

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS

MAÍRA ALCÂNTARA PROENÇA

**Macrófitas Aquáticas como Ingrediente para Suplementação de
Ração de Peixe e de alimento vivo (cladóceros) na Piscicultura
Sustentável de Pequena Escala**

São Carlos – SP

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
RECURSOS NATURAIS

MAÍRA ALCÂNTARA PROENÇA

**Macrófitas Aquáticas como Ingrediente para Suplementação de
Ração de Peixe e de alimento vivo (cladóceros) na Piscicultura
Sustentável de Pequena Escala**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Odete Rocha

São Carlos – SP

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Maira Alcântara Proença, realizada em 07/03/2019:

Profa. Dra. Odete Rocha
UFSCar

Profa. Dra. Livia Maria Fusari
UFSCar

Profa. Dra. Carolina Reigada Montoya
UFSCar

Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo
UNESP

Profa. Dra. Raquel Aparecida Moreira
USP

Dedico esse trabalho à minha irmã Marcela, minha mãe Maria Angélica e meu pai Marcos, com meu sincero agradecimento aos ensinamentos, dedicação e apoio constante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela proteção nessa caminhada e pela força para enfrentar os desafios que apareceram durante o desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus pais, Maria Angélica e Marcos, à minha irmã Marcela pela força de sempre e apoio em todos os momentos;

À minha orientadora Prof. Dra. Odete Rocha, pela orientação, amizade, apoio e pela confiança na pesquisa desenvolvida; por ter sido um exemplo de profissional e ter me ensinado muito mais do que pesquisa;

Aos professores Dra. Marcela Bianchesi Cunha-Santino, Irineu Bianchini Junior e Alberto Carvalho Peret pelas valiosas contribuições em análises e ensinamentos para este trabalho;

Aos técnicos Dr. José Valdecir de Lucca e Alcídio Culósio Filho pelo auxílio no laboratório;

Ao Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva e Departamento de Hidrobiologia pela infra-estrutura e facilidades cedidas para a realização do trabalho experimental;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado;

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais e aos docentes, ambos, da Graduação e da Pós-Graduação pela minha formação acadêmica;

Aos amigos do DEBE que me auxiliaram direta ou indiretamente no desenvolvimento desse trabalho: Daniele, Neto, Mariana, Lidiane, Douglas, Tainá, Karin, Matheus e Raquel pela amizade, apoio e colaboração; também aos amigos do DHb: Roberta, Luana, Emanuelle, Mari, Bia e Andresa;

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Decidi não esperar as oportunidades e sim, buscá-las.
Decidi ver cada dia como uma nova oportunidade de ser feliz.
Walt Disney

RESUMO

A demanda por alimentos ricos em proteínas e especialmente o consumo de peixes tem crescido de forma acelerada em consequência do aumento da população mundial, e também pela busca de alimentos mais saudáveis. Para suprir essa demanda é importante a criação de sistemas de produção sustentáveis. Acredita-se que a piscicultura em pequena escala, com insumos de menor custo, pode ter um papel relevante neste grande desafio a ser enfrentado ainda neste século. Novas tecnologias que levem à produção de alimento vivo e rações adequadas à alimentação de peixes a um custo mais baixo e com procedimentos ambientalmente corretos têm sido alvo de muitas pesquisas nesta e nas próximas décadas. No presente estudo objetivou-se testar a adequação da biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* para a suplementação de ração para peixes e de suspensão algal para cultivo de cladóceros. Foram produzidas e testadas três rações com inclusão de macrófitas (5%, 10% e 15%) e utilizadas como alimento para *Oreochromis niloticus*. Foram testados três níveis de inclusão das macrófitas na suspensão algal para o cultivo dos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*. Foram feitas análises químicas, bioquímicas e de conteúdo calórico da biomassa das macrófitas, a cinética de decomposição a liberação de nutrientes das macrófitas puras e das rações suplementadas. Os resultados mostraram que a macrófita *H. verticillata* continha maior teores de fibras e menores quantidades de proteínas em comparação com *P. stratiotes*. A ração com inclusão de 10% *H. verticillata* teve menor liberação de nitrogênio do que a controle, e entre os tratamentos o de 10% resultou no melhor desempenho de crescimento do peixe, com ganhos de 297,61% de peso. As rações com *P. stratiotes* não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle, em que houve 307,6% de incremento. Dentre os cladóceros, *C. silvestrii* teve melhor desempenho quando cultivada com inclusão de 66,6% da biomassa de *H. verticillata* na suspensão algal. Já *D. similis* teve melhor desempenho quando alimentada apenas com a suspensão algal como fonte de alimento. Portanto as macrófitas, com seus respectivos limites de inclusão, apresentam grande potencial como ingrediente em rações para peixes, pelas vantagens ambientais conferidas diretamente pela menor liberação de nitrogênio pela biomassa de *H. verticillata* e em relação a *P. stratiotes*, pela possibilidade de sua utilização na remoção de nutrientes, tratamento de efluentes da piscicultura. Conclui-se que o aproveitamento da biomassa das macrófitas é viável nos níveis de 10 e 15% para *H. verticillata* e *P. stratiotes* respectivamente, com vantagens nutricional, econômica e ambiental, podendo contribuir para a expansão da piscicultura de pequena escala como uma forma de aumentar a produção de proteína animal a custos mais baixos por meio da piscicultura.

Palavras chave: macrófitas, cladóceros, rações de peixe, piscicultura sustentável

Abstract

The increasing demand and especially the consumption of fish has been growing exponentially as a consequence of increasing human population and also due to the search for healthier foods. Sustainable food production systems are essential to meet such demands. It is believed that small scale fish-farming can play relevant role in this great challenge yet to be solved in this century. New technologies contributing to improve the production of live food and to better food rations for fish nutrition at low cost and with environmentally friendly practices must be addressed by future researches. The present study aimed to test the adequacy of the biomass of the macrophytes *Hydrilla verticillata* and *Pistia stratiotes* as an ingredient to supplement to fish rations and to supplement algal suspensions to be used as food in cladocerans cultures. Three fish rations were produced with the inclusion of macrophyte biomass at 5%, 10% and 15% supplementation levels, and tested for the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Three inclusion levels of macrophyte biomass were also used to supplement the algal suspension used to feed the cladocerans *Ceriodaphnia silvestrii* and *Daphnia similis* in laboratory cultures. Chemical, biochemical and caloric energy content analyses were performed to characterize macrophyte biomass, commercial ration and the three supplemented experimental fish rations. Kinetics and release of nutrients from macrophyte biomass, and supplemented rations were quantified and modelled. The results showed that *H. verticillata* had higher fiber content but lower amounts of protein, as compared with *P. stratiotes*. Ration supplemented with 10% of *H. verticillata* biomass had lower nutrient liberation than control and the best growth performance with weight gain of 297.61% the initial fish weight. Rations with inclusion of *P. stratiotes* biomass were not significantly different from control in relation to *O. niloticus* growth, which had a total of 307,6% body weight 60 days after the beginning of the experiment. Among cladocerans *C. silvestrii* had a better performance when fed on algal suspension supplemented with 66% of *H. verticillata* macrophyte biomass. On the other hand, *D. similis* reached best growth performance when fed only with algal suspension, as food source. Therefore, taking in consideration the maximum levels of successful inclusion of macrophyte biomass indicates potential to be used as ingredient to fish rations. It was also promising the environmental advantage conferred by the lower liberation of nitrogen to the water by *H. verticillata* biomass. It can be concluded that the use of macrophyte biomass is viable at the levels of 10% and 15% for *H. verticillata* and *P. stratiotes*, respectively, with nutritional, economical and environmental advantages and can contribute to the expansion of small scale pisciculture as a strategy to reduce costs aiming sustainable pisciculture

Key words: macrophytes, cladocerans, fish ration, sustainable pisciculture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: esquema de um sistema circular onde a água do efluente é drenada para um tanque de decantação, sendo posteriormente levada até os filtros biológicos para o reaproveitamento. Fonte: Brito & Silva (2015) .

Figura 2: Esquema representativo de um sistema de tratamento de efluentes utilizando macrófitas flutuantes, ilustrado pela espécie *Eichhornia crassipes*. Fonte: Brix (1993 p. 13) – adaptado.

Figura 3: A) Vista geral dos tanques utilizados para o cultivo da macrófita *Pistia stratiotes*. B) Alguns exemplares desta macrófita e C) coleta e posterior secagem ao sol.

Figura 4: Invasão da *Hydrilla verticillata* em tanques de piscicultura utilizados para pesca esportiva no município de Laranjal Paulista, SP.

Figura 5 – A) Coleta manual da macrófita *Hydrilla verticillata* com rastelo; B) armazenamento provisório em sacos de rafia.

Figura 6: A, B e C: Imagens ilustrativas dos procedimentos para produção em pequena escala de rações com os diferentes níveis de inclusão de biomassa triturada e seca das macrófitas (5%, 10% e 15%) que foram sequencialmente umedecidas, misturadas, trituradas e peletizadas em moedor industrial.

Figura 7. A) Vista geral da montagem experimental para avaliação do crescimento da tilápia do Nilo, *Oreocromis niloticus*, cultivada por 60 dias, para diferentes dietas que consistiram de rações com e sem a inclusão de diferentes proporções da biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes*. B) Indivíduo de *Oreocromis niloticus* que era retirado para realização da biometria.

Figura 8: Foto ilustrativa dos cladóceros utilizados: A - *Daphnia similis*, B- *Ceriodaphnia silvestrii*. C: Cultivo das espécies de cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* em condições laboratoriais

Figura 9: Mudanças temporais de perda de massa (%) ao longo da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa de macrófita e da biomassa pura da macrófita *Hydrilla verticillata*.

Figura 10: Perda de massa obtida no processo de decomposição da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa de macrófita e a biomassa da macrófita *Pistia stratiotes*.

Figura 11: Mudanças temporais nas concentrações dos elementos químicos liberados para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita: A- Nitrogênio, B- Fósforo, C- Carbono Total, D - Carbono Orgânico Total e E- Carbono inorgânico.

Figura 12: Concentração de nutrientes liberados para a água durante o processo de decomposição da biomassa I da biomassa de *Pistia stratiotes*, ração controle e rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da macrófita. A- Nitrogênio, B-Fósforo, C -Carbono Total, D - Carbono Orgânico Total e E - Carbono Inorgânico

Figura 13. Curvas de crescimento de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentadas com ração comercial (controle) (A) e com esta ração suplementada com 5% (B), 10% (C) e 15% (D) da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*.

Figura 14. Curvas de crescimento de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentadas com ração comercial de referência (A) e com esta ração suplementada com 5% (B), 10% (C) e 15% (D) da biomassa da *Pistia stratiotes*.

Figura 15- Curvas de crescimento de *Ceriodaphnia silvestrii* cultivada em laboratório e alimentada com suspensão da alga *Pseudokirchneriella subcapitata* suplementada com biomassa triturada em das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções (expressas em %). As curvas foram ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy.

Figura 16- Curvas de crescimento ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy para *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tratamentos experimentais utilizados para o cultivo dos cladóceros *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii* em diferentes proporções da alga *Pseudokirchneriella subcapitata* e das macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* ou *Hydrilla verticillata*

Tabela 2: Composição química percentual (valor médio \pm desvio padrão) dos diferentes componentes químicos da biomassa seca das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*.

Tabela 3: Composição química-bromatológica das rações controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata* ou de *Pistia stratiotes*.

Tabela 4: Dados obtidos pela ANOVA (valor de p), valor de F e graus de liberdade) para verificação de diferenças entre a perda de massa das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tabela 5. Parâmetros da modelagem matemática da perda de massa ao longo do processo de decomposição das rações sem e suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa da macrófita e decomposição da biomassa pura de *Hydrilla verticillata*

Tabela 6: Dados obtidos (valores de p , valor de F e graus de liberdade) na análise estatística para verificação de diferenças entre a perda de massa das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Pistia stratiotes*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 7: Parâmetros da modelagem matemática da perda de massa ao longo do processo de decomposição das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa da macrófita *Pistia stratiotes* obtidos com o ajuste de modelo matemático.

Tabela 8: Dados obtidos (valores de p , valor de F e graus de liberdade) na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de nitrogênio das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções de biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 9: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos para na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de fósforo nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 10: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 11: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono orgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 12: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono inorgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 13: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de nitrogênio nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

Tabela 14: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos para a análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de fósforo nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tabela 15: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono total nas

diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tabela 16: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono orgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tabela 17: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono inorgânico total da ração experimental (controle) e as diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tabela 18: Valores médios de tamanho inicial e final \pm desvio padrão (cm) de peso corporal (g), incrementos de peso (%) e taxas de crescimento diário específico para *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração de referência (controle) e rações suplementadas três diferentes proporções de biomassa de *Hydrilla verticillata* (5%, 10% e 15%) durante 60 dias. A mesma letra (a, b) não representa diferença significativa em relação aos parâmetros da curva de crescimento ao comparadas pela One Way ANOVA

Tabela 19: Parâmetros estatísticos (valores de p) obtidos pela análise One Way ANOVA sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Hydrilla verticillata*.

Tabela 20: Dados estatísticos (valores de p e f) obtidos pelo teste T sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Hydrilla verticillata*.

Tabela 21: Valores médios iniciais e finais de: tamanho (cm) e peso corporal (g); incrementos de peso (%) e taxa de crescimento diário específico para *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com as diferentes rações (controle e 5%, 10 e 15% de *P. stratiotes*) durante 60 dias

Tabela 22. Parâmetros estatísticos (valores de p) obtidos pela análise One Way ANOVA sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus*

alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Pistia stratiotes*.

Tabela 23: Parâmetros estatísticos (valores de p e F) obtidos pela aplicação do teste T comparando-se os incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Pistia stratiotes*.

Tabela 24: Valores médios (μm) \pm desvios-padrão do tamanho corporal de *Ceriodaphnia silvestrii* alimentada com suspensão algal suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*, em diferentes proporções

Tabela 25: Dados estatísticos: valor de referência (valores de f e graus de liberdade (gl) e valores de probabilidade (p) obtidos pela análise de variância (One Way ANOVA), teste de Tukey para os dados de crescimento corporal obtidos para *Ceriodaphnia silvestrii* cultivada em laboratório e alimentada com suspensão da microclorófitas *Pseudokirchneriella subcapitata* suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções

Tabela 26: Valores médios inicial e final \pm desvio padrão do tamanho corporal (μm) para *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais

Tab. 27: Dados obtidos com o teste estatístico One Way ANOVA (Tukey). *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

Tab. 28: Valores médios de longevidade para *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* alimentadas com suspensão de algas e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

Tabela 29: Valores da produção total de neonatas ao longo do ciclo de vida de *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* alimentadas com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

Tabela 30 Comparação dos dados da literatura quanto às quantidades relativas dos principais componentes químicos da biomassa seca para diversas macrófitas aquáticas. Quantidades expressas em percentagem (% g-1 de biomassa seca); f + c = fibra.

Tabela 31. Espécies de macrófitas aquáticas utilizadas como ingrediente em dietas experimentais para peixes e quantidades utilizadas na suplementação de rações (expressas em % em relação ao peso total da ração), incrementos totais de peso obtidos para *Oreochromis niloticus* e duração dos experimentos.

Tabela 32: Quadro comparativo com o resumo das conclusões finais sobre as vantagens da utilização das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* como ingrediente suplementar em rações de peixes.

Sumário

1. Introdução.....	18
1.1 Sustentabilidade e importância das atividades de Piscicultura	18
1.2 A Piscicultura e Problemas Ambientais	19
1.3 A Piscicultura e a Questão do Recurso Alimentar	22
1.3.1 Potencial das Macrófitas como Ingrediente de Rações para Peixes.....	24
1.3.2 Utilização de Alimento vivo na Piscicultura.....	26
2. Justificativa	29
3. Objetivo geral e específicos	30
3.1 Objetivo Geral:	30
4. Hipóteses.....	32
5. Material e Métodos	32
5.1 Coleta e processamento das macrófitas	32
5.2 Produção das rações experimentais com adição da biomassa seca de <i>Hydrilla verticillata</i> ou de <i>Pistia stratiotes</i>	35
5.3 Análise da Composição Química e Conteúdo Energético da Biomassa Seca das Macrófitas.....	36
5.4 Análises Químicas das Rações Formuladas com a Inclusão da Biomassa de Macrófitas	37
5.5 Dinâmica de decomposição de rações de peixe com e sem a inclusão de biomassa das macrófitas <i>Hydrilla verticillata</i> e <i>Pistia stratiotes</i>	38
5.5.1. Modelagem Matemática de Perdas de Massa por Decomposição	39
5.5.2 Liberação de nutrientes para a água durante a decomposição da biomassa pura das macrófitas e das rações de peixe utilizadas nos experimentos	40
5.6 Avaliação do crescimento de <i>Oreochromis niloticus</i> sob diferentes dietas alimentares	40
5.7 Obtenção e Cultivo de Espécies Zooplanctônicas para Utilização de Alimento Vivo	42
5.7.1. Parâmetros do Ciclo de Vida de Cladóceros	43
5.8 Análises Estatísticas	46
6. Resultados.....	48
6.1 Composição química das Macrófitas <i>H. verticillata</i> e <i>P. stratiotes</i>	48
6.2 Análise química-bromatológica das rações testadas.....	48
6.3 Perdas de Massa Durante o Processo de Decomposição.....	49
6.3.1 Perda de massa na Decomposição de <i>Hydrilla verticillata</i>	49
6.3.2 Perda de massa durante a decomposição da macrófita <i>Pistia stratiotes</i>	52
6.4 Liberação de elementos químicos	55
Os resultados de liberação dos elementos químicos nitrogênio, fósforo e diferentes formas de carbono, pela decomposição da ração controle (apenas a ração comercial) e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa das macrófitas <i>Pistia stratiotes</i> e <i>Hydrilla verticillata</i> , assim como a biomassa pura destas macrófitas são apresentados.....	55
6.4.1 Liberação de compostos e elementos químicos durante a decomposição da macrófita <i>Hydrilla verticillata</i>	55
6.4.2 Liberação de elementos químicos no processo de decomposição das rações e da biomassa pura da macrófita <i>Pistia stratiotes</i>	60
6.5 Taxas de crescimento do <i>Oreochromis niloticus</i> sob diferentes regimes alimentares	65

6.5.1 Taxas de crescimento de <i>Oreochromis niloticus</i> alimentados com diferentes rações experimentais com adição da biomassa da macrófita <i>H. verticillata</i>	65
6.5.2 Taxas de crescimento de <i>Oreochromis niloticus</i> sob diferentes regimes alimentares com a macrófita <i>P. stratiotes</i>	69
6.6 Macrófitas como alimento suplementar para organismos zooplancônicos	73
6.6.1. Crescimento individual dos cladóceros <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i>	73
6.6.2. Longevidade dos cladóceros <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i> em Cultivo.....	78
6.6.3. Produção de neonatas dos cladóceros <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> e <i>Daphnia similis</i>	79
7. Discussão	80
8. Conclusões	94
9. Referências bibliográficas	95
10. Anexo – 1.....	111
11. Anexo -- 2.....	124

1. Introdução

1.1 Sustentabilidade e importância das atividades de Piscicultura

Os objetivos estipulados pela Organização das Nações Unidas (ONU) para promoção do desenvolvimento sustentável têm o compromisso de acabar com a insegurança nutricional e alimentar no planeta (Alves, 2015), porém é um grande desafio, principalmente em países subdesenvolvidos (Chan *et al.*, 2019). Em todo o mundo, pesquisadores, especialistas técnicos e líderes governamentais são desafiados a apresentar ideias e novas tecnologias para lidar com o aumento da demanda por alimentos necessários para alimentar cerca de nove bilhões de pessoas esperadas para o ano de 2050 (Béné *et al.*, 2015; Brouwer *et al.*, 2014).

Acredita-se que a piscicultura pode contribuir significativamente para a segurança alimentar e nutricional, especialmente em regiões menos desenvolvidas do mundo (Godfray *et al.*, 2010; World-Bank, 2013). Os peixes encontram-se entre os alimentos mais consumidos e comercializados no mundo, e o seu cultivo e a extração nos sistemas aquáticos em geral, sejam marinhos, salobros ou de água doce, além de fornecerem empregos, oportunidades de lazer e alimento de elevada qualidade nutricional (Loring *et al.*, 2018) são responsáveis pelo suprimento de 17% da proteína animal do mundo (Bennet *et al.*, 2018).

O consumo de peixes tem aumentado em consequência do aumento da população mundial, contudo o recurso nos ambientes naturais tem diminuído como consequência das atividades excessivas de exploração pesqueira. Portanto, como uma resposta à crescente demanda, a aquicultura é um dos setores que mais crescem no mundo (Sidonio *et al.*, 2011; FAO, 2018). No Brasil a taxa média de crescimento foi de 6,1% ao ano nas últimas décadas, sendo que, aproximadamente 61,6% da produção são oriundos de ambientes de água doce, com o predomínio da produção de peixes (FAO, 2018). O aumento dessa atividade tem grande relevância também para a conservação e proteção das espécies aquáticas, por diminuir a necessidade da busca desse

recurso no ambiente natural, sendo, portanto, uma atividade não só relevante como fonte de proteína animal, mas também para a conservação da biodiversidade nas águas interiores (Eler & Millani, 2007).

O grande desafio atual é manter uma produção com qualidade e quantidade suficiente para suprir a crescente demanda gerada pelo aumento de procura deste recurso alimentar em escala global (Gjedrem, *et al.*, 2012). Entretanto, o crescimento acelerado enfrenta grandes desafios para a sustentabilidade deste sistema a longo prazo, destacando-se dois principais fatores: a dependência da proteína animal como ingrediente nas rações; e a produção de resíduos, gerado principalmente pela sobra de rações relacionadas ao desperdício, levando à necessidade de se buscarem novas estratégias, principalmente em relação aos ingredientes na preparação das rações e práticas ambientalmente favoráveis (Kokou & Fountoulaki, 2018).

Para atender a essas e outras demandas, é importante a criação de modelo de piscicultura sustentável, que vise melhorias ambientais, econômicas e sociais, principalmente por ser a piscicultura uma atividade econômica promissora em relação à segurança alimentar (Lauria *et al.*, 2018; Moura *et al.*, 2016). Assim, a piscicultura moderna enfrenta os desafios em manter uma produção lucrativa, focada na preservação e conservação dos recursos naturais. Para isso ela depende ainda do desenvolvimento de estratégias e tecnologias que minimizem ao máximo os custos e os impactos ao meio ambiente (Valenti, 2002).

1.2 Piscicultura e Problemas Ambientais

A promessa de aumento das atividades de piscicultura para suprir a demanda, vem com o grande desafio ambiental de minimizar a quantidade de efluentes que são descartados em recursos hídricos com sobrecarga de nutrientes (Granada *et al.*, 2016). Além disso, devido ao fato da água ser um recurso escasso, além de práticas e tratamentos para minimizar a sobrecarga de nutrientes, também devem ser encontradas formas eficientes de reaproveitamento da própria água (Oliveira & Santos, 2015).

Os dois grandes responsáveis pela sobrecarga de nutrientes provenientes da atividade de aquicultura são os resíduos metabólicos liberados na forma de excrementos dos peixes e os restos das rações não consumidas (Grigorakis & Rigos, 2011), estimando-se que 85% do fósforo e 52% a 95% do nitrogênio que são descartados ao ambiente pelas atividades de piscicultura são resultantes destas duas fontes (Zhou *et al.*, 2006). Até agora as atividades de piscicultura estão frequentemente ligadas à liberação de efluentes ricos em nutrientes, que contribuem para o aumento das concentrações de nitrogênio, fósforo (Ottinger *et al.*, 2016; Coldebella *et al.*, 2017) que aceleram a eutrofização dos tanques de piscicultura e dos corpos de água aos quais estão conectados (Lu *et al.*, 2017) comprometendo a qualidade da água e a sustentabilidade da própria produção.

Portanto, além de atividades como gerenciamento do lançamento e reaproveitamento da água pelos produtores, há necessidade de estudos para melhoria dos ingredientes utilizados na ração, que propiciem menor liberação de nutrientes (Bureau & Hua, 2010) e práticas que evitem o desperdício (Ali *et al.*, 2016). Um avanço recente nos estudos que testam a adequação das macrófitas para fins de melhoria da qualidade da água como uma tecnologia de baixo custo foi o da construção de unidades semi-naturais, denominadas pântanos artificiais ou “wetlands”, voltadas para o tratamento dos efluentes das atividades de Aquicultura (Santos & Camargo, 2015)).

Diversos estudos têm demonstrado o potencial da utilização das macrófitas aquáticas em sistemas de tratamento de efluentes de aquicultura para absorção de nutrientes, e remoção do excesso destes (Tanner & Headley, 2011; França *et al.*, 2014; Bush *et al.*, 2019), após revisão da literatura sobre aspectos ambientais, econômicos e sociais em pesquisas emergentes destacaram sete questões principais para o desenvolvimento da aquicultura, sendo uma delas denominada de “economia circular”, em que ocorre a recuperação de subprodutos na forma de resíduos que voltam a ser utilizados no próprio sistema (Fig.1).

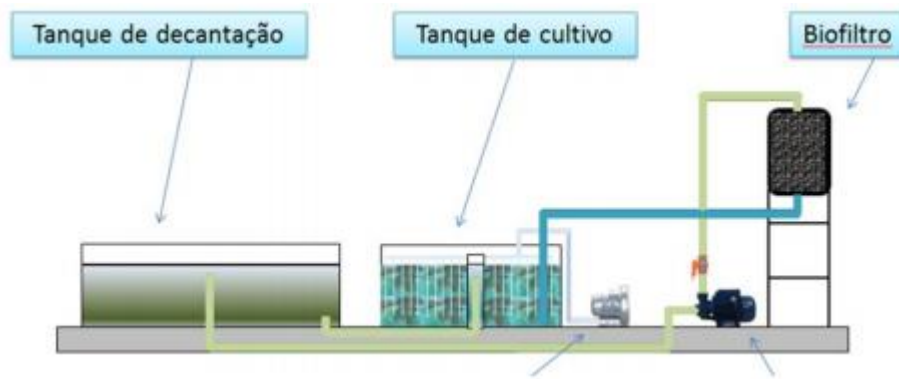


Figura 1: esquema de um sistema circular onde a água do efluente é drenada para um tanque de decantação, sendo posteriormente levada até os filtros biológicos para o reaproveitamento. Fonte: Brito & Silva (2015).

A água de efluente resultante dos tanques de produção é drenada para o tanque de decantação e depois drenada através de bombeamento, passando pela canaleta central, chegando até os filtros biológicos (Fig. 1).

Assim, o desenvolvimento de tecnologias que garantam e estabeleçam Boas Práticas de Manejo (BPMs), visem a otimização do processo de produção de peixes, mas ao mesmo tempo minimizem os impactos sobre o ambiente são altamente relevantes, e economicamente viáveis (Silva, 2012). O aproveitamento da biomassa de macrófitas é uma idéia já explorada em estudos anteriores (Henry-Silva & Camargo, 2002; Pompêo, 2008; Herbes *et al.*, 2018) mas que necessita ainda de pesquisas mais amplas, envolvendo muitas espécies, tanto nativas como exóticas.

Disto dependerá em grande parte o sucesso em torná-las uma importante matéria prima e que poderá contribuir como uma ferramenta de manejo da biomassa excedente das macrófitas que precisam ser removidas dos sistemas de tratamentos de efluentes da aquicultura. O importante papel das macrófitas nos sistemas de tratamento com base na elevada capacidade absorção de nutrientes destas plantas no meio aquático (Zhou *et al.*, 2017; West *et al.*, 2017). Evidenciam a possibilidade do seu uso como biofiltro natural para tratamento do efluentes de piscicultura, seja em sistemas naturais ou artificiais (wetlands) (Fig. 2) (Kumar & Dutta, 2018), principalmente para remoção de nitrogênio e fósforo (Di Luca *et al.*, 2019).

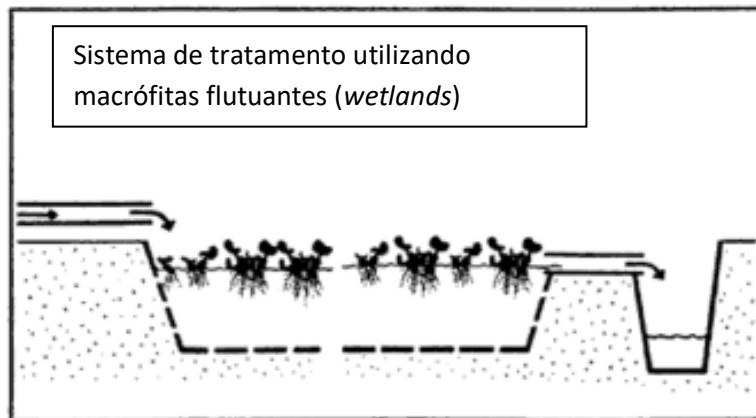


Figura 2: Esquema representativo de um sistema de tratamento de efluentes utilizando macrófitas flutuantes, ilustrado pela espécie *Eichhornia crassipes*. Fonte: Brix (1993 p. 13) – adaptado.

1.3 A Piscicultura e a Questão do Recurso Alimentar

A alimentação é um fator determinante para a qualidade e o custo da produção (Zhou *et al.*, 2018). Na América Latina a aquicultura tem se limitado principalmente à atividade industrial em larga escala, dependendo de rações manufaturadas dispendiosas. Os altos custos dos alimentos manufaturados são considerados um fator limitante para a expansão da cultura de peixes e o acesso às populações mais pobres (Flores-Nava *et al.*, 2007; Velásquez *et al.*, 2016).

Qualquer esforço para uma grande expansão da cultura de peixes por populações de baixa renda precisará reduzir os custos de produção e isso precisa ser precedido por estudos para encontrar alimentos mais baratos, mas nutricionalmente adequados, e que também sejam ecologicamente corretos (Avadi *et al.*, 2015). Apesar dos esforços que vêm sendo empreendidos, a alimentação ainda corresponde a 50% dos custos de produção na piscicultura (Craig *et al.*, 2017).

A dependência de recursos animais oriundos da própria piscicultura é um dos principais problemas para a sustentabilidade da atividade (Granada *et al.*, 2016). Estima-se que 68% do total do consumo da farinha de peixe (Naylor

et al., 2009) e 70% do óleo de peixe é produzida na própria aquicultura e utilizada na produção de alimentação, principalmente para peixes carnívoros (Chauton *et al.*, 2015). A atual demanda de peixes cultivados para o consumo humano em diferentes atividades de piscicultura e a importância deste recurso para a segurança alimentar mundial torna a produção atual de rações inviável para o aumento da produção pelos pequenos produtores por ser um insumo de alto custo (Brinker & Reiter, 2011). Os ingredientes para a fabricação das rações de peixes se tornam cada vez mais escassos, especialmente no caso das proteínas de origem animal, levando ao desequilíbrio entre a oferta e a demanda do peixe para alimentação humana, e consequentemente acarretando a elevação dos preços (Chauton *et al.*, 2015).

Uma das pesquisas prioritárias visando solucionar esse problema na próxima década é apontada por Slater, D'Abramo & Engle (2018) como sendo a busca de ingredientes alternativos como fonte de proteína na preparação das rações, que garantam a qualidade da dieta aos peixes e que sejam economicamente vantajosos e ambientalmente favoráveis. Uma alternativa sustentável que permite reduzir em parte o custo das rações é a substituição da biomassa animal por biomassa vegetal de elevado conteúdo proteico (Catacutan, 2015; Peterson *et al.*, 2015; Slater, D'Abramo & Engle, 2018) e também de fibras (Adams *et al.*, 2018) e lipídeos (Mozanzadeh *et al.*, 2016).

Normalmente, o custo de ingredientes derivados de plantas para formulação de rações de peixe é menor do que o de derivados de animais (Hardy, 2010). Assim, um número crescente de estudos recentes tem investigado a adequação de produtos derivados de plantas para substituir parcialmente a proteína animal avaliando-se o crescimento de diferentes espécies de peixes comercialmente importantes, sob condições controladas de cultivo (Graeff *et al.*, 2007; Solomon & Okomoda, 2012; Lund *et al.*, 2012).

Entre os alimentos de origem vegetal, a maior parte dos estudos são com plantas terrestres, principalmente os cereais, como soja, arroz, sorgo ou milho (Mitchell *et al.*, 1974). No entanto, há também estudos com a biomassa de macrófitas aquáticas, as quais poderiam substituir parcialmente estes cereais, que são relativamente caros (Graeff *et al.*, 2007).

No cultivo de peixes, as macrófitas são tradicionalmente usadas como um componente estrutural dos tanques de peixes para fornecer um habitat para macroinvertebrados associados, aumentando sua disponibilidade como presa para os peixes (Pelicice & Agostinho, 2006; Silva & Henry, 2018) ou como fonte de alimento para espécies de peixes herbívoros / onívoros como a carpa capim (Domingues *et al.*, 2017) e a tilápia do Nilo (Fetahi *et al.*, 2018).

1.3.1 Potencial das Macrófitas como Ingrediente de Rações para Peixes

As macrófitas apresentam características nutricionais que permitem que elas sejam usadas como alimento para outros organismos aquáticos e são de fácil obtenção e baixo custo, fatores relevantes para seu uso como ingrediente em rações de peixes (Mandal *et al.*, 2010). Alguns estudos já avaliaram a composição química, o conteúdo energético e diferentes proporções de inclusão da biomassa de macrófitas nas rações de peixes, buscando informações sobre espécies de macrófitas que tivessem aceitabilidade e resultassem em crescimento adequado dos peixes (Kalita *et al.*, 2007; Kijora *et al.*, 2011; Brouwer *et al.*, 2019). Contudo, a maior parte dos estudos não avaliou simultaneamente a vantagem econômica e o impacto potencial da utilização da biomassa da macrófita para a qualidade do ambiente quando comparada com rações comerciais de baixo custo, para peixes.

Entretanto, estudos de aplicação prática para avaliar o limite de inclusão destas fontes vegetais, têm indicado que estas dependem das características estruturais e composição química de cada espécie de macrófita, relacionadas com fatores antinutricionais (Francis *et al.*, 2001) ou a quantidade de fibras que podem diminuir a digestibilidade da ração, diminuindo a absorção, aumentando as perdas de nutrientes por excreção e causando conseqüentemente a perda de massa dos peixes (Kokou & Fountoulaki, 2018). Portanto, embora a busca de fontes de proteínas alternativas sejam necessárias, do ponto de vista fisiológico devem ser feitos estudos que testem o limite de inclusão específico para as diferentes espécies de peixes, pois especialmente fontes vegetais podem alterar a função intestinal, aumentando a quantidade de água nas fezes

e resultar em diarreias e conseqüentemente menor taxa de assimilação do alimento e de crescimento dos peixes (Hu *et al.*, 2016).

A análise química de compostos antinutricionais pode ser complexa e onerosa devido à grande variedade de substâncias que podem ter efeitos prejudiciais à produção animal (Kokou & Fountoulaki, 2018). Em termos práticos, a adequação de um alimento incluído em uma dieta pode ser mais facilmente avaliada pela resposta fisiológica dos indivíduos alimentados em rações suplementadas pelo novo ingrediente do que pelas análises químicas dos mesmos (Martin & Appel, 2010). Este foi o tipo de abordagem adotada no presente estudo.

Do ponto de vista ecológico, o aproveitamento da biomassa das macrófitas pode ser também uma solução para a disposição adequada de plantas, essencial no manejo de ecossistemas aquáticos comprometidos pelo aumento excessivo da biomassa de macrófitas. Pode também favorecer economicamente o empreendimento de cultivo se puder ser utilizada como fonte de proteína vegetal para a alimentação dos peixes (Henry-Silva & Camargo, 2002; Graeff *et al.*, 2007) configurando a chamada estratégia da economia circular.

Além de seu uso como suplemento alimentar em rações para peixes, muitas espécies de macrófitas vivas também são ferramentas úteis para o manejo da eutrofização em tanques e efluentes de piscicultura, devido às suas características intrínsecas como: alta taxa de produção primária (Passerini *et al.*, 2016), crescimento rápido, alta capacidade de absorção e acumulação de nutrientes (Bonanomi *et al.*, 2014). Com base em seu desempenho, algumas espécies de macrófitas têm sido utilizadas em sistemas artificiais, ou *artificial wetlands*, construídos para tratar efluentes de piscicultura e também de outros empreendimentos, antes de sua disposição em corpos d'água naturais (Di Luca *et al.*, 2017; Choudhury *et al.*, 2018).

A macrófita *P. stratiotes* é uma espécie potencialmente adequada para diferentes aplicações biotecnológicas em piscicultura. Diversos estudos têm demonstrado que ela possui características adequadas para utilização como filtro biológico contribuindo significativamente para a diminuição da carga de

nutrientes dos efluentes (Henry-Silva & Camargo, 2007; Henares & Camargo, 2014).

A macrófita exótica *H. verticillata*, uma espécie invasora na região Neotropical, tem também grande capacidade de remoção de nutrientes da água. Contudo ela é alvo de grande preocupação por sua elevada invasividade e capacidade de se tornar dominante nos ambientes de água doce (Jain & Kalamdhad, 2018) competindo com as macrófitas nativas podendo até eliminar as espécies mais sensíveis (Sousa *et al.*, 2010; Bianchini-Junior *et al.*, 2010).

O aproveitamento da biomassa de ambas espécies como ingrediente na formulação de rações para peixes poderia torná-las uma importante matéria prima como recurso alimentar, trazendo dupla vantagem: a ambiental, pela diminuição da carga de nutrientes nos efluentes da piscicultura e a econômica pela diminuição de custos por meio da incorporação de suas biomassas como ingrediente suplementar nas rações.

1.3.2 Utilização de Alimento vivo na Piscicultura

Outra importante fonte de alimento na Piscicultura é constituída por organismos vivos da comunidade zooplanctônica. Estes são considerados os alimentos vivos ideais como fonte alimentar na piscicultura e os principais grupos utilizados como alimento vivo são os Cladocera, Copepoda e Rotifera (Das *et al.*, 2012; Barad *et al.*, 2017). Comparações do desempenho de larvas e alevinos de peixes quando alimentados com dietas artificiais e aqueles alimentados com macroinvertebrados planctônicos ou bentônicos (alimento vivo) demonstraram um melhor desempenho quando estes consomem o alimento vivo. Este último é superior tanto em termos nutricionais quanto na aceitabilidade da dieta (Simhachalam *et al.*, 2015; Zeng *et al.*, 2018) aumentando a sobrevivência das larvas e dos alevinos (Furuya *et al.*, 2001; Guerreiro *et al.*, 2011; Diemer *et al.*, 2012).

O uso do alimento vivo também traz vantagens ambientais em comparação com a ração, porque as sobras permanecem vivas e podem ser utilizadas como recurso alimentar posteriormente, não ocasionando por exemplo, a depleção de oxigênio, o aumento de matéria orgânica particulada e

dissolvida em decomposição, diminuição do pH ou aumento da concentração de compostos nitrogenados, entre outros efeitos (Zaniboni-Filho *et al.*, 2018 –).

Entretanto existem grandes dificuldades na produção de zooplâncton em laboratório, ou em tanques de piscicultura em larga escala que constitui um fator limitante ou gargalo a ser ainda superado na Piscicultura. Considera-se que a baixa produção de alimento vivo para peixes está relacionada aos altos custos e à falta de um manejo e de técnicas adequadas ao cultivo em larga escala (Sidonio *et al.*, 2011). A busca de tecnologias de baixo custo que viabilizem o cultivo de espécies zooplanctônicas adequadas para a alimentação de larvas e alevinos de peixes, e mesmo de adultos no caso de peixes estritamente planctófagos é bastante necessária (Gómez-Cerón *et al.*, 2013; Sipaúba-Tavares *et al.*, 2009).

A falta de dietas apropriadas pode resultar em grande mortalidade de larvas e alevinos afetando a produção final na piscicultura (Gómez-Cerón *et al.*, 2013). Uma grande sobrevivência das fases iniciais é muito importante pois a disponibilidade de alevinos para fomentar a piscicultura artesanal, com pequenos produtores rurais é muito importante para o crescimento da piscicultura como um todo. Isto reforça o ponto de vista de que o desenvolvimento de novas tecnologias de cultivo de zooplâncton é estratégico para a aceleração do crescimento dos peixes sem deterioração na qualidade da água dos viveiros de larvicultura e para o incremento na produção de peixes (Bock & Padovani, 2000).

As fases iniciais dos peixes apresentam também outras exigências quanto ao alimento, além do valor nutricional, como por exemplo, que a dieta seja de tamanho adequado para ingestão, um fator tão importante quanto a qualidade e quantidade adequada de nutrientes específicos. Essa exigência se refere principalmente às larvas que apresentam o trato digestório ainda incompleto. Acredita-se que o alimento vivo apresenta enzimas que facilitam o processo de digestão, ao contrário das rações industrializadas (Guerreiro *et al.*, 2011; Diemer *et al.*, 2012). Isto aumenta a importância do alimento vivo para as fases iniciais de peixes que apresentam os maiores índices de mortalidade, reduzindo a produção final, com um reflexo econômico negativo (Gómez-Cerón *et al.*, 2013).

Peixes juvenis se alimentam de vários organismos zooplanctônicos incluindo rotíferos, cladóceros e copépodos (Anneville *et al.*, 2009; Turner, 2004). Dentre as espécies cultivadas a preferência é pelo cultivo de espécies herbívoras, as quais não apresentam risco de serem predadoras das larvas dos peixes. A dieta do zooplâncton herbívoro é, no entanto, mais seletiva tanto em relação ao tamanho, quanto em relação ao grupo da alga. Cladóceros, copépodos e rotíferos demonstram preferência por pequenas algas, especialmente as clorofíceas e são capazes de discriminar entre partículas algais ricas e partículas pobres em nutrientes (De Mott, 1986).

Portanto, o sucesso do cultivo dos organismos zooplanctônicos em larga escala, exige também o sucesso no cultivo de algas que sejam adequadas à alimentação dos invertebrados zooplanctônicos. Envolve desta forma uma curta cadeia alimentar em que a eficiência de transferência de energia e nutrientes entre o primeiro e o segundo nível trófico (alga → zooplâncton) é igualmente importante à eficiência de transferência entre o segundo e o terceiro nível trófico (zooplâncton → peixe). O desenvolvimento de tecnologias de baixo custo, através desta cadeia alimentar é essencial (Sipaúba-Tavares, 2004).

Na região Neotropical os Cladocera são em sua maioria organismos zooplanctônicos herbívoros, com exceção de uma única espécie, *Holopedium amazonicum* (Elmoor-Loureiro, 1997; Rocha *et al.*, 1994). Em regiões temperadas, são frequentemente utilizadas espécies dos gêneros *Daphnia* (Otero *et al.*, 2013) e *Ceriodaphnia* (Begum *et al.*, 2013), na alimentação de peixes. Espécies desses gêneros apresentam grande potencial para utilização como alimento vivo na piscicultura por terem características favoráveis ao cultivo em laboratório e em mesocosmos, principalmente se cultivados em meios enriquecidos (Kar *et al.*, 2017; Guevara, 2003; Prieto, 2001).

O uso de organismos vivos é bastante promissor, porém o recurso ainda é pouco explorado, provavelmente pela produção insuficiente de organismos vivos em cultura intensiva (O'Bryen *et al.*, 2005). Este fato ocorre possivelmente pela falta de mais pesquisas nesse campo (Santhanam & Nandakumar, 2019). Portanto pesquisas sobre novas técnicas que facilitem o cultivo e aumentem a produção e o valor nutricional do zooplâncton cultivado e que seja comprovadamente adequado como alimento vivo para as fases iniciais de

peixes de importância na piscicultura regional são também prioritárias (Mæhre *et al.*, 2013) O zooplâncton tem também grande potencial nutricional pela incorporação de nutrientes em sua biomassa a partir de sua dieta transferindo-os via predação, pelos peixes que deles se alimentam (Barad *et al.*, 2017; Roy *et al.*, 2014).

Uma das alternativas para a diminuição do custo da produção do zooplâncton e um manejo adequado à conservação da qualidade ambiental dos corpos de água voltados para a Piscicultura seria, similarmente ao que se propõe para o cultivo de peixes, é utilizar a biomassa das macrófitas aquáticas como uma fonte suplementar de alimento para o cultivo dos invertebrados zooplanctônicos de água doce (Palafox, 2005 & Schultz & Dibble, 2011)

2. Justificativa

O desenvolvimento de tecnologias voltadas para o uso de suplementos alimentares de fácil obtenção e que permitam a redução dos custos do alimento no cultivo de peixes é relevante para a garantia da sustentabilidade futura da piscicultura em todos os níveis: local regional e mundial. As alternativas alimentares devem propiciar vantagens nutricionais, econômicas e ambientais. Para isso novos ingredientes devem ser pesquisados e avaliados quanto a seu desempenho em promover o crescimento dos peixes.

Os novos ingredientes a serem incluídos na dieta de peixes devem ser também avaliados em relação ao comportamento da perda de massa durante o processo de decomposição da ração e investigados quanto à liberação diferencial de nutrientes quando em contato com a água, buscando-se assim prever seu comportamento em relação ao aporte de nutrientes para o ecossistema aquático utilizado na piscicultura.

Na busca por um aumento significativo na produção de proteína animal por meio da piscicultura, algumas espécies de peixes têm sido consideradas espécies com relevância econômica regional, com base em características intrínsecas das espécies, favoráveis ao seu cultivo. A tilápia do Nilo,

Oreochromis niloticus, é uma espécie atualmente utilizada para a piscicultura em muitos países do mundo. É considerada uma grande promessa para o futuro da aquicultura mundial (Yue *et al.*, 2016). Apresenta hábito alimentar onívoro sendo facilmente adaptável a novas dietas, não dependente exclusivamente da proteína animal e podendo ter um bom desempenho com menores quantidades de ração (Ng & Romano, 2013). Outros peixes que são listados com grande potencial para a piscicultura e tendem ao crescimento até 2030, são: Salmão, Peixe-Panga e Carpa (Kobayashi *et al.*, 2015).

As macrófitas são um componente comum nos ecossistemas aquáticos de todo o mundo apresentando assim facilidade de obtenção e são consideradas uma fonte de proteína vegetal de baixo custo. Acredita-se que tenham potencial para serem utilizadas como fonte de proteína vegetal, podendo substituir parcialmente ou em grande parte a proteína animal nas rações utilizadas na piscicultura. Se utilizadas no cultivo de zooplâncton em larga escala, acrescentariam a vantagem de redução dos gastos com alimento para a cultura em larga escala dos invertebrados zooplânctônicos.

A utilização da biomassa configura neste caso o reaproveitamento de nutrientes absorvidos pelas macrófitas nas águas efluentes da própria piscicultura representando desta forma uma tecnologia de tratamento de efluentes, que poderá contribuir para a conservação dos ecossistemas aquáticos envolvidos em um empreendimento de piscicultura.

3. Objetivo geral e específicos

3.1 Objetivo Geral:

Os objetivos do presente estudo foram: 1- avaliar a viabilidade de utilização da biomassa das macrófitas *H. verticillata* e *Pistia stratiotes* como ingrediente suplementar de ração para o cultivo de *Oreochromis niloticus* (a tilápia do Nilo) e alimento suplementar na suspensão algal para o cultivo de duas espécies de cladóceros zooplânctônicos a serem fornecidas como alimento vivo aos peixes;

e 2- avaliar as vantagens ambientais do uso das macrófitas para remoção de nutrientes da água na busca de práticas sustentáveis na piscicultura.

3.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar e verificar a influência da inclusão de biomassa das macrófitas *P. stratiotes* e *H. verticillata* na composição química e conteúdo energético das rações sem (controle) e com (rações formuladas) suplementação com a biomassa destas plantas;
- Comparar o desempenho de crescimento da tilápia, *Oreocromis niloticus*, alimentada com rações sem e com inclusão de diferentes níveis de da biomassa das macrófitas selecionadas (5, 10 e 15%);
- Avaliar os parâmetros do ciclo de vida (crescimento, produção de neonatas e longevidade) dos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* cultivados com dietas suplementadas com biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes*;
- Caracterizar o processo de decomposição, meia-vida e liberação de elementos químicos de rações de peixe sem e com diferentes níveis de inclusão de biomassa das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*;
- Avaliar as vantagens e desvantagens de inclusão da biomassa das macrófitas aquáticas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* em relação aos aspectos de redução do custo a ração, melhoria no crescimento da tilápia e redução do risco de eutrofização da água nos corpos de água utilizados para piscicultura ou para recepção de seus efluentes.

4. Hipóteses

- Uma ração básica e barata de peixe libera mais nitrogênio e fósforo total para o ambiente aquático utilizado para piscicultura do que rações com inclusão de biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* ou *Pistia stratiotes*;

- A inclusão da biomassa de macrófitas retarda o processo de decomposição das rações suplementadas com este ingrediente, resultando em menor liberação de nutrientes;

- As rações enriquecidas com diferentes proporções de *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* resultarão em maior comprimento e incremento de peso de *Oreochromis niloticus*, do que a ração controle;

- A macrófita com menor teor de fibras e maior quantidade de proteínas terá melhor desempenho como fonte alimentar, resultando em maior crescimento de *Oreochromis niloticus* e maior produção de neonatas pelos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*;

- As culturas de cladóceros alimentadas com suspensão algal suplementada com a biomassa das macrófitas terão melhor desempenho nos parâmetros de seus ciclos de vida em comparação com aqueles alimentados apenas com a alga.

5. Material e Métodos

5.1 Coleta e processamento das macrófitas

A macrófita *P. stratiotes* foi cultivada em tanques de concreto, circulares, localizados na Estação Experimental do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva da Universidade Federal de São Carlos, campus de São Carlos . Um exemplar herborizado desta espécie está depositado no herbário da coleção de macrófitas aquáticas do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (DEBE)

da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) sob o número de tomo 0037. Os tanques tinham 3 metros de diâmetro e 0,5 m de altura, (Fig. 3). A água utilizada para cultivo foi de fonte natural enriquecidas com 3 g L⁻¹ do fertilizante comercial NPK 20, 5, 20 (Sipaúba-Tavares *et al.*, 2009).



A



B



C

Figura 3: A) Vista geral dos tanques utilizados para o cultivo da macrófita *Pistia stratiotes*. B) Alguns exemplares desta macrófita e C) coleta e posterior secagem ao sol.

A outra espécie de macrófita selecionada para esta investigação, *Hydrilla verticillata* (Linn.) Royle 1839 (Alismatales, Hydrocharitaceae) é uma espécie exótica invasora no Brasil e no estado de São Paulo (Bianchini-Júnior *et al.*, 2010). No presente estudo esta macrófita foi coletada em uma lagoa de piscicultura, também utilizada para atividades de pesca esportiva, no município de Laranjal Paulista, SP, Brasil (23 ° 03' 01" S, 47 ° 50 ' 14" W) (Fig. 4). Um exemplar desta espécie encontra-se herborizado e depositado no herbário da coleção de macrófitas aquáticas do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva (DEBE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) sob o

número de tomo 0038. Certa quantidade de biomassa de *H. verticillata* (em torno de 5 kg) foi coletada manualmente com o auxílio de um rastelo de metal (Fig. 5 A), e armazenada em sacos de rafia que permitiam o escoamento da água (Fig. 5B).



Figura 4: Invasão da *Hydrilla verticillata* em tanques de piscicultura utilizados para pesca esportiva no município de Laranjal Paulista, SP.



A



B

Figura 5 – A) Coleta manual da macrófita *Hydrilla verticillata* com rastelo; B) armazenamento provisório em sacos de rafia.

As macrófitas coletadas foram lavadas com água corrente para retirada dos resíduos, e após isso deixadas ao ar livre, sob o sol, por 24 horas para secagem. Posteriormente foram transferidas para estufas e secas a 60° por 48 horas (Proença, 2015). Depois de seca, a biomassa foi moída até se transformar em pó fino em moinho da marca Willye TE-650 (Technal), peneirada em peneira de ferro de 0,33 µm de abertura de malha (Soil Testing US Standard Sieves nº 20) e armazenada em recipientes de plástico hermeticamente fechados até sua utilização como ingrediente na preparação das rações experimentais (Proença, 2015).

5.2 Produção das rações experimentais com adição da biomassa seca de *Hydrilla verticillata* ou de *Pistia stratotes*

As rações experimentais foram preparadas com uma ração comercial padrão da marca Peixe Tropical (560) Aquos Tropical, com 32% de proteína, e 6mm de tamanho, recomendada para a alimentação de peixes onívoros. Esta ração comercial foi utilizada como controle e matéria básica na formulação de três rações experimentais preparadas pela adição de 5%, 10% e 15% da biomassa de uma das macrófitas selecionadas para esta pesquisa. As quantidades de biomassa de macrófitas a serem adicionadas à ração básica e que constituíram os diferentes tratamentos foram estabelecidas com base no resultado de um estudo prévio (Proença, 2015), que evidenciou que quantidades a partir de 20% eram nutricionalmente prejudiciais. No total foram preparados 3 kg de ração para cada proporção de inclusão da biomassa para cada macrófita estudada.

A ração comercial padrão e a biomassa triturada e seca da macrófita foram novamente umedecidas, misturadas, trituradas e peletizadas em moedor industrial (Zeex - MC555) (Fig. 6 A, B e C). As rações, depois de preparadas foram colocadas em bandejas, e levadas à estufa para secar na temperatura constante de 60 °C durante 48 horas, de acordo com os procedimentos descritos por Furuya *et al.* (2001).



A



B



C

Figura 6: A, B e C: Imagens ilustrativas dos procedimentos para produção em pequena escala de rações com os diferentes níveis de inclusão de biomassa triturada e seca das macrófitas (5%, 10% e 15%) que foram sequencialmente umedecidas, misturadas, trituradas e peletizadas em moedor industrial.

5.3 Análise da Composição Química e Conteúdo Energético da Biomassa Seca das Macrófitas

A concentração de nitrogênio foi determinada pelo método Kjeldahl (Mackereth *et al.*, 1989) digestão da biomassa seca da macrófita com ácido sulfúrico, seguida da destilação e alcalinização da amostra e por último a titulação com ácido sulfúrico 0,01 M. A concentração de proteína foi calculada considerando que o nitrogênio corresponde a 16% da proteína, então feita a multiplicação pelo fator de conversão 6,25 (Grodzinski *et al.*, 1975).

A determinação de carboidratos foi feita pelo método do fenol-sulfúrico onde se utiliza como solução padrão a solução de glicose 1 m M. Após isso, a leitura

da absorvância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 480 nm (Dubois *et al.*, 1956).

O método utilizado para a quantificação dos lipídeos foi o de Bligh & Dyer (1959), que consiste em uma adaptação simples do método de Folch *et al.* (1957) utilizando como solventes o clorofórmio e o metanol (2:1), e água destilada. Desta forma ocorre separação da fase orgânica onde contém os lipídeos isolados que foram decantados e a quantidade total de lipídeos na amostra foi determinada por gravimetria, em balança de precisão.

Para a quantificação das cinzas foi feita a pesagem de 1 grama da biomassa das macrófitas secas em cadinhos e foram calcinadas em mufla (marca Edgcon, modelo 3P 7000), após isso foi feita a pesagem das cinzas por gravimetria. A determinação de fósforo nas macrófitas foi feita pelo método das cinzas, as cinzas foram retiradas do cadinho lavadas com 10 ml de ácidos HCl 7%, completados com 100 mL de água, após isso foi feita nova diluição e adicionado o reagente misto (mistura de Molibdato, H₂SO₄, ácido ascórbico e tartarato de antimônio e potássio) e posterior leitura em espectrofotometro 820 nm (AOAC, 1960).

As análises de fibras totais foram feitas seguindo o método sequencial que utiliza na solubilização a digestão ácida em alta temperatura e posterior determinação gravimétrica. O resultado é obtido em porcentagem pela diferença da massa final em relação a inicial (Van Soest, 1967). A determinação de polifenóis foi feita utilizando métodos colorimétricos, com a extração das partículas feitas com metanol 50% (Bianchini-Júnior & Toledo, 1981).

5.4 Análise Químicas das Rações Formuladas com a Inclusão da Biomassa de Macrófitas

O conteúdo energético foi quantificado no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal, SP. O conteúdo calórico foi determinado em bomba calorimétrica (Ika Werke, modelo C-2000 control). A determinação consiste na queima de 1 g de biomassa seca

das rações, em condições controladas em atmosfera de oxigênio. A alteração de temperatura originária da queima da ração é calculada com base nas medidas de temperatura realizadas no banho que envolve a câmara, antes e pós o processo de combustão. Os valores foram obtidos em tréplica, seguindo as normas E711-87 Método Padrão para determinação do Valor Calórico Total, por Bomba Calorimétrica (ASTM, 2004). A equação utilizada seguiu aquela descrita no método de Kleinlein (2010), com o erro esperado menor que 0,2% e o desvio padrão menor que 0,4%.

As proteínas foram quantificadas pelo método clássico de nitrogênio orgânico total de Kjeldahl (Mackereth *et al.*, 1989) sendo que após a digestão foi feita a destilação da solução utilizando um destilador de amônia da marca FOSS. Os resultados de concentração de amônia foram utilizados para o cálculo das concentrações de proteína utilizando-se o fator conversão de 6,3 (Grodzinski *et al.*, 1975).

Os teores de fibras na biomassa das macrófitas foram quantificados utilizando-se soluções de ácido e base fracas, com solubilização por meio da digestão ácida em alta temperatura. O resultado é obtido por gravimetria, porcentagem pela diferença da massa final em relação a inicial (Van Soest, 1967).

5.5 Dinâmica de decomposição de rações de peixe com e sem a inclusão de biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes*

A biomassa pura das macrófitas *P. stratiotes* e *H. verticillata*, a ração comercial básica (controle) e as três rações suplementadas com diferentes proporções de cada uma destas macrófitas (5%, 10% e 15%) foram submetidas a um experimento de decomposição ao longo de sessenta dias, para se determinar o potencial e a dinâmica da liberação dos principais elementos: N, P, e C da matéria decomposta para a água, a partir de ração não consumida ou materiais residuais.

Estes materiais foram incubados em frascos de vidro escuro de 100 mL de capacidade (câmaras de decomposição) na proporção de 10 g de biomassa seca (DW) por litro de água natural obtida de uma lagoa oligotrófica (Bianchini

Jr. *et al.*, 2002), previamente filtrada a vácuo. As câmaras de decomposição (n = 3) foram mantidas no escuro, na temperatura controlada de 25 ± 2 ° C. Em vários intervalos de tempo durante o experimento (1, 3, 7, 15, 30 e 60 dias após o início do experimento) amostras de 50 mL e o material residual foram coletados para análises físicas e químicas.

Para isso, o material foi filtrado em filtro de fibra de vidro GFC previamente pesado (tamanho de poro de 1,2 μm), para a retenção das partículas. A água filtrada foi analisada para determinação das concentrações de elementos químicos. As partículas retidas no filtro foram secas em estufa a 50 °C e o peso seco foi determinado por análise gravimétrica (Wetzel & Likens, 1991). Os dados obtidos foram utilizados para modelagem matemática do processo de decomposição (Bianchini-Júnior *et al.*, 2014).

5.5.1. Modelagem Matemática de Perdas de Massa por Decomposição

As perdas de massa de matéria orgânica particulada (MOP) das rações e das macrófitas foram ajustadas a um modelo matemático de decaimento bifásico (Lousier & Parkinson, 1976) e uma regressão não linear através do algoritmo iterativo de Levenberg-Marquardt (Press *et al.*, 1993) de acordo com a equação 1:

$$\text{MOP} = (\text{MOP}_{\text{LS}} \times e^{-k_{\text{LS}} \cdot t}) + (\text{MOP}_{\text{R}} \times e^{-k_{\text{R}} \cdot t}) \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: MOP_{LS} = conteúdo inicial de matéria orgânica lábil solúvel (%); MOP_{R} = conteúdo inicial de matéria orgânica refratária particulada (%); k_{R} = coeficiente de perda de massa refratária (dia^{-1}); k_{LS} coeficiente de perda de massa lábil solúvel (dia^{-1}).

O intervalo tempo de meia vida ($t_{1/2}$) do decaimento da matéria orgânica foi calculado pela Equação 2 (Bianchini Jr, 2003):

$$T_{1/2} = \ln(0.5) / -k \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: k = coeficiente de decaimento de cada tipo de fração da planta; para MOP_{LS} o coeficiente utilizado foi k_T e para MOP_R , o coeficiente foi k_R .

5.5.2 Liberação de nutrientes para a água durante a decomposição da biomassa pura das macrófitas e das rações de peixe utilizadas nos experimentos

As concentrações de nutrientes presentes nas frações líquidas (água filtrada) amostradas em diferentes momentos ao longo do experimento de decomposição da biomassa pura das macrófitas e de todas as rações testadas, foram quantificadas.

As concentrações de nitrogênio orgânico total, carbono total e carbono dissolvido orgânico foram analisadas pela combustão não dispersiva e detecção infravermelha de compostos orgânicos (modelo TOC-L SSM 5000, Shimadzu), na temperatura de combustão de 700°C. A quantificação de fósforo foi realizada pelo método espectrofotométrico do ácido molibdivanadofosfórico (Johnson, 1971). O método baseia-se na reação dos íons ortofosfato com íons molibdato e vanadato em meio ácido (HNO_3) com formação de heteropoliácido de cor amarela, cuja absorbância é medida espectrofotometricamente a 420 nm (Golterman *et al.*, 1978).

5.6 Avaliação do crescimento de *Oreochromis niloticus* sob diferentes dietas alimentares

Os exemplares de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) foram obtidos na estação de piscicultura no município de São Carlos, SP. Os juvenis são todos estéreis, após reversão de sexo (Simões *et al.*, 2017). Os indivíduos foram mantidos sob temperatura controlada de 25 ± 2 ° C e aeração constante em 12 aquários com 40 L de água de torneira desclorada (deixada em repouso sob aeração por 48h). Cinco (5) indivíduos foram colocados em cada aquário

perfazendo um total de sessenta (60) juvenis de tilápia (Fig. 7 A). Todos os indivíduos foram previamente avaliados quanto ao comprimento total (cm) utilizando-se um ictiômetro e pesados (peso fresco) em balança de precisão (marca Scientec AS 210).

Posteriormente estes indivíduos foram distribuídos aleatoriamente nos aquários, sendo que para o experimento com *H. verticillata* como fonte alimentar os indivíduos de tilápia tinham comprimento inicial médio de 7,78 cm \pm 0,20; e para o experimento com *P. stratiotes* o comprimento inicial médio foi de 5,41 cm \pm 0,18. A água do aquário foi totalmente renovada a cada 7 dias e as fezes foram removidas diariamente por sifonagem. A biometria foi repetida ao longo do experimento, a cada 15 dias compreendendo medidas de comprimento total, comprimento padrão e medidas de peso fresco (Fig. 7 B).

A alimentação dos peixes foi realizada *ad libitum*, três vezes ao dia (às 8, 12 e 17h). Cada ração de alimento foi fornecida em pequenas quantidades até que não houvesse mais procura de alimento (um total de aproximadamente 1,1 g na primeira semana, tendo sido aumentada para 1,7 g nas últimas 2 semanas, devido ao incremento do peso dos peixes, reduzindo assim os resíduos de ração no fundo do aquário).

As comparações do desempenho de juvenis de *O. niloticus* entre os tratamentos foram feitas utilizando-se as seguintes variáveis: incremento de peso: GP (g) = PC - PI, onde PC é o peso médio final e PI é o peso médio inicial; o peso foi expresso em grama; e a taxa de crescimento (% / dia) = 100 ((lnW_t - lnW_o) / T, onde: W_t é o peso final (g), W_o é o peso inicial (g) e T é a duração do experimento em dias (Bomfim *et al.*, 2010 ; Zou *et al.*, 2018).



Figura 7. A) Vista geral da montagem experimental para avaliação do crescimento da tilápia do Nilo, *Oreocromis niloticus*, cultivada por 60 dias, para diferentes dietas que consistiram de rações com e sem a inclusão de diferentes proporções da biomassa das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes*. B) Indivíduo de *Oreocromis niloticus* que era retirado para realização da biometria.

5.7 Obtenção e Cultivo de Espécies Zooplancônicas para Utilização de Alimento Vivo

Duas espécies de cladóceros foram escolhidas para o cultivo, *Daphnia similis* Claus 1876 (Cladocera, Crustacea) e *Ceriodaphnia silvestrii* Daday, 1902 (Cladocera, Crustacea) reconhecidas como alimento vivo adequado em piscicultura (Otero *et al.*, 2013). O cladóceros *C. silvestrii* é uma espécie nativa e foi obtida em tanques de cultivo de plâncton na Estação de Aquicultura do Departamento de Hidrobiologia (21°58'55.1"S 47°52'35.6" W). A espécie *D. similis*, é uma espécie exótica de clima temperado, cultivada e vendida em lojas de materiais para aquarofilia no Brasil. Os inóculos foram obtidos junto ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CRHEA/USP).

Os organismos foram aclimatados e cultivados em laboratório durante 30 dias antes dos experimentos. A manutenção dos cultivos foi feita sob condições controladas, tendo sido realizado acompanhamento regular da variação dos parâmetros físicos e químicos da água (pH, dureza, condutividade e temperatura). Os procedimentos de cultivo seguiram o protocolo número ABNT NBR 13373 (2017). De acordo com o protocolo os organismos foram mantidos em béqueres com água reconstituída, com dureza total de 40 a 48 mg

CaCO₃.L⁻¹, pH entre 7,0 e 7,6 e condutividade elétrica em torno de 160 μS.cm⁻¹. Os recipientes de cultivo foram mantidos em câmaras incubadoras sob condições controladas de temperatura e fotoperíodo, sendo 25 ± 1 °C e 12 h luz:12 h escuro para *C. silvestre* e 20 ± 1 °C e 12 h luz:12 h para *D. similis*.

A alimentação consistiu de uma suspensão da microalga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata*, na concentração de 10⁵ cels L⁻¹ para *C. silvestrii* e 10⁶ cels L⁻¹ para *D. similis* à qual foi adicionado 1 mL de alimento composto, preparado por meio da mistura de ração de peixe Tetramin® na concentração de 5g L⁻¹ e 0,25 g de fermento biológico diluídos na proporção de 1: 1 em água reconstituída.

5.7.1. Parâmetros do Ciclo de Vida de Cladóceros

Experimentos de cultivo das espécies de cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* (Fig. 8) foram realizados para obtenção de dados sobre o crescimento individual, a duração do desenvolvimento pós-embrionário, a reprodução (produção de neonatas) e a longevidade de cada espécie sob diferentes dietas. Para isso o experimento teve a duração até que ocorresse a mortalidade natural de todos os indivíduos cultivados. Para *C. silvestrii* a duração do experimento foi de 35 dias e para *D. similis* foi de 52 dias. Medições foram realizadas diariamente ou a cada vez que os indivíduos apresentavam mudança de instar e crescimento corporal, sob microscópio ótico, marca WILD LEITZ, em aumentos de 40 ou 100x e ocular micrometrada, até que os indivíduos adultos produzissem a 3ª ninhada de neonata.



A



B



C

Figura 8: Foto ilustrativa dos cladóceros utilizados: A - *Daphnia similis*, B- *Ceriodaphnia silvestrii*. C: Cultivo das espécies de cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* em condições laboratoriais.

Cada indivíduo foi mantido isoladamente em recipientes de 70 mL para *C. silvestrii*, e de 100 mL para *D. similis*, a espécie de maior tamanho, tanto para os neonatos quanto para os adultos. Para cada tratamento foram estabelecidas 10 repetições. Os cultivos foram mantidos em incubadora com condições controladas e constantes de fotoperíodo de 2h claro e 12h escuro e temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ para *C. silvestrii* e 20°C para *D. similis*. As trocas do meio de cultivo foram realizadas três vezes por semana, e foi feito o acompanhamento das variações de pH, oxigênio dissolvido, e dureza da água para verificação de cumprimento das condições estabelecidas ABNT NBR 13 373 (2017).

Os tratamentos estabelecidos são apresentados na Tab. 1. Estes consistiram de um tratamento controle (apenas mistura da suspensão algal e alimento composto), e demais tratamentos em que diferentes proporções da suspensão algal foi sendo substituída por diferentes proporções de uma suspensão de partículas da biomassa seca e triturada de cada uma das duas macrófitas testadas, como apresentado na Tab. 1:

Tabela 1- Tratamentos experimentais utilizados para o cultivo dos cladóceros *Daphnia laevis* e *Ceriodaphnia silvestrii* em diferentes proporções da alga *Pseudokirchneriella subcapitata* e das macrófitas aquáticas *Pistia stratiotes* ou *Hydrilla verticillata*

Tratamentos	Suspensão de alga e alimento composto	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Hydrilla verticillata</i>
C	100%	0	0
1/3 H	66.66%	0	33.33%
1/3 P	66.66%	33.33%	0
2/3 H	33.33%	0	66.66
1/3 P	33.33%	66.66%	0
1/2P+1/2H	0	50%	50%

. H: proporções da suspensão com biomassa seca e triturada da macrófita *Hydrilla verticillata*, P: o mesmo para a macrófita *Pistia stratiotes*.

Os experimentos foram realizados com água reconstituída como recomendado pelas normas ABNT NBR 13373 (2017), e foram preparadas três suspensões alimentares para realização de combinações em diferentes proporções. A primeira representava o controle que continha apenas a suspensão da alga *P. subcapitata* enriquecida com o alimento composto (10^5 cels L⁻¹ para *C. silvestrii* e 10^6 para *D. similis* e 1 mL do alimento composto respectivamente); a segunda, contendo 1 g da biomassa triturada da macrófita *H. verticillata*, diluída em um litro de água, e a terceira, contendo 1g da biomassa triturada da macrófita *P. stratiotes* em um litro de água. Estas quantidades foram estabelecidas através da realização de testes preliminares. Após a preparação das suspensões, estas foram misturadas nos recipientes-teste, respeitando-se as proporções apresentadas na Tab.1.

Para acompanhamento do crescimento dos cladóceros foram feitas medidas do tamanho corporal, diariamente, com ocular micrometrada em microscópio estereoscópico marca Zeiss, até que todos os indivíduos tivessem produzido a terceira ninhada de neonatos, o que teve duração média de 7 dias para *C. silvestrii* e de 10 dias para a espécie *D. similis*. Também foi realizado o controle diário da sobrevivência, e após o início da produção de neonatos estas foram contadas e posteriormente retiradas do recipiente-teste, onde permanecia apenas a fêmea adulta inicial.

5.8 Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o software PAST® versão 1.99 (Hammer *et al.*, 2001). Os dados dos experimentos de perda de massa, liberação de nutrientes e crescimento dos peixes quando alimentados com as diferentes rações e crescimento dos cladóceros nos diferentes tratamentos foram comparados estatisticamente para determinar se houve diferenças significativas entre tratamentos e controle. As diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0,05$ (limites de confiança de 95%).

No primeiro momento os dados citados foram submetidos aos testes de variâncias de normalidade e homogeneidade e, em caso de não normalidade e/ou não homogeneidade de variâncias, foi feita a transformação dos dados utilizando a transformação inversa negativa. Após terem a normalidade e a homogeneidade confirmadas, os dados foram submetidos à ANOVA.

A única variável que exigiu transformação dos dados foi a liberação de nitrogênio. Após transformação os mesmos foram submetidos à One-Way ANOVA seguida do teste de Tukey avaliando-se as diferenças entre os tratamentos em relação às perdas de massa das macrófitas puras e as diferentes rações testadas ao longo do experimento.

Os valores médios dos incrementos de peso (g) de *O. niloticus* obtidos nos diferentes tratamentos experimentais foram comparados por meio de Análise de Variância (One-Way ANOVA). Como as premissas de normalidade

e homogeneidade das variâncias foram confirmadas, o teste de Tukey foi aplicado e as diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0,5$ (limites de confiança de 95%). Os valores dos coeficientes linear (a) e angular (b) das curvas de crescimento em tamanho corporal e de crescimento em peso foram comparados por meio da aplicação do teste “t” de Student, com 95% de limite de confiança ($p=0,05$).

Para os resultados obtidos nos cultivos de cladóceros, as diferenças significativas entre os comprimentos do corpo dos indivíduos referentes aos diferentes tratamentos foram analisados por ANOVA seguida do teste Tukey para 95% de limite de confiança ($p=0,05$). Foram feitas as análises dos incrementos no tamanho corporal (μm) em função do tempo de cultivo (dias). Para análise gráfica dos pontos, foram calculados os valores do coeficiente angular (b) e linear (a) utilizando-se o método dos mínimos quadrados aplicado às relações lineares pela transformação de Ford-Walford (Santos, 1978; Santos *et al.*, de 2015):

$$L(t+\Delta t) = a + b L_t, \text{ (equação 3)}$$

$$L^\infty = a/1-b \text{ (equação 4)}$$

$$K = -\ln b \text{ (equação 5)}$$

$$t_0 = 1/k (\ln L^\infty / L^\infty - L_0) \text{ (equação 6)}$$

Após isso, as curvas de crescimento foram ajustadas pelo modelo matemático de von Bertalanffy:

$$L_t = L^\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \text{ (equação 7)}$$

Onde: L^∞ corresponde ao comprimento máximo teórico, K é o parâmetro relacionado à taxa de crescimento diário e t_0 é o parâmetro associado ao comprimento médio (L_0) no instante inicial ($t=0$).

6. Resultados

6.1 Composição química das Macrófitas *H. verticillata* e *P. stratiotes*

Os resultados relativos à composição bioquímica das macrófitas estão apresentados na Tab. 2. Os maiores teores de proteínas e lipídeos foram obtidos para a macrófita *P. stratiotes* enquanto para carboidratos o maior valor foi obtido para *H. verticillata*. O conteúdo de fibras foi também mais elevado na biomassa da macrófita *H. verticillata* cuja quantidade de fibras foi de cerca de 20% superior à quantidade obtida para a macrófita *P. stratiotes*.

Tabela 2: Composição química percentual (valor médio \pm desvio padrão) dos diferentes componentes químicos da biomassa seca das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*.

	<i>Hydrilla verticillata</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
Fibras totais (%)	56,83 \pm 2,57	34,88 \pm 5,09
Polifenóis (%)	00,95 \pm 0,05	00,71 \pm 0,1
Cinzas (%)	19,80 \pm 0,66	16,60 \pm 1,24
Carboidratos (%)	14,80 \pm 1,85	13,10 \pm 1,86
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	24,50 \pm 1,20	27,70 \pm 0,85
Proteínas (%)	12,50 \pm 0,61	14,15 \pm 0,43
Lipídeos (%)	11,38 \pm 2,81	13,20 \pm 2,17

6.2 Análise química-bromatológica das rações testadas

Na Tab. 3 são apresentados os resultados das análises químicas-bromatológicas da biomassa seca das macrófitas estudadas, da ração comercial controle e das rações experimentais suplementadas pela adição da biomassa das diferentes macrófitas. As maiores quantidades de proteínas, lipídeos e conteúdo energético foram obtidas para a ração controle comercial e a menor quantidade de fibras, também.

Comparando-se as rações com inclusão de diferentes proporções de biomassa de cada macrófita observa-se que: em relação às proteínas e lipídeos, as rações com inclusão de diferentes porcentagens *P. stratiotes*

apresentaram valores ligeiramente maiores destes compostos que as rações com a inclusão de *H. verticillata*. A maior quantidade de fibras foi obtida para a ração com 15% de biomassa de *H. verticillata*, com 12,62%; os demais valores de fibras nas diferentes rações suplementadas com macrófitas variaram de 7,1% a 10,4%. O conteúdo energético foi semelhante para todas as rações, variando de 4,03 a 4,09 %.

Tabela 3: Composição química-bromatológica das rações controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata* ou de *Pistia stratiotes*.

	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Fibras (%)	Conteúdo energético Kcal/g
Ração controle	32,00	6,00	6,00	5,20
5% <i>H. verticillata</i>	26,97	4,04	7,68	4,14
10% <i>H. verticillata</i>	26,60	4,01	7,12	4,04
15% <i>H. verticillata</i>	26,40	3,76	12,62	4,09
5% <i>P. stratiotes</i>	28,18	4,50	8,45	4,09
10% <i>P. stratiotes</i>	27,71	4,35	9,01	4,03
15% <i>P. stratiotes</i>	27,18	4,10	10,4	4,09

6.3 Perdas de Massa Durante o Processo de Decomposição

6.3.1 Perda de massa na Decomposição de *Hydrilla verticillata*

As perdas de massa das rações com inclusão de diferentes proporções de biomassa da macrófita *H. verticillata* estão representadas na Fig. 9. Não foram encontradas diferenças significativas na dinâmica de perda de massa entre os diferentes tipos de rações testadas como fonte alimentar, mas a dinâmica destas diferiu da dinâmica de perda de massa da biomassa pura desta macrófita como demonstrado pelos parâmetros estatísticos apresentados na Tab.4.

Tabela 4: Dados obtidos pela ANOVA (valor de p)' valor de F e graus de liberdade) para verificação de diferenças entre a perda de massa das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

Tratamentos	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada
Ração Controle	0			
5% suplementada	0,374	0		
10% suplementada	0,4308	0,9434	0	
15% suplementada	0,08861	0,286	0,3422	0
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,003893	0,000461	0,001907	0,003357

*F=8,009 ; gl = 34

Ao final do experimento, após 60 dias, foram obtidas perdas de massa variando de 80,4 a 82,6% entre as rações, sendo a menor registrada para a ração suplementada com 15% de biomassa de *H. verticillata*. A perda de massa para a biomassa pura desta macrófita foi a menor, com valor médio de 57,4%. Os dados da perda de massa obtidos em cada dia experimental estão apresentados nas Tabelas de 1 a 6, do Anexo 1.

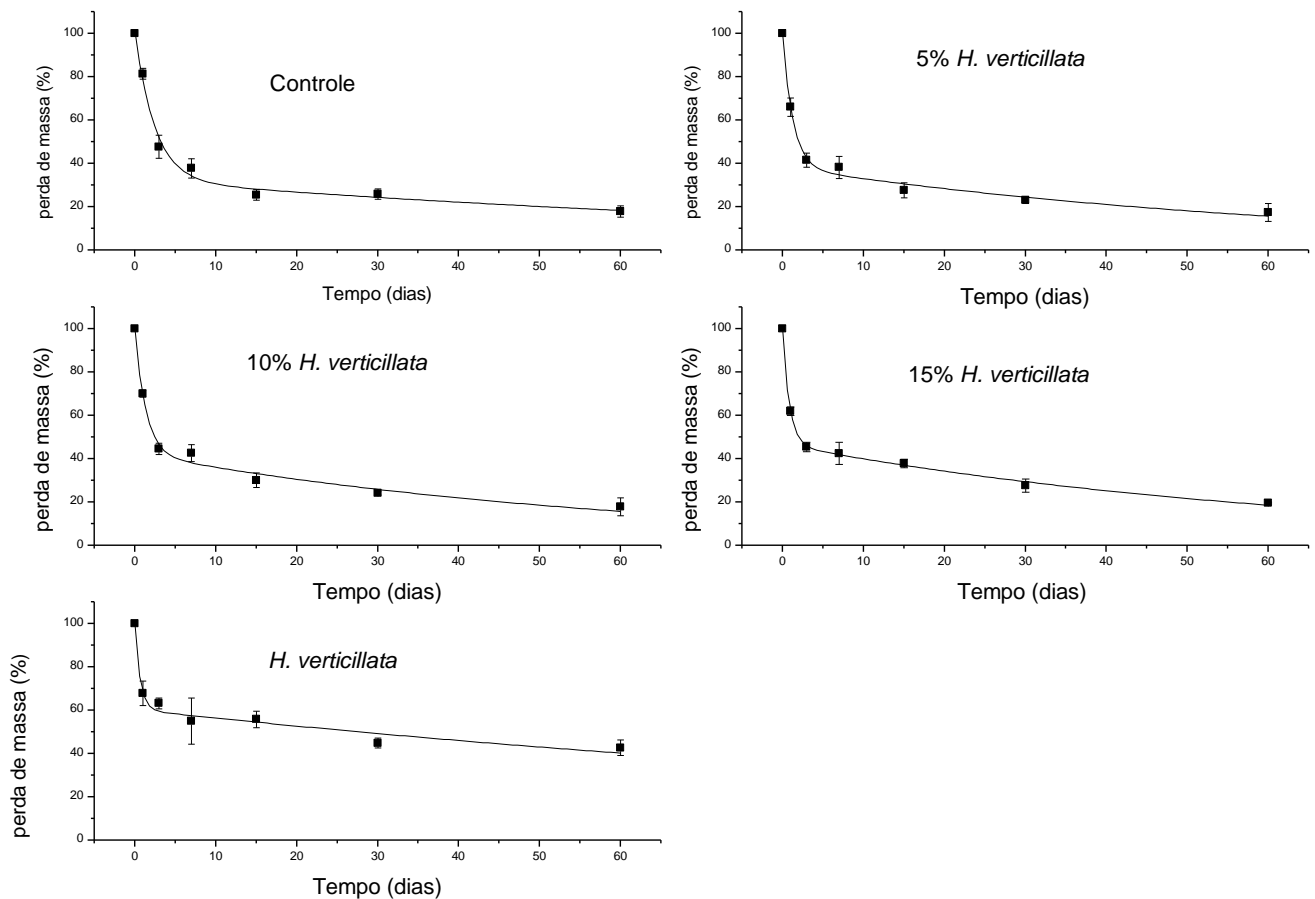


Figura 9: Mudanças temporais de perda de massa (%) ao longo da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa de macrófita e da biomassa pura da macrófita *Hydrilla verticillata*.

Os parâmetros do processo de decomposição obtidos pela modelagem matemática são apresentados na Tab. 5. Eles indicam que as rações apresentaram elevadas perdas da fração lábil solúvel, que é rapidamente degradada, variando de 53,42% a 68,97%. O menor valor correspondeu à ração suplementada com 15% da macrófitas e o maior valor foi obtido na ração controle, que não continha suplementação com a macrófita. A biomassa de *H. verticillata* foi a de menor perda de massa lábil (39,59%).

O maior tempo de meia-vida foi obtido para a decomposição da biomassa pura de *H. verticillata*, de 102,5 dias, seguido da meia vida obtida para a ração controle, de 73,35 dias. O menor tempo de vida foi de 41,88 dias, para a ração suplementada com 10% de biomassa de *H. verticillata* (Tab. 5).

Tabela 5. Parâmetros da modelagem matemática da perda de massa ao longo do processo de decomposição das rações sem e suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa da macrófita e decomposição da biomassa pura de *Hydrilla verticillata*.

	MOP _{LS}	K _{LS} (dia ⁻¹)	T _{1/2LS}	MOP _R	K _r (dia ⁻¹)	R ²	T _{1/2R}
Ração Controle	68,97 ± 6.2	0,40627	1,71	32,32 ± 5.50	0,00945	0,98	73,3
5% suplementada	61,80 ± 4.17	0,79069	0,88	38,27 ± 3.17	0,01493	0,99	46,4
10% suplementada	57,77 ± 5.32	0,75083	0,92	42,51 ± 4.16	0,01655	0,98	41,8
15% suplementada	53,42 ± 1.84	1,21389	0,57	46,60 ± 126	0,01532	0,99	45,2
<i>Hydrilla verticillata</i>	39,59 ± 4.9	1,54966	0,45	60,34 ± 3.02	0,00676	0,96	102,5

MOP_{LS} (Matéria orgânica particulada Lábil-Solúvel); MOP_R (Matéria orgânica refratária); k_{LS} e k_r (coeficientes cinéticos da matéria orgânica refratária e lábil-solúvel), t_{1/2LS} e t_{1/2R} (tempo de meia vida da matéria orgânica refratária e lábil solúvel); R² (coeficiente de correlação)

6.3.2 Perda de massa durante a decomposição da macrófita *Pistia stratiotes*

As perdas de massa da ração controle e das rações com a inclusão de biomassa de *P. stratiotes* e da biomassa pura desta macrófita estão apresentadas na Fig. 10. Não foram observadas diferenças estatísticas significativas na perda de massa entre as diferentes rações e nem em relação à biomassa pura desta macrófita ao final do experimento (Tab. 6). Após 60 dias de experimento, houve uma variação de perda de massa semelhante. Em média, a maior perda foi de 83% para a ração suplementada com 15% da biomassa de *P. stratiotes*, e a menor, de 77% para a ração suplementada com 5% de biomassa de *P. stratiotes*. Os dados da perda de massa obtidos em cada dia experimental são apresentados nas Tabelas 1 a 6 do anexo 1.

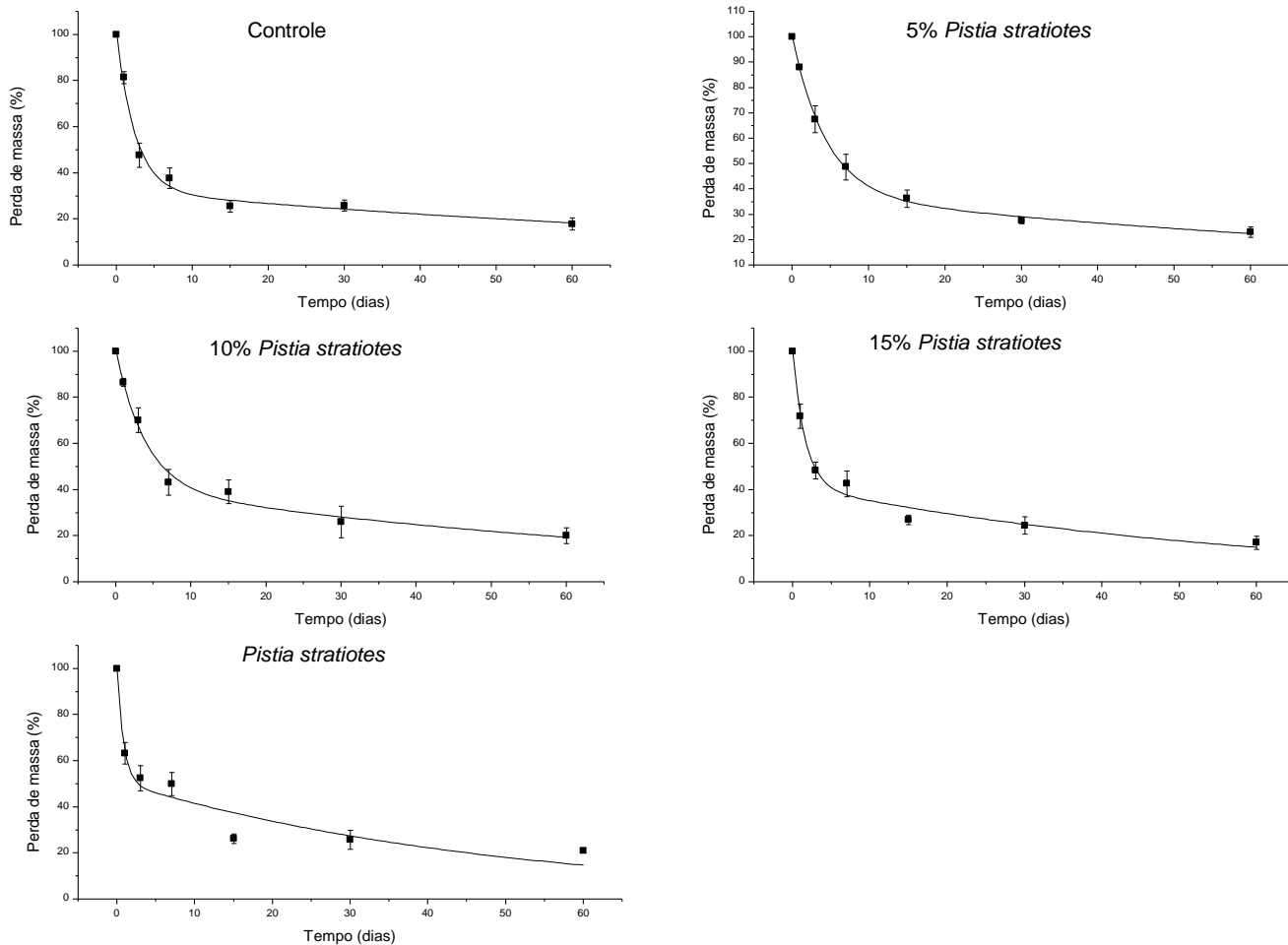


Figura 10: Perda de massa obtida no processo de decomposição da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa de macrófita e a biomassa da macrófita *Pistia stratiotes*.

Tabela 6: Dados obtidos (valores de p , valor de F e graus de liberdade) na análise estatística para verificação de diferenças entre a perda de massa das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Pistia stratiotes*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
Ração Controle	0				
5% suplementada	0,0900	0			
10% suplementada	0,0785	0,0785	0		
15% suplementada	0,7620	0,7620	0,6835	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,6662	0,6662	0,5877	0,0957	0

F= 0,144 gl=34

Os parâmetros da modelagem matemática do processo de decomposição obtida pelo ajuste do modelo de Levenberg-Marquardt estão apresentados na Tab. 7. A maior perda de massa da fração lábil, que é a perda da massa degradada nas primeiras 24h ocorreu para a ração controle (de 69%) e foi decrescente de acordo com o aumento da inclusão de biomassa da macrófita, sendo em média 58% para a ração com 15% de inclusão média e a macrófita *P. stratiotes* com 48,68%. E proporcionalmente segue a porção refratária, que é a matéria com menor degradação, aumentando sua porcentagem conforme a inclusão da macrófita, sendo a maior fração refratária obtida com a decomposição somente da biomassa da macrófita.

Em relação à cinética de decomposição da fração refratária, esta diminui com o aumento da inclusão da biomassa da macrófita na composição da ração, refletindo diretamente no tempo de meia-vida obtido, de forma que, entre as rações, o maior tempo foi o da ração com 5% de *P. stratiotes* (81,5 dias) e o menor o da ração suplementada com 15% de *P. stratiotes* (43 dias). O menor tempo de vida de 34,66 dias foi encontrado para a perda da fração refratária no experimento de decomposição somente com a biomassa da macrófita.

Tabela 7: Parâmetros da modelagem matemática da perda de massa ao longo do processo de decomposição das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% de biomassa da macrófita *Pistia stratiotes* obtidos com o ajuste de modelo matemático.

	MOP _{LS}	K _{LS} (dia ⁻¹)	T _{1/2LS}	MOP _R	K _r (dia ⁻¹)	T _{1/2R}	R ²
Ração Controle	69,00 ± 6,20	0,41	1,69	32,30 ± 5,50	0,0090	77,01	0,980
5% suplementada	62,52 ± 2,62	0,22	3,15	37,68 ± 2,60	0,0085	81,55	0,998
10% suplementada	59,63 ± 8,02	0,25	2,77	40,96 ± 7,95	0,0120	57,76	0,980
15% suplementada	58,15 ± 6,45	0,61	1,14	41,59 ± 5,34	0,016	43,32	0,970
<i>Pistia stratiotes</i>	48,68 ± 11,66	1,24	0,56	51,15 ± 8,30	0,020	34,66	0,910

MOP_{LS} (Matéria orgânica particulada Lábil-Solúvel); MOP_R (Matéria orgânica refratária); k_{LS} e k_r (coeficientes cinéticos da matéria orgânica refratária e lábil-solúvel), t_{1/2LS} e t_{1/2R} (tempo de meia vida da matéria orgânica refratária e lábil solúvel); R² (coeficiente de correlação)

6.4 Liberação de elementos químicos

Os resultados de liberação dos elementos químicos nitrogênio, fósforo e diferentes formas de carbono, pela decomposição da ração controle (apenas a ração comercial) e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*, assim como a biomassa pura destas macrófitas são apresentados.

6.4.1 Liberação de compostos e elementos químicos durante a decomposição da macrófita *Hydrilla verticillata*

Na Fig. 11 (A - E) mostra os resultados obtidos para as concentrações de nitrogênio orgânico total, fósforo total e das diferentes formas carbono liberadas para a água nos frascos experimentais amostradas nos diferentes intervalos de tempo durante o experimento de decomposição. As curvas representam mudanças na concentração dos compostos analisados em cada tratamento: apenas macrófitas, ração controle e rações controle suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa da macrófita. Após 60 dias, ao final do experimento, a quantidade de nitrogênio orgânico total (Fig. 11 A) liberada pela decomposição foi maior para ração controle e ração suplementada com biomassa de macrófita a 5% (250,4 ± 10,22 e 280,3 ± 53,6 mg / L), intermediário para rações enriquecidas com 15% de biomassa de macrófita e

significativamente menor para *H. verticillata* e para a ração com 10% de macrófita *H. verticillata* ($29,32 \pm 10,78$ mg / L e $174,9 \pm 32,22$) (Tab. 8).

O fósforo apresentou sua liberação rápida logo no terceiro dia de experimento, após isso apresentou decaimento para ambos os tratamentos, biomassa de *H. verticillata* e rações testadas. Entretanto, quando continha apenas biomassa da macrófita a diminuição foi mais rápida do que os diferentes tipos de ração. Portanto, ao final do experimento, a concentração de fósforo nos frascos com apenas macrófita foi significativamente menor em comparação com rações. Não houve diferenças significativas em relação às quantidades de fósforo liberadas pela decomposição para os diferentes tipos de ração (Tab. 9).

As dinâmicas de carbono total e o orgânico total mensurados no experimento de decomposição dos diferentes tratamentos seguiram padrões semelhantes aos observados para nitrogênio e fósforo. Havendo um pico de liberação para a água nos primeiros dias seguidos de decréscimo na liberação. O carbono inorgânico foi o único nutriente que aumentou gradualmente ao longo do tempo. Todas as formas de carbono disponíveis, em frascos contendo apenas biomassa de macrófita, foram significativamente menores que nos frascos com diferentes tipos de ração (Tabs. 10, 11 e 12).

Os dados de liberação de nitrogênio, fósforo e diferentes formas de carbono obtidas para a macrófita *H. verticillata* pura e para as rações com as diferentes porcentagens de inclusão de biomassa de macrófita estão apresentados nas Tabelas de 7 a 11 do anexo 1.

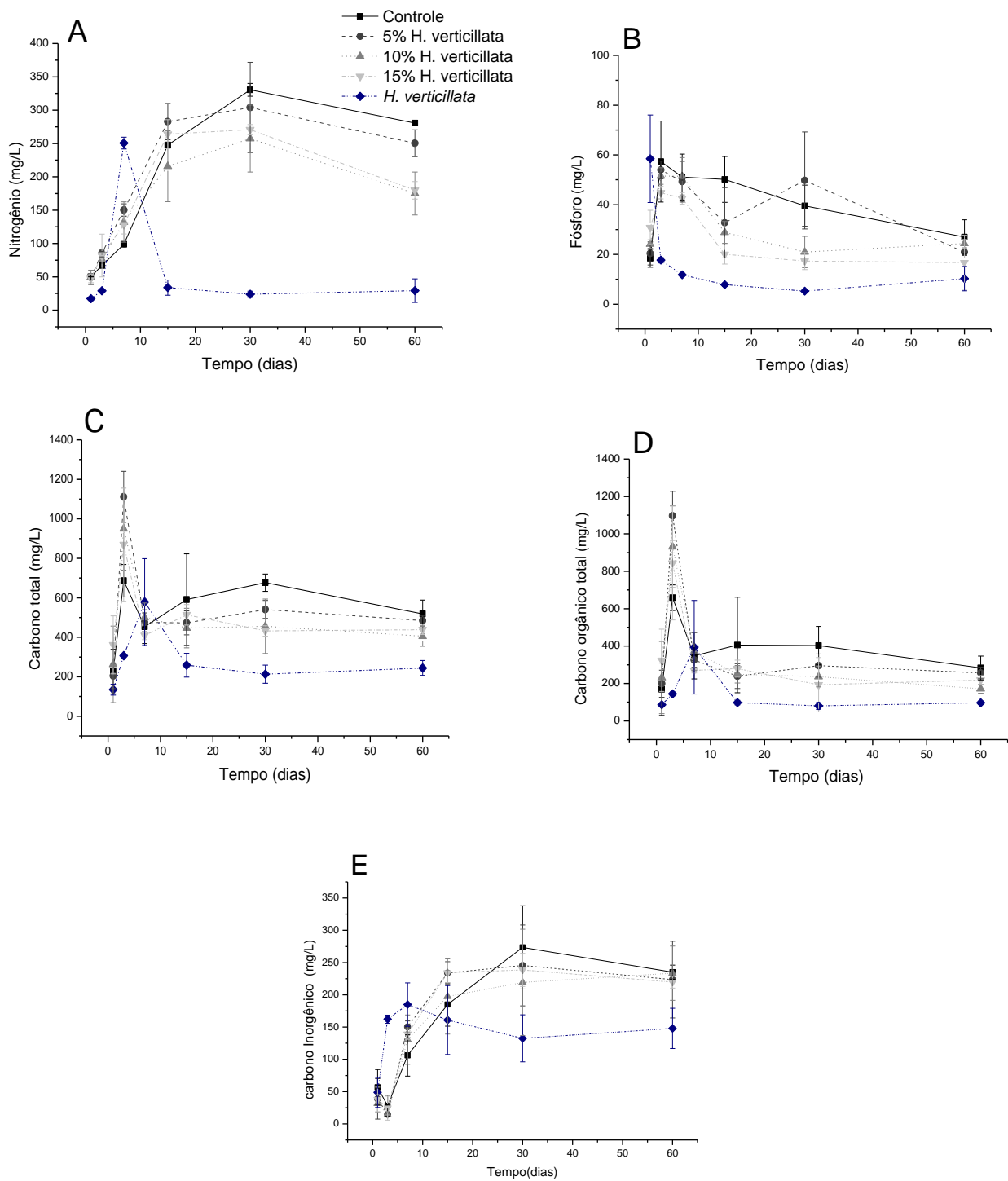


Figura 11: Mudanças temporais nas concentrações dos elementos químicos liberados para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita: A- Nitrogênio, B- Fósforo, C- Carbono Total, D - Carbono Orgânico Total e E- Carbono inorgânico.

Tabela 8: Dados obtidos (valores de p , valor de F e graus de liberdade) na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de nitrogênio das diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções de biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplemento	10% suplemento	15% suplemento	<i>Hydrilla verticillata</i>
Ração Controle	0				
5% suplementada	0,35450	0			
10% suplementada	0,01259	0,3419	0		
15% suplementada	0,08985	0,2647	0,07725	0	
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,00018	0,000158	0,000179	0,000173	0

* F= 14,93, gl = 29

Tabela 9: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos para na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de fósforo nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplemento	10% suplemento	15% suplemento	<i>Hydrilla verticillata</i>
Ração Controle	0				
5% suplemento	0,3637	0			
10% suplemento	0,9057	0,542	0		
15% suplemento	1,729	1,366	0,8236	0	
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,02677	0,04584	0,09818	0,2711	0

* F= 3,4 , gl =29

Tabela 10: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Hydrilla verticillata</i>
Ração Controle	0				
5% suplementada	0,1294	0			
10% suplementada	0,5433	0,4139	0	0,	
15% suplementada	0,2422	0,1128	0,3011	0	
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,003096	0,003779	0,007217	0,004501	0

*F= 6,82; gl 29

Tabela 11: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono orgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Hydrilla verticillata</i>
	0				
Ração Controle					
5% suplementada	0,421	0			
10% suplementada	0,8387	0,4177	0		
15% suplementada	0,6269	0,2059	0,2118	0	
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,000159	0,000189	0,000254	0,000219	0

*F=14.1; gl=29

Tabela 12: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono inorgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Hydrilla verticillata</i>
	0				
Ração Controle					
5% suplementada	0,1294	0			
10% suplementada	0,5433	0,4139	0		
15% suplementada	0,2422	0,1128	0,3011	0	
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,003096	0,003779	0,007217	0,004501	0

* F=6.82; gl = 29

6.4.2 Liberação de elementos químicos no processo de decomposição das rações e da biomassa pura da macrófita *Pistia stratiotes*

A Fig. 12 (A - E) contém os resultados da liberação dos nutrientes avaliados (nitrogênio, orgânico total, fósforo e as formas de carbono), mensurados na água dos frascos experimentais do experimento de decomposição ao longo dos dias amostrais da análise do processo de decomposição. As mudanças na concentração dos compostos estão representadas nas curvas dos tratamentos: somente macrófitas, ração controle e rações controle suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa da macrófita.

A dinâmica de liberação do nitrogênio apresentou o mesmo comportamento, sendo o pico de liberação após 30 dias de experimento para todas as rações testadas. A macrófita pura apresentou menor liberação de nitrogênio para água durante a decomposição. Os resultados obtidos na liberação de nitrogênio com a macrófita *P. stratiotes* não apresentaram diferenças significativas entre si (Tab. 13).

Em relação ao fósforo houve um comportamento de liberação semelhante durante os dias amostrais, com uma liberação rápida de início do experimento, e durante os 60 dias foram constantes, sem apresentar picos. A dinâmica de liberação de fósforo não apresentou diferença estatística em nenhum dos tratamentos avaliados (Tab. 14).

O carbono total e o carbono orgânico total apresentaram uma dinâmica semelhante de liberação para água, em que no terceiro dia de experimento houve o pico de liberação para a água, seguidos de um decaimento que permaneceu constante até o final do experimento. Já o carbono inorgânico apresentou um padrão de crescimento gradativo temporal. Em relação às formas de carbono disponíveis, não houve diferenças estatísticas comparando as rações entre si e com a macrófita (Tabs. 15, 16 e 17).

Os dados obtidos em relação à liberação de nitrogênio, fósforo e as diferentes formas de carbono para a biomassa pura macrófita *P. stratiotes* e para as rações com diferentes porcentagens de inclusão da biomassa das macrófitas (5, 10 e 15%) estão apresentados nas tabelas de 12 a 16 do anexo 1.

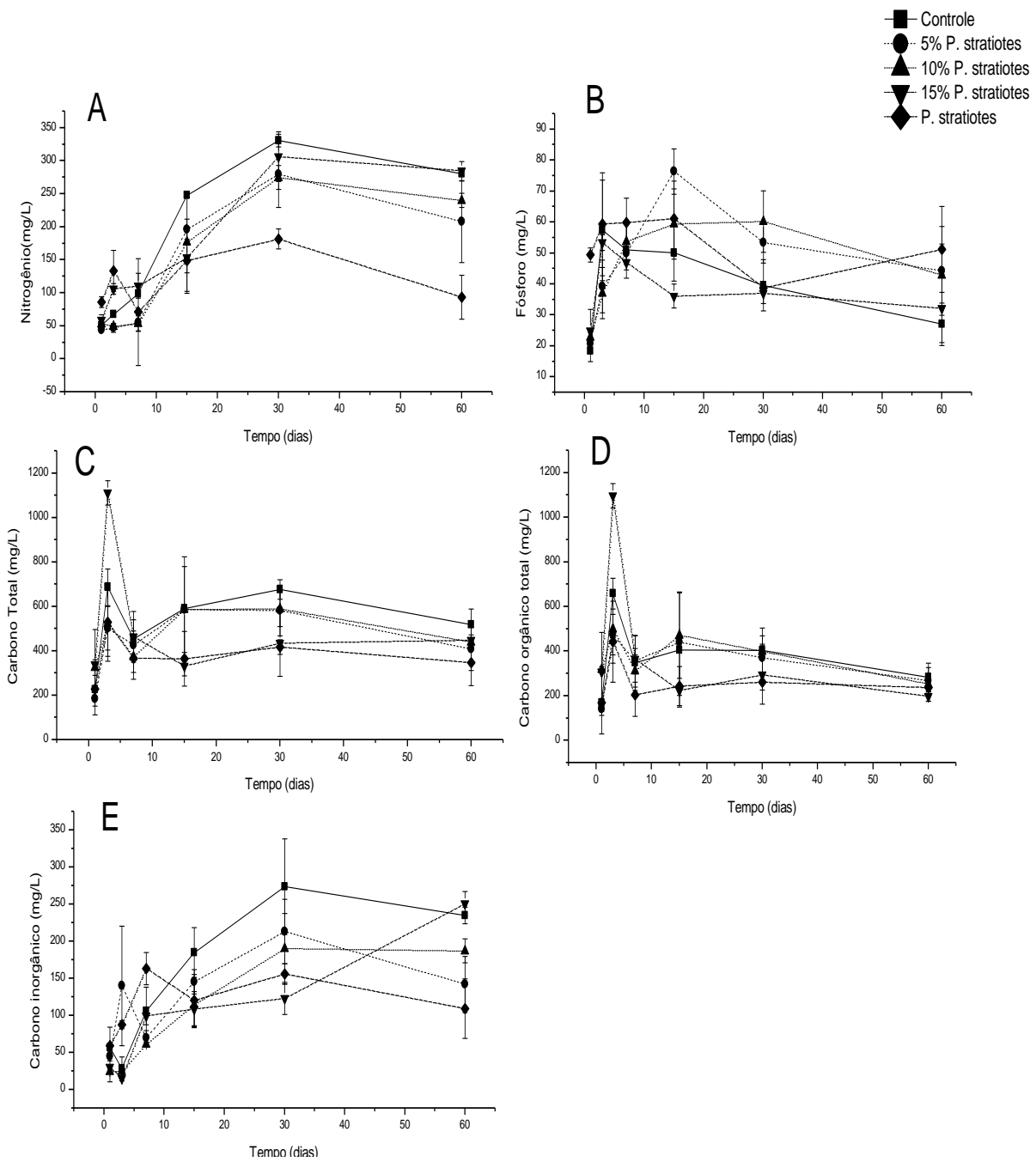


Figura 12: Concentração de nutrientes liberados para a água durante o processo de decomposição da biomassa I da biomassa de *Pistia stratiotes*, ração controle e rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da macrófitas. A- Nitrogênio, B-Fósforo, C - Carbono Total, D - Carbono Orgânico Total e E -Carbono Inorgânico

Tabela 13: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de nitrogênio nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% e 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
	0				
Ração Controle					
5% suplementada	0,5073	0			
10% suplementada	0,5775	0,1658	0		
15% suplementada	0,9960	0,7247	1,5980	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,1640	0,9389	0,9017	0,2980	0

*F= 1,88 ; gl=29

Tabela 14: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos para a análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação fósforo nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
	0				
Ração Controle					
5% suplementada	0,7764	0			
10% suplementada	0,8818	0,3165	0		
15% suplementada	0,5319	0,556	0,6905	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,2286	0,8419	0,7252	0,1183	0

* F= 2,029; gl= 29

Tabela 15: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
Ração Controle	0				
5% suplementada	0,68840	0			
10% suplementada	0,05923	0,6292	0		
15% suplementada	0,67780	0,8671	0,7371	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,52230	0,8047	0,5474	0,2729	0

F=1,22; gl = 29

Tabela 16: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono orgânico total nas diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
Ração Controle	0				
5% suplementada	0,8399	0			
10% suplementada	0,9522	0,4509	0		
15% suplementada	0,08193	0,8657	0,92	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,3	0,8626	0,697	0,3269	0

*F=1,34; gl=29

Tabela 17: Dados (valores de p , valor de F e graus de liberdade) obtidos na análise estatística para verificação de diferenças entre a liberação de carbono inorgânico total da ração experimental (controle) e as diferentes rações experimentais ao final do experimento de decomposição. O controle se refere apenas à ração comercial enquanto os demais tratamentos se referem a esta ração suplementada pela adição de diferentes proporções da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*: 5%, 10% and 15%.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada	<i>Pistia stratiotes</i>
	0				
Ração Controle					
5% suplementada	0,9221	0			
10% suplementada	0,4117	0,8687	0		
15% suplementada	0,5008	0,9261	0,2224	0	
<i>Pistia stratiotes</i>	0,7576	0,5245	0,8364	0,6140	0

F= 1,16 ; gl = 29

6.5 Taxas de crescimento do *Oreochromis niloticus* sob diferentes regimes alimentares

6.5.1 Taxas de crescimento de *Oreochromis niloticus* alimentados com diferentes rações experimentais com adição da biomassa da macrófita *H. verticillata*

Os desempenhos de crescimento obtidos para os peixes sob diferentes regimes alimentares com inclusão de *H. verticillata* estão apresentados na Tab. 18. Os incrementos de peso foram mais altos para os peixes alimentados com a ração suplementada com 10% de *H. verticillata* e na ração comercial, respectivamente. Os menores desempenhos foram obtidos na ração suplementada com 15% da biomassa da macrófita. Os incrementos de comprimento e peso foram significativamente menores para os peixes alimentados com ração suplementada com 15% de biomassa de macrófita, quando comparados com aqueles alimentados com as rações controle e com a ração suplementada com 10% da biomassa de *H. verticillata* (Tab. 19). Os dados brutos obtidos para comprimento e ganho de peso nos diferentes dias experimentais para o tratamento controle, a ração comercial e os tratamentos utilizando as rações com 5, 10 e 15% de inclusão da biomassa da macrófitas *H. verticillata* estão apresentados nas Tabelas 17 a 20 do anexo.

Tabela 18: Valores médios de tamanho inicial e final \pm desvio padrão (cm) de peso corporal (g), incrementos de peso (%) e taxas de crescimento diário específico para *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração de referência (controle) e rações suplementadas três diferentes proporções de biomassa de *Hydrilla verticillata* (5%, 10% e 15%) durante 60 dias. A mesma letra (a, b) não representa diferença significativa em relação aos parâmetros da curva de crescimento ao comparadas pela One Way ANOVA.

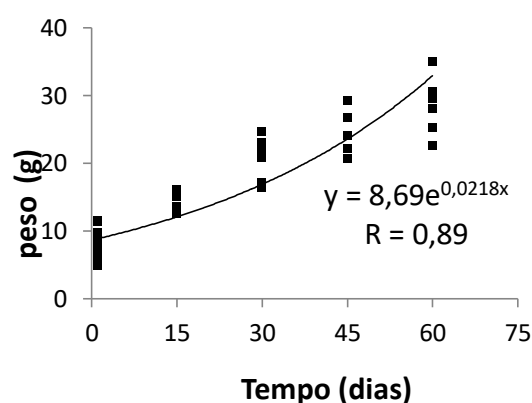
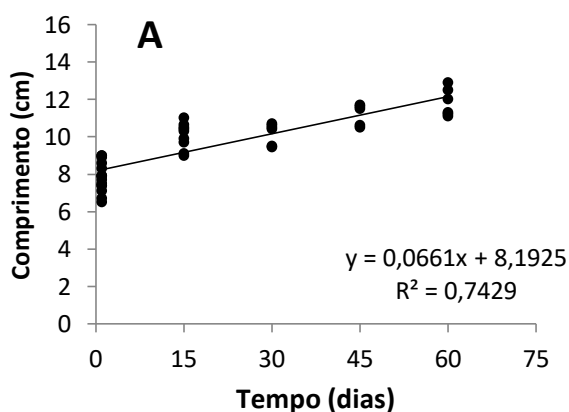
	Tamanho inicial médio (cm)	Tamanho final médio (cm)	Peso inicial médio (g)	Peso final médio (g)	Incremento médio de peso(g)	Incremento de peso (%)	taxa de crescimento específica (%dia-1)
Ração Controle	8.06 \pm 0.74	12.03 \pm 0.85	8.89 \pm 1.92	29.31 \pm 6.22	20.42 ^a \pm 3.34	263.65	1.98
Ração suplementada 5%	7.61 \pm 0.64	11.67 \pm 0.51	7.01 \pm 1.34	25.85 \pm 2.02	18.84 ^{ab} \pm 2.32	268.75	2.04
Ração suplementada 10%	7.75 \pm 0.65	12.83 \pm 0.76	7.94 \pm 1.59	31.57 \pm 5.46	23.63 ^a \pm 3.73	297.61	2.30
Ração suplementada 15%	7.72 \pm 0.83	10.49 \pm 1.05	8.29 \pm 3.03	19.84 \pm 5.39	11.20 ^b \pm 1.88	139.32	1.43

Tabela 19: Parâmetros estatísticos (valores de p) obtidos pela análise One Way ANOVA sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Hydrilla verticillata*.

	Ração Controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada
	0			
Ração Controle				
5% suplementada	0,53280	0		
10% suplementada	0,68090	0,14630	0	
15% suplementada	0,03551	0,18920	0,01079	0

*F= 8,93, dl=11

O maior coeficiente linear em relação ao incremento de comprimento foi obtido para a ração comercial suplementada com 10% de biomassa de *H. verticillata*, seguido pela ração controle, e o menor foi na ração com 15% de *H. verticillata*. Em relação aos coeficientes obtidos pelo ajuste exponencial do ganho de peso, o maior valor apresentado foi na ração com inclusão de 10% de *H. verticillata*, que foi praticamente o dobro do menor valor de coeficiente obtido, com a ração suplementada com 15% de biomassa desta macrófita (Fig. 13 A - D). Houve diferenças significativas em relação ao incremento de peso corporal entre as tilápias alimentadas com a ração comercial (controle) quando comparadas com aquelas alimentadas com as rações suplementadas com 10% e 15% de biomassa de macrófitas, e também entre os peixes alimentados com as rações suplementadas com 10% e com 15% de macrófita (Tab. 20).



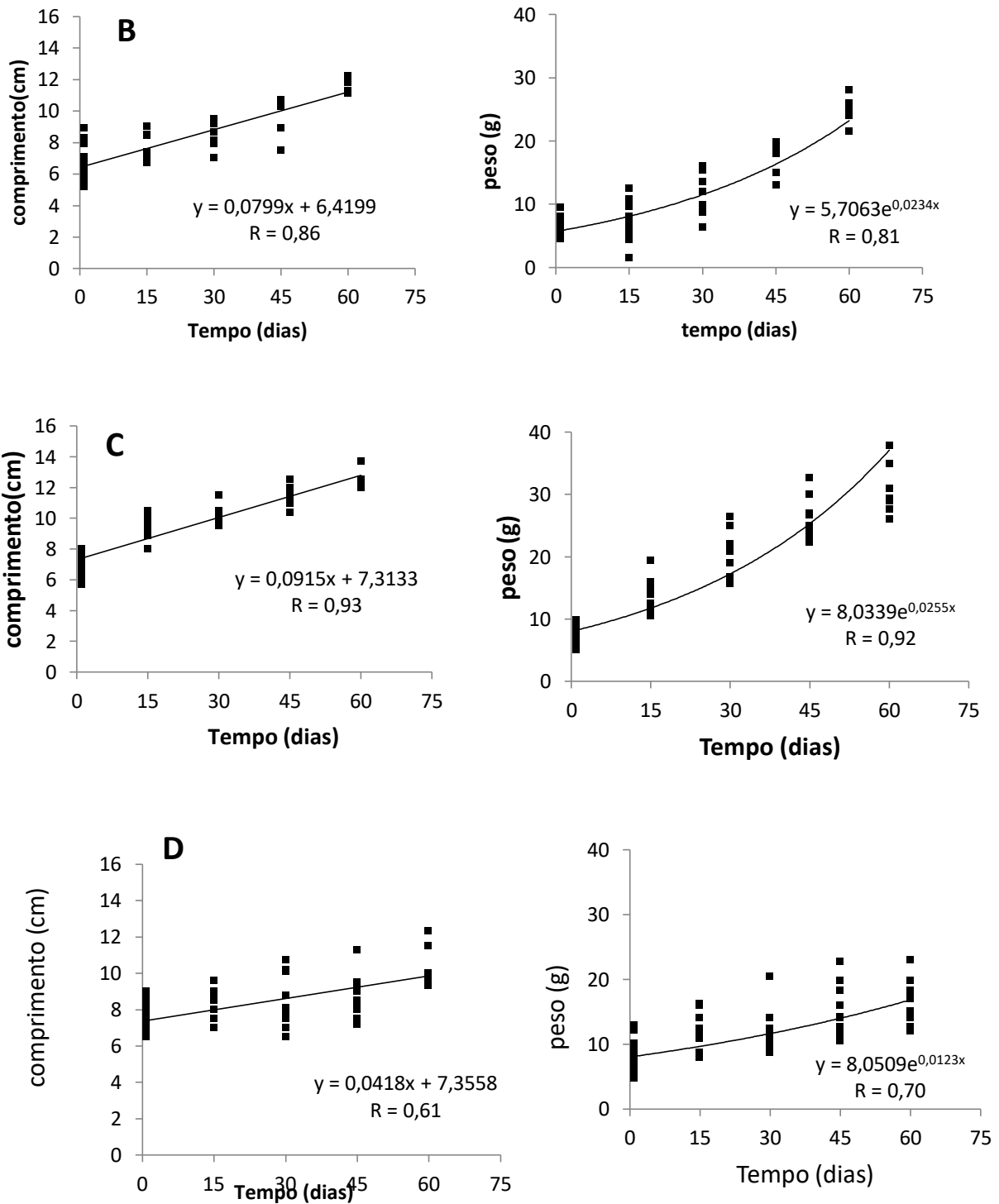


Figura 13. Curvas de crescimento de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentadas com ração comercial (controle) (A) e com esta ração suplementada com 5% (B), 10% (C) e 15% (D) da biomassa da macrófita *Hydrilla verticillata*.

Tabela 20: Dados estatísticos (valores de p e f) obtidos pelo teste T sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Hydrilla verticillata*.

	p	f
controle x 5%	0,7	9,63
controle x 10%	0,048	1,05
controle x 15%	0,034	5,10
5% e 10%	0,460	10,16
5% e 15%	0,070	1,880
10% e 15%	0,008	5,370

6.5.2 Taxas de crescimento de *Oreochromis niloticus* sob diferentes regimes alimentares com a macrófita *P. stratiotes*

O crescimento e ganhos de peso obtidos para os peixes sob as diferentes dietas oferecidas estão apresentados na Tab. 21. Os incrementos de peso não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre nenhum dos tratamentos das rações suplementadas com a biomassa desta macrófita em comparação com o controle (Tab. 22). Os dados brutos relativos ao crescimento em comprimento e ao ganho realtivo de peso para os peixes alimentados com a ração controle e com rações com 5, 10 e 15% da biomassa da macrófita *P. stratiotes* estão apresentados nas Tabelas 21 a 24 do anexo 1.

Tabela 21: Valores médios iniciais e finais de: tamanho (cm) e peso corporal (g); incrementos de peso (%) e taxa de crescimento diário específico para *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com as diferentes rações (controle e 5%, 10 e 15% de *P. stratiotes*) durante 60 dias

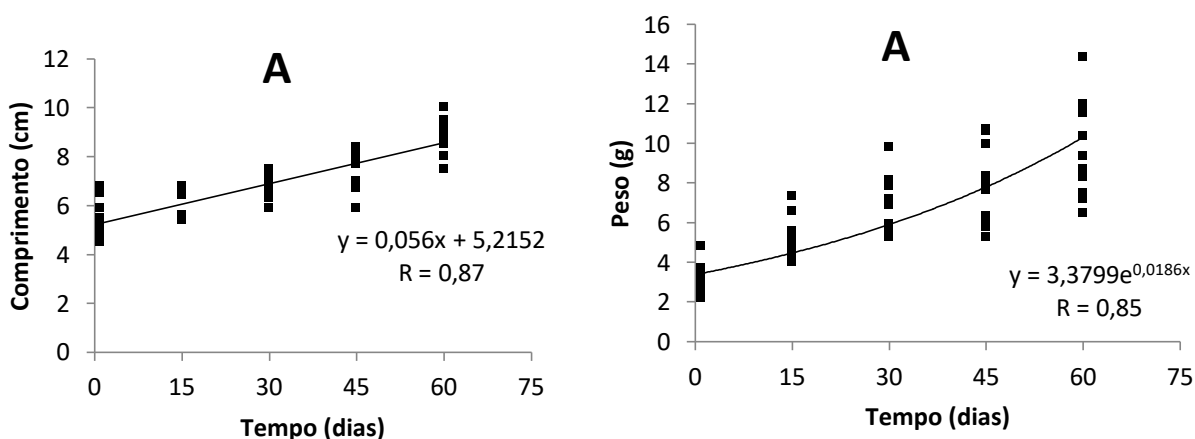
	Tamanho inicial médio (cm)	Tamanho final médio (cm)	Peso inicial médio (g)	Peso final médio (g)	Incremento médio de peso(g)	Incremento de peso (%)	taxa de crescimento específica (%dia ⁻¹)
Ração Controle	5,33± 0,10	8,79±0,53	3,15±0,19	9,69±1,35	6,55 ^a	307,6	1,82
5% suplemento	5,25±0,25	8,15±0,18	3,09±0,34	7,82±0,21	4,73 ^a	253,1	1,55
10% suplemento	5,41±0,27	8,68±0,8	3,27±0,31	8,92±1,38	5,65 ^a	272,7	1,67
15% suplemento	5,65±0,34	8,01±0,82	3,49±0,5	9,07±0,35	5,58 ^a	259,89	1,59

Tabela 22. Parâmetros estatísticos (valores de p) obtidos pela análise One Way ANOVA sobre incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Pistia stratiotes*.

	Ração controle	5% suplementada	10% suplementada	15% suplementada
Ração Controle	0			
5% suplementada	0,7816	0		
10% suplementada	0,609	0,7274	0	
15% suplementada	0,7168	0,6196	0,1078	0

F= 0,30 e gl= 19

Na Fig. 14 (A- D) estão apresentados os parâmetros obtidos para o crescimento e incrementos de peso pelo modelo de ajuste linear e exponencial, respectivamente. Os maiores coeficientes lineares para o crescimento corporal foram obtidos para a ração comercial controle, seguida pela ração suplementada com 10% de biomassa de *Pistia stratiotes*. Os incrementos de peso seguiram padrão similar. Não houve diferença estatística em relação aos coeficientes de ganho de peso obtidos pelo ajuste exponencial entre nenhum dos tratamentos. (Tab. 23).



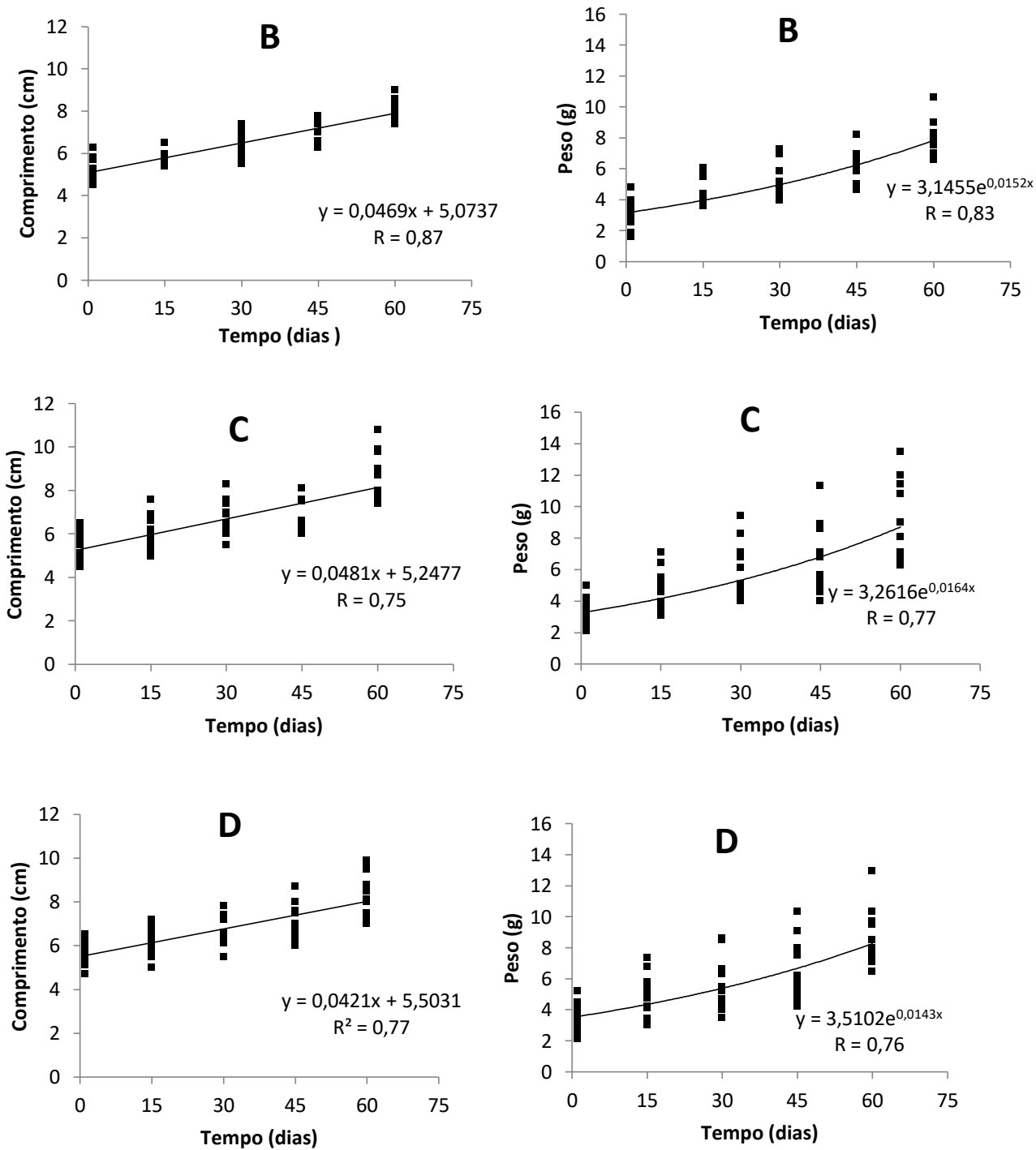


Figura 14. Curvas de crescimento de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentadas com ração comercial de referência (A) e com esta ração suplementada com 5% (B), 10% (C) e 15% (D) da biomassa da *Pistia stratiotes*.

Tabela 23: Parâmetros estatísticos (valores de p e F) obtidos pela aplicação do teste T comparando-se os incrementos de peso de juvenis de *Oreochromis niloticus* alimentados com ração comercial (controle) e a mesma ração enriquecida pela adição de 5%, 10% ou 15% biomassa *Pistia stratiotes*.

	p	F
controle x 5%	0,150	1,42
controle x 10%	0,400	1,89
controle x 15%	0,099	1,41
5% e 10%	0,360	1,20
5% e 15%	0,680	1,00
10% e 15%	0,350	1,10

6.6 Macrófitas como alimento suplementar para organismos zooplanctônicos

6.6.1. Crescimento individual dos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*

Os dados relativos ao crescimento da *C. silvestrii* e ajustes obtidos pela curva de crescimento von Bertalanffy estão apresentados na Tab. 24. O maior tamanho corporal foi atingido no tratamento com alimento suplementado com 2/3 da biomassa de *H. verticillata* (906,4 μm). O menor tamanho corporal foi observado no tratamento controle, para os indivíduos alimentados apenas com a suspensão algal (818,6 μm). Em relação aos parâmetros da equação de von Bertalanffy, o maior L infinito foi obtido para o tratamento com a mistura das duas macrófitas e o menor valor obtido foi no tratamento controle.

As curvas ajustadas pela equação de von Bertalanffy demonstraram que os tratamentos em que havia os diferentes níveis de inclusão das duas macrófitas utilizadas resultaram curvas semelhantes, e o tratamento controle foi ligeiramente menor do que os demais tratamentos (Fig. 15). As diferenças significativas no comprimento corporal foram obtidas na comparação ao tratamento que continha apenas a mistura das duas macrófitas em relação aos tratamentos que continham 1/3 e 2/3 de *H. verticillata* e o tratamento com 1/3 de *P. stratiotes* quando comparados ao de 2/3 de *H. verticillata* (Tab. 25).

Os dados brutos relativos às medidas de comprimento realizadas nos primeiros dias em todos os indivíduos do cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* alimentados com suspensão algal suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillat*, em diferentes proporções, assim como os dados de longevidade de cada organismo, estão apresentados nas Tabelas 25 a 29, no Anexo 2.

Tabela 24: Valores médios (μm) \pm desvios-padrão do tamanho corporal de *Ceriodaphnia silvestrii* alimentada com suspensão algal suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*, em diferentes proporções

Proporções	Tamanho Inicial	Tamanho Final	Equação de von Bertalanffy
Controle	378,00 \pm 14,75	818,60 \pm 25,73	$Lt = 0845,1 [1 - e^{-0,46(t+1,28)}]$
1/3 H	370,00 \pm 10,54	875,55 \pm 66,91	$Lt = 0915,2 [1 - e^{-0,41(t+1,25)}]$
1/3 P	370,00 \pm 10,54	886,66 \pm 34,64	$Lt = 1024,5 [1 - e^{-,24(t+1,83)}]$
2/3 H	370,00 \pm 16,99	906,40 \pm 25,01	$Lt = 0949,0 [1 - e^{-0,41(t+1,20)}]$
2/3 P	370,00 \pm 10,54	860,20 \pm 28,28	$Lt = 0909,8 [1 - e^{-0,36(t+1,43)}]$
1/2P +1/2H	362,00 \pm 17,51	842,00 \pm 38,23	$Lt = 1077,0 [1 - e^{-0,18(t+2,19)}]$

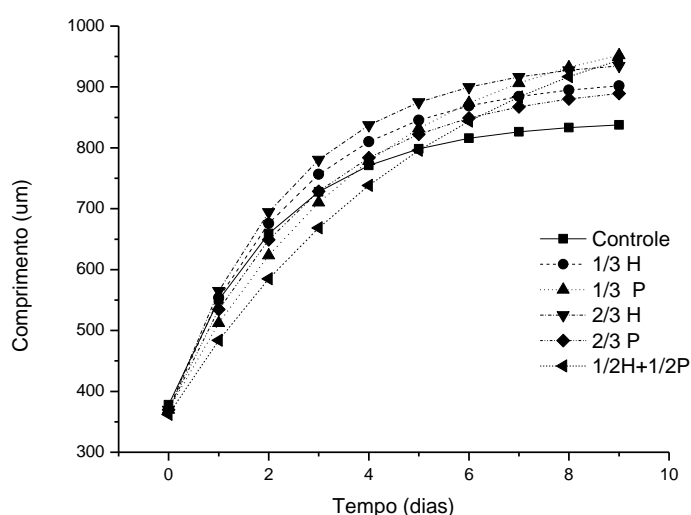


Figura 15- Curvas de crescimento de *Ceriodaphnia silvestrii* cultivada em laboratório e alimentada com suspensão da alga *Pseudokirchneriella subcapitata* suplementada com biomassa triturada em das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções (expressas em %). As curvas foram ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy.

Tabela 25: Dados estatísticos: valor de referência (valores de f e graus de liberdade (gl) e valores de probabilidade (p) obtidos pela análise de variância (One Way ANOVA), teste de Tukey para os dados de crescimento corporal obtidos para *Ceriodaphnia silvestrii* cultivada em laboratório e alimentada com suspensão da microclorófitas *Pseudokirchneriella subcapitata* suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções.

	Controle	1/3H	1/3 P	2/3 H	2/3 P	1/2 P +1/2 H
Controle	0,0000					
1/3 H	0,5828	0,0000				
1/3 P	0,5863	0,3397	0,00000			
2/3 H	0,05453	0,7449	0,02064	0,00000		
2/3 P	0,2014	0,6712	0,7877	0,07464	0,00000	
1/2P +1/2H	0,3612	0,01181	0,6084	0,000412	0,2897	0,0000

F=6; gl=41

Os resultados de crescimento corporal obtidos para a outra espécie de cladóceros, *D. similis*, são apresentados na Tab. 26. O maior tamanho corporal ao final do experimento ocorreu no tratamento controle, que continha apenas a suspensão algal como fonte alimentar, em que os dafínídeos atingiram em média $2632,5 \mu\text{m} \pm 120,93$. Os menores valores de crescimento foram obtidos para os organismos alimentados com as suspensões suplementadas na proporção de 2/3 de biomassa de *P. stratiotes* ou quando alimentadas apenas com uma mistura das duas macrófitas, na proporção 50%. Nestes tratamentos os dafínídeos atingiram os comprimentos médios de $1710,0 \mu\text{m} \pm 79,37$ e $1893,3 \mu\text{m} \pm 70,23$, em média, respectivamente. Os valores de L_{∞} obtidos pelo ajuste do modelo de von Bertalanffy também seguiram esse padrão, com maior crescimento no tratamento controle e menor no tratamento com apenas uma mistura da biomassa das macrófitas.

As curvas de crescimento corporal de *D. similis* ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy para os tratamentos com diferentes níveis de inclusão da biomassa das duas macrófitas estão apresentados na Fig. 16. Observa-se pela inclinação das curvas que as menores taxas de crescimento correspondem aos tratamentos com a mistura das macrófitas, com a inclusão de 2/3 de *P. stratiotes*, seguido da inclusão com 1/3 de *P. stratiotes*. O maior ajuste foi no

tratamento controle, seguido do tratamento com inclusão de 1/3 da macrófita *H. verticillata*.

As diferenças estatísticas obtidas no crescimento de *D. similis*, foram em sua maioria em relação aos tratamentos que continham apenas as macrófitas e os tratamentos alimentares que continham 1/3 e 2/3 da macrófita *P. stratiotes* em comparação com os tratamentos com *H. verticillata* e o tratamento controle com apenas suspensão algal (Tab. 27).

Os dados brutos do comprimento corporal medido nos primeiros dias em todas os indivíduos do cladóceros *D. laevisi* alimentadas com suspensão algal suplementada com biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata*, em diferentes proporções, assim como os dados de longevidade de cada organismo, estão apresentados na Tabelas 31 a 36 do Anexo 2.

Tabela 26: Valores médios inicial e final \pm desvio padrão do tamanho corporal (μm) para *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais

	Inicial Média \pm DP	Final Média \pm DP	Equação de von Bertalanffy
Controle	720 \pm 36,51	2632,5 \pm 120,93	Lt=3693,17 [1-e ^{-0,11(t+1,88)}]
1/3 H	755 \pm 31,62	2580,0 \pm 136,3	Lt=3107,37 [1-e ^{-0,17(t+1,62)}]
1/3 P	765 \pm 52,09	2040,0 \pm 79,37	Lt=2276,2 [1-e ^{-0,21(t+1,94)}]
2/3 H	765 \pm 46,29	2390,0 \pm 62,44	Lt=2758,8 [1-e ^{-0,18(t+1,73)}]
2/3 P	757,5 \pm 39,18	1893,3 \pm 70,23	Lt=2269,3 [1-e ^{-0,15(t+2,54)}]
1/2P +1/2H	770 \pm 37,03	1710,0 \pm 79,37	Lt=1918,3 [1-e ^{-0,26(t+1,92)}]

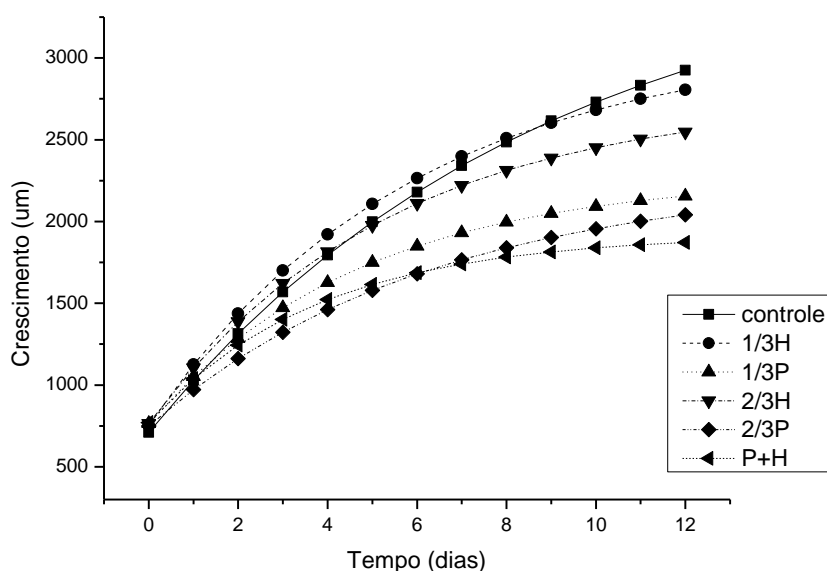


Figura 16- Curvas de crescimento ajustadas pelo modelo de von Bertalanffy para *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais

Tab. 27: Dados obtidos com o teste estatístico One Way ANOVA (Tukey). *Daphnia similis* alimentada com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

	Controle	1/3H	1/3 P	2/3 H	2/3 P	1/2 P +1/2 H
Controle	0					
1/3 H	0,6583	0				
1/3 P	0,0191	0,000327	0			
2/3 H	0,6119	2,751	0,3893	0		
2/3 P	0,00018	0,000143	0,05721	0,000298	0	
1/2P +1/2H	0,000188	0,000143	0,3925	0,03305	0,0798	0

F=17,02; gl =59

6.6.2. Longevidade dos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis* em Cultivo

Em relação ao parâmetro longevidade, ou seja, o tempo médio de sobrevivência dos organismos cultivados sob os diferentes tratamentos, o cladóceros nativo *C. silvestrii* atingiu a maior longevidade no tratamento que continha como alimento a suspensão algal suplementada com a biomassa da macrófita *H. verticillata* na proporção 66,66% (longevidade média de 22,9 dias). Por outro lado, a menor longevidade ocorreu no tratamento em que o alimento consistiu de suspensão algal suplementada com a biomassa da macrófita *P. stratiotes* na proporção de 2/3 (15,8 dias, em média) (Tab. 28). Para a espécie exótica *D. similis*, a maior longevidade foi atingida no tratamento controle, com grande variabilidade (em média $41,1 \pm 12,02$ dias) em que o recurso alimentar consistiu apenas de suspensão algal, seguida pelo tratamento contendo suspensão algal suplementada com 1/3 de biomassa macrófita *H. verticillata* ($38,1 \pm 7,68$ dias) e pelo tratamento com suspensão algal suplementada com a 2/3 da biomassa da *H. verticillata* ($36,4 \pm 9,3$). Nos demais tratamentos as longevidades foram bastante baixas, com valores médios variando entre 9,7 e 13,3 dias.

Tab. 28: Valores médios de longevidade para *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* alimentadas com suspensão de algas e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

Longevidade (dias)	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	<i>Daphnia similis</i>
Controle	$19,3 \pm 3,98$	$41,1 \pm 12,02$
1/3 H	$16,8 \pm 7,02$	$38,1 \pm 7,68$
1/3 P	$16,9 \pm 6,15$	$13,35 \pm 3,9$
2/3 H	$22,9 \pm 6,13$	$36,4 \pm 9,3$
2/3 P	$15,8 \pm 7,9$	$9,7 \pm 2,4$
1/2P +1/2H	$20 \pm 9,04$	$11,8 \pm 3,9$

6.6.3. Produção de neonatas dos cladóceros *Ceriodaphnia silvestrii* e *Daphnia similis*

Em relação à produção total de neonatas durante o tempo experimental, registrou-se para o cladóceros nativo *C. silvestrii* que apresentou a maior produção de neonatas (n = 1.351 neonatas) foi obtida no tratamento que continha 2/3 da macrófita *H. verticillata* e a menor produção foi no tratamento com 2/3 macrófita *P. stratiotes* (n = 490 neonatas totais).

Já para o cladóceros exótico *D. similis*, a maior produção foi no tratamento controle, que continha apenas suspensão algal (n = 3323 neonatas no total), e os tratamentos que continham 2/3 macrófita *P. stratiotes* não teve produção de neonatos e o que continha as misturas das duas macrófitas deu uma produção bem baixa, com 13 neonatos apenas (Tab. 29).

Os dados brutos obtidos em relação ao número de neonatas produzidas diariamente estão apresentados no anexo 2, na Tabela 30, resultantes das contagens realizadas para o cladóceros *C. silvestrii* e na Tabela 37 para o cladóceros *D. similis*.

Tabela 29: Valores da produção total de neonatas ao longo do ciclo de vida de *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia silvestrii* alimentadas com suspensão algal e biomassa triturada das macrófitas *Pistia stratiotes* e *Hydrilla verticillata* em diferentes proporções percentuais.

Produção de neonatas	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>	<i>Daphnia similis</i>
Controle	849	3323
1/3 H	831	2371
1/3 P	874	639
2/3 H	1351	838
2/3 P	490	0
1/2P +1/2H	597	13

7. Discussão

7.1 Macrófitas como ingrediente nas rações

A proteína animal é o componente mais caro e limitante dentre os normalmente utilizados na formulação das rações utilizadas para aquicultura (El-saidy, 1999). Por esta razão, uma das alternativas mais utilizadas tem sido a busca de fontes de proteínas vegetais que possam substituir parcialmente a proteína animal sem prejuízo para a produção dos peixes ou qualquer outro animal em criação comercial (Perez-Velazquez *et al.*, 2018).

A avaliação nutricional das macrófitas estudadas revelou que estas têm grande potencial para serem utilizadas, em especial a macrófita *P. stratiotes*, a qual apresentou maiores teores de proteínas e lipídeos. Já a biomassa de *H. verticillata* continha maior quantidade de fibras. Moura *et al.* (2016) destacam que a quantidade e a qualidade dos ingredientes em rações comerciais representam um desafio para a sustentabilidade dos sistemas de produção, uma vez que o uso de dietas com baixa qualidade proteica tem baixas digestibilidade e eficiência de assimilação tornando o seu insustentável.

Uma comparação da composição química em relação à quantidade de proteínas, lipídeos, fibras e cinzas de seis espécies de macrófitas (Tabela 30) indica a ocorrência de variação na composição química da biomassa de macrófitas entre espécies ou mesmo para a mesma espécie, mas de origem diferente, como é o caso da própria *H. verticillata*, comparando os resultados de Boyd & Blackburn (1974) e do presente estudo. Tais diferenças podem ser parcialmente explicadas por mudanças na composição química da matéria vegetal, dependendo das condições nutricionais dos corpos d'água em que as macrófitas cresceram, das mudanças sazonais ou dos procedimentos metodológicos de análises químicas entre laboratórios (Chakrabarti & Hasan, 2009). Portanto, quando cultivadas em excesso de nutrientes, podem até apresentar um desempenho nutricional melhor, aumentando principalmente a quantidade de proteínas.

Tabela 30 Comparação dos dados da literatura quanto às quantidades relativas dos principais componentes químicos da biomassa seca para diversas macrófitas aquáticas. Quantidades expressas em percentagem (% g-1 de biomassa seca); f + c = fibra.

Espécies de macrófitas	<i>Lemna gibba</i>	<i>Pistia stratiotes</i>	<i>Eichhornia crassipes</i> (folha)	<i>Lemna minor</i>	<i>Azolla filiculoides</i>	<i>Hydrilla verticillata</i>	<i>Hydrilla verticillata</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
% composição química	Landesman <i>et al.</i> (2002)	Wasagu <i>et al.</i> (2013)	Saha & Ray (2011)	Yilmaz <i>et al.</i> (2005)	Alalade & Iyayi (2006)	Boyd & Blackburn (1974)	Presente estudo	Presente estudo
Proteína	41.70	7.00	13.37	45,00	21.40	18.00	14.15	14,15
Lipídeos	4.40	2.17	1.00	5.30	2.70	3,5	11.38	13,20
Fibra (f+c)	15.60	17.50	15.00	-	12.70	32.1	56.80	34,88
Cinzas	16.30	35.0	17.00	13.50	16.20	27.1	-	16,60

Em relação à liberação de nutrientes, as informações sobre o impacto que o uso desta macrófita como ingrediente de rações para peixes poderia ter sobre a composição química da água a curto prazo podem ser usadas também para se prever a eutrofização de lagoas de cultivo peixes, a longo prazo.

A decomposição da biomassa da macrófita *H. verticillata* isoladamente, apresentou diferença em relação à liberação de nitrogênio, fósforo e as formas de carbono em comparação com as rações. A ração suplementada com 10% da biomassa de *H. verticillata* apresentou menor liberação de nitrogênio para a água do que a ração controle, o que possivelmente decorre do maior teor de fibras na sua composição. Esta é uma relevante vantagem ambiental, já que este é um dos nutrientes, além do fósforo, que mais contribuem para a eutrofização.

Parece, portanto, que a macrófita *H. verticillata* pode contribuir para retardar e reduzir o nível de nutrientes liberados para o meio aquático, o que no caso das lagoas de cultivo de peixes pode ser relevante como prevenção à eutrofização. E o uso da *H. verticillata* como ingrediente demonstrou ser vantajosa em relação a *P. stratiotes*. Estima-se que a eficiência do uso de nitrogênio na piscicultura é de 11,7% a 27,7%, sendo a grande maioria eliminada nos efluentes e destes para os ecossistemas aquáticos, necessitando assim de manejo para se evitar a poluição dos mesmos. Dentre as estratégias podem ser citadas o aumento da retenção e o tratamento para diminuição de nutrientes (Zhang *et al.*, 2015). Apesar da concentração de fósforo liberado durante a decomposição das rações não ter diferido significativamente do controle, sabe-se que a matéria orgânica das plantas libera menor quantidade de fósforo do que a matéria orgânica de origem animal (FAO, 2003).

Já para a biomassa da macrófita *P. stratiotes* isoladamente não houve diferenças entre os tratamentos em termos de liberação dos nutrientes seja em relação à ração controle ou em relação às rações com suplementação. Economicamente, uma ração suplementada com 10% de *H. verticillata*, representa um rendimento 10% maior na quantidade de ração produzida. Quanto à minimização de impactos ambientais, com o uso da biomassa de *P.*

stratiotes foi obtida uma redução de até 35,5% na liberação de nitrogênio, um resultado bastante positivo, ambientalmente.

Esforços para minimizar os gastos com ração levando em consideração a minimização de impactos ambientais, foram feitos por Passinato *et al.* (2015) os quais testaram manejos alimentares relacionados à restrição alimentar. Estes autores constataram que 1 dia de restrição alimentar pode trazer uma economia de 3,65 a 17,8% nos gastos totais, além de uma redução de até 21% na concentração de nitrogênio na água.

Os resultados obtidos pelo modelo matemático para obtenção dos dados cinéticos podem justificar os resultados na liberação de nutrientes. A biomassa pura da macrófita *H. verticillata* apresentou cinética de decomposição mais lenta em comparação à de *P. stratiotes*. Provavelmente esses resultados são consequentes da composição química, principalmente quantidade de fibras, já que o aumento de fibras diminui a velocidade de decomposição (Li *et. al.*, 2014). A inclusão das macrófitas, especialmente *H. verticillata*, diminuiu a quantidade da matéria lábil solúvel e aumentou a fração refratária. Isto é um indicativo de que utilizá-las como ingrediente permitiria que a ração perdurasse por mais tempo, ficando assim um maior tempo disponível para a alimentação dos peixes.

As perdas de massa das rações e das macrófitas ajustaram-se bem a um processo bifásico característico já descrito para decomposição de várias outras espécies, classificado como decomposição rápida (Cunha-Santino & Bianchini Jr., 2006). O decaimento foi menos pronunciado para a biomassa pura da macrófita, provavelmente devido ao maior teor de compostos refratários.

Apesar das vantagens já apresentadas de se usar proteína vegetal em rações, sua adequação depende não apenas da avaliação ambiental ou proporção correta dos componentes nutricionais principais (proteínas, gorduras, fibras e respectivo conteúdo calórico). Isso porque é bem conhecido que as plantas podem ter uma variedade de compostos químicos antinutricionais que são prejudiciais ao crescimento dos peixes, como revisto

em detalhes por Francis *et al.* (2001) e discutidos posteriormente por Day (2013) e Smáráson *et al.* (2018).

A avaliação das respostas do crescimento e ganho de peso das diferentes rações testadas com a inclusão da macrófita *H. verticillata* revelou que o menor desempenho em crescimento pela tilápia do Nilo ocorreu quando esta foi alimentada com a ração suplementada com 15% de biomassa de *H. verticillata*, em que os juvenis de tilápia apresentaram ganhos significativamente menores do que quando alimentados com a ração controle ou com a ração suplementada com 10% de *H. verticillata*. O melhor desempenho em termos de crescimento e peso foi obtido para os peixes alimentados com a ração suplementada com 10% de biomassa de *H. verticillata*. A taxa de crescimento destes diferiu significativamente tanto da ração com 15% quanto da ração controle.

A condição desfavorável observada para a inclusão de 15% de biomassa de *H. verticillata* deve-se provavelmente à maior quantidade de fibras, como revelado pelas análises químicas da composição desta macrófita e pelo teor de fibras para este nível de inclusão de biomassa. Sabe-se que quanto maior a quantidade de fibras como ingrediente, menor a digestibilidade da ração, o que pode acarretar menor absorção pelo trato digestivo, aumento de excretas e possibilidade de emagrecimento do peixe (Amirkolaie & Schrama, 2015).

As biomassas de diferentes espécies de macrófitas diferem entre si quanto ao valor nutricional. Neste estudo as rações suplementadas com os mesmos níveis de suplementação de biomassa da macrófita *P. stratiotes* não resultaram diferenças significativas quanto ao desempenho dos peixes juvenis para nenhum dos tratamentos alimentares testados nem entre estes e a ração controle.

Os resultados relativos ao ganho de peso obtidos no presente estudo foram comparados com trabalhos da literatura, com propostas semelhantes (Tabela 30). Pode-se observar que com a inclusão de 10% de biomassa seca de *H. verticillata* na ração fornecida a *O. niloticus* o incremento em peso corporal, após 60 dias (final do experimento) foi de quase 300% do peso inicial.

Este desempenho foi um pouco superior ao obtido para esta mesma espécie de peixe, mesmo nível de suplementação com biomassa vegetal (10%), mas de outra macrófita, *Lemna minor* (lentilha d'água), em experimento com duração ligeiramente menor, de 56 dias (Solomon & Okomoda, 2012).

No presente estudo validou-se também a possibilidade de inclusão de 15% de biomassa de *P. stratiotes* em rações de peixes, pelo fato de se ter alcançado crescimento semelhante para *O. niloticus* ao obtido por Fasakin *et al.* (2001) com a inclusão de 15% de biomassa de *Spirodela polyrrhiza*. Neste estudo comprovou-se também que a inclusão de quantidades mais elevadas de biomassa de macrófitas (15%, 25%), Diferenças na duração dos experimentos, e diferenças em relação à espécie de macrófitas podem resultar diferentes desempenhos de crescimento de *O. niloticus* como se observa na tabela comparativa de dados da literatura e do presente trabalho (Tab. 31)

Tabela 31. Espécies de macrófitas aquáticas utilizadas como ingrediente em dietas experimentais para peixes e quantidades utilizadas na suplementação de rações (expressas em % em relação ao peso total da ração), incrementos totais de peso obtidos para *Oreochromis niloticus* e duração dos experimentos.

Autores	% de suplementação das rações	<i>Oreochromis niloticus</i> P %	Duração do experimento (dias)
Velásquez <i>et al.</i> , (2016)	15% PS <i>Lemna minor</i> + <i>Spirodella polyrrhiza</i>	419,00	56
Velásquez <i>et al.</i> , (2016)	15% PF <i>Azolla filiculoides</i>	415,00	56
Solomon & Okomoda (2012)	10% PS <i>Lemna minor</i>	234,00	56
El Saily & Gaber (2003)	25% Mistura de proteínas de plantas	533,47	112
Fasakin <i>et al.</i> (2001)	15% PS <i>Spirodella polyrrhiza</i>	251,80	56
Presente estudo	10% PS <i>Hydrilla verticillata</i>	297,61	60
Presente estudo	15% PS <i>Pistia stratiotes</i>	259,89	60

Alguns estudos prévios resultaram respostas variáveis, de acordo com as características intrínsecas das espécies de macrófitas, das espécies de peixes e diferenças na composição bioquímica da biomassa de macrófitas após algum tratamento. Assim, Brouwer *et al.* (2018) relataram o uso potencial e sustentável da proteína de *Azolla* na ração de peixes, mas sua porcentagem de inclusão é bastante limitada (cerca de 10 a 25% em peso seco) devido às elevadas quantidades de polifenóis em sua biomassa. Velásquez *et al.* (2016) descobriram que o uso de biomassa fermentada de macrófita *Lemna minor* poderia neutralizar alguns dos compostos antinutricionais, permitindo níveis mais altos de inclusão desta macrófita no alimento para peixes. Vários pré-tratamentos já foram testados e alguns foram bem-sucedidos em tornar o uso da biomassa das macrófitas como ingrediente seguro para alimentos (Francis *et al.*, 2001).

Avadi *et al.* (2015) realizaram um estudo comparando rações comerciais e caseiras em relação ao seu desempenho e relatam que a demanda crescente da piscicultura tem a necessidade de estudos que busquem rações que, simultaneamente, apresentem qualidade nutricional, minimizem os custos de produção e confirmem vantagens ambientais, destacando-se a importância da criação de sistemas que incluam boas práticas de manejo, principalmente para pequenos produtores. Neste sentido, ambas as macrófitas avaliadas no presente estudo apresentaram vantagens que podem ser exploradas para a criação de tais sistemas.

Apesar do grande potencial nutricional e baixo impacto ambiental em relação à liberação de nutrientes que podem contribuir para a aceleração da eutrofização, o uso da *H. verticillata* requer cuidados em relação à sua comprovada capacidade de bioacumular elementos tóxicos, como os metais (Jain & Kalamdhad, 2018). Este problema pode ser contornado tomando-se o cuidado com a qualidade da água do sistema local de piscicultura e também no local de coleta da biomassa da macrófita a ser utilizada na suplementação das rações, para se evitar o uso de macrófitas contaminadas.

Embora o uso da macrófita *P. stratiotes* não tenha representado uma vantagem ambiental, neste estudo validamos seu uso com suplementação das rações com possibilidade de uso de sua biomassa em até 15% do peso total da ração, o que representa um barateamento significativo no custo total do alimento no cultivo da tilapia do Nilo. No sistema de piscicultura em pequena escala, a vantagem ambiental do uso de *P. stratiotes* poderia ser alcançada, se a prática do uso de macrófitas em sistema de pântanos artificiais (*wetlands*) fosse acoplado à saída dos efluentes. Isto traria um duplo benefício, os nutrientes em excesso gerados no tanque com peixes seriam absorvidos pelas macrófitas no pântano e a biomassa produzida por esta macrófita poderia ser utilizada novamente como ingrediente na suplementação das rações, num sistema de circuito semi-fechado com feed-back. Dado seu hábito flutuante, esta é uma planta aquática de fácil manejo e funciona como um biofiltro natural. Para isso sistemas de redes facilitam a sua coleta e o controle da biomassa na área (Yasar et al., 2018). Cada vez mais, sistemas circulares sustentáveis se tornarão essenciais para a piscicultura (Brouwer et al., 2014).

Na Tab. 32 é apresentado um resumo dos resultados discutidos comparando-se as duas macrófitas utilizadas no presente estudo, em relação a vantagens nutricionais e ambientais de cada uma quando utilizada como ingrediente de ração, assim como os pontos para atenção no uso das mesmas.

Tabela 32: Quadro comparativo com o resumo das conclusões finais sobre as vantagens da utilização das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* como ingrediente suplementar em rações de peixes.

Comparações gerais	Ração com <i>Hydrilla verticillata</i>	Ração com <i>Pistia stratiotes</i>
Desempenho de <i>Oreochromis niloticus</i>	O melhor desempenho foi com a ração de 10% de inclusão, e a ração com 15% apresentou baixo desempenho.	Os desempenhos não resultaram diferenças significativas para nenhum dos tratamentos, ou seja, em todos os tratamentos foram obtidos desempenhos semelhantes.
Limite de inclusão	Limite de inclusão até 10%.	Aceitou a inclusão com até 15%.
Características gerais	A inclusão de 15% de biomassa foi desfavorável, provavelmente pela maior quantidade de fibras.	A inclusão desta macrófita não resultou melhores desempenhos, mas foi possível a inclusão de até 15% de biomassa na ração.
Vantagens ambientais	A ração com 10% desta macrófita liberou menores quantidades de nitrogênio para o ambiente.	Hábito flutuante: fácil manejo e funciona como um biofiltro natural, incentivo de práticas para tratamento de efluentes com esta macrófita que pode ainda ter a biomassa utilizada como um ingrediente.
Informações adicionais	Espécie invasora, potencial estratégia para manejo. Ressalva: cuidado com locais de coleta, que não devem ser contaminados.	Fácil obtenção, contudo deve se tomar cuidado para não aproveitar a biomassa de locais contaminados.

7.2 Macrófitas como recurso alimentar para Cladóceros

Outro recurso alimentar que apresenta algumas vantagens ambientais por não causar a deterioração da água é o alimento vivo para peixes (Chakrabarti, 2017). Tem sido demonstrado que na piscicultura o uso de invertebrados vivos, geralmente de origem zooplanctônica ou bentônica, como alimento para os peixes em fase inicial do ciclo de vida (larvas e alevinos) aumenta consideravelmente a sobrevivência e o crescimento das larvas e dos alevinos peixes (Diemer *et al.*, 2012; Gómez–Cerón *et al.*, 2013). Segundo Bowen *et al.* (1995), dentre as possíveis dietas naturalmente utilizadas pelos peixes (invertebrados, macrófitas, fitoplâncton), os invertebrados são os que apresentam maior qualidade nutricional.

Os principais grupos componentes do zooplâncton de água doce são os Rotifera, os Cladocera e os Copepoda. Dentre estes, os Rotifera, embora com exceções, seriam mais adequados para a alimentação das larvas (Rocha & Sipaúba-Tavares, 1994; Lombardi & Gomes, 2008), enquanto os cladóceros e os copépodos seriam mais adequados para alevinos e juvenis de peixes e em alguns casos de espécies verdadeiramente planctófagas até para os adultos (Lazzaro, 1987). No presente estudo, além da utilização da biomassa das macrófitas como ingrediente suplementar na ração para peixes, avaliou-se a adequação da biomassa das macrófitas *P. stratiotes* e *H. verticillata* também como um suplemento à suspensão algal utilizada como alimento no cultivo dos cladóceros *C. silvestrii* e *D. similis*.

A avaliação nutricional das duas macrófitas demonstrou, *a priori*, que *P. stratiotes* seria potencialmente a fonte mais indicada, por apresentar menores quantidades de fibras e maiores teores de lipídeos e proteínas, em comparação com *H. verticillata*. Tem sido mostrado que o uso de ingredientes suplementares ricos em proteínas para o enriquecimento do meio em tanques destinados à produção de zooplâncton contribui para o aumento da abundância destes invertebrados e sua produtividade. Os lipídeos também são importantes determinantes da qualidade nutricional e do crescimento dos organismos zooplanctônicos (Ravet *et al.*, 2010).

A qualidade nutricional é importante porque os cladóceros apresentam elevada seletividade alimentar, tanto nutricionalmente, quanto em relação ao tamanho de partícula (Meunier *et al.*, 2016; Martins *et al.*, 2017). Comumente o fitoplâncton é o alimento mais utilizado para o cultivo de cladóceros em laboratório. Entretanto, o sucesso do cultivo de microalgas em larga escala é limitado, e o sucesso do crescimento das algas em laboratório depende do meio de cultivo. Normalmente os meios de cultivo são preparados com diversos reagentes químicos de custo elevado, tornando dispendiosa a cultura do fitoplâncton em larga escala (Jomori, 2001; Chakrabarti & Hasan, 2009).

Estudos voltados para a minimização dos custos de produção do alimento a ser fornecido ao zooplâncton são igualmente importantes para a redução do custo total da produção de peixe. O uso da biomassa das macrófitas como um ingrediente suplementar na dieta do zooplâncton cultivado em laboratório, se viabilizado, contribuiria ainda mais para a redução do custo total da atividade de piscicultura.

O alto custo do cultivo das algas acarreta, conseqüentemente, custos elevados para a cultura do zooplâncton se dependente apenas de algas como fonte alimentar. O uso do alimento vivo, o qual é prioritário na criação de peixes carnívoros seletivos e de alto valor comercial, é uma atividade de maior custo (Jomori, 2001). Correia (1998) destaca a importância dos detritos orgânicos que podem ser utilizados diretamente pelos organismos como fonte alimentar. No presente estudo a avaliação da adequação da biomassa triturada de macrófitas como suplemento alimentar evidenciou que é possível diminuir a quantidade de algas utilizadas na alimentação do zooplâncton.

Além do aspecto nutricional, avaliado por meio da determinação da composição química, são necessários testes que avaliem a aceitabilidade do alimento pelos organismos zooplanctônicos após a inclusão da biomassa particulada das macrófitas (Henry-Silva & Camargo, 2002).

Para o cladóceros *C. silvestrii*, em geral, os experimentos realizados evidenciaram que a utilização das macrófitas *P. stratiotes* e *H. verticillata* como suplemento alimentar resultou em crescimento corporal superior àqueles obtidos apenas com a dieta de suspensão algal. Entretanto, a única diferença

significativa foi em relação aos dois tratamentos utilizando a suplementação com *H. verticillata* em comparação ao tratamento que continha 50% de cada macrófita. A maior produção de neonatas foi obtida para o tratamento com inclusão de 66,6% de biomassa de *H. verticillata*, em que *C. silvestrii* produziu no total, cerca de 500 neonatos a mais do que no controle. Baixa produção de neonatas foi obtida nos tratamentos com 66,6% de inclusão da biomassa de *P. stratiotes* e com a mistura de ambas macrófitas. Em contrapartida, nos tratamentos com menor produção de neonatas, embora os cladóceros tivessem maior longevidade.

Para a outra espécie de cladóceros, *D. similis*, as respostas diferiram daquelas obtidas para a espécie nativa *C. silvestrii*, pois o melhor desempenho foi observado no tratamento controle, em que os cladóceros foram alimentados só com algas. Conclui-se assim que as respostas são espécie-específicas, ou seja, podem ser diferentes dependendo da exigência nutricional específica de cada espécie. Por esta razão, muitas espécies precisam ser estudadas.

Além do controle, os cladóceros cultivados nos tratamentos em que o alimento algal foi suplementado com a biomassa da macrófita *H. verticillata* tiveram melhor crescimento. Para *D. similis* foi evidente que os tratamentos que continham a biomassa de *P. stratiotes*, seja em mistura com alga ou com mistura de *H. verticillata*, resultaram taxas de crescimento significativamente menores. O desempenho reprodutivo (produção de neonatas) também foi maior no tratamento controle, seguido do tratamento com 33,3% de suplementação com biomassa de *H. verticillata*. Por outro lado estes mesmos tratamentos resultaram em maior longevidade destes cladóceros. É sabido que muitos animais em situações de baixa disponibilidade energética realizam barganhas (trade-offs) em termos de alocação de energia, como por exemplo, entre sobrevivência e longevidade, e entre reprodução e longevidade, em rotíferos (Snell & King, 1977) ou entre crescimento e reprodução, no caso de isópodos terrestres (Lawlor & Smith, 1976).

Tratamentos com proporções mais elevadas como a suplementação com 66,6% de biomassa de *P. stratiotes* e na dieta contendo apenas a biomassa das duas macrófitas, em igual proporção (50% de cada macrófita), a

maioria dos indivíduos chegaram a produzir ovos, no entanto as fêmeas morreram antes dos embriões completarem o desenvolvimento. Assim, os resultados obtidos neste estudo evidenciaram que embora a avaliação nutricional baseada na composição química pudesse sugerir a melhor qualidade de *P. stratiotes* como alimento para o zooplâncton ou para o peixe devido à sua maior quantidade de proteínas e lipídeos, os resultados obtidos para o desempenho dos cladóceros não comprovaram esse fato.

Neste estudo o desempenho de crescimento dos cladóceros alimentados com a ração suplementada com a biomassa de *H. verticillata* resultou em melhor desempenho em relação ao crescimento e reprodução, evidenciando que só a avaliação da qualidade nutricional por meio da quantificação dos principais constituintes químicos (carboidratos, proteínas e lipídeos) não representa melhor adequação nutricional. O cladóceros *C. silvestrii* apresentou menor exigência alimentar provavelmente por apresentar menor tamanho do que *D. similis*. Esta última, talvez pelo maior tamanho corporal tem maior demanda alimentar e exigências nutricionais específicas que levou à menor produção de neonatas se alimentada com as dietas suplementadas com a biomassa de macrófitas. Isto evidencia que a escolha da espécie zooplanctônica a ser cultivada é também importante.

A baixa adequação de *P. stratiotes* pode não estar relacionada à toxicidade, mas sim a diferenças na qualidade das proteínas (composição de aminoácidos AAs) das dietas, pois segundo Koch *et al.* (2012) os perfis de aminoácidos podem diferir marcadamente entre diferentes espécies de algas, mesmo que sejam espécies estreitamente relacionadas. Uma comparação sobre os efeitos de vários tipos de dietas fitoplanctônicas em *Daphnia magna*, mostrou que a produção de ovos é dependente não só da quantidade da proteína, mas também de sua composição de aminoácidos Peltomaa, *et al.*, (2017). Como no presente estudo se tratava de duas espécies de macrófitas com hábitos diferentes, uma flutuante e outra emersa, essa hipótese talvez possa ser aplicada.

Embora a qualidade e o tamanho das partículas possam interferir no sucesso alimentar de filtradores como os cladóceros, aparentemente isto não

foi um fator determinante nesse estudo, pois a biomassa de *P. stratiotes* apesar de menor rigidez por ter menores quantidades de fibras teve maior aceitabilidade, além de que a espécie de cladóceros *C. silvestrii*, nativa e de menor tamanho, teve maior aceitação em relação à dieta incluindo macrófitas.

Os menores desempenhos, em ambas as espécies, ocorreram no tratamento com uma mistura da biomassa das duas macrófitas na proporção de 50% de cada, e com ausência de algas. Galloway *et al.* (2014) demonstraram que a maior parte da dieta dos cladóceros é composta por fitoplâncton, em média de 86 a 94%, e o restante é formado por detritos orgânicos e bactérias. A substituição total das microalgas parece não recomendável, pois estas apresentam características bastante favoráveis como alimento para o zooplâncton, embora variáveis dependendo do meio de cultivo utilizado, mas tipicamente apresentam teores de proteína entre 30 a 40% e de lipídeos entre 10% e 20% da biomassa total (Guetes & Malcata, 2012).

Uma possível vantagem para o uso das macrófitas como fonte de alimento refere-se ao processo de decomposição de seus detritos pela ação da comunidade microbiana a qual também representa um recurso alimentar para cladóceros. Há estudos que demonstram que as bactérias enriquecem a cultura favorecendo o crescimento do zooplâncton (Kankaala *et al.* 2006; Taipale *et al.* 2012).

Portanto, as respostas variaram entre as espécies de cladóceros e de macrófitas testadas. Embora, em geral, a aceitabilidade das macrófitas como alimento por *C. silvestrii* tenha sido superior à de *D. similis*, e a macrófita *H. verticillata* tenha resultado melhores desempenhos dos peixes, recomendamos o uso das macrófitas como suplemento alimentar para o zooplâncton. Estudos prévios deverão entretanto ser feitos para se avaliar a melhor espécie de macrófita que deve ser utilizada e as respostas dos organismos zooplânctônicos e do peixe que serão cultivados, garantindo-se assim o melhor desempenho do sistema integrado e uma produção mais efetiva.

8. Conclusões

As macrófitas testadas demonstraram grande potencial para uso como ingrediente para piscicultura. *Hydrilla verticillata* na proporção de 10% poderá reduzir o nível de nitrogênio incorporado ao corpo de água e ao sistema hídrico pela atividade de piscicultura contribuindo para a minimização dos danos pela eutrofização acarretados por esta atividade antrópica. Nesta proporção assegura-se a vantagem ambiental de menor liberação de nitrogênio comparada à ração comercial controle.

Para a macrófita *H. verticillata* a melhor proporção para inclusão na ração é 10% para o peixe *Oreochromis niloticus*. A macrófita *P. stratiotes* resultou desempenhos similares à ração comercial e em rações com inclusão de até 15% de biomassa, e sua utilização pode ser valiosa como um recurso de baixo custo em sistemas de tratamentos dos efluentes da piscicultura, podendo servir como um incentivo para a prática e minimização dos danos ambientais.

As macrófitas testadas demonstram potencial como seu uso como enriquecimento para cultivo de organismos zooplanctônicos, com porcentagens de inclusão dependentes da exigência nutricional das espécies cultivadas. Ao contrário do esperado, a macrófita *H. verticillata* com maior porcentagem de fibras e menores quantidades de proteínas obteve as melhores respostas em relação ao crescimento e produção de neonatas dos organismos zooplanctônicos, recomendando-se seu uso em conjunto com a suspensão alimentar de alga, com os limites de substituição variando de acordo com as exigências nutricionais das espécies. Para *C. silvestrii*, menos exigente, a aceitação da dieta foi com as maiores porcentagens e *D. similis*, mais exigente, o melhor desempenho foi obtido com a menor porcentagem de inclusão. *Pistia stratiotes* não foi tóxica, sendo vantajosa como ingrediente suplementar na dieta de *C. silvestrii*, entretanto não favorável se utilizada em altas proporções. Sua composição foi desfavorável ao outro cladóceros testado evidenciando a necessidade de prospecção prévia, espécie por espécie.

O aproveitamento da biomassa de diferentes macrófitas poderá representar uma tecnologia viável e de menor custo na piscicultura sustentável

de pequena escala, no século XXI. Este tipo de avaliação deve ser estendido para muitas outras espécies de macrófitas, de invertebrados aquáticos e de peixes para que realmente passe a ser um elemento importante em atividades de piscicultura.

9. Referências bibliográficas

- ABNT, N. (2017). 13373: Ecotoxicologia Aquática-Toxicidade Crônica-Método de Ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea-Cladocera).
- Adams, S., Sello, C. T., Qin, G. X., Che, D., & Han, R. (2018). Does Dietary Fiber Affect the Levels of Nutritional Components after Feed Formulation?. *Fibers*, 6 (2), 29.
- Alalade, O. A., & Iyayi, E. A. (2006). Chemical composition and the feeding value of *Azolla* (*Azolla pinnata*) meal for egg-type chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5, 137–141.
- Amirkolaie, A.,K. & Schrama, J. W. (2015). Time related alterations in digestibility and faecal characteristics as affected by dietary composition in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 46(5), 1078–1086. <https://doi.org/10.1111/are.12262>
- Ali, T. E. S., Martínez-Llorens, S., Moñino, A. V., Cerdá, M. J., & Tomás-Vidal, A. (2016). Effects of weekly feeding frequency and previous ration restriction on the compensatory growth and body composition of Nile tilapia fingerlings. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 42(3), 357–363.
- Alves, J. E. D. (2015). Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quindênio (2015-2030) do século XXI. *Revista Brasileira de estudos de população*, 32(3), 587-598.
- American society for testing and materials. (2004). ASTM D 3080. Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. *West Conshohocken, PA*. <https://doi.org/10.1520/D3080-0>

- Anneville, O, Perga, M. E., & Bec, A. (2009). Origins of carbon sustaining the growth of whitefish *Coregonus lavaretus* early larval stages in Lake Annecy: Insights from fatty acid biomarkers. *Journal of Fish Biology*, 74, 2–17. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02105.x>
- Avadí, A., Pelletier, N., Aubin, J., Ralite, S., Núñez, J., & Fréon, P. (2015). Comparative environmental performance of artisanal and commercial feed use in Peruvian freshwater aquaculture. *Aquaculture*, 435, 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.08.001>
- Barad, M. M., Bhatt, A. J., Singh, V., & Sarman, V. (2017). Live Feed-Importance, constrains and Future prospects in Aquaculture production system. *Editorial Board*, 6(8), 1.
- Begum, M., Noor, P., Ahmed, K. N., Mohanta, L. C., Sultana, N., Hasan, M. R., & Uddin, M. N. (2013). Assessment of four different media for the mass culture of *Ceriodaphnia reticulata* (Jurine) as a live fish feed. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*, 39(2), 129-138.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstруп-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7, 261–274. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0427-z>
- Bennett, A., Patil, P. Kleisner, K., Rader, D., Viridin, J., & Basurto, X. (2018). Contribution of Fisheries to Food and Nutrition Security: Current Knowledge, Policy, and Research. *NI Report*, 18-02. Durham, NC: Duke University <http://nicholasinstitute.duke.edu/publication>.
- Bianchini-Júnior, I., Cunha-Santino, M. B., Ribeiro, J., & Penteado, D. (2014). Implication of anaerobic and aerobic decomposition of *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth on the carbon cycling in a subtropical reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, 74, 100–110. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.17912>
- Bianchini-Júnior, I., Cunha-Santino, M. B., Milan, J. A. M., Rodrigues, C. J., & Dias, J. H. P. (2010). Growth of *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle under controlles

- conditions. *Hydrobiologia*, 644, 301-312. <https://doi.org/10.1007/s.10750-010-0191-1>
- Bianchini-Júnior., I. (2003). Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M., & Bini, L. M. (eds). *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*, 85-126.
- Bianchini JR., I., Pacobahyba, L. D., & Cunha-Santino, M. B. (2002). Aerobic and anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14, 27-34.
- Bianchini Jr., I., & Toledo, A. P. P. (1981). Determinação de compostos fenólicos com reagente de Folin-Denis. *Ciencia Culutra*, 33, 576-577.
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry Physiological*, 27, 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- Bock, C. L., & Padovani, C. R. (2000). Considerações sobre a reprodução artificial e alevinagem de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) em viveiros. *Acta Scientiarum*, 22(2), 495-501.
- Bomfim, M. A. D., Lanna, A. T., Donzele, J. L., Quadros, M., Ribeiro, f. B., & Souza, M. P. (2010). Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de Tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000100001>.
- Bonanomi, G., Senatore, M., Migliozi, A., De Marco, A., Lanzotti, V., & Mazzoleni, S. (2014). Decomposition of submerged plant litter in a Mediterranean reservoir: a microcosm study. *Aquatic Botany*, 120, 169-177. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.05.006>
- Bowen, S.H., Lutz, E. V., & Ahlgren, M.O., (1995). Dietary Protein and Energy as Determinants of Food Quality: Trophic Strategies Compared. *Ecological Society of America*, 76 (3), 899-907.
- Boyd, C. E., & Blackburn, R. D. (1974). Seasonal changes in the proximate composition of some common aquatic weeds. *Hyacinth Control Journal*, 8, 42-44.
- Bureau, D. P., & Hua, K. (2010). Towards effective nutritional management of waste outputs in aquaculture, with particular reference to salmonid aquaculture operations. *Aquaculture Research*, 41(5), 777-792.

- Bush, S. R., Belton, B., Little, D. C., & Islam, M. S. (2019). Emerging trends in aquaculture value chain research. *Aquaculture*, 498, 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.077>
- Brinker, A., & Reiter, R. (2011). Fish meal replacement by plant protein substitution and guar gum addition in trout feed, Part I: Effects on feed utilization and fish quality. *Aquaculture*, 310(3-4), 350-360.
- Brito, T. M. D., & Silva, A. M. C. (2015). Taxa de sobrevivência de tilápia *Oreochromis niloticus* em tanque de decantação com águas salobras em sistema intensivo de cultivo/Tilapia survival rate (*Oreochromis niloticus*) in decantation tank with brackish waters on intensive growing system. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2(2), 40-50.
- Brix, H. (1993). Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. *Constructed wetlands for water quality improvement*, 9-22.
- Brouwer, P., Bräutigam, A., Külahoglu, C., Tazelaar, A.O. E., Kurz, S., Nierop, K.G.J., van der Werf, A., Weber, A.P.M., & Schluemann, A. (2014) H: *Azolla* domestication towards a biobased economy? *New Phytol*, 202, 1069-1082. <https://doi.org/10.1111/nph.12708>.
- Brouwer, P., Schluemann, H., Nierop, K. G., Elderson, J., Bijl, P. K., Van der Meer, I., & van der Werf, A. (2018). Growing *Azolla* to produce sustainable protein feed: The effect of differing species and CO₂ concentrations on biomass productivity and chemical composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 12, 4759-4768. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9016>.
- Catacutan, M. R. (2015). Use of plant protein sources in aquafeed for high value marine species in ASEAN member states. In: *Development and Use of Alternative Dietary Ingredients or Fish Meal Substitutes in Aquaculture Feed Formulation: Proceedings of the ASEAN Regional Technical Consultation on Development and Use of Alternative Dietary Ingredients or Fish Meal Substitutes in Aquaculture Feed Formulation*, 89-96.
- Chan, C. Y., Tran, N., Pethiyagoda, S., Crissman, C. C., Sulser, T. B., & Phillips, M. J. (2019). Prospects and challenges of fish for food security in Africa. *Global Food Security*, 20, 17–25. <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2018.12.002>
- Chauton, M. S., Reitan, K. I., Norsker, N. H., Tveterås, R., & Kleivdal, H. T. (2015). A techno-economic analysis of industrial production of marine microalgae as a source of EPA and DHA-rich raw material for aquafeed: Research challenges and possibilities. *Aquaculture*, 436, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.038>

- Chakrabarti, R. (2017). Culture of zooplankton and aquatic macrophytes as non-conventional livelihood. *Aquaculture for Nutritional and Livelihood Security*, 189–203.
- Chakrabarti R., & Hasan, M. (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, p. 531.
- Choudhury, M. I., McKie, B. G., Hallin, S., & Ecke, F. (2018). Mixtures of macrophyte growth forms promote nitrogen cycling in wetlands. *Science of the Total Environment*, 635, 1436–1443.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.193>
- Coldebella, A., Gentelini, A. L., Piana, P. A., Coldebella, P. F., Boscolo, W. R., & Feiden, A. (2017). Effluents from fish farming ponds: A view from the perspective of its main components. *Sustainability (Switzerland)*, 10, 1–16. <https://doi.org/10.3390/su10010003>
- Correia, E.S., (1998). Influência da alimentação natural no cultivo semi-intensivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). 136 f. *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.
- Craig, S., & Helfrich, L. A. (2017). Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. *College of Agriculture and Life Sciences*, 420, 1–18.
- Cunha-Santino, M.B., & Bianchini JR., I. (2006). Modelos matemáticos aplicados aos estudos de decomposição de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliensis*, 10, 154-164. <https://doi.org/10.4257/oeco.2006.1002.03>
- Das, P., Mandal, S. C., Bhagabati, S. K., Akhtar, M. S., & Singh, S. K. (2012). Important live food organisms and their role in aquaculture. *Frontiers in aquaculture*, 5 (4), 69-86.
- Day, L. (2013). Proteins from land plants - Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology*, 32, 25–42.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>
- Diemer, O., Neu, D. H., Sary, C., Finkler, J. K., Boscolo, W. R., & Feiden, A. (2012). *Artemia* sp. na alimentação de larvas de jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Animal Brasileira*, 175-179.
- Di Luca, G. A., Mufarrege, M. M., Hadad, H. R., & Maine, M. A. (2019). Nitrogen and phosphorus removal and *Typha domingensis* tolerance in a floating treatment wetland. *Science of the Total Environment*, 650, 233-240.
- Di Luca, G. A., Maine, M. A., Mufarrege, M. M., Hadad, H. R., Pedro, M. C.,

- Sánchez, G. C., & Caffaratti, S. E. (2017). Phosphorus distribution pattern in sediments of natural and constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 108, 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.038>
- De mott, W.R. (1986). The role of taste in food selection by freshwater zooplankton. *Oecologia*, 69 (3), 334–340.
- Domingues, F. D., Starling, F. L. R. M., Nova, C. C., Loureiro, B. R., Souza, L. C., & Branco, C. W. C. (2017). The control of floating macrophytes by grass carp in net cages: experiments in two tropical hydroelectric reservoirs. *Aquaculture Research*, 48, 3356–3368. <https://doi.org/10.1111/are.13163>
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anais. Chem.*, 28, 350-356.
- Elmoor-Loureiro, L. M. A. (1997). *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*.
- El-saidy, D. M. S. D. (1999). Evaluation of cottonseed meal as partial and complete replacement of fishmeal in practical diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Egyptian Journal Aquatic Biology & Fisheries*, 4, 0-0.
- El-Saidy, D. M. S. D., & Gaber, M. M. A. (2003). Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquaculture Research*, 34, 1119–1127. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00914.x>
- Eler, M. N., & Millani, T. J. (2007). Métodos de estudos de sustentabilidade aplicados a Aquicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 33–44. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000004>
- Food And Agriculture Organization FAO (2018) The state of world fisheries and aquaculture - meeting the sustainable development goals. Rome, Italy. pp. 227.
- Food And Agriculture Organization FAO (2003). Expert Consultation on International Fish Trade and Food Security. *Rome: Food and Agriculture Organization, Casablanca Morocco*.
- Fasakin, E. A., Balogun, A. M., & Fasuru, B. E. (2001). Use of duckweed, *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, 30, 313–318. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00318.x>
- Fetahi, T., Rothhaupt, K. O., & Peeters, F. (2018). Dietary map of Nile tilapia using stable isotopes in three tropical lakes, Ethiopia. *Ecology of Freshwater Fish*, 27, 460–470. <https://doi.org/10.1111/eff.12361>

- Flores-Nava, A., Olivera-Novoa, M. A., & Ontiveros-Escutia, V. M. (2007). Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Aquaculture*, 266, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.013>
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. (1957), *Journal Biology Chem.* 226, 497.
- França, J. B. A., Moraes, T. V., Costa Vaz, D., Ferreira, A. A., & Soares, F. A. L. (2014). Tratamento de efluente doméstico com macrófitas aquáticas para reuso na fertirrigação. *Irriga, Botucatu*, 01, 85-93.
- Francis, G., Makkar, H. P., & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199, 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
- Furuya, W. M., Pezzato, L. E., Pezzato, A. C., Barros, M. M., & Miranda, E. C. (2001). Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira Zootecnia*, 30, 1143-1149. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000500002>.
- Galloway, A. W., Taipale, S. J., Hiltunen, M., Peltomaa, E., Strandberg, U., Brett, M. T., & Kankaala, P. (2014). Diet-specific biomarkers show that high-quality phytoplankton fuels herbivorous zooplankton in large boreal lakes. *Freshwater Biology*, 59(9), 1902-1915.
- Gjedrem, T., N., Robinson. M., & Rye, M. (2012) The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture*, 117–129. <https://doi:10.1016/j.aquaculture.2012.04.008>
- Godfray, H. C. J., Beddington J.R., Crute I. R., Haddad L., Lawrence D., & Muir, J. F. (2010). Food security: the challenge of Feeding 9 billion people. *Science*. 327, 812–818. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Golterman, H. L., Clymo, R. S., & Ohsntad, M. A. M. (1978). Methods for physical and chemical analysis of freshwater. *Oxford: Blackwell*, (2).
- Gómez–Cerón, A. E., Pecillo, E. S., Pinta, A. X., Cerón, S. M., & Delgado, J. E. (2013). Evaluation of two types of Zooplankton (*Artemia* sp and Copepods) in the first feeding of Tarpon (*Brycon melanopterus*). *Investigación Pecuaria*.
- Granada, L., Sousa, N., Lopes, S., & Lemos, M. F. (2016). Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? A review. *Reviews in Aquaculture*, 8(3), 283-300.
- Graeff, A., Vianna, A. G., Tonetta, D., & Pruner, E. N. (2007). Avaliação do potencial nutritivo da macrófitas aquática *Lemna minor* por meio da análise da

composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L) na fase recria. *Evidência*, 7, 37-50.

- Grigorakis, K., & Rigos, G. (2011). Aquaculture effects on environmental and public welfare - The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 85(6), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.07.015>
- Grodzinski, W., Klekowski, R. Z., & Duncan, A. (1975). Methods for Ecological Bioenergetics: IBP Handbook 24, *Blackwell Scientific, Oxford*.
- Guedes, A. C., & Malcata, F. X. (2012). Nutritional value and uses of microalgae in aquaculture. In *Aquaculture*. InTech.
- Guerreiro, L. R. J., Dias, J. A. D., Fornari, D. C., Ribeiro, R. P., & Zanoni, M. A. (2011). Performance of post larvae of cascudo preto (*Rhinelepis aspera*), fed with artemia nauplii and ration offered in sachets. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(2), 781-788.
- Guevara, M.J.P. (2003). Enriquecimento de zooplâncton com óleo de peixe na larvicultura de Pacu, *Piaractus mesopotamicus* e Curimatá *Prochilodus lineatus*. *Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras*, p. 126.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D (2001). Paleontological statistics software package for education. *Paleontologia eletrônica*, 4, 0-0.
- Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41, 770–776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>
- Henares, M. N. P., & Camargo, A. F. M. (2014). Treatment efficiency of effluent prawn culture by wetland with floating aquatic macrophytes arranged in series. *Brazilian Journal of Biology*, 74(4), 906-912.
- Henry-Silva, G. G., & Monteiro Camargo, A. F. (2002). Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum: Biological and Health Sciences*, 519-526.
- Henry-silva, G. G., & Camargo, A. F. M. (2007). Impacto da atividade de Aquicultura e sistemas de tratamentos de efluentes com Macrófitas Aquáticas – Relato De Caso. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 34(1), 163–173.
- Henry-Silva, G. G., & Camargo, A., F. M. (2002). Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Acta Scientiarum*, 24(2), 519-526.

- Herbes, C., Brummer, V., Roth, S., & Röhl, M. (2018). Using aquatic plant biomass from de-weeding in biogas processes—an economically viable option? *Energy, Sustainability and Society*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s13705-018-0163-2>
- Hu, H., Kortner, T. M., Gajardo, K., Chikwati, E., Tinsley, J., & Krogdahl, Å. (2016). Intestinal fluid permeability in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is affected by dietary protein source. *PloS one*, 11(12).
- Jain, M. S., & Kalamdhad, A. S. (2018). A review on management of *Hydrilla verticillata* and its utilization as potential nitrogen-rich biomass for compost or biogas production. *Bioresource Technology Reports*, 1, 69–78. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0190-9>
- Johnson, D. L. (1971). Simultaneous determination of arsenate and phosphate in natural waters, *Environmental Science & Technology*, 5, 411-414. <https://doi.org/10.1021/es60052a005>
- Jomori, R.K. (2001). Desenvolvimento, sobrevivência e aspectos econômicos da produção de alevinos de Pacu, *Piractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887), diretamente em viveiros ou com diferentes períodos de larvicultura em laboratório. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. 80 f
- Kalita, P., Mukhopadhyay, P. K., & Mukherjee, A. K. (2007). Evaluation of the nutritional quality of four unexplored aquatic weeds from northeast India for the formulation of cost-effective fish feeds. *Food Chemistry*, 103(1), 204–209. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.007>
- Kankaala, P., Taipale, S., Grey, J., Sonninen, E., Arvola, L., & Jones, R. I. (2006). Experimental d13C evidence for a contribution of methane to pelagic food webs in lakes. *Limnology and Oceanography*, 51(6), 2821-2827.
- Kar, S., Das, P., Das, U., Bimola, M., Kar, D., & Aditya, G. (2017). Culture of the zooplankton as fish food: Observations on three freshwater species from Assam, India. *AACL Bioflux*, 10(5), 1210–1220.
- Kleinlein, W.A. (2010). Caracterização Energética de Biomassas Amazônicas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. 63 f.
- Kobayashi, M., Msangi, S., Batka, M., Vannuccini, S., Dey, M. M., & Anderson, J. L. (2015). Fish to 2030: The Role and Opportunity for Aquaculture. *Aquaculture Economics and Management*, 19(3), 282–300. <https://doi.org/10.1080/13657305.2015.994240>
- Koch, U., Martin-Creuzburg, D., Grossart, H. P., & Straile, D. (2012). Differences in the amino acid content of four green algae and their impact on the reproductive mode of *Daphnia pulex*. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 181(4), 327-336.

- Kokou, F., & Fountoulaki, E. (2018). Aquaculture waste production associated with antinutrient presence in common fish feed plant ingredients. *Aquaculture*, 495(), 295–310. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.003>
- Kijora, C., Wedler, E., Danier, J., & Schulz, C. (2011). Propriedades de fermentação e qualidade nutricional de macrófitas aquáticas selecionadas como alternativas de alimentação de peixes em áreas rurais do Neotrópico. *Pesquisa Pecuária para o Desenvolvimento Rural*, 23,11.
- Kumar, S., & Dutta, V. (2018). Efficiency of Constructed Wetland Microcosms (CWMs) for the Treatment of Domestic Wastewater Using Aquatic Macrophytes. In: *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future*, 287-307.
- Landesman, L., Chang, J., Yamamoto, Y., & Goodwin, J. (2002). Nutritional value of wastewater grown Duckweed for fish and shrimp feed. *World Aquaculture*, 33, 39-40. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.9953>
- Lauria, V., Das, I., Hazra, S., Cazcarro, I., Arto, I., Kay, S., & Fernandes, J. A. (2018). Importance of fisheries for food security across three climate change vulnerable deltas. *Science of The Total Environment*, 640, 1566-1577.
- Lazzaro, X. (1987). A review of planktivorous fishes, their evolution feeding behaviors, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia*, 146, 97-167.
- Lawlor, L. R., & Smith, J. M. (1976). The coevolution and stability of competing species. *The American Naturalist*, 110(971), 79-99.
- Li, C. H., Wang, B., Ye, C., & Ba, Y. X. (2014). The release of nitrogen and phosphorus during the decomposition process of submerged macrophyte (*Hydrilla verticillata* Royle) with different biomass levels. *Ecological engineering*, 70, 268-274.
- Lombardi, C. D., & de Carvalho Gomes, L. (2008). Substituição de alimento vivo por alimento inerte na larvicultura intensiva do tambacu (♀ *Colossoma macropomum* X♂ *Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 30(4).
- Loring, P. A., Fazzinoii, D. V., Agapito, M., & Chuenpagdee, R. (2018). Fish and Food Security in Small-Scale Fisheries Keywords. *Fish and Food Security in Small-Scale Fisheries*, 21, 1–15.
- Lousier, J. D., & Parkinson, D. (1976). Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. *Canadian Journal of Botany*, 54, 419-436. <https://doi.org/10.1139/b76-041>

- Lu, J., Faggotter, S. J., Bunn, S. E., & Burford, M. A. (2017). Macrophyte beds in a subtropical reservoir shifted from a nutrient sink to a source after drying then rewetting. *Freshwater Biology*, 62(5), 854–867. <https://doi.org/10.1111/fwb.12904>
- Lund, I., Dalsgaard, J., Rasmussen, H. T., Holm, J., & Okumsen, A. (2012). Replacement of fish meal with a matrix of organic plant proteins in organic trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed, and the effects on nutrient utilization and fish performance. *Aquaculture*, 321, 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.028>
- Mackereth, F.J.H., Heron, J., & Talling, J.F. (1989). Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists. *FBA Scientific Publication*, 36(2), p.120.
- Maehre, H.K., Hamre, K., & Elvevoll, E.O. (2013). Nutrient evaluation of rotifers and zooplankton: feed for marine fish larvae. *Aquaculture Nutrition*, 19(3), 301–311.
- Mandal, R. N., Datta, A. K., Sarangi, N., & Mukhopadhyay, P. K. (2010). Diversity of aquatic macrophytes as food and feed components to herbivorous fish - A review. *Indian Journal of Fisheries*, 57(3), 65–73.
- Martin, K.R., & Appel, C.L. (2010). Polyphenols as dietary supplements: A double edge sword. *Nutrition and Dietary Supplement*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.2147/NDS.S6422>
- Martins, L. H., Mansano, A. S., Hisatugo, K. F., Rocha, O., & Selegim, M. H. R. (2017). “In vitro” evaluation of the bacterivore potential of three Cladoceran species occurring in tropical and subtropical regions. *Brazilian Journal of Biology*, 77(4), 840-847.
- Meunier, C. L., Boersma, M., Wiltshire, K. H., & Malzahn, A. M. (2016). Zooplankton eat what they need: copepod selective feeding and potential consequences for marine systems. *Oikos*, 125(1), 50-58.
- Mitchell, W. D., McConnell, A. A., Eastwood, M. A. (1974). Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *Journal Science Food Agriculture*, 25, 1457-1464. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740251205>
- Moura, R.S.T., Valenti W.C., & Henry-Silva, G.G. (2016). Sustainability of *Nile tilapia* net-cage culture in a reservoir in a semi-arid region. *Ecological Indicators*, 66, 574–582. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.052>

- Mozanzadeh, M. T., Agh, N., Yavari, V., Marammazi, J. G., Mohammadian, T., & Gisbert, E. (2016). Partial or total replacement of dietary fish oil with alternative lipid sources in silvery-black porgy (*Sparidentex hasta*). *Aquaculture*, 451, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.09.022>
- Nandakumar, R., & Santhanam, P. (2019). A Study on Assessing the Feeding, Survival, Fecundity, and Postembryonic Development of Zooplankton *Nitocra affinis* (Copepoda: Harpacticoida). *Basic and Applied Zooplankton Biology*, 257-276.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., & Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Ng, W. K., & Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, 5(4), 220–254. <https://doi.org/10.1111/raq.12014>
- O'Bryen, P.J., Lee, C.-S., & Marcus, N.H. (2005). Copepods in Aquaculture. *Blackwell Publishing Ltd., Oxford*, p. 269.
- Oliveira, E. G., & Santos, F. D. S. (2015). Fish-farming and challenges of producing in regions with water scarcity. *Ciência Animal*, 25(1), 133-154.
- Otero, A., Muñoz, M., Medina-Robles, V., & Cruz-Casallas, P. (2013). Efecto del alimento sobre variables productivas de dos especies de Cladóceros bajo condiciones de laboratorio. *Revista MVZ Córdoba*, 18, 3642-3647.
- Ottinger, M., Clauss, K., & Kuenzer, C. (2016). Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. *Ocean and Coastal Management*, 119, 244–266. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.10.015>
- Palafox, P. (2005). Perspectivas de la *Lemna* sp. para la alimentación de peces. *Revista eletrónica de Veterinaria*, 6(3), 1–6.
- Passerini, M. D., Cunha-Santino, M. B., & Bianchini -Júnior., I. (2016). Oxygen availability and temperature as driving forces for decomposition of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, 130, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.12.003>
- Passinato, R. A., R. L. B., Wagner, L., & Martins, I. M. R. S. (2005). Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*, 35(1).
- Pelicice, F. M., & Agostinho, A. A. (2006). Feeding ecology of fishes associated with *Egeria* spp. patches in a tropical reservoir, Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 15, 10–19. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2005.00121.x>

- Peltomaa, E. T., Aalto, S. L., Vuorio, K. M., & Taipale, S. J. (2017). The importance of phytoplankton biomolecule availability for secondary production. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 5, 128.
- Perez-Velazquez, M., Gatlin, D. M., González-Félix, M. L., & García-Ortega, A. (2018). Partial replacement of fishmeal and fish oil by algal meals in diets of red drum *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 487, 41–50. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.001>
- Peterson, B. C., Peatman, E., Ourth, D. D., & Waldbieser, G. C. (2015). Effects of a phytogetic feed additive on growth performance, susceptibility of channel catfish to *Edwardsiella ictaluri* and levels of mannose binding lectin. *Fish and Shellfish Immunology*, 44(1), 21–25. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.01.027>
- Pompêo, M. (2008). Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliense*, 12(3), 406–424.
- Press, W. H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., & Flannery, B.P. (1993). Numerical Recipes in C: the art of scientific computing. *New York: Cambridge University Press*.
- Prieto, M. (2001). Aspectos reproductivos del cladóceros *Moinodaphnia* sp. en condiciones de laboratorio. *Revista Medicina Veterinaria y Zootecnia - Cordoba*, 6(2), 102–110.
- Proença, M. A. (2015). A biomassa de macrófitas flutuantes como suplemento alimentar para o cultivo de organismos aquáticos: estratégia de manejo que favorece o rendimento econômico e ambiental na piscicultura. *Dissertação*. 135 p.
- Ravet, J. L., Brett, M. T., & Arhonditsis, G. B. (2010). The effects of seston lipids on zooplankton fatty acid composition in Lake Washington, Washington, USA. *Ecology*, 91(1), 180-190.
- Rocha, O., Sipaúba-Tavares, L.H. (1994). Cultivo em larga escala de organismos planctônicos para alimentação de larvas e alevinos de peixe: II, Organismos Zooplânctônicos. *Biotemas*, 7 (1/2), 94-109.
- Roy, S., Biswas, J. K., & Kumar, S. (2014). Nutrient Removal From Waste Water by Macrophytes-An Eco-Friendly Approach to Waste Water Treatment and Management. *Energy and Environment Research*, 4(2), 55.
- Santos, E. P., (1978). *Dinâmica de populações aplicada à pesca e piscicultura*. São Paulo:
- Santos, A. A. O., & Camargo, A. F. M. (2015). Constructed wetlands for treatment of harvest effluents from grow-out ponds of the Amazon river prawn. *Aquaculture research*, 46(11), 2676-2684. 129 p.

- Saha, S., & Ray, A. K. (2011). Evaluation of nutritive value of water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaf meal in compound diets for Rohu, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings after fermentation with two bacterial strains isolated from quFish Gut. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11, 199–207. <https://doi.org/10.4194/trifas.2011.0204>
- Simões, T. I. R., de Fátima Xavier, J., dos Santos, M. T. M., & dos Santos, A. (2017). Reprodução e masculinização de pós-larvas de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Craibeiras de Agroecologia*, 1(1).
- Slater, M., D'Abramo, L., & Engle, C. R. (2018). Aquaculture Research Priorities for the Next Decade: A Global Perspective. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49, 3–6. <https://doi.org/10.1111/jwas.12503>
- Schultz, R., & Dibble, E. (2011). Effects of invasive macrophytes on freshwater fish and macroinvertebrate communities: the role of invasive plant traits. *Hydrobiologia*, 684(1), 1–14.
- Silva, C. V., & Henry, R. (2018). Chironomidae larvae associated with *Eichhornia azurea* leaf detritus: decomposition community structure and colonization dynamics. *International Aquatic Research*, 10, 79–93. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0190-9>
- Silva, M. S. G. (2012). Desenvolvimento de um sistema de recirculação com o uso de Wetlands construídas para efluentes da piscicultura. *Universidade Estadual de Campinas*. Tese de Doutorado. p.115.
- Sidonio, I., Cavalcanti, I., Capanema, L., Morch, R., Magalhães, G., Lima, J., Burns, V., Alves Júnior, A.J., & Mungoli, R. (2011). Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, 35, 421-463.
- Simhachalam, G., Kumar, N. S., & Rao, K. G. (2015). Biochemical composition and nutritional value of *Streptocephalus simplex* as live feed in ornamental fish culture. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 72, 66-72.
- Sipaúba-Tavares, L.H., Ibarra, L.C.C., & Fioresi, T.B. (2009). Cultivo de *Ankistrodesmus gracilis* (REISCH) Korsikov (Chlorophyta) em laboratório utilizando meio CHU e de macrófita com NPK. *Boletim do Instituto de Pesca*, 35(1), 111–118.
- Sipaúba-Tavares, L.H. (2004). Cultivo em massa de plâncton de água doce utilizado na alimentação de larvas de peixes: custo/benefício e dificuldades de manutenção. *Revista Eletrônica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 1, 1.
- Smárason, B. Ö., Alriksson, B., & Jóhannsson, R. (2018). Safe and sustainable protein sources from the forest industry - The case of fish feed. *Trends in Food Science and Technology*, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.005>

- Snell, T. W., & King, C. E. (1977). Lifespan and fecundity patterns in rotifers: the cost of reproduction. *Evolution*, 31(4), 882-890.
- Solomon, S. G., & Okomoda, V. T. (2012). Growth Performance of *Oreochromis Niloticus* Fed Duckweed (*Lemna Minor*) Based Diets in Outdoor Hapas. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 2, 61–65.
- Sousa, W. T. Z., Thomaz, S. M., & Murphy, K. J. (2010). Response of native *Egeria najas* Planch. and invasive *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle to altered hydroecological regime in a subtropical river. *Aquatic Botany*, 92(1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2009.10.002>
- Taipale, S. J., Brett, M. T., Pulkkinen, K., & Kainz, M. J. (2012). The influence of bacteria-dominated diets on *Daphnia magna* somatic growth, reproduction, and lipid composition. *FEMS Microbiology Ecology*, 82(1), 50-62.
- Tanner, C. C., & Headley, T. R. (2011). Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering*, 37(3), 474-486.
- Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 43, 255–266.
- Van Soest, P.J. (1967). Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Animal Science*, 26, 119-128. <https://doi.org/10.2527/jas1967.261119x>
- Valenti, W. C. (2002). Aquicultura sustentável. *Congresso de Zootecnia*, 12, Vila Real, Portugal, VilaReal: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais.,111-118.
- Velásquez, Y. C., Kijora, C., Wuertz, S., & Schulz, C. (2016). Effect of fermented aquatic macrophytes supplementation on growth performance, feed efficiency and digestibility of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles fed low fishmeal diets. *Livestock Research for Rural Development*, 27, 1- 8.
- Wasagu, R. S. U., Lawal, M., Shehu, S., Alfa, H. H., & Muhammad, C. (2013). Nutritive values, mineral and antioxidant properties of *Pistia stratiotes* (Water lettuce). *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 21, 253–257. <http://dx.doi.org/10.4314/njbas.v21i4.2>
- West, M., Fenner, N., Gough, R., & Freeman, C. (2017). Evaluation of algal bloom mitigation and nutrient removal in floating constructed wetlands with different macrophyte species. *Ecological Engineering*, 108, 581-588.

- Wetzel, R.G., & Likens, G.E. (1991) *Limnological Analysis*, (2), Springer Verlag, New York.
- World Bank. (2013). *The World Bank Annual Report 2013. Washington, DC: World Bank.* <https://doi.org/10.1596/978-0-8213-9937-8>.
- Yasar, A., Zaheer, A., Tabinda, A. B., Khan, M., Mahfooz, Y., Rani, S., & Siddiqua, A. (2018). Comparison of reed and water lettuce in constructed wetlands for wastewater treatment. *Water Environment Research*, 90(2), 129-135.
- Yılmaz, E., Ihsan, A., & Günal, G. (2005). Use of Duckweed, *Lemna minor*, as a Protein Feedstuff in Practical Diets for Common Carp, *Cyprinus carpio*, Fry. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4, 105–109.
- Yue, G. H., Lin, H. ., & Li, J. L. (2016). Tilapia is the Fish for Next - Generation Aquaculture. *International Journal of Marine Science and Ocean Technology*, 3(1), 11–13. <https://doi.org/10.19070/2577-4395-160003>.
- Zaniboni-Filho, E., Pedron, J. D. S., & Ribolli, J. (2018). Opportunities and challenges for fish culture in Brazilian reservoirs: a review. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30.
- Zeng, C., Shao, L., Ricketts, A., & Moorhead, J. (2018). The importance of copepods as live feed for larval rearing of the green mandarin fish *Synchiropus splendidus*. *Aquaculture*, 491, 65-71.
- Zhang, Y., Bleeker, A., & Liu, J. (2015). Nutrient discharge from China's aquaculture industry and associated environmental impacts. *Environmental Research Letters*, 10(4), 929-937.
- Zhou, C., Xu, D., Lin, K., Sun, C., & Yang, X. (2018). Intelligent feeding control methods in aquaculture with an emphasis on fish: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 975–993. <https://doi.org/10.1111/raq.12218>
- Zhou, X., He, Z., Jones, K. D., Li, L., & Stoffella, P. J. (2017). Dominating aquatic macrophytes for the removal of nutrients from waterways of the Indian River Lagoon basin, South Florida, USA. *Ecological Engineering*, 101, 107-119.
- Zhou, Y., Yang, H., Hu, H., Liu, Y., Mao, Y., Zhou, H., & Zhang, F. (2006). Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture*, 252(2–4), 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.06.046>
- Zou, Q., Yang, Y., Wei, B.-H., Yu, D., Chen, L., Zhou, T., & Dong, G. F. (2018). Effects of dietary conjugated linoleic acid on growth performance, tissue adipocytokine levels and lipid metabolism of grass carp. *Aquaculture Nutrition*, 17. <https://doi.org/10.1111/anu.12815>

ANEXO- 1.

Tabela 1: Perda de massa (%) no primeiro dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Médias	Perda de massa (g)	% de massa remanescente	pH	Condutividade
Ração controle	0,09± 0,01	81,41± 2,57	6,5± 0,05	552,30± 32,33
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,05± 0,002	88,02± 0,43	6,48± 0,05	495,66± 10,5
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,06± 0,008	86,59± 1,62	6,55± 0,06	549,00± 16,09
15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,14± 0,02	71,88± 5,14	6,20± 0,1	642,33± 37,09
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,16± 0,02	66,04± 4,25	6,12± 0,16	555,33± 28,67
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,14± 0,008	70,06± 1,61	6,13± 0,1	548,00 ± 42,46
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,19± 0,009	61,88± 1,96	5,84± 0,21	631,33± 24,58
<i>Pistia stratiotes</i>	0,18± 0,02	63,28± 5,68	6,28± 0,14	1244,00± 114,75
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,16± 0,05	67,84± 11,61	7,05± 0,16	916,00± 63,92

Tabela 2: Perda de massa (%) no terceiro dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Médias	Perda de massa (g)	% de massa remanescente	pH	condutividade
Ração controle	0,26± 0,02	47,71± 5,31	4,94 ± 0,12	909± 17,43
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,16± 0,04	67,52± 8,27	5,3± 0,24	756,66± 74,84
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,14± 0,02	70,11± 5,39	5,01± 0,44	742,5± 82,73
15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,25± 0,01	48,33± 3,69	4,87± 0,02	1225,33± 51,42
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,29± 0,01	41,52± 3,22	4,90± 0,11	1197± 45,04
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,27± 0,01	44,53± 2,66	4,90± 0,02	1137± 84,53
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,27± 0,01	45,41± 2,21	5,20± 0,34	1127,33± 96,34
<i>Pistia stratiotes</i>	0,23± 0,03	52,51± 7,47	6,26± 0,41	1418,67± 433,71
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,18± 0,01	63,17± 2,58	6,79± 0,08	1575,66± 26,21

Tabela 3: Perda de massa (%) no sétimo dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Média	Perda de Massa (g)	% remanescente	pH	condutividade
Ração controle	0,29± 0,04	37,72± 7,50	6,71± 0,23	1205,33± 221,57
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,25± 0,02	48,71± 5,04	6,47± 0,13	870± 79,68
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,28± 0,05	43,20± 10,55	6,64± 0,08	748,33± 190,07

15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,28± 0,02	42,58± 5,64	6,95± 0,06	1161± 201,5
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,30± 0,02	38,20± 5,14	6,98± 0,06	1477± 101,20
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,28± 0,01	42,58± 3,95	7,08± 0,05	1374,67± 152,12
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,28± 0,02	42,43± 5,08	7,14± 0,10	1341,33± 128,48
<i>Pistia stratiotes</i>	0,25± 0,02	49,99± 4,98	7,16± 0,04	2060,33± 16,16
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,22± 0,05	55,09± 10,64	7,16± 0,01	1492± 15,7

Tabela 4: Perda de massa (%) no décimo quinto dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Média	Perda de massa (g)	% de massa remanescente	pH	condutividade
Ração controle	0,37± 0,001	25,51± 2,23	8,37± 1,88	1586,33± 123,9
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,31± 0,01	36,2± 3,44	7,81± 0,16	1262,66± 83,42
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,30± 0,02	39,11± 5,13	7,59± 0,34	1204,66± 324,91
15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,36± 0,01	26,97± 2,10	8,02± 0,01	1208,66± 218,58
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,36± 0,01	27,64± 3,45	8,15± 0,05	1890,66± 115,16
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,35± 0,01	30,06± 3,40	8,10± 0,23	1628,66± 363,55
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,31± 0,009	37,86± 2,01	8,09± 0,22	1949± 58,66
<i>Pistia stratiotes</i>	0,36± 0,009	26,25± 1,95	8,42± 0,06	1967± 190,52
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,22± 0,01	55,80± 3,81	8,74± 0,49	1541± 244,35

Tabela 5: Perda de massa (%) no trigésimo dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Média	Perda de massa (g)	% de massa remanescente	pH	condutividade
Ração controle	0,37± 0,01	25,8± 2,40	8,32± 0,20	1811± 240,74
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,36± 0,006	27,68± 1,26	8,02± 0,22	2300± 476,50
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,37± 0,03	26,01± 6,84	7,91± 0,10	1771,33± 133,08
15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,37± 0,01	24,52± 3,70	8,47± 0,24	2096,66± 77,67
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,38± 0,007	23,00± 1,48	8,3± 0,28	2006,66± 471,62
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,38± 0,004	24,07± 0,90	8,03± 0,09	1436,5± 174,65
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,36± 0,01	27,55± 3,06	8,38± 0,06	2156,66± 148,43
<i>Pistia stratiotes</i>	0,37± 0,02	25,74± 4,13	8,45± 0,02	2780± 175,2
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,27± 0,01	44,86± 2,20	8,60± 0,24	1244,67± 270,13

Tabela 6: Perda de massa (%) no sexagésimo dia do experimento da decomposição da ração controle e da ração suplementada com 5%, 10% e 15% de biomassa e das biomassas puras das macrófitas *Hydrilla verticillata* e *Pistia stratiotes* e os parâmetros químicos mensurados.

Média	Perda de massa (g)	% de massa remanescente	pH	condutividade
Ração controle	0,41± 0,01	17,91± 2,59	8,37± 0,43	1616,33± 467,44
5% <i>Pistia stratiotes</i>	0,38± 0,01	22,99± 2,07	8,56± 0,10	1572,33± 434,08
10% <i>Pistia stratiotes</i>	0,40± 0,01	20,01± 3,38	7,99± 0,53	1830,67± 171,01

15% <i>Pistia stratiotes</i>	0,41± 0,01	17,01± 2,90	8,59± 0,12	1882± 172,25
5% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,41± 0,02	17,40± 4,18	8,77± 0,16	1890± 191,19
10% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,41± 0,02	17,80± 4,17	8,44± 0,47	1849± 341,25
15% <i>Hydrilla verticillata</i>	0,40± 0,002	19,56± 0,41	8,88± 0,01	1815,66± 136,67
<i>Pistia stratiotes</i>	0,39± 0,005	21,06± 1,008	8,73± 0,02	2040,33± 120,50
<i>Hydrilla verticillata</i>	0,28± 0,01	42,62± 3,57	8,64± 0,21	1594,33± 144,52

Tabela 7: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico nitrogênio liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dia	Controle	5% <i>H. verticillata</i>	10% <i>H. verticillata</i>	15% <i>H. verticillata</i>	<i>H. verticillata</i>
1	50,21± 0,29	49,27± 3,65	49,10± 10,96	47,67± 6,48	17,35± 2,21
3	67,18± 4,00	85,41± 5,59	75,93± 10,91	82,1± 32,06	29,15± 1,40
7	98,8± 1,55	150,15± 9,45	132,23± 30,14	128,03± 13,7	250,7± 8,79
15	247,75± 2,95	282,83± 27,23	215,85± 53,23	263,98± 21,78	33,88± 11,44
30	330,5± 9,65	304,05± 67,74	257,37± 50,23	270,8± 7,6	23,95± 4,70
60	280,56± 4,07	250,4± 20,07	174,96± 32,21	179,83± 13,13	29,31± 17,78

Tabela 8: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico fósforo liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>H. verticillata</i>	10% <i>H. verticillata</i>	15% <i>H. verticillata</i>	<i>H. verticillata</i>
1	18,44± 3,57	20,41± 4,64	24,17± 1,69	30,84± 6,89	58,45± 17,57
3	57,31± 16,27	53,95± 3,57	51,50± 3,32	44,83± 2,52	17,71± 1,11
7	51,09± 9,23	49,25± 8,17	51,41± 7,47	42,54± 2,34	11,82± 0,67

15	50,15± 9,19	32,72± 14,12	28,83± 4,38	20,04± 3,92	7,85± 0,68
30	39,55± 8,29	49,74± 19,50	20,98± 6,29	17,34± 3,42	5,23± 0,37
60	26,99± 6,90	20,90± 1,35	24,38± 1,71	16,68± 11,04	10,29± 4,92

Tabela 9: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>H. verticillata</i>	10% <i>H. verticillata</i>	15% <i>H. verticillata</i>	<i>H. verticillata</i>
1	225,76± 112,84	204,68± 64,19	263,01± 194	361,61± 147,30	134,73± 27,37
3	686,33± 82,58	1111,33± 129,46	950,16± 210,23	869± 286,42	307,06± 8,33
7	453,85± 85,55	475,66± 47,8	501,26± 72,75	409,15± 20,95	578,73± 219,63
15	590,65± 232	473,1± 60,79	446,9± 100,29	513,75± 52,03	258,6± 60,44
30	676,66± 43,97	541,16± 45,14	456± 137,88	432,05± 26,2	213,01± 45,99
60	518± 70,81	484,45± 25,88	405,13± 50,55	438,01± 24,11	244,5± 37,46

Tabela 10: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono orgânico total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>H. verticillata</i>	10% <i>H. verticillata</i>	15% <i>H. verticillata</i>	<i>H. verticillata</i>
1	168,98± 140,11	199,06± 72,38	231,41± 192,87	323,81± 166,22	85,98± 9,01
3	658,33± 68,50	1096,66± 130,59	931,16± 218,80	844,5± 304,26	144,86± 10,38
7	347,9± 124	325,36± 38,6	370,86± 101,22	270,05± 13,5	393,98± 250,35
15	405,7± 255,5	239,4± 66,40	249,58± 46,68	279,48± 45,24	97,76± 12,05
30	403,31± 101,51	295,65± 61,74	236,77± 55,04	193,45± 145,44	79,95± 17,64
60	282,9± 63,66	255,95± 30,71	171,66± 23,71	218,5± 23,47	96,55± 9,21

Tabela 11: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono inorgânico total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Hydrilla verticillata* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>H. verticillata</i>	10% <i>H. verticillata</i>	15% <i>H. verticillata</i>	<i>H. verticillata</i>
1	56,65± 27,50	38,65± 31,30	31,58± 13,82	37,8± 18,96	48,68± 23,27
3	28± 16,12	14,56± 1,72	13,86± 0,45	24,36± 18,58	162,18± 6,35
7	106± 31,95	150,3± 9,25	130,4± 38,24	139,15± 8,15	184,83± 33,55
15	184,85± 33,5	233,75± 17,49	197,31± 58,27	234,16± 15,48	160,83± 53,42
30	273,45± 64,50	245,56± 62,60	219,25± 82,44	238,55± 25,7	132,56± 36,38
60	235,01± 11,04	223,51± 59,45	233,48± 41,99	219,51± 9,08	147,95± 31,30

Tabela 12: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico nitrogênio liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Pistia stratiotes* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dia	Controle	5% <i>P. stratiotes</i>	10% <i>P. stratiotes</i>	15% <i>P. stratiotes</i>	<i>P. stratiotes</i>
1	50,21± 0,29	43,79± 2,03	52,88± 1,17	58,41± 8,17	85,9± 8,32
3	67,18± 4,00	46,83± 6,58	49,09± 4,45	105,98± 7,94	133,33± 31,25
7	98,8± 1,55	54,83± 12,55	53,54± 12,08	110,75± 18,80	70,91± 80,65
15	247,75± 2,95	196,38± 15,34	177,1± 74,65	153,28± 22,93	148,61± 49,23
30	330,5± 9,65	279,86± 50,68	274,73± 18,31	306,35± 37,93	181,46± 15,17
60	280,56± 4,07	207,86± 61,72	240,08± 10,69	284,75± 14,44	93,51± 33,31

Tabela 13: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico fósforo liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Pistia stratiotes* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>P. stratiotes</i>	10% <i>P. stratiotes</i>	15% <i>P. stratiotes</i>	<i>P. stratiotes</i>
1	18,44± 3,57	20,69± 1,90	22,86± 1,34	24,83± 6,89	49,41± 2,27
3	57,31± 16,27	39,18± 8,46	37,06± 8,23	53,32± 2,52	59,35± 16,63
7	51,09± 9,23	49,94± 3,59	53,71± 5,88	46,96± 2,34	59,80± 7,99
15	50,15± 9,19	76,37± 7,30	59,35± 11,35	36,12± 3,92	61,15± 22,12
30	39,55± 8,29	53,38± 6,61	60,17± 9,94	37,06± 3,42	38,65± 1,28
60	26,99± 6,90	44,26± 14,28	42,87± 10,05	32,11± 11,04	51,17± 36,85

Tabela 14: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono inorgânico total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Pistia stratiotes* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>P. stratiotes</i>	10% <i>P. stratiotes</i>	15% <i>P. stratiotes</i>	<i>P. stratiotes</i>
1	225,76± 112,84	185,38± 33,95	325,53± 35,23	337,83± 157,72	229,4± 9,35
3	686,33± 82,58	501,25± 97,98	523,71± 147,19	1111,5± 55,15	529,55± 177,08
7	453,85± 85,55	427,05± 62,75	372,86± 70,73	463,66± 113,96	366,3± 94,52
15	590,65± 232,00	585,33± 12,82	585,93± 192,56	331,41± 43,68	364,33± 122,46
30	676,66± 43,97	582,53± 114,05	587,63± 78,95	433,86± 148,17	417,03± 32,54
60	518,00± 70,81	409,23± 97,36	438,1± 33,72	447,01± 11,44	346,48± 102,40

Tabela 15: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Pistia stratiotes* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

Dias	Controle	5% <i>P. stratiotes</i>	10% <i>P. stratiotes</i>	15% <i>P. stratiotes</i>	<i>P. stratiotes</i>
1	168,98± 140,11	140,95± 28,17	317,68± 14,19	307,26± 177,32	169,93± 9,02
3	658,33± 68,50	473,66± 90,78	499,03± 153,10	1096,16± 54,56	442,11± 181,90
7	347,9± 124	357,53± 53,70	311,35± 71,97	364,51± 104,52	203,05± 94,51
15	405,7± 255,5	439,95± 5,37	471,45± 193,33	222,86± 20,26	243,86± 88,12
30	403,31± 101,51	369,36± 98,50	397,7± 33,68	294,23± 131,40	261,26± 35,83
60	282,9± 63,66	267,86± 58,90	251,13± 28,54	196,48± 21,22	237,28± 62,57

Tabela 16: Mudanças temporais nas concentrações do elemento químico carbono inorgânico total liberado para a água durante a decomposição experimental da biomassa de *Pistia stratiotes* sozinha, da ração controle e das rações suplementadas com 5%, 10% e 15% da biomassa desta macrófita.

	Controle	5% <i>P. stratiotes</i>	10% <i>P. stratiotes</i>	15% <i>P. stratiotes</i>	<i>P. stratiotes</i>
1	56,65± 27,50	44,41± 5,80	24,51± 1,92	30,41± 19,97	59,46± 2,83
3	28± 16,12	140± 80,60	24,51± 6,82	15,18± 0,68	87,38± 5,20
7	106± 31,95	69,45± 10,46	61,46± 2,67	99,16± 11,71	163,26± 21,91
15	184,85± 33,5	145,26± 16,36	114,4± 30,57	108,55± 23,85	120,5± 34,56
30	273,45± 64,50	213,36± 43,38	190± 47,20	122,95± 21,50	155,76± 13,65
60	235,01± 11,04	141,86± 37,80	186,98± 16,16	250,53± 16,34	109,21± 40,27

Tabela 17: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração de referência (controle) nos diferentes dias.

Controle		Tamanho total (cm)	Tamanho Padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	Média	8,06 \pm 0,74	6,65 \pm 0,48	2,37 \pm 0,21	8,89 \pm 1,92
15 dias	Média	9,67 \pm 0,65	8,00 \pm 0,44	3,03 \pm 0,15	16,55 \pm 3,52
30 dias	Média	10,23 \pm 0,64	8,57 \pm 0,61	3,03 \pm 0,31	20,58 \pm 4,17
45 dias	Média	11,23 \pm 0,64	9,30 \pm 0,62	3,53 \pm 0,38	25,50 \pm 4,41
60 dias	Média	12,03 \pm 0,85	9,80 \pm 0,75	3,47 \pm 0,40	29,31 \pm 6,22

Tabela 18: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 5% da macrófita *Hydrilla verticillata* nos diferentes dias.

5% <i>Hydrilla verticillata</i>		Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	Média	7,61 \pm 0,64	6,28 \pm 0,56	2,21 \pm 0,30	7,01 \pm 1,34
15 dias	Média	7,92 \pm 0,79	6,70 \pm 0,66	2,55 \pm 0,23	8,69 \pm 3,13
30 dias	Média	7,06 \pm 2,12	5,95 \pm 1,80	2,02 \pm 0,59	10,93 \pm 4,46
45 dias	Média	10,03 \pm 0,99	8,50 \pm 0,92	2,93 \pm 0,29	17,96 \pm 4,80
60 dias	Média	11,67 \pm 0,51	9,60 \pm 0,53	2,93 \pm 0,31	23,85 \pm 2,02

Tabela 19: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 10% da macrófita *Hydrilla verticillata* nos diferentes dias.

10% <i>Hydrilla verticillata</i>	Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	7,75 \pm 0,65	6,41 \pm 0,52	2,25 \pm 0,24	7,94 \pm 1,59
15 dias	9,80 \pm 0,82	8,07 \pm 0,95	3,00 \pm 0,10	15,85 \pm 3,68
30 dias	10,67 \pm 0,93	8,80 \pm 0,70	3,23 \pm 0,25	21,00 \pm 5,36
45 dias	11,83 \pm 0,58	9,80 \pm 0,61	3,50 \pm 0,26	27,27 \pm 5,21
60 dias	12,83 \pm 0,76	10,33 \pm 0,58	3,63 \pm 0,50	31,57 \pm 5,46

Tabela 20: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 15% da macrófita *Hydrilla verticillata* nos diferentes dias.

15% <i>Hydrilla verticillata</i>	Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	7,72 \pm 0,83	6,47 \pm 0,73	2,19 \pm 0,25	8,29 \pm 3,03
15 dias	8,26 \pm 0,95	6,84 \pm 0,79	2,49 \pm 0,39	11,96 \pm 3,79
30 dias	8,77 \pm 0,99	7,33 \pm 0,95	2,65 \pm 0,36	13,67 \pm 4,34
45 dias	9,49 \pm 0,98	8,16 \pm 0,80	2,79 \pm 0,37	16,37 \pm 4,82
60 dias	10,49 \pm 2,05	8,41 \pm 5,75	2,68 \pm 5,75	19,49 \pm 5,40

Tabela 21: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração de referência (controle) nos diferentes dias.

Controle	Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	5,33 \pm 0,10	7,24 \pm 4,76	1,94 \pm 0,34	3,15 \pm 0,19
15 dias	6,02 \pm 0,20	5,14 \pm 0,05	1,86 \pm 0,03	5,18 \pm 0,22
30 dias	6,90 \pm 0,39	5,66 \pm 0,40	2,02 \pm 0,21	6,85 \pm 0,55
45 dias	7,39 \pm 0,58	6,09 \pm 0,51	2,49 \pm 0,05	7,85 \pm 0,74
60 dias	8,79 \pm 0,53	7,34 \pm 0,19	2,40 \pm 0,11	9,69 \pm 1,35

Tabela 22: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 5% da macrófita *Pistia stratiotes* nos diferentes dias.

5% <i>Pistia stratiotes</i>	Tamanho total (cm)	Tamanho Padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	5,25 \pm 0,25	4,45 \pm 0,21	1,71 \pm 0,05	3,09 \pm 0,34
15 dias	5,71 \pm 0,20	4,83 \pm 0,21	1,81 \pm 0,08	4,32 \pm 0,53
30 dias	6,27 \pm 0,27	5,27 \pm 0,15	2,10 \pm 0,09	5,15 \pm 0,32
45 dias	6,95 \pm 0,09	5,68 \pm 0,16	2,34 \pm 0,14	6,02 \pm 0,13
60 dias	8,15 \pm 0,18	6,86 \pm 0,14	2,23 \pm 0,04	7,82 \pm 0,21

Tabela 23: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 10% da macrófita *Pistia stratiotes* nos diferentes dias.

10% <i>Pistia stratiotes</i>	Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	5,41 \pm 0,27	4,57 \pm 0,19	1,81 \pm 0,06	3,56 \pm 2,62
15 dias	6,05 \pm 0,55	5,13 \pm 0,47	1,93 \pm 0,24	4,68 \pm 0,89
30 dias	6,74 \pm 0,60	5,56 \pm 0,39	2,22 \pm 0,23	5,89 \pm 1,17
45 dias	12,07 \pm 8,30	5,88 \pm 0,57	2,33 \pm 0,25	6,79 \pm 1,56
60 dias	8,68 \pm 0,80	7,19 \pm 0,88	2,62 \pm 0,44	8,92 \pm 1,38

Tabela 24 – Número repetido: Valores médios de tamanho padrão e total \pm desvio padrão (cm), peso corporal (g) e largura dos *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo) alimentados com ração com inclusão de 15% da macrófita *Pistia stratiotes* nos diferentes dias.

15% <i>Pistia stratiotes</i>	Tamanho total (cm)	Tamanho padrão (cm)	Largura (cm)	Peso (g)
Início	5,65 \pm 0,34	4,70 \pm 0,22	1,68 \pm 0,13	3,49 \pm 0,54
15 dias	6,21 \pm 0,48	7,87 \pm 5,21	2,05 \pm 0,23	4,87 \pm 0,82
30 dias	6,63 \pm 0,41	5,41 \pm 0,23	2,14 \pm 0,11	5,53 \pm 0,64
45 dias	6,98 \pm 0,30	5,72 \pm 0,21	2,24 \pm 0,08	6,44 \pm 0,70
60 dias	8,01 \pm 0,82	6,86 \pm 0,26	2,39 \pm 0,04	9 \pm 0,35

ANEXO - 2

Tabela 25: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos de controle, que continham suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Longevidade
1	400	580	740	800	800	820	860	18
2	380	580	700	720	740	760	780	15
3	360	560	740	740	760	800	820	15
4	400	540	700	700	800	800	820	14
5	380	500	580	660	760	780	800	19
6	380	520	700	720	780	800	840	20
7	360	500	680	700	720	760	780	26
8	360	560	680	700	760	780	820	20
9	380	560	680	720	780	800	820	22
10	380	480	600	740	800	820	840	24
Média	378 \pm 14,75	538 \pm 35,81	680 \pm 52,49	720 \pm 36,51	770 \pm 27,80	792 \pm 21,49	818 \pm 25,76	19,3 \pm 3,97

Tabela 25: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/3 da macrófita *Hydrilla verticillata* e 2/3 da suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Longevidade
1	380	580	780	780	880	880	900	22
2	360	480	560	-	540	640	700	9
3	380	500	760	780	860	880	900	11
4	380	560	780	780	820	860	920	26
5	380	460	740	-	-	--	-	4
6	360	580	780	780	800	840	900	22

7	360	480	700	720	700	800	880	22
8	380	500	600	-	880	880	880	18
9	360	520	740	740	800	840	900	14
10	360	500	760	715,5556	880	880	900	20
Média	370± 10,54	516± 42,99	720± 78,31	756,50± 30,24	795,56± 112,15	833,33± 77,45	875,6± 66,91	16,8± 7,02

Tabela 26: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/3 da macrófita *Pistia stratiotes* e 2/3 da suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Longevidade
1	380	580	760	760	800	860	900	14
2	380	560	580	520	700	760	800	15
3	380	540	720	760	800	840	880	22
4	360	480	720	740	820	860	900	15
5	360	480	560		0	-	-	4
6	380	500	700	700	800	840	900	25
7	360	460	600	780	860	880	900	20
8	360	500	600	700	820	840	900	15
9	380	520	760	660	840	880	920	24
10	360	480	520	500	700	800	880	15
Média	370± 10,54	510± 39,15	652± 89,04	680± 103,44	714± 256,48	840± 38,72	886,66± 34,64	16,9± 6,15

Tabela 27: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 2/3 da macrófita *Hydrilla verticillata* e 1/3 da suspensão algal.

indivíduos:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Longevidade
1	380	560	780	740	880	880	900	20
2	400	480	580	760	860	880	900	8
3	380	540	760	720	800	840	880	23
4	360	500	800	740	880	860	920	24
5	340	520	720	760	820	840	860	31
6	360	560	740	720	860	880	900	22
7	360	480	760	700	880	920	940	25
8	360	540	720	780	860	880	920	26
9	380	500	760	740	840	880	900	28
10	380	520	760	760	900	900	940	22
Média	370 \pm 16,99	520 \pm 29,81	738 \pm 60,69	742 \pm 23,94	858 \pm 30,47	876 \pm 24,58	906 \pm 25,03	22,9 \pm 6,13

Tabela 28: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 2/3 da macrófita *Pistia stratiotes* e 1/3 da suspensão algal.

indivíduos:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Longevidade
1	380	560	720	720	800	840	900	17
2	380	520	720	700	760	800	880	15
3	360	500	700	720	780	820	880	8
4	360	480	580	680	800	820	880	15
5	360	540	700	700	760	800	860	26

6	380	480	580	720	780	800	820	30
7	360	500	-	-	-	-	-	3
8	380	480	700	700	800	820	840	11
9	360	540	720	700	760	800	820	14
10	380	520	760	680	700	780	860	19
Média	370± 10,54	512± 28,59	686,66± 63,24	702,22± 15,63	771,11± 31,79	808,88± 17,63	860± 28,28	15,8± 7,95

Tabela 29: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Ceriodaphnia silvestrii* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/2 da macrófita *Pistia stratiotes* e 1/2 da macrófita *Hydrilla verticillata* suspensão algal.

indivíduos:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	
1	340	540	700	700	760	780	800	13
2	360	480	560	680	760	800	900	15
3	360	480	600	700	760	820	860	33
4	360	440	540	680	740	840	900	8
5	400	440	540	660	780	800	840	32
6	380	500	520	700	760	820	860	23
7	360	480	560	720	760	780	800	15
8	340	440	520	680	760	780	800	15
9	360	500	560	640	740	820	840	31
10	360	480	560	660	720	780	820	15
Média	362± 17,51	478± 31,90	566± 52,53	682± 23,94	754± 16,46	802± 22,01	842± 38,23	20± 9,04

Tabela 30: Total de neonatas obtidas com a espécie de *Ceriodaphnia silvestrii* com os diferentes tratamentos utilizados.

Dias experimentais	Total de Neonatas controle	Total de Neonatas 1/3 <i>H. verticillata</i>	Total de Neonatas 1/3 <i>P. stratiotes</i>	Total de Neonatas 2/3 <i>H. verticillata</i>	Total de Neonatas 2/3 <i>P. stratiotes</i>	Total de neonatas 1/2 <i>P. stratiotes</i> e 1/2 <i>H. verticillata</i>
5	48	32	27	41	22	25
6	63	68	81	103	39	49
7	0	0	0	0	0	0
8	71	76	67	83	31	26
9	83	88	91	71	43	51
10	0	0	0	0	0	0
11	108	90	94	131	46	56
12	0	0	0	0	0	0
13	210	178	176	169	106	77
14	10	12	67	70	47	29
15	49	53	23	79	24	0
16	76	67	49	112	29	17
17	0	0	0	0	0	0
18	43	62	40	84	9	33
19	35	66	99	156	18	30
20	0	0	20	0	0	0
21	27	0	40	137	33	34
22	0	0	0	0	0	0
23	14	23	0	74	19	93
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	12	16		34	18	37

27	0	0		7	6	15
28	0	0		0	0	17
29	0	0		0	0	8
27	849	831	874	1351	490	597

Tabela 31: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/3 da *Hydrilla verticillata* e 2/3 da suspensão algal..

Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Longevidade
1	700	1040	1260	1600	1920	2125	2125	2500	2490	2700	41
2	680	1060	1300	1440	1660	1700	2075	2050	2460	2490	41
3	680	980	1220	1460	1900	2100	2025	2300	2160	2580	46
4	780	1020	1260	1600	2000	2125	2225	2490	2520	2760	48
5	740	1040	1300	1580	1920	2150	2275	2500	2490	2700	47
6	720	1060	1240	1600	1660	2075	2125	2300	2460	-	10
7	740	1060	1220	1580	1900	2375	2425	2300	2160	2580	47
8	780	980	1300	1440	2000	2125	2125	2490	2520	2760	48
9	740	1020	1260	1600	1900	1700	2075	2050	246	2490	50
10	680-	1000	1220	1520	1920	2100	2125	2490	246	2580	33
Média	720, 36,5	1026, 41,6	1257,1 33,5	1551,4± 70,1	1870,0± 146,5	2092, 199,9	2087,5 ±47,9	2335,0 ±211,1	2407 166,	2632,5± 120,9	41,1± 12,0

Tabela 32: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/3 da *Hydrilla verticillata* e 2/3 da suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia7	Dia 8	Dia 9	Dia10	Longevidade
1	760	1100	1300	1700	1980	2125	2460	2490	2550	2400	32
2	720	1000	1460	1600	1860	2075	2500	2430	2490	2550	47
3	820	1000	1580	1520	1720	2125	2500	2520	2550	2670	37
4	740	1200	1300	1700	1980	2200	2500	2400	2700	2700	36
5	740	1000	1320	1660	1860	2200	2520	2490	2550	2550	46
6	780	980	1660	1700	1720	2125	2480	2430	2490	2670	47
7	740	1000	1280	1600	1860	2075	2580	2520	2550	2700	38
8	740	1100	1300	1520	1860	2200	2460	2400	2700	2550	22
9	760	1000	1460	1700	1800	2125	2460	2430	2490	2400	40
10	720	1000	1580	1660	1900	2000	2500	2520	2550	2550	36
Média	755,0 $\pm 31,6$	1033 $\pm 37,7$	1414,3 \pm 154,4	1636,0 $\pm 76,7$	1853,3 $\pm 130,$	2145,0 $\pm 54,2$	2505,0 $\pm 10,0$	2460 $\pm 54,8$	2572,5 $\pm 89,6$	2580,0 $\pm 136,4$	38,1 \pm 7,7

Tabela 33: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 33,33% da *Pistia stratiotes* e 66,66% da suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Longevidade
1	840	1020	1240	1540	1800	1950	1750	1950	2010	2100	
2	720	960	1200	1460	1750	1900	1875	1920	2010	2070	11
3	740	940	1140	1480	1820	1950	2000	1920	2070	2070	18
4	760	1020	1140	1360	1800	1625	1950	1860	1870	1950	19
5	820	960	1200	1300	1750	1950	1750	1950	2010	-	10
6	780	940	1240	1500	1820	1900	1875	1920	1850	1950	15
7	780	940	1340	1540	1820	1875	2000	1920	2070	2000	17
8	680	1020	1240	1460	1800	1725	1950	1860	-	-	9
9	760	1020	1200	1500	1750	1650	1750	1860	-	-	9

10	820	960	1120	1540	1820	1675	1875	1950	1870	1950	12
Média	765,0± 52,1	973,3± 41,6	1216,7± 75,3	1390,0± 200,3	1790,0± 36,1	1860,0 135,3	1893,8 108,7	1912,5 37,7	1980,0± 103,9	2040± 79,4	13,3± 4,0

Tabela 34: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 2/3 da *Hydrilla verticillata* e 1/3 da suspensão algal.

Indiví- duos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia7	Dia 8	Dia 9	Dia10	Longe- vidade
1	740	1040	1340	1700	1920	2175	2125	2400	2310	2460	50
2	760	1020	1360	1600	1870	2100	2100	2190	2250	2340	42
3	700	980	1280	1500	1780	2050	2000	2130	2130	2370	20
4	780	1040	1340	1620	1820	2150	2125	2370	2250	-	36
5	760	1020	1400	1700	1860	2175	2225	2400	2250	2460	37
6	860	980	1300	1500	1900	2075	2125	2190	2130	2340	42
7	740	1040	1340	1700	1860	-	2100	2130	2250	2370	42
8	780	1020	1400	1500	1900	2150	2000	2370	2250	2360	42
9	720	960	1300	1620	1860	2175	2125		2130	2340	25
10	740	920	1280		1900	2075			2250	2370	28
Média	765,0 ±46,3	1013,3± 30,6	1337,1 ±39,0	1624,0± 82,9	1856,7± 70,9	2120,8 ±53,4	2087,5± 59,5	2272,5± 132,8	2235,0± 75,5	2390,0± 62,4	36,4± 9,3

Tabela 35: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 2/3 da *Pistia stratiotes* e 1/3 da suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia7	Dia 8	Dia 9	Dia10	Longevidade
1	740	1000	1160	1300	1500	1850	1900	1950	1950	1960	13
2	720	980	1160	1320	1480	1750	1700	1800	1800	1820	12
3	760	1020	1120	1200	1420	-	-				6
4	760	1000	1120	1320	1500	1850	-	-	-	-	7
5	780	980	1100	1200	1480	1750		-	-	-	8
6	720	1020	940	1160	1420	1375	1625		-	-	9
7	740	1000	1000	1320	1420	1675	1875	1740	1890	-	10
8	840	1040	1160	1200	1500	1750	1800	1840	-	-	9
9	740	1000	1160	1200	1520	1375	1625			-	10
10	840	1000	1120	1160	1540	1375	1800			1900	13
Média	757,5± 39,2	1000,0± 20,0	1076,0 100,4	1245,0± 77,2	1466,7± 41,6	1662,5± 204,6	1725,0 120,8	1830,0± 108,2	1880, 75,5	1893, 70,2	9,7± 2,4

Tabela 36: Valores do tamanho corporal dos indivíduos (μm) de *Daphnia similis* e as médias obtidas pelos tratamentos que continham 1/2 da macrófita *Pistia stratiotes* e 1/2 da macrófita *Hydrilla verticillata* suspensão algal.

Indivíduos	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia7	Dia 8	Dia 9	Dia10	Longevidade
1	760	1040	1100	1440	1550	1700	1750		-	-	8
2	760	980	1200	1420	1760	1925	1875		1650	1680	11
3	740	1000	1200	1500				1740	-	-	8
4	720	1040	1180	1300	1480	1625	1700	1500	1800	1680	15
5	780	980	1100	1360	1550	1500		1860	1950	1650	17
6	800	1000	1200	1440	1760	1700	1750	1740			17
7	760	1040	1200	1420		1925	1875	1500	-	-	8
8	840	980	1180	1500	1480			1860		-	9
9		1000		1300		1625	1700		-	-	9

10				1360		1500				1800	16
Média	770,0± 37,0	10067± 30,6	1170,0± 47,6	1404, 76,7	1596,7± 145,7	1640, 187,6	1775, 90,1	1700,0± 183,3	1800,0± 212,1	1710,0± 79,4	11,8± 4,0

Tabela 37: Total de neonatas obtidas com a espécie de *Ceriodaphnia silvestrii* com os diferentes tratamentos utilizados.

Dias experimentais	Total de Neonatas controle	Total de Neonatas 1/3 H. <i>verticillata</i>	Total de Neonatas 1/3 P. <i>stratiotes</i>	Total de Neonatas 2/3 H. <i>verticillata</i>	Total de Neonatas 1/3 P. <i>stratiotes</i>	Total de neonatas 1/2 P. <i>stratiotes</i> e 1/2 H. <i>verticillata</i>
5	59	0	1	70	0	5
6	28	108	0	0	0	0
7	142	100	0	128	0	0
8	53	25	0	22	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	253	275	0	135	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	11	0	0	0	0	0
13	11	0	0	0	0	0
14	311	375	0	124	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	419	497	409	333	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	333	356	219	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0

22	78	190	0	0	0	0
23	12	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	430	343	303	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0
28	417	353	194	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	262	347	206	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	239	236	137	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0
36	113	70	43	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0
38	152	27	95	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	8
total	3323	2371	639	284	0	13