 9 (2018) 38–50.
- SANTOS. B.G; JACOBSEN. F. R. Viabilidade da expansão da produção do peixe Patinga em tanque escavado no município de Macaraí/SP. Perspectivas e Tendências em Bioenergia e Produção de Alimentos. Faculdade de Tecnologia de Ourinhos/SP, 16 a 18 de outubro de 2013.
- SCHMAUTZ, Z. JUNGE, R. GRABBER, A. Microbial diversity in different compartments of an aquaponics system, Arch Microbiol (2017) 199:613–620, 2017.
- SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A.J.; MUNGIOLI, R. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. BNDES Setorial, v.35, p.421-463, 2012.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H., LOURENÇO, E.M., BRAGA, F.M.S. 2010. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. Acta Sci. Biol. Sci 32, 9- 15, 2010.
- TIMMONS, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. Recirculating Aquaculture Systems, 2nd. ed. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY.
- TOKUYAMA, T.; et al., Nitrosomonas communis strain YNSRA, an ammonia-oxidizing bacterium, isolated from the reed rhizoplane in an aquaponics plant. Journal of bioscience and bioengineering, v. 98, n. 4, p. 309-312, 2004
- TUCKER, S. Off-flavor problems in aquaculture. Reviews in Fisheries Science, Philadelphia, v. 8, n. 1, p. 45-88, 2000.

WONGKIEW S. et al. / *Aquacultural Engineering* 76 (2017) 9–19 Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. 0144-8609. Elsevier B.V. All rights reserved.

ZAGATTO, P.; BERTOLETTI, E. (eds.) *Ecotoxicologia aquática. Princípios e aplicações*. São Carlos: RiMa, 2006, 464p.

ZEITOUNI. R. *Educação ambiental*. Disponível em [www.bio2000.hpg.ig.com.br/limnologia](http://www.bio2000.hpg.ig.com.br/limnologia). Acesso dia 12-09-2016.

ZOU, Y., HU, Z., ZHANG, J., XIE, H., GUIMBAUD, C., FANG, Y., 2016. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. *Bioresour. Technol.* 210,81–87.

CAPÍTULO ÚNICO- ARTIGO

Artigo nas normas da revista Agriambi



## **Dinâmica de parâmetros limnológicos em dois sistemas de aquaponia**

### **RESUMO**

Aquaponia é o nome dado a um sistema que integra a criação de peixe e o cultivo de hortaliças. Este sistema tem baixo consumo de água e alto aproveitamento dos resíduos orgânicos. Na literatura mundial há pouca informação sobre a limnologia do sistema, como as características químicas e físicas deste ambiente, portanto o objetivo desse estudo foi avaliar as variações dos parâmetros limnológicos em dois sistemas de aquaponia. O estudo foi realizado em 8 tanques de julho a setembro de 2017. Nos dois sistemas, a tilápia era o pescado criado, a diferença entre eles deu-se pelo cultivo das hortaliças, um sistema com alface e o outro com tomate. Amostras de água foram coletadas para os estudos qualitativos, quantitativos e para a determinação das concentrações de clorofila *a*. Simultaneamente, foram medidos os parâmetros físico-químicos da água: oxigênio dissolvido, alcalinidade, dureza, condutividade elétrica, totais de sólidos dissolvidos, amônia, nitrito. Para identificar os grupos de fitoplâncton, as amostras foram fixadas com lugol e posteriormente feita à contagem dos indivíduos na câmara de Sedgwick- Rafter. Foram identificados 16 táxons entre *Bacillariophyta*, *Clorophyta* e *Cyanophyta*. A concentração de clorofila *a* foi maior no sistema alface e acompanhou a densidade fitoplanctônica. As concentrações de amônia e nitrito foram altas em ambos os sistemas, essa condição favoreceu a ação das bactérias nitrificantes na produção de nitrato. Os aspectos das escolhas de diferentes espécies de hortaliças foi um dos contribuintes para os diferentes resultados dos parâmetros analisados.

Palavra-chave: SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO, PISCICULTURA INTEGRADA, RESÍDUOS ORGÂNICOS.

### **ABSTRAT**

Aquaponics is the name given to a system that integrates the creation of fish and growing vegetables. This system has low water consumption and high utilization of organic waste. In the world literature there is little information about the limnology of the System As the chemical and physical characteristics of this environment, so the objective of this study was to evaluate the variations of the parameters limnological in two aquaponics systems. The study was carried out in 8 Tanks of June to September of 2017. In both systems, tilapia was the fish created, the difference between them was the growing of vegetables, a system with lettuce and the other with Tomatoes. Water samples were collected for qualitative, quantitative studies and for the determination of Chlorophyll-a concentrations. At the same

time, the physico-chemical parameters were measured's the water: Dissolved oxygen, alkalinity, hardness, electrical conductivity, totals of dissolved solids, ammonia, nitrite. For Identify the phytoplankton groups, the samples were fixed with lugol and subsequently made to the count of Individuals In the chamber of Sedgwick-rafter have been identified 16 Taxa Between *Bacillariophyta* *Clorophyta* And *Cyanophyta*. The concentration of chlorophyll *a* was larger in the lettuce system and accompanied the density phytoplankton. The concentrations of ammonia and nitrite were high in both systems, this condition favored the action of nitrifying bacteria in the production of nitrate. The aspects of the choices of different species of vegetables were one of the contributors to the different results of the analyzed parameters.

Key word: RECIRCULATION SYSTEMS, INTEGRATED FISH FARMING, ORGANIC WASTE

## 1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, surgiram vários desafios ambientais, sociais e econômicos, o que impulsionaram a necessidade de novas soluções e tecnologias para a produção de alimentos. A produção sustentável traz a possibilidade de gerar alimentos de melhor qualidade, maior quantidade e de menor agressão ao meio ambiente, práticas essas, essenciais no mundo atual (Ashley et al., 2016; Van der Goot et al., 2016).

Em consequência deste cenário, o sistema de aquaponia ganhou força, pois apresenta a possibilidade de uma produção tanto de pescado quanto de hortaliças com perda mínima de água e nutrientes.

A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo). Este sistema trata-se da integração entre a criação de organismos aquáticos, principalmente peixes, e o cultivo de vegetais hidropônicos (Schmautz et al., 2017).

A estrutura principal para um sistema aquapônico pode apresentar variações, mas algumas estruturas são indispensáveis para realizar os principais procedimentos, tais como: os tanques de criação de peixes, bancada para cultivo de hortaliças, tanque para tratamento e decantação dos sólidos por filtros. Após percorrer todo o sistema, a água retorna para os tanques de criação (Rakocy et al., 2006).

O volume de água necessário para abastecer um sistema de aquaponia é baixo, se comparado ao sistema de aquicultura tradicional, onde a renovação de água é constante. Uma vez abastecido e em funcionamento, o biosistema pode ficar por muitos meses sem a necessidade de troca de água (Hundley et al., 2013; Junge, et al., 2017).

A qualidade da água em sistema de criação de peixe é resultado de influências externas (qualidade da fonte de água, alimento oferecido ao peixe etc.) e internas (densidade de peixes, interações físico-químicas e biológicas) (Somerville et al 2014). Os principais parâmetros de qualidade de água são: transparência, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura, amônia, nitrito e clorofila-a.

Estudos sobre a correlação entre comunidades de fitoplancônicas e os parâmetros físicos e químicos em ambiente natural foram realizados em vários estados brasileiros, porém em ambientes controlados, no caso da aquaponia, não existe esse tipo de informação.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a dinâmica das comunidades fitoplanctônicas, assim como as variações de parâmetros físicos e químicos, em dois sistemas de aquaponia.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Área de Estudo**

O sistema de aquaponia localizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) pertence a Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), região centro-sul do estado de Mato Grosso do Sul. A altitude média é de 446 m, e as coordenadas são 22 ° 11 '45' 'de latitude sul e 54 ° 55' 18 " de longitude norte.

A área possui um pouco mais de 2 mil m<sup>2</sup>, foi criada com o propósito de estudo e pesquisas da academia, a fim de obter maior conhecimento sobre o assunto.

Os sistemas analisados são compostos por 4 tanques de produção de peixes interligados a bancada de hortaliças, sendo um sistema denominado de SA (sistema alface) e o outro de ST (sistema tomate) (Tabela 1).

**TABELA 1. CARACTERÍSTICAS DOS DOIS SISTEMAS AVALIADOS**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>SA</b>	<b>ST</b>
Data de início de experimento	Julho/2017	Julho/2017
Densidade de estocagem	30-50	30-50
Tamanhos dos tanques	2000L	2000L
Volume de água dos tanques	2000L	2000L
Periodicidade de arraçoamento	2x por dia (manhã e tarde)	2x por dia (manhã e tarde)
Quantidade de ração por trato	2 porções diárias	2 porções diárias
Composição da ração	Cálcio, extr. etéreo, fósforo, mat. fibrosa, mat. mineral, proteína bruta e umidade; com peso de 30 a 200g	Cálcio, extr. etéreo, fósforo, mat. fibrosa, mat. mineral, proteína bruta e umidade; com peso de 30 a 200g
Número de filtros biológicos	1 (tela de sombrite)	1 (tela de sombrite)
Número de plantas por sistema	6 pés de tomate por 2m <sup>2</sup>	6 pés de tomate por 2m <sup>2</sup>
Espécie variedade de plantas	2 espécies de tomate	2 espécies de tomate
Monitoramento da água	1 vez por semana /manhã	1 vez por semana /manhã
Biometria	800- 1900g	800- 1900g
Intervenções (tratamentos com medicamentos)	Sulfato de alumínio, quando o pH estava alto para o sistema	Sulfato de alumínio quando o pH estava alto para o sistema
Destino dos resíduos gerados	Decantador- lagoa de dejetos	Decantador- lagoa de dejetos

## 2.2. Variáveis físicas, químicas e biológicas de qualidade de água.

Para cada amostra de água dos dois sistemas, os parâmetros (oxigênio dissolvido em mgO<sub>2</sub>/L, pH, temperatura da água em C°, condutividade elétrica em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , sólidos dissolvidos totais em mg/L) foram aferidos por uma sonda multiparamétrica (Hanna–HI9828/4), sendo que a alcalinidade em mg CaCO<sub>3</sub>/L, dureza em mg CaCO<sub>3</sub>/L, amônia em mg NH<sub>3</sub>/L, e nitrito em mg N/L, foram medidos através do método colorimétrico (Alfa-kit).

### 2.3. Coleta das amostras de fitoplâncton e clorofila-a

As coletas foram realizadas uma vez por semana num período de 2 meses, no total de 8 tanques analisados, sendo que as amostras foram retiradas de 4 tanques de ambos os sistemas. Para as amostras de fitoplâncton foram utilizados frascos de vidro de 100 mL.

Após a coleta as amostras foram fixadas com 3 gotas de solução de lugol, para melhor identificação, e armazenadas na geladeira do laboratório de Biologia Aquática Aplicada da Universidade Federal da Grande Dourados. Para quantificação de clorofila-a, as amostras foram coletas em frascos de polietileno de 300 mL, em seguida filtradas no laboratório.

### 2.4. Identificação da comunidade de fitoplâncton

As amostras fixadas com lugol foram homogenizadas, em seguida retirado 5 mL com ajuda de uma pipeta de pasteur, que foi colocada em tubos de ensaio para o processo de centrifugação (2000 rpm por 20 minutos, e posterior contagem em câmara de Sedgwick- Rafter. O volume de amostra utilizada foi de 1mL e realizado em triplicata.

### 2.5. Filtragem e quantificação da clorofila-a

A filtragem foi realizada minimizando qualquer luminosidade incidida sobre a amostra. O suporte utilizado para filtração era composto por uma bomba de vácuo ligada a um kitasato sob membrana de fibra de vidro (GF/F, com 0,7 µm de porosidade e 47 mm de diâmetro-), anteriormente as membranas foram calcinadas a temperatura de 450 °C durante 4 horas, a fim de evitar contaminação de compostos inorgânicos e/ou orgânicos.

A amostra foi homogenizada e medido o volume de 200 mL. Após a filtração a membrana de vidro foi retirada com ajuda de uma pinça cuidadosamente, evitando contato com as mãos, foi dobrada ao meio, de modo que o material filtrado ficasse do lado interno da dobra, a membrana foi guardada em tubo tipo falcon e armazenadas na geladeira à -20 °C.

## 2.6. Extração da clorofila -a e leitura em espectrofotômetro UV/ Vis

As amostras de lote mais antigo foram realizadas primeiro. Nos tubos que continham as membranas de vidro foi adicionado 5 mL de acetona 90%, em seguida macerou com um bastão de vidro com cuidado para não despedaçar a membrana. Posteriormente, os tubos foram colocados num suporte e refrigerados à temperatura de 21°C, durante 2 horas.

Após esse período, as amostras passaram pelo processo de centrifugação (20 min a 3000 rpm). Com cuidado foram retirados os tubos da centrífuga, para que o precipitado não suspendesse. Foi utilizada uma concentração de 3 mL do sobrenadante, depositada em vidros de penicilina.

Com uso de cubeta (vidro) espectrofotométrica de 1 cm de caminho óptico, foi adicionado 3 mL de acetona 90% usada como branco e em outra cubeta 3 mL da amostra a ser analisada.

As leituras foram realizadas nos comprimentos de 664, 665 e 750 nm. Após todas as leituras, foi realizado a acidificação das amostras, pela adição de 50µL de HCl a 0,1 mol/L, da mesma forma foi feita as leituras nos mesmos picos que a anterior.

## 2.7. Cálculo da clorofila-a e feofitina-a

Foram filtrados 200 mL de água para extração dos pigmentos. Foi utilizada uma cubeta espectrofotométrica de 1 cm de caminho óptico, e utilizados 5 mL de acetona 90% na extração.

As leituras a 750 nm, antes e depois da acidificação, medem apenas a turbidez da amostra. Portanto estas leituras devem ser subtraídas no comprimento de onda de 664 nm antes da da acidificação (HCl 0,1 mol/L), e no comprimento de onda de 665 nm depois da acidificação (converteu a ácido), obtendo-se assim as leituras corrigidas, CETESB (2014).

Cálculo para a correção da Turbidez:

$D_{664c}$  = Densidade óptica a 664 nm, corrigida - obtida antes da acidificação (664nm – 750nm)

D665c= Densidade óptica a 665 nm, corrigida - obtida depois da acidificação (665nm – 750nm)

Equação da Clorofila -a;

$$\text{Clorofila } a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 26,73 \times (\text{D664c}-\text{D665c}) \times \left( \frac{v}{V \times L} \right)$$

Equação da Feofitina -a;

$$\text{Feofitina } a \text{ (}\mu\text{g/L)} = 26,73 \times [(1,7 \times \text{D665c}) - \text{D664c}] \times \left( \frac{v}{V \times L} \right)$$

Onde:

V= Volume, em litros, da amostra filtrada

v= Volume, em mL, de acetona 90% usada para extração

L= Caminho óptico, em cm, da cubeta espectrofotométrica usada

D664c= Densidade óptica a 664 nm, corrigida.

D665c= Densidade óptica a 665 nm, corrigida.

## 2.8. Análise estatística

A análise de coordenadas principais (PCoA) é uma generalização do PCA, na qual os autovalores são extraídos de uma matriz de similaridade ou de distâncias. A principal vantagem é que esta técnica pode ser aplicada quando as relações entre as variáveis não são lineares.

A PCoA foi empregada a fim de explicar as principais tendências observadas de variação da qualidade da água no decorrer do período de coleta, gerando a possibilidade de identificação dos principais componentes responsáveis pela variação dos dados físicos, químicos e biológicos que caracterizam a água dos sistemas. Esta análise possibilita a correlação entre os parâmetros físico-químicos dos dados obtidos em experimentos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As diferenças observadas nos dois sistemas estudados indicam que o cultivo de espécies distintas de hortaliças exige uma combinação de requisitos específicos de cada espécie produzida, ou seja, as exigências nutricionais, características fisiológicas que interferem na dinâmica dos parâmetros físicos e químicos da água do sistema.

Alguns dos parâmetros medidos apresentaram variações no sistema alface (SA) e sistema tomate (ST), dentre eles o nitrito, totais de sólidos dissolvidos, a amônia e clorofila-a, todos os outros se mantiveram estáveis, exceto a dureza que no SA obteve uma variação considerável (Figura 1).

O pH variou de 6.5 a 7.7, sendo que no ST foi bastante estável em todo o experimento (Figura 1). O pH em sistema aquapônico deve estar entre 6.4 a 7.5, na faixa ótima para o crescimento de tilápias, ideal para o processo de nitrificação bacterianas, é ligeiramente superior para cultura hidropônica de plantas, porém não é prejudicial (El-Sherif et al., 2009; Diem Thuy et al., 2017).

A alcalinidade no ST registrou maiores valores em comparação ao SA, sendo que na primeira semana os dois sistemas apresentaram os menores valores. De acordo com Roosta et al., (2011) a alcalinidade da água se refere a quantidade de bicarbonatos e carbonatos disponíveis no ambiente, elementos importantes na produtividade, pelo fato de fornecerem gás carbônico no processo de fotossíntese, o que pode afetar o pH e a alcalinidade, pois ocorre o consumo do CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono).

Na primeira semana de coleta (Figura 1), o valor do pH estava alto nos dois sistemas e a alcalinidade estava baixa. Na nona semana a alcalinidade registrou um valor alto de 158 mg/L, no ST, e pH deste dia sofreu uma queda (6,8), perante isso, há possibilidades que a concentração de CO<sub>2</sub> disponível no sistema estava maior.

A variação temporal dos níveis de dureza no SA atingiu o valor de 185,5 mg CaCO<sub>3</sub>/L, na sexta semana, e o mínimo registrado foi de 93,5 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Segundo Braz et al., (2011) a água quando analisada pode apresentar dureza moderada de 75-150 mg/L ou dura entre 150-300 mg/L.

De acordo com Kress et al., (2013) & Junge et al., (2017) a dureza influencia na composição do plâncton e na ação das bactérias decompositoras do filtro biológico. Na maioria dos estudos em sistemas que integra os cultivos hidropônicos com a atividade da piscicultura, os resultados mostram o parâmetro da dureza mais elevado, o que pode ocorrer em função da água que alimenta o sistema, neste caso, as águas dos dois sistemas são de poço artesiano.



No ST, nas amostras da nona semana, a alcalinidade (158,25 mg/L) e dureza (157,8 mg/L) apresentaram valores próximos, isso estabelece que o Cálcio e o Magnésio, encontram-se completamente associados com os íons bicarbonatos e carbonatos (Figura 3).

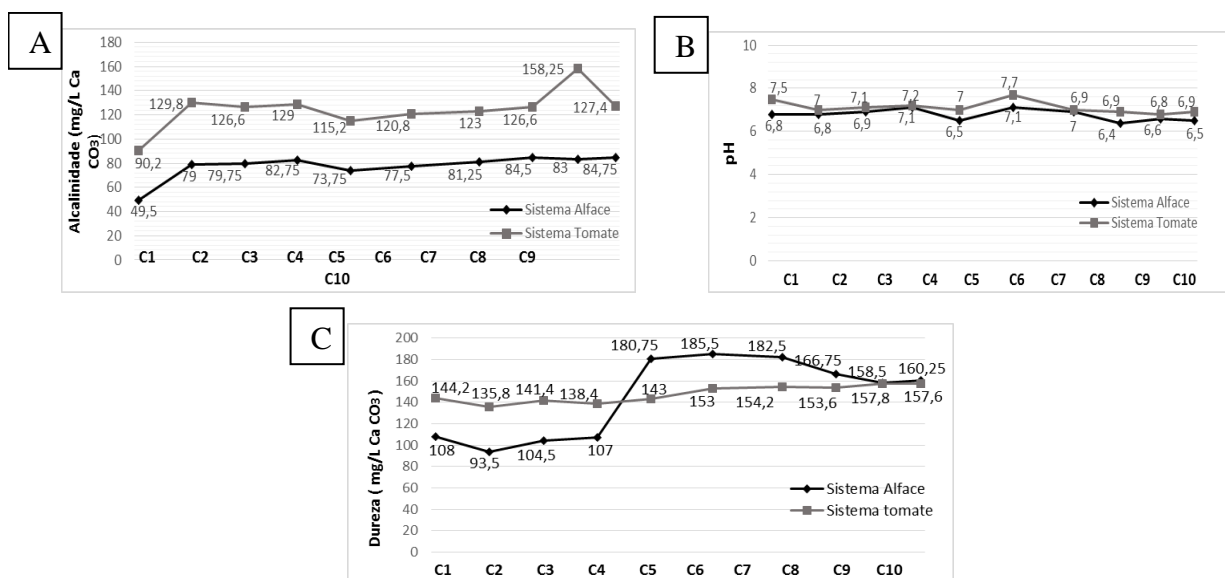


Figura 1: Variação temporal da Alcalinidade (F1A) do pH (F1B), e da Dureza (F1C) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST.

O teor de amônia nos sistemas SA e ST registram algumas oscilações durante o período de coleta. As oscilações são atribuídas aos resíduos gerados pelos peixes provenientes de uma alimentação diária rica em proteínas, em consequência, a produção de dejetos e as sobras da ração fornecida nos sistemas alteram os valores de amônia (Tyson et al., 2008).

Em sistemas aquapônicos, o NH<sub>3</sub> (amônia) precisa ser oxidado a NO<sub>3</sub><sup>3-</sup> (nitrato), que não é tóxico para peixes, mesmo em altas concentrações (Graber & Junge., 2009; Hu et al., 2014). No entanto, as concentrações de NH<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub><sup>2-</sup> (nitrito) devem ser mantidas em níveis baixos (Buzby & Lin., 2014).

Alguns estudos mostraram que em sistemas aquapônicos de ótima operação, as concentrações de NH<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub><sup>2-</sup> estavam altas, porém isso não afetou o pescado nem as hortaliças (Rakocy et al., 2003; Hu et al., 2015), porém aumentou o NO<sub>3</sub><sup>3-</sup> disponível no sistema.

Os dois parâmetros apresentaram altas concentrações de  $\text{NH}_3$  e  $\text{NO}_2^-$ , no entanto, o ST (Figura 2), apresentou as concentrações tanto do  $\text{NH}_3$  quanto do  $\text{NO}_2^-$  com maiores oscilações durante o período de coleta, quando comparado com o SA.

Quando há uma grande quantidade de  $\text{NO}_3^-$ , que é gerado em sistemas aquapônicos pelo processo de nitrificação, ocorre o acúmulo deste íon na água do sistema (Kuhn et al., 2010).

Este resultado pode gerar desequilíbrio entre a geração e a utilização de  $\text{NO}_3^-$ , diante disso existem dois processos que podem ocorrer num sistema aquapônico: o acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  e a depleção de  $\text{NO}_3^-$ , isso mostra o quanto as hortaliças conseguem assimilar de  $\text{NO}_3^-$  que está disponível na água recirculante (Kuhn et al., 2010; Delong & Losordo., 2012).

O pH é o principal parâmetro que controla o metabolismo dos peixes, as atividades microbianas, assim como a disponibilidade de nitrogênio às plantas (Kuhn et al., 2010; Tiaz & Zou et al., 2016). O pH, durante todo o período de coleta nos dois sistemas (Figura 4), se manteve entre 6,4 e 7,7. Na sexta semana de coleta no ST (Figura 4), o pH e a amônia apresentaram os maiores valores registrados durante as dez semanas de coleta.

De acordo com Ruiz et al., (2003); Tyson et al., (2008), quanto mais elevado for o pH, maior será a concentração de  $\text{NH}_3$ , forma não ionizada (tóxica), além disso as atividades das bactérias nitrificantes e a oxidação biológica da amônia e do nitrito diminuem quando pH está abaixo de 6,4 e acima de 9,0.

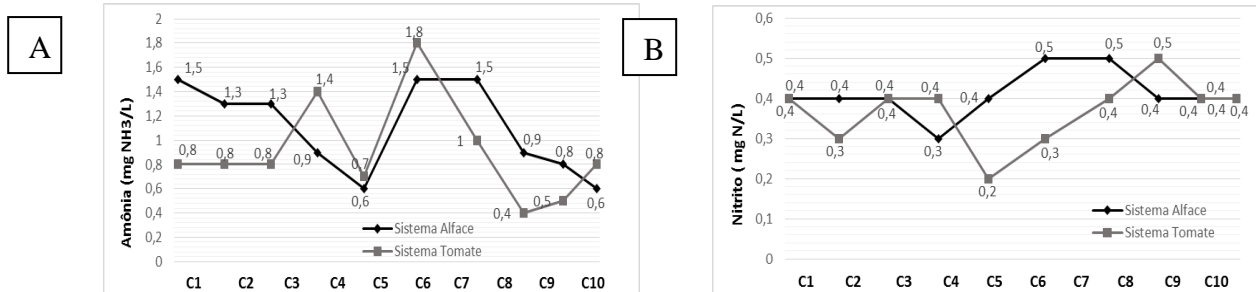


Figura 2: Variação temporal de Amônia (F2A) e Nitrito (F2B) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST.

As concentrações de nutrientes disponíveis em um sistema aquapônico podem ser determinadas pela condutividade elétrica (C.E) da água. (Hashida et al., 2014). As pesquisas de Rakocy et al., (2006) e Pantanella et al., (2012), revelaram que para o sistema aquapônico a condutividade elétrica considerada boa deve estar entre 300 e 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pois é importante ter uma quantidade considerável de nutrientes no sistema afim de suprir as necessidades nutricionais dos peixes e das plantas.

Nos dois sistemas estudados (SA e ST), a condutividade elétrica manteve-se entre 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 3), em todo o período de coleta. Os menores valores deste parâmetro foram observados na primeira semana nos dois sistemas (SA- 962  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e ST- 962,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). No ST os valores de C.E foram maiores que no SA.

Nos sistemas de aquaponia as quantidades de totais de sólidos dissolvidos (TSD) apresetaram resultados inversos (Figura 3). No SA, as quatro primeiras semanas registraram valores entre 142,5 mg/L à 145 mg/L, com pouca variação, sendo que na quinta semana houve um acréscimo de quase 65% de sólidos, que continuou aumentando até a nona semana e na décima houve uma queda de 30%.

No ST, do início até a quarta semana as concentrações de TSD foram altas, após a quinta semana ocorreu um decréscimo de quase 72%, que se manteve até a décima semana. Um valor muito baixo de sólidos totais no sistema de aquaponia influencia diretamente na atuação das bactérias nitrificantes, deve-se manter um nível acima de 200 mg/L para que o processo de nitrificação não seja prejudicado.

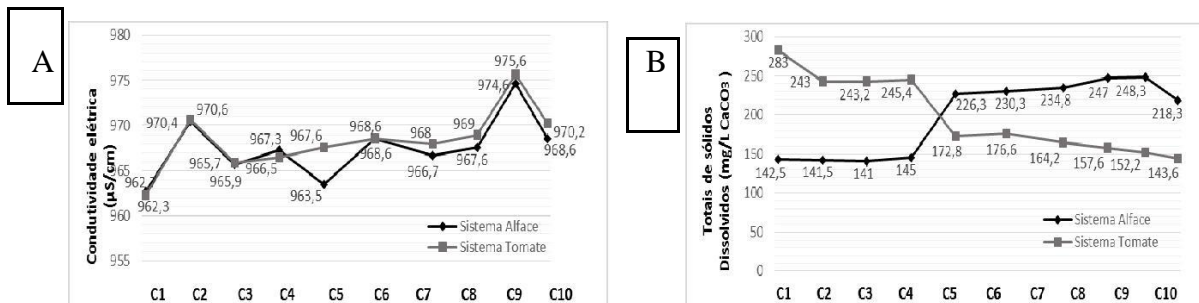


Figura 3: Variação temporal de condutividade elétrica (F3A) e TSD (F3B) nos dois sistemas de aquaponia, SA e ST.

O oxigênio é um elemento indispensável à respiração dos organismos aeróbicos, sendo sua presença na água de extrema importância para a existência dos mais variados organismos aquáticos.

Os níveis do oxigênio dissolvido permaneceram em equilíbrio ao longo da análise temporal nos dois sistemas, entre 4 mg/L à 5,8mg/L. O menor valor foi observado no SA na quinta semana de coleta (4,23 mg/L), e o maior valor encontrado foi no ST na décima semana (5,68 mg/L).

Na terceira semana a temperatura dos dois sistemas estava baixa, SA (17,95°C) e SB ( 19,21°C), justamente no período em houve quedas bruscas na temperatura da cidade de Dourados-MS, o que gerou na mortalidade de alguns peixes do SA.

A quantidade da biomassa de fitoplâncton é avaliada pela concentração de clorofila-a. O SA, apresentou maiores concentrações de clorofila-a durante todo o período de coleta, esse dado obtido nos mostra como esse fator realmente interfere na quantidade de comunidades fitoplanctônicas no ambiente, pois no SA, o número total de indivíduos foi maior do que no ST.

As condições, em termos de parâmetros físicos e químicos e de nutrientes, foram mais favoráveis no SA para a comunidade fitoplanctônica. No ST, as concentrações de clorofila-a não apresentaram oscilações bruscas como no SA, manteve-se constante na escala temporal.

As medidas de feofitina-a mostram que os valores mais baixos foram registrados no SA (3,56 µg/L) e (1,00 µg/L), e as maiores concentrações ocorreram, em períodos distintos, no ST (13,39/L) e (21,89mg/L), cujos perfis de variação temporal apresentam as maiores oscilações. A feofitina-a é uma forma desmetelada da clorofila-a, para isso é necessário a adição de ácido.

### 3.1. Análise de coordenadas principais das variáveis físico-químicas

Avaliando os resultados obtidos, foram estudados os efeitos de dois componentes principais que acumularam a maior quantidade de variância na Análise das Coordenadas Principais (PCoA).

Para melhor ilustração, a PCoA foi conduzida para avaliar os parâmetros físico-químicos analisados nos dois sistemas aquapônicos. Cada componente principal (PCo) está associado a um autovalor, PCoA1 (eixo 1) possui o maior valor próprio e carrega a maior variação dos dados originais e os PCoAs subsequentes carregam a variação em ordem decrescente.

Esta análise estatística é separada por grupos, ou seja, existe uma média variada para cada um deles. As amostras de cada sistema estudado apresentaram uma média variada diferente, sendo uma para o grupo tomate e outra para o grupo alface (Figura 8). Assim como na PCA, existe a média variada geral, no caso da PCoA é a interseção entre o SA com o ST.

Os dois sistemas apresentaram variações dos parâmetros analisados. No SA os parâmetros que tiveram maior influência nas características limnológicas foram o total de sólidos dissolvidos (TSD) e clorofila-a, já no ST, a alcalinidade e dureza foram os parâmetros de maior influência (Figura 4).

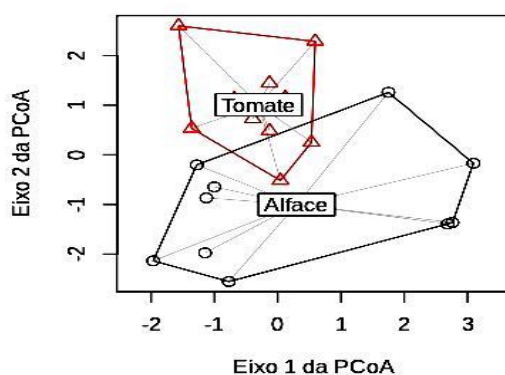


Figura 4: Análise de PCoA dos sistemas alface e tomate

### 3.2. Comunidade Fitoplacntônicas

Foram encontrados um total de 16 táxon de organismos fitoplanctônicos, sendo 11 táxons no sistema tomate e 15 táxons no sistema alface. Tabela 2.

Táxons	Nº de indivíduos/1 1 mL em SA	Nº de indivíduos/1 ml em ST
<b>CYANOPHYCEAE</b>		
<i>Bacularia gracilis</i>	32	---
<i>Calothrix</i>	21	--
<i>Chrococus turgidus</i>	1650	537
<i>Chrococidiapis cubana</i>	252	55
<i>Chroococcales</i>	146	20
<i>Desmodesmus</i>	477	--
<i>Glocotrichia nataris</i>	321	10
<i>Homoeothrix juliana</i>	85	5
<i>Oscillatoria sp</i>	205	---
<i>Oscillatoria sp</i>	205	80
<b>CHLOROPHYCEAE</b>		
<i>Chorophyta</i>	362	98
<i>Monoraphydium arcuatum</i>	1064	222
<i>Monoraphydium concertum</i>	872	25

		3
		85
<i>Oocystis borgei</i>	2212	6
		--
<i>Pseudoschroederia antillarum</i>	63	--
<i>Schroederia antillarum</i>	---	13
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>		
<i>Nitzschia sp.</i>	144	47

Tabela 2. Composição de táxons e número de indivíduos/ml de algas fitoplanctônicas encontradas nos dois sistemas de aquaponia SA (Sistema Alface) e ST (Sistema Tomate).

*Chlorophyceae* e *Cyanophyceae*, foram os táxons mais constantes nos tanques do sistema de aquaponia, sendo quatro destes táxons estavam em maiores quantidades nos dois sistemas, são eles: *Oocystis borgei*, *Chroococcus turgidus*, *Monoraphydium arcuatum* e *Monoraphydium contortum* (Figura 10).

O fitoplâncton, desempenha um papel importante como produtores primários e, portanto, pode afetar os níveis tróficos superiores do ambiente aquático, além disso é um indicador da qualidade da água. O crescimento e a diversidade do fitoplâncton podem ser controlados por mudanças físico-químicas da água (Schabhüttl et al., 2011; S. Nazeer et al., 2017).

Nos sistemas, SA e ST, as cianofíceas foram dominantes e fortemente representadas por *Bacularea gracilis*, *Calothrix*, *Chroococcus turgidus*, *Chroococciapis cubana*, *Chroococcales*, *Desmodesmus*, *Glocotrichia nataris*, *Homoeothrix juliana*, *Oscillatoria sp.*, porém, as clorofíceas ocorreram em maior abundância e foram representadas por *Chlorophyta sp.*, *Monoraphydium arcuatum*, *Monoraphydium contortum*, *Oocystis borgei*, *Pseudoschroederia antillarum*, *Schroederia antillarum*. E as Bacillariofíceas foram representadas apenas por uma espécie *Nitzschia sp.*.

Segundo Zhao et al., 2014, quando há o aumento do nitrato no ambiente as cianobactérias diminuem em relação a outros grupos como: clorofíceas e diatomáceas. Isso acontece, pois, os grupos fitoplanctônicos com altas taxas de crescimento e de absorção de nutrientes aproveitam prontamente o excesso de nutrientes limitantes.

Nos sistemas aquapônico estudado as quantidades de indivíduos de cianobactérias foram menores que de clorofíceas, essa característica pode ser explicada pela quantidade de nitrato disposto no ambiente. De acordo com Gasparini et al., (2017) as mudanças nas concentrações de nutrientes ambientais e temperatura influenciam no crescimento de grupos fitoplanctônicos variados, que tendem a ter diferentes estratégias de captação de nutrientes.

As cianobactérias possuem preferência em incorporar  $\text{NH}_4$  como fonte de nitrogênio, enquanto a clorofíceas tem preferência em buscar a fonte de nitrogênio através da incorporação do  $\text{NO}_3^-$ .

O sistema aquapônico consegue, através do processo de nitrificação, controlar as concentrações de  $\text{NH}_4$  na água, essa característica estabelece também um controle no desempenho de grupos de fitoplâncton que podem ser prejudiciais, como no caso as cianobactérias.

Com relação à temperatura do ambiente, segundo Schabhüttl et al., (2011) as cianobactérias possuem melhor desempenho em ambientes mais quentes, enquanto as clorofíceas, também chamadas de algas verdes, mostram tendência a ter melhor desempenho em temperaturas mais baixas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Alguns dos parâmetros de qualidade de água analisado apresentaram oscilações ao longo do tempo, principalmente no sistema alface (SA) como foi o caso da dureza e a clorofila-a.

2. O processo de nitrificação foi observado na maior parte do cultivo, com valores altos de nitrito e amônia. Apesar deste resultado, não houve danos gerados por estes parâmetros aos peixes e plantas do sistema.

3. O pH, considerado um dos mais importantes parâmetros para a aquaponia, manteve-se em níveis ótimos, apenas no ST atingiu valores altos, chegando a 7,7 na sexta semana de coleta, houve a manutenção do sistema com o produto de sulfeto de alumínio, a fim de equilibrar o pH do ambiente.

4. O SA apresentou maior diversidade de densidade de algas fitoplanctônicas em comparação do ST.

5. A escolha das espécies de hortaliças para o cultivo num sistema aquapônico influenciou as características físico-químicas da água, assim como a diversidade e densidade da comunidade fitoplanctônica.

6. As coletas deste estudo foram realizadas na estação do inverno, o que beneficiou no desenvolvimento das clorofíceas, que foram encontradas em grandes quantidades nos dois sistemas.

7. Com os resultados obtidos, um próximo passo seria analisar os nutrientes presentes na água, classificá-los e quantificá-los.

#### 5. REFERÊNCIAS

Ashley, J.M., 2016. Food Security in the Developing World. Academic Press. Elsevier, London.

Buzby, M., Lin, L., 2014. Scaling aquaponic systems: balancing plant uptake with fish output, *Aquacult. Eng.* 63, 39–44, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.09.002>.

DeLong, D.P., Losordo, T.M., 2012. How to Start a Biofilter, vol. 3. SRAC Publ., pp. 1–4.



El-Sherif, M.S., El-Feky, A.M.I., 2009b. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. II. Influence of different water temperatures. *Int. J. Agric. Biol.* 11, 301–305.

Gasparini F. C. et al. *Internat Rev Hydrobiol.* Uptake rates of ammonium and nitrate by phytoplankton communities in two eutrophic tropical reservoirs. 2017; 102:125–134.

Graber, A., Junge, R., 2009. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246, 147e156.

Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S., Brotto, A.C., Khanal, S.K., 2015. Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresour. Technol.* 188, 92–98.

Hu, Z., Lee, J.W., Chandran, K., Kim, S., Sharma, K., Khanal, S.K., 2014. Influence of carbohydrate addition on nitrogen transformations and greenhouse gas emissions of intensive aquaculture system. *Sci. Total Environ.* 470–471, 193–200.

Hundley, G.C.; Navarro, R.D.; Figueiredo, C.M.G. et al. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerona (*Origanum majorana*) e manjeriço (*Origanum basilicum*) em sistemas de Aquaponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.3, p.51-55, 2013.

Junge, R., K€onig, B., Villarroel, M., Komives, T., Jijakli, M.H., 2017. Strategic points in aquaponics. *Water* 9 (3), 182.

Junge, R.; et al., *Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production*. ZHAW Zurich University of Applied Sciences, Institute for Natural Resource Sciences Gruental, Waedenswil, Switzerland. 2008.

Kress. N; Gertman. I; Herut. B; Temporal evolution of physical and chemical characteristics of the water column in the Easternmost Levantine basin (Eastern Mediterranean Sea) from 2002 to 2010; *Journal of Marine Systems*, 2013.

Kuhn, D.D., Drahos, D.D., Marsh, L., Flick, G.J., 2010. Evaluation of nitrifying bacteria product to improve nitrification efficacy in recirculating aquaculture systems. *Aquac. Eng.* 43, 78–82.

Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., Marcucci, A., 2012. Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. *Acta Hort.* 927, 887–893.

Pollard, J., Kirk, S.F.L., Cade, J.E., 2002. Factors affecting food choice in relation to fruit. *Phytoplankton Spatio-temporal dynamics and its relation to nutrients and water retention time in multi-trophic system of Soan River, Pakistan.* 2017.

Rakocy, J., Shultz, R.C., Bailey, D.S., Thoman, E.S., 2003. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *South Pacific Soil. Cult. Conf.* 648 *South Pacific Soil*, 63–69

Rakocy, J., 2006. Ten guidelines for aquaponic systems. *Aquaponics J.* 3rd Quarte, 14–17.

Resh, H.M., 2013. *Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower*, 7th ed. CRC Press, Northwestern.

Roosta, H.R., Hamidpour, M., 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Sci. Hortic.* 129, 396–402.

Ruiz, G., Jeison, D., Chamy, R., 2003. Nitrification with high nitrite accumulation for the treatment of wastewater with high ammonia concentration. *Water Res.* 37, 1371–1377. S. Nazeer et al. / *Environmental Technology & Innovation* 9 (2018) 38–50.

S. Schabhu<sup>ttl</sup> \_ G. Weigelhofer \_ T. Hein \_ M. (2011). Temperature and species richness effects in phytoplankton communities Striebel (&) Wasser Cluster Lunz, Dr. Carl Kupelwieser Promenade 5, 3293 Lunz am See, Austria.

Schmautz, Z., Graber, A., Jaenicke, S., Goesmann, A., Junge, R., Smits, T.H., 2017. Microbial diversity in different compartments of an aquaponics system. *Arch. Microbiol.* 199 (4), 613–620.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., Lovatelli, A., 2014. Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. *FAO Fish. Aquacult. Tech. Paper.*, 1–262.

Teixeira, T. M. de N. Avaliação da filtração lenta como tratamento de águas com baixa turbidez e presença de algas e cianobactérias: aplicação à água do lago paranoá/df; 2016

Tiaz. L e Zou, Y., Hu, Z., Zhang, J., Xie, H., Guimbaud, C., Fang, Y., 2016. Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. *Bioresour. Technol.* 210,81–87.

Tyson, R.V., Simonne, E.H., Treadwell, D.D., White, J.M., Simonne, A., 2008. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponics system with perlite biofilters. *HortScience* 43, 719–724.

Van der Goot, A.J., Pelgrom, P.J.M., Berghout, J.A.M., Geerts, M.E.J., Jankowiak, L., Hardt, N.A., Keijer, J., Schutyser, M.A.I., Nikiforidis, C.V., Boom, R.M., 2016. Concepts for further sustainable production of foods. *J. Food Eng.* 168 (S),42 e 51.

Zhao Y, Quigg A (2014) Nutrient Limitation in Northern Gulf of Mexico (NGOM): Phytoplankton Communities and Photosynthesis Respond to Nutrient Pulse. *PLoS ONE* 9(2): e88732. doi: 10.1371/journal.pone.0088732.