



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

Adriana Nabil Abdel Fattah Ibrahim

Influência de diferentes substratos sobre a composição, a densidade e as interações tróficas do zooplâncton em lagoas de policultivo de camarão-de-água-doce *Macrobrachium amazonicum* e tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*

São José do Rio Preto – SP
2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

Adriana Nabil Abdel Fattah Ibrahim

Influência de diferentes substratos sobre a composição, a densidade e as interações tróficas do zooplâncton em lagoas de policultivo de camarão-de-água-doce *Macrobrachium amazonicum* e tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus*

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Stela Maioli Castilho Noll

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, para obtenção do título de Doutora em Biologia Animal, na Área de Ecologia e Comportamento Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal.

São José do Rio Preto – SP
2016

Ibrahim, Adriana Nabil Abdel Fattah.

Influência de diferentes substratos sobre a composição, a densidade e as interações tróficas do zooplâncton em lagoas de policultivo de camarão-de-água-doce *Macrobrachium amazonicum* e tilápia-do-nilo *Oreochromis niloticus* / Adriana Nabil Abdel Fattah Ibrahim. -- São José do Rio Preto, 2016
158 f. : il., tabs.

Orientador: Maria Stela Maioli Castilho Noll

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ecologia de água doce. 2. Tilápia (Peixe) - Criação. 3. Camarão de água doce - Criação. 4. Biomassa. 5. Zooplâncton - Densidade. 6. Físico-química. I. Castilho-Noll, Maria Stela Maioli. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 577.472(28)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de São José do Rio Preto

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

Adriana Nabil Abdel Fattah Ibrahim

Influência de diferentes substratos sobre a composição, a densidade e as interações tróficas do zooplâncton em lagoas de policultivo de camarão-de água-doce *Macrobrachium amazonicum* e tilápia-do nilo *Oreochromis niloticus*

Comissão Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Maria Stela Maioli Castilho Noll
UNESP – São José do Rio Preto – SP
Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Marlene Sofia Arcifa
USP – Ribeirão Preto – SP

Prof^ª. Dr^ª. Paulina Maria Maia Barbosa
UFMG – Belo Horizonte – MG

Prof^ª. Dr^ª. Lucia Helena Sipaubá Tavares
UNESP – Jaboticabal – SP

Prof. Dr. José Luiz de Attayde
UFRN – Natal – RN

São José do Rio Preto – SP
04 de março de 2016

Agradecimentos

Aos meus pais, Edna e Nabil, por me ensinarem a amar minha família e a construírem meu caráter, espelhado no de vocês.

Ao meu esposo, namorado, amigo, conselheiro, companheiro Eduardo (Du), por todo o apoio, incentivo, encorajamento, direcionamento e cuidado que tem comigo há 16 anos. AVF sempre!

Aos meus irmãos, Fernanda e Ibrahím, por sempre estarem presentes em minha vida, mesmo com a distância.

À minha segunda família, Sr. Antonio, Dona Gení, Ana Carla e Gil, por todo incentivo e torcida.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Maria Stela Castilho Noll, por acreditar em minha capacidade científica e confiar a mim esse experimento. Obrigada pelos ensinamentos e construção de minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Wagner Valenti, por ter nos convidado a participar de seu Projeto Temático, permitindo, assim, aumentar o conhecimento acerca da comunidade zooplancônica em viveiros de aquicultura.

Aos amigos da Carcinicultura do CAUNESP - Jaboticabal, pelo esforço durante o experimento. Agradeço imensamente a ajuda e o convívio durante essa fase.

Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Zooplâncton do IBILCE - São José do Rio Preto, pela amizade, auxílios e conversas.

À Dr^a Janaína Rigonato, pelas análises da comunidade fitoplanctônica.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, pela oportunidade e presteza.

Ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), pela estrutura.

À CAPES, pelo suporte.

*O amor por todas as coisas vivas
é o mais nobre atributo do ser humano.
(Charles Darwin)*

RESUMO

A diversidade e a densidade do zooplâncton variam dependendo de fatores como alterações na comunidade autótrofa, na composição físico-química, na trofia da água e na comunidade de seus predadores, como a onívora filtradora *Oreochromis niloticus*. A comunidade zooplanctônica responde a essas alterações, modificando a quantidade, a composição e a diversidade de seus componentes. Mudanças bióticas e abióticas ocorridas em viveiros de aquicultura também afetam a estrutura da comunidade zooplanctônica. Diante da necessidade de se conhecer melhor a dinâmica da comunidade zooplanctônica de viveiros de policultivo submetidos a diferentes tipos de substratos para a colonização de perifíton, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos. No Capítulo I, sob a hipótese de influência dos diferentes tipos de substratos e extensão do cultivo sobre a comunidade zooplanctônica, foram avaliadas as características intrínsecas da comunidade zooplanctônica, como identificação das espécies, seus respectivos tamanhos corpóreos, densidade e biomassa. Para isso, em um experimento de policultivo de camarão e peixe, com diferentes tipos de substratos, foram avaliadas as variáveis físico-químicas da água, identificados os taxa zooplanctônicos, determinadas sua constância, similaridade, diversidade, estrutura de tamanho, densidade e biomassa. Os resultados apontaram que os tipos de substratos não apresentaram padrão de influência nas variáveis bióticas e abióticas. Entretanto, a extensão de período de cultivo se mostrou determinante às variáveis físico-químicas, assim como à comunidade zooplanctônica. No decorrer do período, a diversidade zooplanctônica diminuiu e sua densidade e biomassa aumentaram. Porém, mesmo em alta densidade, os rotíferos apresentaram insignificante biomassa zooplanctônica. O aumento da biomassa foi creditado ao macrozooplâncton, composto principalmente por copépodos adultos. Portanto, a comunidade zooplanctônica é pouco influenciada pelos tipos de substratos utilizados. Já as variáveis indicadoras de trofia da água possuem elevada influência nessa comunidade, alterando sua diversidade, densidade e biomassa. No Capítulo II, sob a hipótese de que, através dos diferentes estágios ontogenéticos, a tilápia-do-nilo *O. niloticus* pode impactar a comunidade zooplanctônica diferentemente, uma vez que ela muda a maneira de capturar sua presa, foi avaliada a influência da predação da tilápia-do-nilo sobre a comunidade zooplanctônica, em seus estágios pós-larvais. Para obter as respostas, nos mesmos viveiros de policultivo do experimento realizado no Capítulo I, foi removido um peixe por viveiro em cada mês. O conteúdo estomacal e as brânquias dos peixes foram analisados em um microscópio óptico e uma lupa estereoscópica com uma ocular micrométrica acoplada para medir o zooplâncton ingerido e os rastros branquiais da tilápia. Foram encontradas correlações negativas entre o tamanho dos rastros branquiais e o tamanho do zooplâncton ingerido, mostrando que o tamanho da presa ingerida diminui ao longo da vida desses ciclídeos. Juvenis de tilápia-do-nilo se alimentam do zooplâncton por filtração e captura visual. Contudo, quando adultos, a alimentação por filtração apresenta um papel mais importante na maneira como a comunidade zooplanctônica é afetada. O aumento de tamanho dos rastros branquiais da tilápia-do-nilo não determina o consumo de presas zooplanctônicas maiores e a presença do muco nestas estruturas desempenha um importante papel para a captura do zooplâncton durante o estágio adulto desse ciclídeo. Portanto, a dinâmica da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo, independentemente do tipo de substrato utilizado, é afetada pelas condições físico-químicas da água e a predação exercida sobre essa comunidade afeta diferentes grupos, dependendo do estágio ontogenético de *O. niloticus*.

Palavras-chave: aquicultura, biomassa, densidade, diversidade, filtração, microcrustáceos, predação, rotíferos.

ABSTRACT

The diversity and the density of the zooplankton vary depending on factors such as alteration in the autotrophic communities, in the physicochemical composition, in water trophic and in the predators communities, like the omnivore filter feeding *Oreochromis niloticus*. The zooplankton community responds to this alteration, modifying the quantity, the composition and the diversity of its components. Biotic and abiotic changes occurred in aquaculture ponds also affect the structure of the zooplankton community. Faced with the need to better understand the dynamics of the zooplankton community polyculture ponds submitted to different types of substrates for periphyton colonization, this study was divided into two chapters. In Chapter I, according to the hypothesis of the influence of different types of substrates and extension of cultivation on the zooplankton community were evaluated the intrinsic characteristics of the zooplankton community, such as species identification, their bodily size, density and biomass. For this, in an experiment of shrimp and fish polyculture, with different type of substrate, the physicochemical variables of water were evaluated, the zooplankton taxa was identified determining its constancy, similarity, diversity, size structure, density and biomass. Results show that the treatment didn't present pattern of influence over biotic and abiotic variables. However, the extension of the cultivation period proved crucial to the physicochemical variables as to the zooplankton community. Over the period, the zooplankton diversity decreased and its density and biomass increased. On the other side, even in high density, the rotifers present insignificant zooplankton biomass. The biomass increase was due to macrozooplankton, mainly composed of adult copepods. Therefore, the zooplankton community is little influenced by the types of substrates used. As to the variables indicating water trophic, they have high influence on this community altering its diversity, density and biomass. In Chapter II, according to the hypothesis that through the different ontogenetic stages, Nile tilapia *O. niloticus* can impact the zooplankton community differently, since it changes the way to capture their prey, it evaluated the influence of predation of Nile tilapia on the zooplankton community in its post-larval stages. For the answers, the same polyculture ponds of the experiment carried out in Chapter I, was removed one fish per pond every month. Stomach contents and gills of fish were analyzed with an optical microscope and stereomicroscope with a micrometric ocular in order to measure the zooplankton and the gill rakers. Negative correlations were found between raker size and size of ingested zooplankton, showing that the size of ingested prey decreases throughout this cichlid's life. Juvenile Nile tilapias filter feed and visually prey on zooplankton. However, when adults, filter-feeding plays a more important role in the way the zooplankton community is affected. The increase in the size of the Nile tilapia's gill raker does not determine the consumption of larger zooplankton prey, and the presence of mucus in these structures plays a major role for the capture of zooplankton during the cichlid's adult stage. Therefore, the dynamics of the zooplankton community in polyculture ponds, independently of substrate type used, is affected by the physical and chemical conditions of the water and the predation exerted on this community affects different groups depending on the ontogenetic stage of *O. niloticus*.

Keywords: aquiculture, biomass, density, diversity, filtration, microcrustaceans, predation, rotifers.

Lista de Ilustrações – Capítulo I

- Figura 1.** Viveiros externos de fundo natural do setor de Carcinicultura do CAUNESP, utilizados para o experimento sobre a comunidade zooplancônica em viveiros de policultivo.....28
- Figura 2.** Substratos inseridos nos viveiros de policultivo. A) Lado esquerdo da foto: substrato de manta geotêxtil. Lado direito da foto: substrato de bambu (*Bambusa tulboides*). B) Viveiro com substrato de manta. C) Viveiro com substrato de bambu. Fotos: Bruno Cardoso Andrión.....29
- Figura 3.** Coletas da comunidade zooplancônica em viveiros de policultivo.33
- Figura 4.** Médias da concentração de clorofila na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....41
- Figura 5.** Médias da concentração de nitrogênio total na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....42
- Figura 6.** Médias da concentração de fósforo total na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....43
- Figura 7.** Médias da concentração de sólidos totais em suspensão na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....44
- Figura 8.** Médias da transparência da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....45
- Figura 9.** Médias do pH da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem

estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).46

Figura 10. Médias da concentração de oxigênio dissolvido na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).47

Figura 11. Médias da condutividade da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).48

Figura 12. Médias da temperatura da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).49

Figura 13. Médias da concentração de amônia na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).50

Figura 14. Médias da concentração de nitrito na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).51

Figura 15. Médias da concentração de nitrato na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).52

Figura 16. Médias das variáveis físico-químicas no decorrer do experimento. A) Clorofila; B) Nitrogênio total; C) Fósforo total; D) Sólidos totais em suspensão; E) Transparência; F) pH; G) Oxigênio dissolvido; H) Condutividade; I) Temperatura; J) Amônia; L) Nitrito; M) Nitrato. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).55

- Figura 17.** Dendrograma de UPGMA do coeficiente de similaridade de Jaccard para a composição de espécies de 27 coletas realizadas em viveiros de policultivo, analisadas para 27 grupos zooplancônicos (R Global = 0,321; $p = 0,002$). TrMan – Tratamento Manta; TrBam – Tratamento Bambu; TrCon – Tratamento Controle. Números seguidos dos tratamentos representam as coletas: (1) - 12 de dezembro de 2011; (2) - 27 de dezembro de 2011; (3) - 11 de janeiro de 2012; (4) - 26 de janeiro de 2012; (5) - 10 de fevereiro de 2012; (6) - 28 de fevereiro de 2012; (7) - 14 de março de 2012; (8) - 29 de março de 2012; (9) - 12 de abril de 2012.62
- Figura 18.** Índice de Diversidade de Simpson para comunidade zooplancônica de viveiros de policultivo no decorrer do tempo. Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis ($H = 18,95$; $p = 0,01$).64
- Figura 19.** Índice de Diversidade de Simpson para comunidade zooplancônica de viveiros de policultivo submetidos a três tratamentos (manta, bambu e sem substrato). Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis ($H = 2,54$; $p = 0,03$). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).66
- Figura 20.** Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros com substrato de manta, no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Brachionus calyciflorus*; C) *Filinia opoliensis*; D) *Filinia terminalis*; E) *Lecane bulla*; F) *Lecane elsa*; G) *Trichocerca* sp.; H) Cladocera; I) *Diaphanosoma spinulosum*; J) *Moina minuta*; L) Copepoda; M) Copepodito; N) Náuplio; O) *Notodiptomus iheringi*; P) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).70
- Figura 21.** Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros com substrato de bambu, no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus calyciflorus*; D) *Brachionus havanaensis*; E) *Filinia opoliensis*; F) *Keratella cochlearis*; G) *Lecane elsa*; H) *Trichocerca* sp.; I) Cladocera; J) *Moina minuta*; L) Copepoda; M) *Argyrodiaptomus furcatus*; N) Copepodito; O) Náuplio; P) *Notodiptomus iheringi*; Q) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).71
- Figura 22.** Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros sem substrato (controle), no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus havanaensis*; D) *Filinia terminalis*; E) *Keratella americana*; F) *Keratella tropica*; G) *Lecane elsa*; H) *Trichocerca* sp.; I) Cladocera; J) *Diaphanosoma spinulosum*; L) *Moina minuta*; M) Copepoda; N) *Argyrodiaptomus furcatus*; O) Copepodito; P) Náuplio; Q) *Notodiptomus iheringi*; R) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).73
- Figura 23.** Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros de policultivo, no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus calyciflorus*; D) *Brachionus havanaensis*; E) *Filinia opoliensis*; F) *Filinia terminalis*; G) *Keratella americana*; H) *Keratella cochlearis*; I) *Keratella tropica*; J) *Lecane bulla*; L) *Lecane elsa*; M) *Trichocerca* sp.; N) Cladocera; O)

Diaphanosoma spinulosum; P) *Moina minuta*; Q) Copepoda; R) *Argyrodaptomus furcatus*; S) Náuplio; T) *Notodaptomus iheringi*; U) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada taxa não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%). 76

Figura 24. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplanctônicos nos viveiros com substrato de manta, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) Rotifera; D) *Brachionus falcatus*; E) *Brachionus havanaensis*; F) *Keratella tropica*; G) *Lecane bulla*; H) *Lecane elsa*; I) *Polyarthra* sp.; J) *Notodaptomus iheringi*; L) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%). 82

Figura 25. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplanctônicos nos viveiros com substrato de bambu, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Rotifera; C) Bdelloidea; D) *Brachionus falcatus*; E) *Filinia longiseta*; F) *Keratella americana*; G) *Moina minuta*; H) *Argyrodaptomus furcatus*; I) Copepodito; J) Náuplio. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%). 83

Figura 26. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplanctônicos nos viveiros sem substrato, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) *Brachionus havanaensis*; D) *Keratella americana*; E) *Keratella cochlearis*; F) *Moina minuta*; G) Copepoda. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%). 84

Figura 27. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplanctônicos nos viveiros de policultivo, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) Rotifera; D) *Asplanchna* sp.; E) Bdelloidea; F) *Brachionus falcatus*; G) *Brachionus havanaensis*; H) *Keratella americana*; I) *Keratella tropica*; J) *Lecane bulla*; L) *Lecane elsa*; M) *Polyarthra* sp.; N) *Trichocerca* sp.; O) *Moina minuta*; P) Copepoda; Q) *Argyrodaptomus furcatus*; R) Copepodito; S) Náuplio; T) *Notodaptomus iheringi*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%). 88

Figura 28. Representatividade de cada grande grupo (Rotifera, Cladocera e Copepoda) na densidade zooplanctônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento. 88

Figura 29. Representatividade de cada classe de tamanho (Microzooplâncton, Mesozooplâncton e Macrozooplâncton) na densidade zooplanctônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento. 89

Figura 30. Dendograma de UPGMA do coeficiente de similaridade de Bray Curtis de 27 coletas realizadas em viveiros de policultivo, analisadas para 27 grupos zooplanctônicos (R Global = 0,592; $p = 0,001$). TrMan – Tratamento Manta; TrBam – Tratamento Bambu; TrCon – Tratamento Controle. Números seguidos dos tratamentos representam as coletas: (1) - 12 de dezembro de 2011; (2) - 27 de dezembro de 2011; (3) - 11 de janeiro de 2012; (4) - 26 de janeiro de 2012; (5) -

10 de fevereiro de 2012; (6) - 28 de fevereiro de 2012; (7) - 14 de março de 2012; (8) - 29 de março de 2012; (9) - 12 de abril de 2012.....90

Figura 31. Densidade média (ind/m³) da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo. Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis (5%) $p = 0,04$90

Figura 32. Médias das biomassas (µg de peso seco/m³) dos taxa zooplanctônicos nos viveiros de policultivo, no decorrer do experimento. A) Biomassa total; B) Microzooplâncton; C) Macrozooplâncton; D) Rotífera.; E) *Brachionus falcatus*; F) *Brachionus havanaensis*; G) *Lecane elsa*; H) *Polyarthra* sp.; I) *Moina minuta*; J) Copepoda; L) Náuplio; M) *Notodiaptomus iheringi*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).94

Figura 33. Representatividade de cada grande grupo (Rotífera, Cladocera e Copepoda) na biomassa zooplanctônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento.95

Figura 34. Representatividade de cada classe de tamanho (Microzooplâncton, Mesozooplâncton e Macrozooplâncton) na biomassa zooplanctônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento.95

Lista de Ilustrações – Capítulo II

Figure 1. Zooplankton composition in the stomach contents from *Oreochromis niloticus* each month.150

Figure 2. Negative correlation between zooplankton's body size found in stomach contents and space between Nile tilapia's gill rakers. Significant Pearson's correlation (Length $R = -0.92$ and $p = 0.07$; Width $R = -0.96$ and $p = 0.04$).150

Figure 3. Negative correlation between zooplankton's body size found in stomach contents and length of Nile tilapia's gill rakers. Significant Pearson's correlation (Length $R = -0.91$ and $p = 0.09$; Width $R = -0.92$ and $p = 0.08$).151

Lista de Tabelas – Capítulo I

Tabela 1. Variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo e seus respectivos métodos e metodologias de análise.....	31
Tabela 2. Divisão das classes de tamanho da comunidade zooplancônica de viveiros de policultivo.....	36
Tabela 3. Fórmulas para cálculo do biovolume de rotíferos (RUTTNER-KOLISKO, 1977).	37
Tabela 4. Regressões peso-comprimento utilizadas para análise da biomassa (peso seco) de cada taxa de microcrustáceo encontrada nos viveiros de policultivo.	38
Tabela 5. Valores de H e de <i>p</i> para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre amostras temporais ao longo do experimento dentro de cada tratamento. (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).	40
Tabela 6. Valores de H e de <i>p</i> para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre amostras temporais ao longo do experimento.	53
Tabela 7. Valores de H e de <i>p</i> para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre os tratamentos. (Kruskal-Wallis 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).	55
Tabela 8. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com a respectiva frequência de ocorrência (%) e índice de constância de Dajoz (■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%)).	56
Tabela 9. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo com substrato de manta durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz (■ espécie constante, ■ espécie acessória, ■ espécie acidental, - espécie ausente).....	58
Tabela 10. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo com substrato de bambu durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz (■ espécie constante, ■ espécie acessória, ■ espécie acidental, - espécie ausente).....	59
Tabela 11. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo sem substrato durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz (■ espécie constante, ■ espécie acessória, ■ espécie acidental, - espécie ausente).	61
Tabela 12. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz (■ espécie constante, ■ espécie acessória, ■ espécie acidental, - espécie ausente).....	63

Tabela 13. Grupos zooplanctônicos encontrados nos três tratamentos (Manta, Bambu e Controle) em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz (■ espécie constante, ■ espécie acessória, ■ espécie acidental, - espécie ausente). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....	65
Tabela 14. Valores de H e de p para a comparação das médias dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento, em cada tratamento. (Kruskal-Wallis, 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).	68
Tabela 15. Valores de H e de p para a comparação das médias dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.....	74
Tabela 16. Médias e valores de H e de p para a comparação dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplanctônico entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).....	77
Tabela 17. Contribuição de cada taxa na composição das classes de zooplâncton estabelecida nos viveiros submetidos aos tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).....	78
Tabela 18. Valores de H e de p para a comparação das médias das densidades de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento, entre os tratamentos. (Kruskal-Wallis, 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).....	80
Tabela 19. Valores de H e de p para a comparação das médias da densidade de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.....	85
Tabela 20. Classificação dos períodos de variação da densidade encontrados no decorrer do experimento.	90
Tabela 21. Médias e valores de H e de p para a comparação das densidades de cada taxa zooplanctônico entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).....	91
Tabela 22. Valores de H e de p para a comparação das médias da biomassa de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.....	92
Tabela 23. Médias e valores de H e de p para a comparação da biomassa de cada taxa zooplanctônico entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon). (Kruskal-Wallis, 5%).	96
Tabela 24. Correlação de Spearman (r) e valores de p entre a diversidade zooplanctônica (1- D) e a densidade dos táxons do tratamento com substrato de manta e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).....	102

Tabela 25. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a diversidade zooplanctônica e a densidade dos táxons do tratamento com substrato de bambu e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	103
Tabela 26. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a diversidade zooplanctônica e a densidade dos táxons do tratamento sem substrato (controle) e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	104
Tabela 27. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a diversidade zooplanctônica e a densidade dos táxons e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	107
Tabela 28. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a biomassa dos táxons do tratamento com substrato de manta e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	113
Tabela 29. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a biomassa dos táxons do tratamento com substrato de bambu e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	114
Tabela 30. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a biomassa dos táxons do tratamento sem substrato (controle) e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	115
Tabela 31. Correlação de Spearman (r) e valores de <i>p</i> entre a biomassa dos táxons e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).	118
Tabela 32. Lista de espécies fitoplanctônicas encontradas em viveiros de policultivo submetidos a diferentes tratamentos. TrMan (tratamento com substrato de manta), TrBam (tratamento com substrato de bambu), TrCon (tratamento sem substrato (controle)).	119

Lista de Tabelas – Capítulo II

Table 1. Zooplankton community and respective size variations found in the diet of post-larval stages (juvenile to adult) of <i>Oreochromis niloticus</i> throughout four months.	149
Table 2. Size variation from <i>Oreochromis niloticus</i> and their structures responsible for filtering zooplankton community throughout the study. Values are means ($\pm$ standard deviation).	150

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	17
Capítulo I: Composição, densidade e diversidade da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo com diferentes substratos	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVOS.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
Área de estudo e delineamento experimental	28
3.1 Variáveis Físico-químicas.....	30
3.2 Comunidade zooplanctônica.....	32
Coleta e fixação.....	32
3.2.1. Identificação, constância, similaridade e diversidade	33
3.2.2. Estrutura de tamanho	35
3.2.3. Densidade	36
3.2.4. Biomassa.....	36
3.3. Comunidade fitoplanctônica	38
Análise dos dados	39
4. RESULTADOS.....	40
4.1. Parâmetros Físico-Químicos.....	40
a) Variação temporal por tratamento	40
b) Variação temporal.....	53
c) Variação por tratamento.....	55
4.2. Comunidade zooplanctônica.....	56
4.2.1. Identificação, Constância, Similaridade e Diversidade	56
a) Variação temporal por tratamento	57
b) Variação temporal.....	62
c) Variação por tratamento.....	64
4.2.2. Estrutura de tamanho corpóreo.....	66
a) Variação temporal por tratamento	66
b) Variação temporal.....	74
c) Variação por tratamento.....	77

4.2.3. Densidade	79
a) Variação temporal por tratamento	79
b) Variação temporal	85
c) Variação por tratamento	91
4.2.4. Biomassa	92
a) Variação temporal	92
b) Variação por tratamento	96
4.2.5. Correlações	97
4.2.5.1. Variáveis Físico-químicas X Diversidade e Densidade	97
a) Correlação por tratamento	97
b) Correlação geral	105
4.2.5.2. Variáveis Físico-químicas X Biomassa	108
a) Correlação por tratamento	108
b) Correlação geral	116
4.3. Comunidade fitoplanctônica	119
5. DISCUSSÃO	122
5.1. Variáveis Físico-químicas	122
5.2. Comunidade zooplanctônica	124
6. CONCLUSÃO	132
REFERÊNCIAS	134

Capítulo II: Zooplankton capturing by Nile Tilapia, <i>Oreochromis niloticus</i> (Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development	143
RESUMO	143
ABSTRACT	144
1. INTRODUCTION	145
2. MATERIAL AND METHODS	147
3. RESULTS	148
4. DISCUSSION	151
LITERATURE CITED	154

INTRODUÇÃO GERAL

O estudo das comunidades que interagem com os organismos de produção em reservatórios é de extrema importância para se conhecer as condições em que esses estão sendo criados. Para se atingir a maior produção e sustentabilidade na aquicultura, os organismos cultivados devem estar em um ambiente onde todos os componentes estejam presentes e promovam a estabilidade do sistema, para melhor desenvolvimento e crescimento dos organismos cultivados. A comunidade planctônica é um ótimo indicador da qualidade da água. Além disso, sua composição e densidade podem indicar em quais condições os organismos cultivados estão se desenvolvendo. Para tal, o conhecimento sobre as produções primária e secundária das lagoas de cultivo é necessário para se estabelecer a dinâmica do ambiente.

As relações tróficas encontradas em sistemas de produção de organismos aquáticos podem auxiliar na diminuição do uso de dietas comerciais, as quais geram um alto custo, chegando a 60% do custo total para o produtor. A diminuição da oferta de dietas comerciais com a oferta de alimento natural pode ser um grande avanço para o aumento do lucro final do produtor. Sendo o plâncton considerado a base da cadeia alimentar do ecossistema aquático, servindo de alimento para muitos peixes e outros organismos aquáticos, seu estudo visa aproximar as condições de produção às condições ambientais naturais, para o melhor desenvolvimento dos organismos de produção.

Ademais, a água da aquicultura também chega aos lagos e rios naturais. O grande aporte de dieta comercial, de fezes dos animais cultivados, entre outros nutrientes alóctones e autóctones, podem promover a eutrofização da água dos viveiros que, posteriormente, serão lançadas nos riachos e córregos vizinhos à produção. Dependendo das condições dos efluentes gerados na aquicultura, os corpos d'água adjacentes às fazendas de produção podem ser afetados negativamente, alterando as estruturas das comunidades naturais desse ambiente e, assim, desequilibrando toda a cadeia trófica local. Portanto, é de extrema importância estudar e tentar minimizar os impactos que essa água pode causar no ambiente natural.

O presente estudo fez parte de um projeto mais amplo, com objetivos voltados para a aquicultura (Projeto Temático intitulado “Produção, viabilidade econômica e sustentabilidade do cultivo do camarão-da-amazônia e tilápia-do-nilo em sistema multiespacial e multitrófico”, coordenado pelo Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti, com auxílio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Processo nº 473199/2011-4), seguindo as normas do CONAMA (Resoluções Nº 357/2005, Nº 410/2009 e Nº 430/2011),

para lançamento de efluentes da aquicultura em corpos d'água. Esse projeto envolveu a participação e desenvolvimento de estudos de seis alunos de graduação, três discentes de mestrado e mais dois de doutorado, incluindo a presente tese.

Entre os estudos realizados nesse projeto, destacam-se aqueles realizados por Rodrigues (2013), sobre a produtividade do policultivo, por Proença (2013), acerca das condições abióticas da água dos viveiros e a sustentabilidade da produção, por David (2015), sobre as concentrações de carbono, nitrogênio e fósforo, e por Andrion (2014), que estudou a comunidade perifítica e seus efeitos sobre as variáveis físico-químicas da água dos viveiros. Outro estudo verificou a influência de macrófitas no tratamento dos efluentes gerados após o policultivo.

O presente trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo que o primeiro capítulo visou estudar a comunidade zooplancônica, naturalmente estabelecida em viveiros de policultivo (camarões e peixes), a fim de verificar a possível influência do uso de substratos e das variáveis físico-químicas no desenvolvimento dessa comunidade. O segundo capítulo, o qual foi publicado em dezembro de 2015 na revista *Zoologia*, teve como objetivo principal verificar de que modo a comunidade zooplancônica compõe a dieta da tilápia *Oreochromis niloticus* ao longo do desenvolvimento pós-larval e quais os possíveis mecanismos utilizados pelos peixes para a captura dessas presas.

Desse modo, levantando dados sobre a estrutura da comunidade zooplancônica e acerca das relações tróficas dos peixes com essa comunidade, foi possível verificar as respostas da comunidade zooplancônica às condições espaciais dos viveiros e às variações físico-químicas ocorridas no decorrer do policultivo, assim como determinar a dinâmica das interações tróficas entre os peixes e o zooplâncton. Finalmente, com a junção desses resultados, foi possível estabelecer possíveis condições ótimas para o policultivo de camarões e peixes, pensando no bem estar do animal cultivado e nas mitigações do impacto causado pela liberação do efluente da aquicultura em corpos d'água naturais.

Capítulo I: Composição, densidade e diversidade da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo com diferentes substratos

RESUMO

A diversidade e a densidade do zooplâncton variam dependendo de fatores como alterações na comunidade autótrofa, na composição físico-química e na trofia da água. A comunidade zooplanctônica responde a essas alterações, modificando a quantidade, a composição e a diversidade de seus componentes. Mudanças bióticas e abióticas ocorridas em viveiros de aquicultura também afetam a estrutura da comunidade zooplanctônica. Por isso, as hipóteses levantadas foram que a comunidade zooplanctônica é influenciada pelos diferentes tipos de substratos (manta, bambu ou sem substrato [controle]) de policultivo, e que as variáveis físico-químicas da água influenciam a estrutura dessa comunidade. Para obter respostas, o objetivo geral foi avaliar se as comunidades zooplanctônicas se diferenciam na estrutura dependendo do substrato dos viveiros e se as variáveis abióticas estão relacionadas com essa diferenciação. Para isso, em um experimento de policultivo de camarão e peixe, foram avaliadas as variáveis físico-químicas da água, identificados os taxa zooplanctônicos, determinadas sua constância, similaridade, diversidade, estrutura de tamanho, densidade e biomassa. As variáveis físico-químicas da água foram correlacionadas com os dados de diversidade, densidade e biomassa zooplanctônicos para verificar a influência da qualidade da água do cultivo sobre tal comunidade. Os resultados apontaram que os tratamentos não apresentaram padrão de influência nas variáveis bióticas e abióticas. Entretanto, a extensão de período de cultivo se mostrou determinante às variáveis físico-químicas, assim como à comunidade zooplanctônica. Com o passar dos meses, as variáveis clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade aumentaram, tornando o ambiente eutrófico. Os taxa zooplanctônicos dos viveiros apresentaram constância e similaridade altas. O tamanho de cada taxa não apresentou padrão de aumento ou diminuição na maioria dos casos. No decorrer do período, a diversidade zooplanctônica diminuiu e sua densidade e biomassa aumentaram. O microzooplâncton (na maioria, rotíferos) foi o que mais apresentou correlações entre densidade e biomassa com as variáveis da água. O rotífero *Brachionus havanaensis* apresentou a maior densidade com a eutrofização da água. Por outro lado, mesmo em alta densidade, os rotíferos apresentaram insignificante biomassa zooplanctônica. O aumento da biomassa foi creditado ao macrozooplâncton, composto principalmente por copépodos adultos. Embora em baixa densidade, esse grupo apresentou alta representatividade na biomassa total, principalmente *Notodiatomus iheringi*. Portanto, a comunidade zooplanctônica é pouco influenciada pelos tipos de substratos utilizados. Já as variáveis indicadoras de trofia da água possuem elevada influência nessa comunidade, alterando sua diversidade, densidade e biomassa.

Palavras-chave: biomassa, densidade, diversidade, *Brachionus*, *Notodiatomus*

ABSTRACT

The diversity and the density of the zooplankton vary depending on factors such as alteration in the autotrophic communities, in the physicochemical composition and in water trophy. The zooplankton community responds to this alteration, modifying the quantity, the composition and the diversity of its components. Biotic and abiotic changes occurred in aquaculture ponds also affect the structure of the zooplankton community. Thus, the hypotheses were that the zooplankton community is influenced by different types of substrates (mantle, bamboo or without substrate [control]) of policulture, and the physicochemical variables of water influence the structure of this community. For answering these hypotheses, the objective was to analyze whether the zooplankton communities differ in structure depending on the substrate of the ponds and whether the abiotic variables are related to this differentiation. For this, in an experiment of shrimp and fish polyculture, the physicochemical variables of water were evaluated; the zooplankton rate was identified determining its constancy, similarity, diversity, size structure, density and biomass. The water physicochemical variables were correlated with diversity data, density and planktonic biomass to verify the influence of the quality of cultivation water over such community. Results show that the treatment didn't present pattern of influence over biotic and abiotic variables. However, the extension of the cultivation period proved crucial to the physicochemical variables as to the zooplankton community. Over the months, the variables of chlorophyll, nitrogen, phosphorus, total solids and conductivity increased making the environment eutrophic. The zooplankton rate of the ponds presented high constancy and similarity. The size of each rate didn't show any increase or decrease pattern on the majority of the cases. Over the period, the zooplankton diversity decreased and its density and biomass increased. The microzooplankton (mostly, rotifers) was what presented the majority of the correlations between density and biomass with water variables. The rotifer *Brachionus havanaensis* presented the highest density with water eutrophication. On the other side, even in high density, the rotifers present insignificant zooplankton biomass. The biomass increase was due to macrozooplankton, mainly composed of adult copepods. Although in low density, this group presented high representativeness in total biomass, mainly *Notodiaptomus iheringi*. Therefore, the zooplankton community is little influenced by the types of substrates used. As to the variables indicating water trophy, they have high influence on this community altering its diversity, density and biomass.

Keywords: biomass, density, diversity, *Brachionus*, *Notodiaptomus*

1. INTRODUÇÃO

As diversas comunidades existentes em grandes rios e seus afluentes também estão presentes em lagoas e reservatórios de água doce. Essas comunidades podem ser divididas em três grupos, de acordo com a capacidade que seus integrantes têm de se deslocarem na água: bentos, nécton e plâncton. A comunidade bentônica é composta por organismos que permanecem pelo menos uma parte de seu ciclo de vida no sedimento dos rios ou associados a um substrato, fixo ou não. Tal comunidade é constituída basicamente de macroinvertebrados. No nécton, estão presentes as formas de vida com movimentos próprios, composto por peixes, répteis e mamíferos aquáticos. Da comunidade planctônica, fazem parte organismos que dispõem de pouco ou nenhum movimento. É constituída pelo bacterioplâncton, fitoplâncton e zooplâncton, que são considerados a base da cadeia alimentar do ecossistema aquático e importante indicador da qualidade da água, já que esses organismos aquáticos respondem rapidamente às alterações ambientais, modificando sua estrutura, composição e biodiversidade (HOOPER et al., 2005; MATSUMURA-TUNDISI, TUNDISI, 2005; ROCHA et al., 1995).

Os animais planctônicos da maioria dos ambientes aquáticos são protistas (protozoários e flagelados heterótrofos) e metazoários (rotíferos, cladóceros, copépodos e algumas larvas de insetos) (WETZEL, 2001). O zooplâncton é constituído principalmente por organismos que consomem fitoplâncton, embora existam também predadores de diferentes níveis tróficos. A comunidade zooplanctônica dos ambientes aquáticos é o componente fundamental desse ecossistema, por dissipar a energia fixada pelos produtores primários aos consumidores secundários (WETZEL, 2001) e, com isso, promover a manutenção e a orientação das teias tróficas aquáticas (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007). Dessa forma, as espécies zooplanctônicas de copépodos, cladóceros e rotíferos constituem elos importantes nas cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos. Além de conectora da energia nos níveis tróficos, a comunidade zooplanctônica é um bioindicador da qualidade da água no sistema. Como está ligada à comunidade de fitoplâncton, qualquer alteração na produção primária afeta diretamente a quantidade e a composição do zooplâncton (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007). E por estar diretamente ligado aos níveis mais elevados da teia trófica aquática, o zooplâncton pode alterar também a composição desses níveis tróficos.

Tanto a diversidade quanto a abundância de espécies zooplanctônicas variam, dependendo de diversos fatores. Mudanças ambientais (bióticas e abióticas) como variação na comunidade fitoplanctônica, aporte de águas pluviais, variações na composição físico-química

da água e eutrofização podem influenciar na densidade de zooplâncton (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Segundo Ryding e Rast (1992), o aumento na concentração de nitrogênio e de fósforo na água são os primeiros indícios de eutrofização do ambiente. Esses compostos acumulam na água dos viveiros através do aporte da dieta comercial e da excreção do peixe (SILVA et al., 2014). A comunidade de zooplâncton responde rapidamente a essas alterações, modificando a quantidade, a composição e a diversidade de seus componentes (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007). Espécies mais generalistas e com alta taxa de reprodução tendem a se desenvolver melhor em ambientes estressantes e, assim, tornarem-se dominantes, diminuindo a riqueza e a diversidade de espécies no local (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1990; NEGREIROS et al., 2009; ODUM, 1969; POURRIOT, 1977).

As mudanças abióticas ocorridas em lagos, reservatórios ou viveiros de aquicultura também afetam a densidade da comunidade zooplanctônica. O aumento da concentração de nutrientes geralmente promove o aumento da abundância de zooplâncton por afetar a cadeia trófica aquática (AUER et al., 2004; SMITH et al., 1999). Segundo Holmer (1992), esse acúmulo de sólidos em suspensão ocorre rapidamente no ambiente aquático, devido à rapidez da ciclagem de nutrientes que ocorre em toda a coluna d'água. Além disso, o aumento da concentração de clorofila também pode afetar a cadeia trófica aquática e promover o aumento do consumo do fitoplâncton pelo zooplâncton (ADRIAN, DENEKE, 1996; CHEN, FOLT, 1996). Espécies mais tolerantes ao enriquecimento nutricional do ambiente podem se tornar dominantes em águas eutrofizadas, diminuindo a diversidade local de espécies (HESSEN et al., 2006; LEIBOLD, 1999).

Além da concentração de nutrientes, outros fatores ambientais, como temperatura da água, também afetam a comunidade zooplanctônica (ABOU ZAID et al., 2014; GUIJUN et al., 2012; LEANDRO et al., 2006; MAGALHÃES et al., 2011; SARVALA, 1979). De acordo com Daufresne et al. (2009), ambientes mais quentes promovem o desenvolvimento de espécies de menor tamanho. Baseado nesse argumento, Rasconi et al. (2015) evidenciaram que, em ambientes com temperaturas mais altas, o menor tamanho de espécies de zooplâncton herbívoro pode estar relacionado e, de alguma maneira, condicionado aos menores tamanhos de fitoplâncton. Espécies que se desenvolvem melhor em ambientes mais quentes podem desenvolver vantagem competitiva sobre as outras e alterar a diversidade do ambiente aquático (PEARL; HUISMAN, 2008).

Segundo Abdulwahab e Rabee (2015), os fatores ecológicos que restringiram a abundância e a diversidade da comunidade zooplanctônica do Lago Tigris, em Bagdá, foram

temperatura, condutividade, sólidos totais em suspensão e oxigênio dissolvido. De acordo com Ziadi et al. (2015), a abundância da comunidade zooplancônica de uma lagoa na Tunísia apresentou correlações positivas com diversos fatores físico-químicos da água, como, por exemplo, nitrogênio total, temperatura, nitrato, entre outros.

As respostas às variações ambientais podem ser diferentes, dependendo do grupo zooplancônico. Geralmente, os rotíferos são o grupo mais abundante em ambientes eutrofizados, apresentando plasticidade às condições ambientais, mantendo sua riqueza de espécies praticamente constante com o aumento da concentração de nutrientes (ATTAYDE, BOZELLI, 1998; MIRANDA et al, 2013; NEVES et al., 2003). Determinadas espécies de rotíferos, por exemplo, são menos sensíveis às toxinas de cianobactérias (AZEVEDO, 2015; BAYS, CRISMAN 1983; KUTIKOVA, 2002; SLÁDECK 1983), podendo estas se tornarem o principal componente da dieta de tais organismos (FULTON; PEARL, 1988). Por outro lado, essas cianobactérias podem não ser palatáveis para outras espécies de rotíferos (BONECKER; AOYAGUI, 2005), funcionando como um filtro de espécies no ambiente (MELLO; MAIA-BARBOSA, 2015). Além disso, os rotíferos representam praticamente a totalidade de zooplâncton na dieta de peixes onívoros adultos cultivados, como a tilápia-do-nilo (IBRAHIM et al., 2015), sendo o elo da cadeia alimentar, unindo os seres autótrofos aos heterótrofos.

Com o enriquecimento do ambiente, Jeppesen et al. (2000) concluíram que os cladóceros foram os mais afetados negativamente em relação à riqueza de espécies, seguidos pelos copépodos. Além disso, a eutrofização da água também afeta as espécies de cladóceros maiores, diminuindo-as de tamanho ou substituindo-as por espécies de tamanhos menores (BROOKS, 1969), como *Macrothrix spinosa* e *Moina minuta*, encontradas em grande densidade em ambientes eutróficos (KARUTHAPANDI et al., 2012 e 2015; SENDACZ et al., 2006). Do mesmo modo, algumas espécies de copépodos também podem apresentar essa tolerância às cianobactérias (RIETZLER, ESPÍNDOLA, 1998; RIETZLER et al. 2002). Entretanto, segundo Leonard e Pearl (2005), espécies zooplancônicas de maior tamanho, por não conseguirem ingerir esses organismos, são substituídas pelas de tamanhos menores, alterando, assim, a estrutura de tamanho da comunidade zooplancônica. Por outro lado, as maiores abundâncias de zooplâncton de tamanho grande (cladóceros e copépodos) só podem ser observadas em ambientes de referência, onde as condições de forrageamento e de abrigo contra predadores são ideais (BRITO et al., 2013; MOSS et al., 2003). A grande quantidade de clorofila em um lago na Tunísia, durante o verão, proporcionou a colonização de grandes predadores, como os copépodos, segundo Ziadi et al. (2015).

A alteração na densidade de zooplâncton em um ambiente também se reflete nas análises de produção secundária e biomassa do ecossistema aquático. Segundo Lampert e Sommer (2007), a produção secundária pode ser explicada como sendo o resultado da assimilação de substâncias orgânicas pelo organismo heterótrofo, menos as perdas pelo metabolismo do corpo do mesmo. Somente a matéria restante fixada como biomassa é usada para estimar a produção secundária da comunidade. A produção secundária do ambiente aquático está diretamente ligada à produção primária, já que a biomassa dos consumidores primários depende da predação que estes exercem sobre os produtores primários. Altas taxas de produção secundária e biomassa estão presentes em ambientes eutrofizados e hipereutrofizados (BONECKER et al., 2007; BRITO et al., 2013; MATSUMURA-TUNDISI et al., 1989; MELÃO et al., 2005; PACE, 1986; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008). Além disso, a biomassa da comunidade zooplanctônica também está correlacionada ao tamanho dos indivíduos que a compõem. Grandes herbívoros podem representar grandes porcentagens de biomassa em um ecossistema aquático (CORGOSINHO, PINTO-COELHO, 2006; RIETZLER et al., 2004).

Assim como ocorre com a densidade, a biomassa da comunidade responde de maneira diferente, dependendo do grupo zooplanctônico. No geral, ambientes oligotróficos tendem a apresentar menor biomassa zooplanctônica e grande variedade de espécies, enquanto os ambientes ricos em matéria orgânica apresentam alta biomassa de zooplâncton, porém, com poucas espécies de tamanhos menores e rápida taxa de reprodução (GANNON; STEMBERGER, 1978). Segundo Pace (1986), tanto o microzooplâncton (rotíferos, náuplios) quanto o macrozooplâncton apresentaram correlação positiva com as concentrações de fósforo total nos lagos de Quebec, sendo o microzooplâncton responsável por 40% da biomassa total desses lagos. De acordo com Rietzler et al. (2004) e Corgosinho e Pinto-Coelho (2006), cladóceros dos gêneros *Diaphanosoma*, *Moina* e *Bosmina*, por exemplo, e copépodos ciclopóides apresentam maiores valores de biomassa em ambientes eutróficos que, com a alta carga nutritiva, permite a coexistência desses diferentes gêneros (BRITO et al., 2013; KEPPELER, 2003). Até mesmo espécies do mesmo gênero podem responder diferentemente às variações ambientais no que diz respeito à biomassa. De acordo com diversos estudos, enquanto o copépodo cyclopóide *Thermocyclops decipiens* é mais tolerante à eutrofização, preferindo ambientes meso a eutróficos, *Thermocyclops minutus* se desenvolve melhor em ambientes oligotróficos (ARCIFA, 1984; BRANDORF et al., 1982; HARDY, 1980; HUTCHINSON, 1951; LANDA et al., 2007; SENDACZ et al., 1984; SENDACZ, KUBO, 1982). Essa preferência também é vista em *Argyrodiaptomus furcatus*, embora essa

espécie tenda a apresentar indivíduos maiores em ambientes com alta taxa de nutrientes (CORGOSINHO; PINTO-COELHO, 2006). Por outro lado, para Pace (1986), embora a biomassa da comunidade zooplancônica esteja associada à trofia da água, isso não ocorre com a variação de tamanho dos indivíduos que compõem essa comunidade.

Para rotíferos, o grau de trofia da água também está relacionado à biomassa dessa comunidade. Algumas espécies de *Brachionus*, *Filinia*, *Keratella*, *Lecane* e *Trichocerca* têm sido associadas a ambientes eutrofizados há muito tempo (ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007; MAGEED, 2007; MOLA, 2011; SAMPAIO et al., 2002; SANTANGELO et al., 2007; SIPAÚBA-TAVARES et al., 2011; STEMBERGER, 1974), enquanto que pouquíssimas espécies são vistas como indicadoras de ambientes oligotróficos (GANNON; STEMBERGER, 1978). Características morfológicas e comportamentais podem estar envolvidas nessa associação, como, por exemplo, a secreção de muco pelo *Trichocerca* spp., que permite sua fixação em colônias de algas, mantendo-os por mais tempo na coluna d'água (STEMBERGER, 1974).

Outra comunidade importante no ecossistema aquático é o perifíton, formada por organismos que se fixam a um substrato, seja ele natural ou artificial (ABARZUA; JAKUBOWSHI, 1995). Segundo Esteves (2011), a composição dessa comunidade varia de acordo com o substrato utilizado, mas é formada quase que totalmente (95 a 99%) por todas as classes de algas. Sendo composto por muitos organismos fotossintetizantes, serve de alimento para muitas espécies aquáticas, invertebrados e peixes. Em ambientes aquáticos rasos, a produção primária dessa comunidade chega a 85% do total (ESTEVES, 2011). Domingos e Vinatea (2008) mostram que a colonização de perifíton em lagoas de cultivo promove uma reciclagem *in situ* de compostos tóxicos, como amônia e fosfato, minimizando a necessidade de trocas de água no sistema e o lançamento de efluentes tóxicos em corpos d'água naturais. Suas elevadas taxas de crescimento populacional tornam essa comunidade um importante consumidor de nutrientes, tendo sido utilizada na aquicultura, tanto para melhorar as condições tróficas da água do sistema, quanto para servir de alimento. Diversas espécies aquáticas de herbívoros e onívoros têm o perifíton como alimento natural e de maior preferência (UDDIN et al. 2006). Para Ballester et al. (2003), a adição de substratos para a colonização de perifíton em lagoas de cultivo é uma alternativa ou complemento para a alimentação do animal cultivado.

O uso de substratos para a colonização de perifíton ainda é contraditório para a produção sustentável de camarão de água doce e tilápia. No cultivo de camarão *Macrobrachium rosenbergii*, o uso de substratos diminuiu a heterogeneidade de tamanhos

entre os indivíduos, aumentando a produtividade (KARPLUS et al. 2000; TIDWELL, D'ABRAMO, 2000). As análises de Tundisi et al. (1993) na Represa de Tucuruí, no Rio Tocantins (Pará), descreveram o perifíton como um importante alimento para o camarão de água doce *Macrobrachium amazonicum*, depois que essa comunidade se desenvolveu em troncos de vegetação submersa. Em policultivo de tilápia *Oreochromis niloticus* e camarão *Macrobrachium rosenbergii*, o uso de substrato natural elevou a produção das duas espécies (UDDIN et al., 2009). Entretanto, o policultivo com uso de substratos de tilápia *O. niloticus* e camarão *M. amazonicum* se mostrou inviável economicamente para propriedades direcionadas ao consumo humano (RODRIGUES, 2013). Além disso, o aumento da emissão de gases desses substratos provocou uma piora nas condições da água desses viveiros (DAVID, 2015; PROENÇA, 2013). Embora o zooplâncton não consuma diretamente o perifíton, pode ser influenciado por este, principalmente no que se refere às concentrações de nutrientes na água, que pode afetar o fitoplâncton. Comunidades perifíticas também podem ajudar na otimização do fluxo de nutrientes e energia (DOMINGOS; VINATEA, 2008), aumentando a capacidade de suporte do sistema aquático (AZIM et al., 2001, 2003) e, consequentemente, o número de indivíduos na comunidade local. Entretanto, dependendo da quantidade de material em suspensão e da trofia da água, a atividade perifítica pode ficar comprometida (ANDRION, 2014), afetando também a comunidade zooplanctônica local.

O conhecimento da estrutura da comunidade zooplanctônica frente às variações bióticas e abióticas pode fornecer respostas sobre as condições em que os peixes e camarões estão sendo cultivados, baseado na característica indicativa de qualidade da água exercida pela comunidade em questão. Além disso, o efluente gerado desse cultivo, sendo lançado nos corpos d'água adjacentes, pode provocar um desequilíbrio nas comunidades animal e vegetal desses ambientes. Portanto, é de suma importância o conhecimento das variações abióticas da água, juntamente com as possíveis alterações na estrutura da comunidade zooplanctônica, que ocorrem em viveiros de policultivo, utilizando diferentes tipos de substratos.

2. OBJETIVOS

No policultivo, realizado com objetivos voltados para a aquicultura, diferentes substratos foram instalados para o estabelecimento da comunidade perifítica, além de aumentar a área útil dos viveiros. A partir dessas condições e pelo fato de as variáveis físico-químicas se alterarem no decorrer do período de cultivo, as seguintes hipóteses relacionadas com a comunidade zooplanctônica em tanques de policultivo foram levantadas:

- 1- A comunidade zooplanctônica é influenciada pelos diferentes tipos de substratos;
- 2- As variáveis físico-químicas influenciam a estrutura da comunidade zooplanctônica.

Diante dessas hipóteses, o objetivo geral do estudo foi avaliar se as comunidades zooplanctônicas se diferenciam na composição, na densidade e na diversidade, dependendo do substrato dos viveiros de policultivo e se as variáveis físico-químicas estão relacionadas com essa diferenciação.

Para atingir o objetivo geral, os objetivos específicos do estudo foram:

- 1- Analisar as variáveis físico-químicas em cada tratamento, ao longo do experimento;
- 2- Identificar as taxa que compõem as comunidades zooplanctônicas em viveiros de policultivo com diferentes substratos;
- 3- Analisar a constância desses taxa, tanto entre os tratamentos quanto no decorrer do cultivo;
- 4- Verificar a similaridade da composição zooplanctônica nos diferentes tratamentos e no decorrer dos meses de cultivo;
- 5- Verificar a diversidade de taxa zooplanctônico nas mesmas condições;
- 6- Determinar a estrutura de tamanho da comunidade zooplanctônica temporalmente e por tratamento;
- 7- Determinar as densidades populacionais desses taxa durante o período de cultivo nos diferentes tratamentos;
- 8- Estimar a biomassa da comunidade zooplanctônica nos diferentes tratamentos e durante o período de cultivo;
- 9- Correlacionar a diversidade, a densidade e a biomassa da comunidade zooplanctônica com os parâmetros físicos e químicos da água, por tratamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e delineamento experimental

O experimento foi realizado por quatro meses (dezembro de 2011 a abril de 2012) no setor de Carcinicultura do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), localizado na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Voltado para o cultivo de camarões de água doce, o setor de Carcinicultura conta com laboratórios de larvicultura, galpão de berçário e reprodutores, laboratório de ecologia aquática, laboratório de microscopia e bioenergética, laboratório de biometria e laboratório de informática. Além disso, há também toda infraestrutura para a realização de experimentos, como tanques-rede e cercados (climatizados), tanques-rede de macrófitas, hidrofitotério e viveiros experimentais externos. Ao todo, são 26 viveiros externos de fundo natural, utilizados para pesquisas de reprodução, berçário, manejo e crescimento final dos organismos cultivados. Para a realização desse experimento sobre a comunidade zooplancônica em viveiros de aquicultura, 12 desses viveiros foram utilizados para o policultivo de camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum* e tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (Figura 1).



Figura 1. Viveiros externos de fundo natural do setor de Carcinicultura do CAUNESP, utilizados para o experimento sobre a comunidade zooplancônica em viveiros de policultivo.

Para o policultivo, viveiros de 100 m² por 1m de profundidade foram previamente drenados e calados (250 kgCaCO₃/ha). Depois de três dias, os viveiros foram abastecidos com água do reservatório adjacente, passada por filtros instalados, para evitar a entrada de outros peixes e camarões. A entrada foi ajustada no decorrer do experimento, quando da perda de água dos viveiros por infiltração ou evaporação.

Depois de abastecidos os 12 viveiros, quatro deles receberam o substrato confeccionado de manta geotêxtil (polipropileno) resistentes a raios UV, com grande área para a fixação de perifíton (Figura 2A). Em outros quatro viveiros, foram introduzidos substratos feitos com bambu (*Bambusa tulboides*), com textura mais lisa que a manta geotêxtil (Figura 2B). Os substratos foram inseridos verticalmente nos viveiros, de modo que ficassem totalmente submersos na água (Figura 2C). Por fim, em outros quatros viveiros, o policultivo foi realizado sem adição de nenhum tipo de substrato (controle). A escolha dos viveiros para inserção dos diferentes substratos foi totalmente aleatória, onde cada tratamento (conforme descrição abaixo) apresentou quatro réplicas:

- Tratamento com substrato de manta (TrMan): policultivo com substrato de manta geotêxtil;
- Tratamento com substrato de bambu (TrBam): policultivo com substrato natural de bambu;
- Tratamento sem substrato (Controle) (TrCon): policultivo sem substrato.



Figura 2. Substratos inseridos nos viveiros de policultivo. A) Lado esquerdo da foto: substrato de manta geotêxtil. Lado direito da foto: substrato de bambu (*Bambusa tulboides*). B) Viveiro com substrato de manta. C) Viveiro com substrato de bambu. Fotos: Bruno Cardoso Andrion.

Um dia depois da inserção dos substratos, todos os viveiros foram fertilizados com ureia (2 kg N/ha) e superfosfato (8 kg P₂O₅/ha). Os viveiros permaneceram dessa maneira por dez dias, para a colonização de perífíton nos substratos e para o desenvolvimento da comunidade zooplancônica. Somente após esse período, os viveiros foram povoados com 22 indivíduos/m² juvenis de camarão-da-amazônia, *M. amazonicum*, com peso individual médio de 0,03g, os quais permaneceram em monocultivo por uma semana, para adaptação ao ambiente. Após esse período, juvenis de tilápia do Nilo, *O. niloticus*, pesando em média 29g cada indivíduo, foram introduzidos em uma concentração de 1,1 indivíduos/m², permanecendo em policultivo com os camarões por 140 dias.

Antes da estocagem com as tilápias, os camarões foram alimentados diariamente com dieta peletizada (35% de proteína bruta), a uma taxa de 10% do peso corpóreo, duas vezes ao dia (às 11h00 e às 17h00). Depois do período de monocultura, a dieta fornecida nos viveiros foi direcionada apenas às tilápias, sendo os camarões alimentados com detritos gerados pelos peixes. As tilápias foram alimentadas duas vezes ao dia (às 11h00 e às 17h00) com dieta comercial peletizada (40% de proteína bruta no primeiro mês e 28% nos outros meses) a uma taxa de 5 a 1% do peso corpóreo, dependendo da fase de desenvolvimento. Mensalmente, 30 tilápias e 50 camarões foram retirados aleatoriamente para pesagem e conversão das taxas de alimentação. Aeradores foram utilizados somente quando o oxigênio dissolvido na água declinava de 1,5mg/L.

3.1 Variáveis Físico-químicas

O monitoramento das variáveis físico-químicas da água dos viveiros ocorreu ao longo de todo o experimento, com periodicidade de coletas e metodologia aplicada para análise, dependendo do parâmetro (Tabela 1). Para análise da clorofila-*a*, aproximadamente 300 ml de água coletada de cada viveiro foram filtrados a vácuo em membrana de fibra de vidro. Ao filtrado, foi aplicado, então, o método espectrofotométrico de APHA (2005).

Quinzenalmente, foi coletado um litro de água de cada viveiro, a 30 cm de profundidade, para análise de nitrogênio total e fósforo total. Seguindo os métodos de APHA (2005), a concentração do nitrogênio total foi obtida pelo método do persulfato e redução em coluna de cádmio. Para a concentração de fósforo total, foi aplicado o método de cloreto estanhoso e análise colorimétrica.

Para análise da concentração de sólidos totais em suspensão, também foi seguido o método de APHA (2005), onde aproximadamente 300 ml de água de cada viveiro foram filtrados em membranas de fibra de vidro previamente pesadas em balança analítica de alta sensibilidade. Posteriormente, essas membranas com o filtrado foram postas para secagem em estufa a 103-105°C e, então, novamente pesadas na mesma balança analítica.

A transparência da água dos viveiros foi monitorada quinzenalmente, utilizando o Disco de Secchi com cabo graduado em centímetros. Os valores de pH, a concentração de oxigênio dissolvido, a condutividade e a temperatura da água dos viveiros foram aferidos com uma sonda multiparâmetros. Em todos os casos, os valores foram monitorados diariamente, porém, foram utilizadas médias mensais para análise de cada parâmetro.

Amostras de água dos viveiros também foram coletadas quinzenalmente para o monitoramento dos parâmetros amônia, nitrito e nitrato. Seguindo as metodologias de APHA (2005), foi aplicado o método colorimétrico de Koroleff (1976) para análise de amônia e o método colorimétrico e de redução por cádmio descrito por Mackereth et. al. (1978) para análise de nitrito e nitrato, respectivamente.

Tabela 1. Variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo e seus respectivos métodos e metodologias de análise.

Variável	Método de análise	Frequência de amostragem (horário)	Referência	Especificação do aparelho
Clorofila- <i>a</i> (mg/L)	Método 10200 H (1 e 2)	Mensalmente (08h00)	APHA (2005)	
Nitrogênio total (mg/L)	Persulfato, Redução em coluna de Cádmio	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	
Fósforo total (mg/L)	Cloreto estanhoso, Colorimétrico	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	
Sólidos totais em suspensão (mg/L)	Sólidos totais secos (103-105°C)	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	
Transparência (cm)	Disco de Secchi	Quinzenalmente (16h00)	Boyd (1979)	
pH	Medidor digital de pH	Semanalmente (07h30)		YSI (Yellow Springs, OH, USA)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Medidor digital de oxigênio	Diariamente (16h00)		YSI (Yellow Springs, OH, USA)
Condutividade (µS/cm)	Medidor digital de condutividade	Diariamente (16h00)		YSI (Yellow Springs, OH, USA)
Temperatura (°C)	Medidor digital de temperatura	Diariamente (16h00)		YSI (Yellow Springs, OH, USA)
Amônia (µg/L)	Colorimétrico	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	
Nitrito (µg/L)	Colorimétrico	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	
Nitrato (µg/L)	Redução em coluna de Cádmio	Quinzenalmente (08h00)	APHA (2005)	

3.2. Comunidade zooplanctônica

Coleta e fixação

As coletas da comunidade zooplanctônica da água dos viveiros de policultivo foram realizadas quinzenalmente, sempre com início às 15h00, sendo a primeira realizada antes do povoamento das espécies cultivadas. A última coleta foi realizada 15 dias antes do término do policultivo, devido à grande floração de fitoplâncton que ocorreu nos viveiros, o que impossibilitaria a correta amostragem, por danificar os equipamentos utilizados. Para todas as coletas, foi utilizada uma bomba de sucção de água (Jabsco®), movida à bateria 12 V, onde foram acopladas duas mangueiras, sendo uma de entrada e outra de saída da água (Figura 3). Devido ao considerável tamanho dos viveiros e pela necessidade de se captar água da maior extensão possível, foi adaptado um cano de PVC à mangueira de entrada da água. Desse modo, foi possível controlar a região de captação de água, estendendo-se pelas dimensões da área e evitando os substratos de manta ou bambu nos respectivos viveiros. Toda a água succionada foi direcionada à mangueira de saída, a qual estava posicionada dentro de uma rede de plâncton de 40 µm. Toda a água foi, então, filtrada (Figura 3). O restante foi direcionado a um copo coletor acoplado ao final da rede, retendo ali somente o plâncton maior que 40 µm. A sucção da água foi realizada durante cinco minutos em cada viveiro. Sendo a bomba capaz de promover uma vazão de água de 30 litros por minuto, um total de 150 litros de água passou pela rede de plâncton. Após os cinco minutos, a bomba foi desligada e todo o filtrado com a comunidade zooplanctônica retido no copo coletor foi, então, vertido para um frasco de vidro devidamente etiquetado. A seguir, foram adicionados aproximadamente 5 ml de água gaseificada, para anestesiá-los os organismos do zooplâncton. Após dez minutos, foram adicionados 10 ml de formol a 40% de concentração a essa amostra, resultando em uma solução amostral com formol a 4%. Todos os frascos com as amostras foram levados ao Laboratório de Ecologia de Zooplâncton (LEZ) do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de São José do Rio Preto, onde foram feitas as análises de identificação, constância, similaridade, diversidade, estrutura de tamanho corpóreo, densidade e biomassa da comunidade zooplanctônica dos viveiros de policultivo.



Figura 3. Coletas da comunidade zooplancônica em viveiros de policultivo.

3.2.1. Identificação, constância, similaridade e diversidade

As amostras da água de cada viveiro foram submetidas à diluição, dependendo do grau de densidade dos organismos e da concentração de clorofila e sólidos em suspensão, possibilitando, assim, a identificação dos organismos zooplancônicos. Após a diluição, foi retirado 1 ml da amostra, com o auxílio de pipeta Stempel graduada, e colocado em uma câmara de Sedgewick-Rafter de vidro quadriculada. A câmara foi levada ao microscópio óptico, sob uma lente de aumento de 100x, para a identificação de todos os organismos zooplancônicos ali presentes. Esse procedimento foi repetido três vezes para cada amostra. Quando necessário, o organismo a ser identificado foi retirado da câmara com o auxílio de uma micropipeta adaptada, colocado em uma lâmina e submetido à análise minuciosa, com adição de hipoclorito de sódio para visualização do mástax de rotíferos, extração de partes do corpo, como apêndices de copépodos, ou ainda achatamento com lamínula, para melhor visualização dos detalhes corpóreos de cladóceros. Foram utilizadas chaves específicas de identificação para cada grupo zooplancônico (KOSTE, 1978a e b; PONTIN, 1978; SENDACZ; KUBO, 1982; REID, 1985; MATSUMURA-TUNDISI, 1986; SEGERS, 1995; ELMOOR-LOUREIRO, 1997; SILVA; MATSUMURA-TUNDISI, 2005).

A constância de cada grupo taxonômico foi determinada seguindo a metodologia do Índice de Constância de Dajoz (1983). Foi levantada a presença de cada taxa em cada viveiro no decorrer do período de experimento. Com esses dados, foi determinada a porcentagem de ocorrência de cada taxa em cada tratamento e por coleta. Segundo Dajoz (1983), espécies presentes em menos de 25% das amostras são consideradas espécies acidentais; aquelas que estão presentes entre 25% a 50% das amostras são chamadas de espécies acessórias; e, por

fim, as que estão presentes em mais de 50% das amostras são consideradas espécies constantes.

A similaridade da comunidade zooplanctônica foi determinada segundo o Índice de Similaridade de Jaccard (1901). Assim como o Índice de Constância de Dajoz, o Índice de Similaridade de Jaccard (1901) leva em consideração a presença/ausência dos taxa para avaliar o grau de similaridade entre as comunidades. Para isso, foram utilizados os mesmos dados do índice de constância.

A similaridade da comunidade zooplanctônica foi determinada segundo o Índice de Similaridade de Jaccard (1901). Assim como o Índice de Constância de Dajoz, o Índice de Similaridade de Jaccard (1901) leva em consideração a presença/ausência dos taxa para avaliar o grau de similaridade entre as comunidades. Para isso, foram utilizados os mesmos dados do índice de constância.

Já para a avaliação da diversidade foi utilizada a Diversidade de Simpson (Índice de Simpson – ‘1-D’), derivado do Índice de Concentração de Simpson (SIMPSON, 1949). Esse índice calcula a probabilidade de dois indivíduos da mesma espécie serem capturados ao acaso em uma amostra. Segundo Magurran (2011), esse índice é o mais significativo e robusto para medidas de diversidade por considerar a variância da abundância de cada taxa. Hulbert (1971) também recomendou a utilização da Índice de Simpson por considerar encontros interespecíficos, ressaltando a importância da abundância de cada taxa para se determinar a diversidade da comunidade. Portanto, para essa análise, foi necessário o levantamento da densidade de cada taxa em cada viveiro ao longo do período do experimento. De acordo com esse índice, em uma escala variante de 0 a 1, quanto mais o resultado se aproxima do valor máximo, maior é a diversidade e menor é a dominância na comunidade.

$$\text{Índice de Simpson } (1 - D) = 1 - \sum \left(\frac{n_i[n_i - 1]}{N[N - 1]} \right)$$

Onde,

D = Diversidade de Simpson, que se trata de um valor de dominância, para uma comunidade finita e com mais de dez taxa;

n_i = número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados.

3.2.2. Estrutura de tamanho

Para a determinação do tamanho corpóreo do zooplâncton dos viveiros de policultivo, foi realizada a medição de, no mínimo, 20 indivíduos de cada taxa. O tamanho do corpo do zooplâncton foi determinado pelo comprimento longitudinal do mesmo. As medidas foram obtidas utilizando o retículo graduado acoplado em microscópio óptico, sob uma lente objetiva de 10x. Posteriormente, foi realizada a conversão das unidades do retículo do microscópio para o sistema métrico (milímetro).

As medidas tomadas de cada grupo zooplanctônico obedeceram às determinações da literatura. Para o grupo Rotifera, foram realizadas medidas longitudinais, excluindo os possíveis espinhos e prolongamentos do corpo, como determinado por Ruttner-Kolisko (1977) para medidas de biomassa. Para os representantes do grupo Cladocera, as medidas foram realizadas longitudinalmente, desde a extremidade superior da cabeça, excetuando possíveis processos cefálicos, até a porção inferior, excluindo o espinho caudal (MCCAULEY, 1984). Para a grupo Copepoda, foi realizada a medida longitudinal do corpo, desde a porção superior da carapaça até o urossomo, excluindo o ramo caudal (MCCAULEY, 1984).

Por possuir comportamento de contração ao ser exposto a uma condição adversa, a classe de Rotifera Bdelloidea foi excluída das análises de estrutura de tamanho do corpo, sendo impossível determinar seu tamanho corpóreo real. Consequentemente, esse taxa também foi retirado das análises de biomassa.

Após a aferição dos comprimentos, foi realizada a separação da comunidade zooplanctônica por classes de tamanho, que foram estabelecidas baseadas na diferença entre o menor e o maior tamanho, e, posteriormente, dividindo esse valor por três. Ao menor tamanho, foi somado o valor obtido nessa divisão, estabelecendo o intervalo do tamanho do microzooplâncton. Acrescentado o valor da divisão ao maior tamanho do microzooplâncton, foi estabelecido o intervalo de tamanho do mesozoplâncton. Do mesmo modo, o intervalo de tamanho do macrozooplâncton foi estipulado, somando o valor da divisão ao maior tamanho do mesozoplâncton (Tabela 2).

Tabela 2. Divisão das classes de tamanho da comunidade zooplanctônica de viveiros de policultivo.

Tamanho do zooplâncton (mm)		Classe de tamanho (mm)		
Menor	Maior	Microzooplâncton	Mesozooplâncton	Macrozooplâncton
0,085	1,636	(0,085 + 0,517 = 0,602)	(0,604 + 0,517 = 1,121)	(1,124 + 0,517 = 1,641)
Diferença = 1,551		0,09 – 0,60	0,61 – 1,12	1,13 – 1,64
1,551 / 3 = 0,517				

3.2.3. Densidade

Utilizando a diluição realizada para a identificação da comunidade zooplanctônica, os indivíduos de cada taxa eram, então, contados no total do 1 ml da câmara de Sedgewick-Rafter. Para cada taxa, a contagem era repetida três vezes. Para os taxa que estavam em grande abundância, como o rotífero *Brachionus havanaensis*, ao final do experimento, foi realizada uma subamostragem, que consistia na contagem de indivíduos presentes em dez quadrados aleatórios da Sedgewick-Rafter, realizando posteriormente a média dessa contagem. Conhecendo o número total de quadrados na câmara e com a média de indivíduos em cada quadrado, foi feita, então, a extrapolação da densidade do taxa para a câmara toda (1 ml). A densidade de cada grupo zooplanctônico foi determinada, multiplicando a média do número de indivíduos encontrados nas três subamostras de 1 ml (N_s) pelo volume da amostra (V_a) e dividindo esse valor encontrado pelo total de litros de água filtrados pela rede de plâncton (V_t).

$$\text{Densidade (indivíduos/m}^3\text{)} = \frac{N_s \cdot V_a}{V_t}$$

3.2.4. Biomassa

Para estimar a biomassa da comunidade zooplanctônica dos viveiros de policultivo, foram usadas as medidas de tamanho corpóreo obtidas no levantamento da estrutura de tamanho do zooplâncton. Além disso, para o grupo Rotífera, foi estimado primeiramente o biovolume (mm^3) de cada grupo taxonômico, seguindo as metodologias da literatura descrita por Ruttner-Kolisko (1977) (Tabela 3). Para determinar o biovolume (mm^3) de rotíferos, foi realizada a medição de outras dimensões corporais, como largura e altura, além do comprimento, utilizando microscópio óptico com retículo graduado acoplado. As medidas

foram também realizadas em, no mínimo, 20 indivíduos de cada grupo taxonômico. Para determinação da biomassa (mg/L), o biovolume (mm³) foi convertido primeiramente a peso fresco, de acordo com Bottrell et al. (1976), que atestam que 10⁶µm³ é igual a 1µg de peso fresco. Posteriormente, seguindo os mesmos autores, foi feita a conversão em peso seco, os quais afirmam que a representação dessa medida é de 10% do peso fresco.

Tabela 3. Fórmulas para cálculo do biovolume de rotíferos (RUTTNER-KOLISKO, 1977).

Taxa - Rotifera	Fórmula para Biovolume (mm ³)
<i>Asplanchna</i> sp.	0,52*C*L ²
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,52*C*L*P
<i>Brachionus falcatus</i>	0,52*C*L*P
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,52*C*L*P
<i>Filinia longiseta</i>	0,52*C*L ²
<i>Filinia opoliensis</i>	0,52*C*L ²
<i>Filinia terminalis</i>	0,52*C*L ²
<i>Keratella americana</i>	0,13*C*L ²
<i>Keratella cochlearis</i>	0,13*C*L ²
<i>Keratella tropica</i>	C*L*P
<i>Lecane bulla</i>	0,52*C*L ²
<i>Lecane elsa</i>	0,52*C*L ²
<i>Polyarthra</i> sp.	C*L*P
<i>Trichocerca</i> sp.	0,52*C*L ²

C= comprimento; L= largura; P= profundidade.

$$\text{Biomassa[Rotifera]} (\text{mg L}^{-1}) = \left(\frac{\text{Biovolume [Rotifera]} (\text{mm}^3)}{10^6} \right) \times 0,1$$

A biomassa de cada grupo de microcrustáceos foi determinada utilizando regressões de peso-comprimento da literatura (Tabela 4). Para as espécies às quais as regressões não foram encontradas, utilizou-se equações obtidas para outras espécies do mesmo gênero ou para o grupo. Para a biomassa presente nos viveiros, foi multiplicada a biomassa de cada taxa pelas respectivas densidades.

Tabela 4. Regressões peso-comprimento utilizadas para análise da biomassa (peso seco) de cada taxa de microcrustáceo encontrada nos viveiros de policultivo.

Taxa - Microcrustáceo	Equação	Fonte	Fórmula usada para o taxa
<u>Cladocera</u>			
<i>Alonella dentifera</i>	$5,76 \cdot C^{2,65}$	Bottrell et al., 1976	Cladocera
<i>Bosmina longirostris</i>	$17,74 \cdot C^{2,23}$	Culver et al., 1985	<i>Bosmina longirostris</i>
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	$3,94 \cdot C^{2,00}$	Azevedo et al., 2012	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	$3,13 \cdot C^{2,22}$	Azevedo et al., 2012	<i>Diaphanosoma spinulosum</i>
<i>Macrothrix spinosa</i>	$5,76 \cdot C^{2,65}$	Bottrell et al., 1976	Cladocera
<i>Moina minuta</i>	$2,34 \cdot C^{2,45}$	Azevedo et al., 2012	<i>Moina minuta</i>
<u>Copepoda</u>			
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	$11,47 \cdot C^{2,56}$	Azevedo et al., 2012	<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i>
Copepodito	$7,05 \cdot C^{2,40}$	Bottrell et al., 1976	Copepoda
<i>Mesocyclops meridianus</i>	$6,66 \cdot C^{2,90}$	Culver et al., 1985	<i>Mesocyclops edax</i>
Náuplio	$3,01 \cdot C^{1,71}$	Culver et al., 1985	Náuplio calanoida
<i>Notodiatomus iheringi</i>	$9,88 \cdot C^{2,16}$	Azevedo et al., 2012	<i>Notodiatomus amazonicus</i>
<i>Thermocyclops decipiens</i>	$4,81 \cdot C^{3,24}$	Azevedo et al., 2012	<i>Thermocyclops decipiens</i>

C= comprimento.

3.3. Comunidade fitoplanctônica

Para a análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica dos viveiros de policultivo, foram utilizadas as amostras das coletas de zooplâncton, bem como amostras coletadas no último mês do experimento, exatamente para a análise qualitativa do fitoplâncton. Com a alta concentração de fitoplâncton nos viveiros, as coletas foram realizadas somente com a introdução dos frascos de vidro na camada subsuperficial da água dos viveiros. A identificação taxonômica de cianobactérias presentes nas amostras foi realizada tendo como base caracteres morfológicos, seguindo as chaves de identificação descritas por Komárek e Anagnostidis (1999, 2005), com o auxílio de microscópio óptico. Como sistema de classificação, foi adotada a revisão de Hoffmann, Komárek e Kaštovský (2005). As amostras foram fotografadas em microscópio óptico Axioskop 40, equipado com o sistema digital de imagem AxioVisionLE 4.6 (Carl Zeiss), no Laboratório de Carbono 14 do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.

Análise dos dados

As normalidades dos conjuntos de médias foram analisadas utilizando o Teste de Shapiro-Wilk. Sendo constatada a falta de normalidade dos dados, foram aplicados os seguintes testes para análise de significância dos dados e, quando necessário, testes pos-hoc:

- 1- Teste não-paramétrico Kruskal-Wallis e teste de comparação entre as médias (Software StatSoft Statistica 7.0) aplicado para:
 - Comparar as médias das variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo, da diversidade de Simpson, do tamanho corpóreo e da densidade da comunidade zooplanctônica, de cada coleta em cada tratamento;
 - Comparar as médias das variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo, da diversidade de Simpson, do tamanho corpóreo, da densidade e da biomassa da comunidade zooplanctônica de cada coleta, unindo os tratamentos;
 - Comparar as médias das variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo, da diversidade de Simpson, do tamanho corpóreo, da densidade e da biomassa da comunidade zooplanctônica de cada tratamento, unindo as coletas temporais.
- 2- Índice de Similaridade de Jaccard (Software Primer – Version 6.1.6) aplicado para:
 - Verificar a similaridade da comunidade zooplanctônica dos viveiros de policultivo quanto à presença/ausência dos taxa em cada coleta e em cada tratamento.
- 3- Índice de Similaridade de Bray-Curtis (Software Primer – Version 6.1.6) aplicado para:
 - Verificar a similaridade da comunidade zooplanctônica dos viveiros de policultivo quanto às densidades dos taxa em cada coleta e em cada tratamento.
- 4- Diversidade de Simpson (Software PAST – Version 2.17c) aplicado para:
 - Avaliar a diversidade da comunidade zooplanctônica dos viveiros de policultivo em cada coleta e em cada tratamento.
- 5- Correlação de Spearman (r) (Software StatSoft Statistica 7.0) aplicado para:
 - Correlacionar as médias da densidade e da biomassa da comunidade zooplanctônica com as médias das variáveis físico-químicas da água dos viveiros de policultivo.

4. RESULTADOS

4.1. Parâmetros Físico-Químicos

a) Variação temporal por tratamento

Os parâmetros físico-químicos apresentaram diferenças significativas quando foram comparadas: a) as variações temporais em cada tratamento; b) as variações temporais em todos os tratamentos e c) as variações entre os tratamentos.

De modo geral, o tipo de substrato e a duração do experimento afetaram todos os parâmetros físico-químicos da água dos viveiros de policultivo (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de H e de *p* para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre amostras temporais ao longo do experimento dentro de cada tratamento. (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Parâmetro Físico-Químico	TrMan		TrBam		TrCon	
	H	<i>p</i>	H	<i>p</i>	H	<i>p</i>
Clorofila (mg/L)	8,89	*	15,11	**	14,91	**
Nitrogênio total (mg/L)	29,12	**	11,18	ns	19,20	*
Fósforo total (mg/L)	28,48	**	27,13	**	25,64	**
Sólidos totais em suspensão (mg/L)	28,08	**	27,59	**	26,62	**
Transparência (cm)	28,67	**	27,75	**	29,85	**
pH	6,25	ns	5,55	ns	12,34	*
Oxigênio dissolvido (mg/L)	16,39	**	10,87	*	9,76	*
Condutividade (µS/cm)	16,32	**	16,74	**	15,36	**
Temperatura (°C)	17,43	**	17,50	**	17,51	**
Amônia (µg/L)	25,91	**	21,21	*	21,46	*
Nitrito (µg/L)	21,10	*	22,99	**	23,84	**
Nitrato (µg/L)	14,92	ns	11,14	ns	28,02	**

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.

Clorofila – as concentrações de clorofila na água dos viveiros de policultivo apresentaram diferença no decorrer dos meses nos três tratamentos (Figura 4). Tanto os tratamentos com substrato como os sem substrato mostraram uma alta na concentração de clorofila no último mês do experimento, chegando a quase 0,32 mg/L no tratamento sem substrato (Figuras 4A, B e C). Em todos os casos, a partir do mês de fevereiro, houve um aumento significativo na concentração de clorofila. O tratamento controle foi o que mais apresentou um aumento nessa concentração, passando de 0,04 mg/L a 0,24 mg/L em apenas um mês (Figura 4C). Nos tratamentos com substrato, a concentração de clorofila se manteve baixa ainda no segundo mês de experimento, diferente do tratamento sem substrato, que apresentou uma leve alta já no mês de janeiro (Figura 4B).

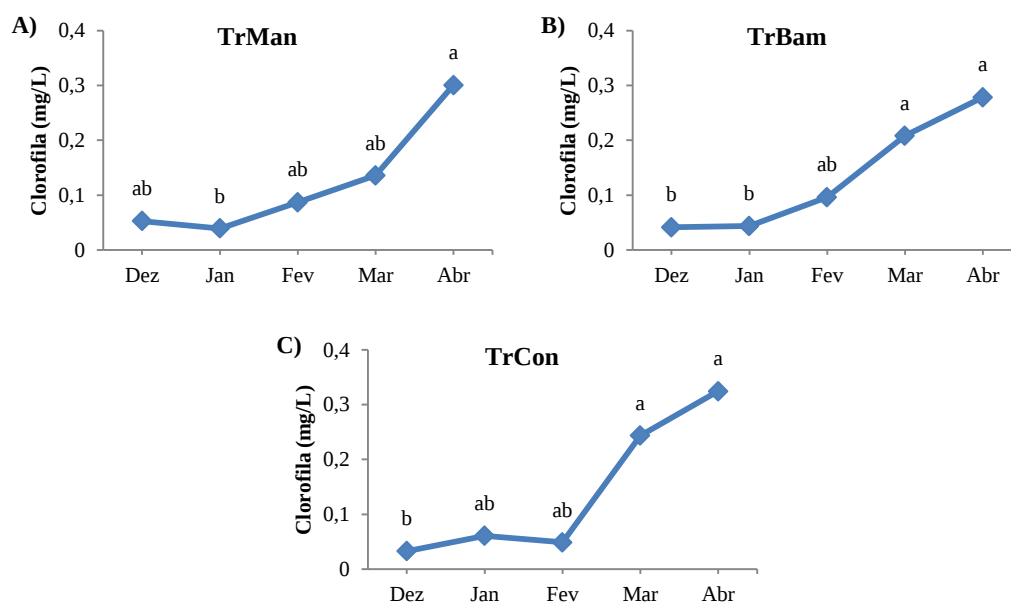


Figura 4. Médias da concentração de clorofila na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Nitrogênio total – o nitrogênio total encontrado nos viveiros apresentou diferenças entre as coletas em dois tratamentos (Figura 5). O tratamento que apresentou concentrações constantes de nitrogênio total durante os meses foi o tratamento com substrato de bambu (Figura 5B). No tratamento com substrato de manta, logo no início do experimento, houve uma leve alta na concentração desse parâmetro, porém, só apresentando diferença entre a primeira e a última coleta realizada, com concentração de 2,59 mg/L de nitrogênio total (Figura 5A). Já no tratamento sem substrato, a baixa concentração de nitrogênio permaneceu constante até fevereiro quando, a partir dessa data, o aumento dessa substância na água foi gradual (Figura 5C). Todavia, na primeira quinzena do último mês, houve um pico nessa concentração, que se mostrou diferente das coletas iniciais, chegando a 4,22 mg/L de nitrogênio na água. Esse pico teve uma leve queda na última coleta, apresentando 2,82 mg/L de nitrogênio total, mas ainda assim não diminuiu o suficiente para chegar às concentrações iniciais.

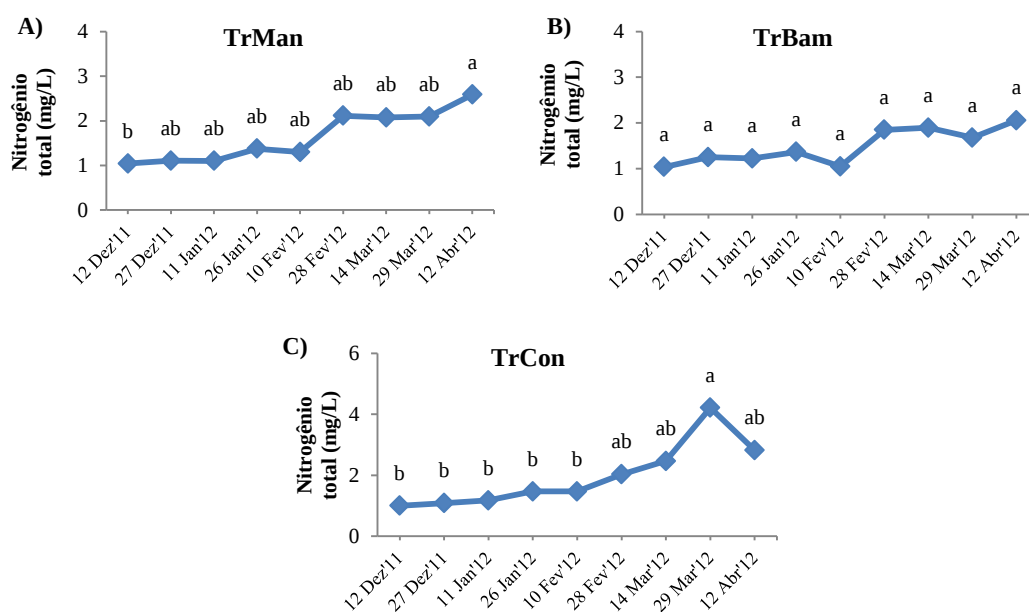


Figura 5. Médias da concentração de nitrogênio total na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Fósforo total – a concentração de fósforo diferiu entre as coletas em cada tratamento no decorrer do experimento (Figura 6). Essa substância apresentou um pico na penúltima coleta em todos os tratamentos, chegando a 1,55 mg/L no tratamento com manta, assim como teve uma queda considerável na segunda quinzena de janeiro, com concentração mínima de 0,14 mg/L dessa substância no mesmo tratamento. No tratamento com substrato de manta, essa baixa concentração também foi encontrada na primeira coleta do experimento (Figura 6A). Apenas no tratamento sem substrato, a alta concentração encontrada na penúltima coleta se manteve na próxima coleta (Figura 6C). As outras coletas apresentaram concentrações de fósforo total intermediária nos viveiros de policultivo.

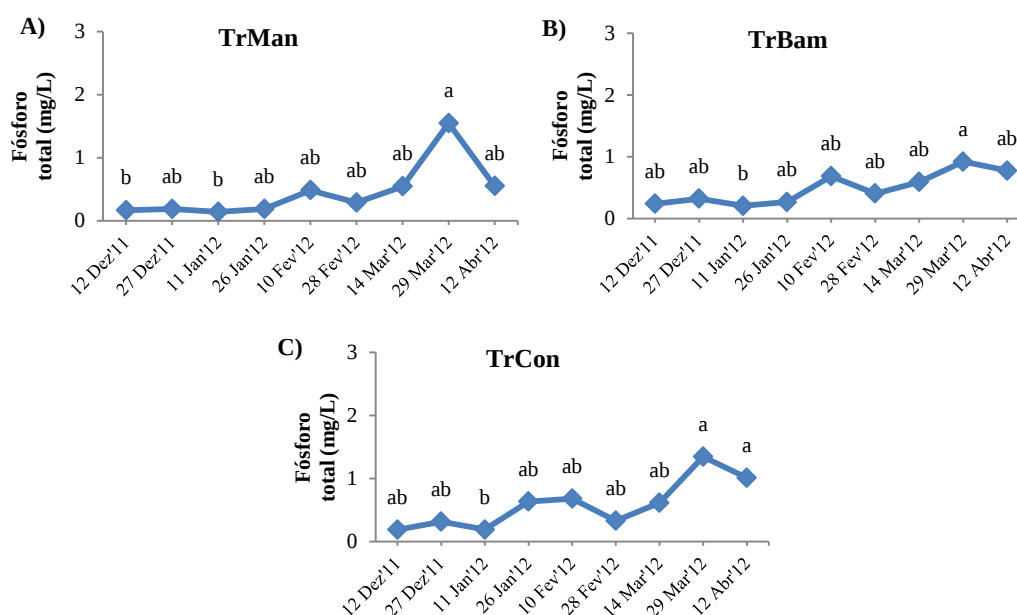


Figura 6. Médias da concentração de fósforo total na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Sólidos totais em suspensão – as concentrações de sólidos em suspensão foram semelhantes nos três tratamentos do experimento (Figura 7). Na primeira coleta, a concentração desses sólidos estava mais baixa, com média de 9 mg/L nos três tratamentos. As próximas coletas se mantiveram com valores intermediários em todos os tratamentos (Figuras 7A, B e C). Porém, nas últimas duas coletas, a concentração de sólidos totais aumentou, chegando a 85,12 mg/L no tratamento controle. O único ponto diferente entre os tratamentos foi na primeira quinzena de fevereiro no tratamento manta, quando houve uma queda na concentração dessas substâncias, chegando novamente aos valores iniciais, com 9,46 mg/L de sólidos suspensos na água do viveiro (Figura 7A).

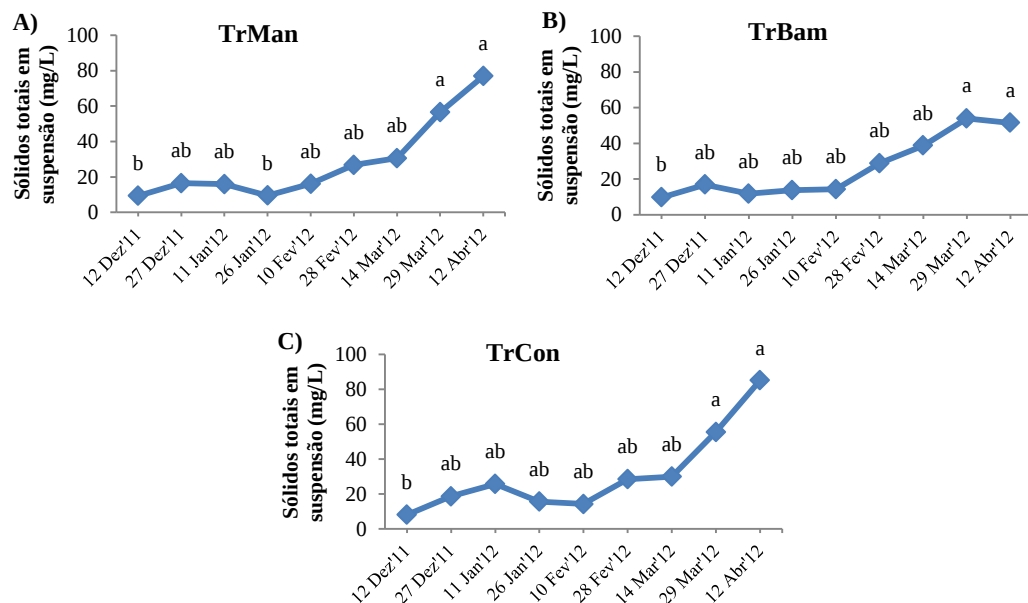


Figura 7. Médias da concentração de sólidos totais em suspensão na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Transparência – a transparência da água dos viveiros diminuiu consideravelmente no decorrer dos meses em todos os tratamentos (Figura 8). A maior transparência inicial foi no tratamento com substrato de manta, apresentando 62,63 cm de profundidade da incidência da luz solar (Figura 8A). O tratamento com bambu e o tratamento sem substrato apresentaram valores semelhantes, com 61,25 e 59,13 cm de transparência da água, respectivamente (Figuras 8B e C). Porém, no decorrer do experimento, esses valores foram diminuindo, chegando a apenas 12,88 cm no tratamento sem substrato (Figura 8C). Esse valor diferiu de todos os outros nesse tratamento, assim como a penúltima coleta, onde a transparência diminuiu para 18,38cm. Nos outros tratamentos, a diminuição também ocorreu, porém, em menores proporções. No tratamento com substrato de manta, a transparência da água na última coleta foi de 16,88cm e no tratamento com substrato de bambu, 16,50 cm (Figuras 8A e B).

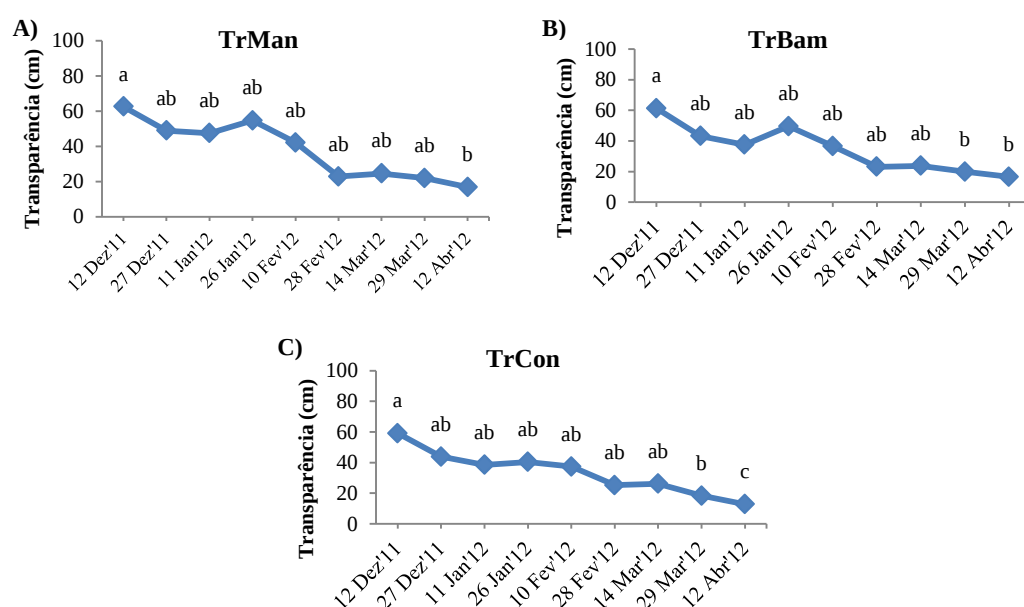


Figura 8. Médias da transparência da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

pH – a acidez da água do policultivo somente aumentou nos viveiros que estavam sem substrato (Figura 9). Porém, a diminuição do pH, embora estatisticamente significativa, não foi acentuada, diminuindo de 8,56 para 8,40. Nos tratamentos com substratos, o pH se manteve constante, com menor índice de 8,42 no tratamento com manta (Figura 9A).

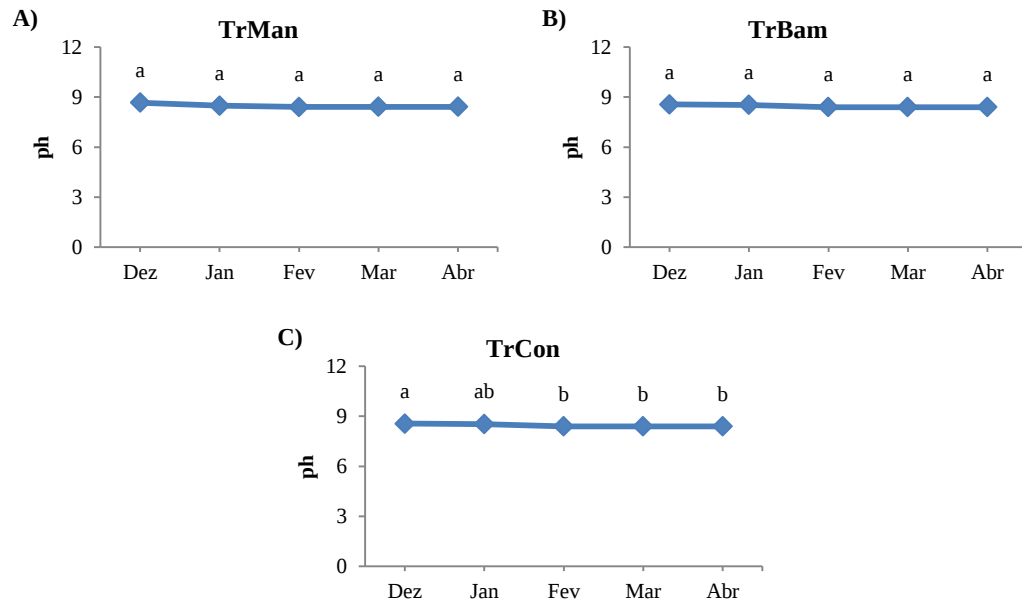


Figura 9. Médias do pH da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Oxigênio dissolvido – a concentração de oxigênio dissolvido na água apresentou diferenças no decorrer dos meses nos três tratamentos, com diminuição gradual e leve aumento no último mês (Figura 10). No tratamento com substrato de manta, a concentração diminuiu gradualmente, mostrando diferença entre o mês de dezembro, com 8,52 mg/L de oxigênio, e os dois últimos meses do experimento, com média de 6,17 e 6,48 mg/L, respectivamente (Figura 10A). Do mesmo modo, no tratamento com bambu, os dois últimos meses apresentaram menores concentrações de oxigênio, porém, o mês de abril apresentou leve aumento significativo nessa concentração, passando de 6,69 para 6,83 mg/L na água (Figura 10B). O mesmo ocorreu no tratamento sem substrato, com oxigenação inicial da água de 8,93 mg/L e menor concentração de 7,17 mg/L no mês de março (Figura 10C).

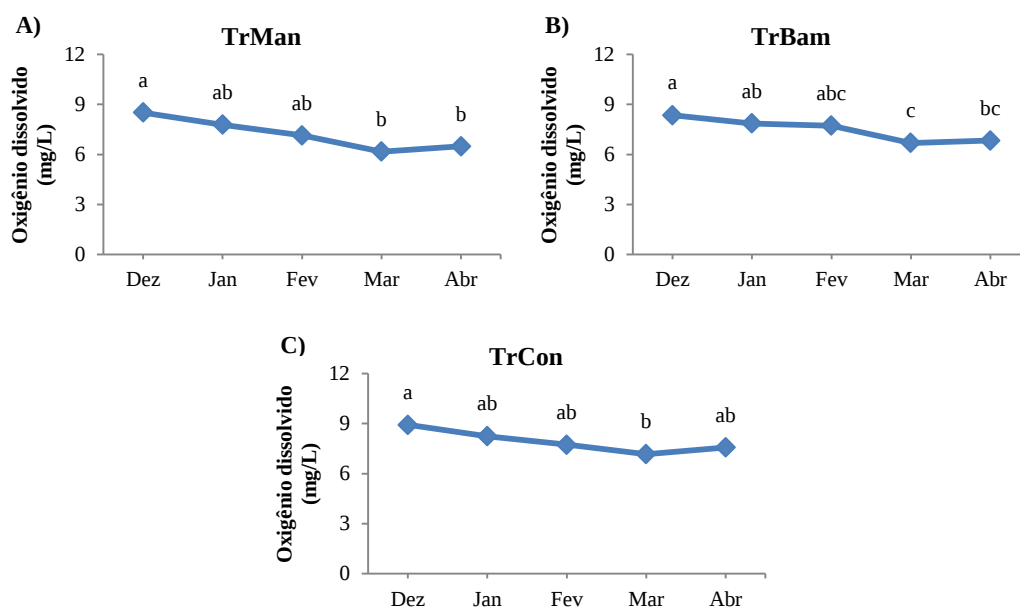


Figura 10. Médias da concentração de oxigênio dissolvido na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Condutividade – a condutividade da água dos viveiros aumentou do mesmo modo em todos os tratamentos durante os meses do experimento (Figura 11). Em todos os tratamentos, o mês de dezembro de 2011 apresentou uma condutividade média menor que os meses de março e abril de 2012. Os meses de janeiro e fevereiro de 2012 apresentaram médias intermediárias. A condutividade variou de 91,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no primeiro mês a 111,51 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no último mês, no tratamento com manta (Figura 11A). Já no tratamento com bambu, a variação foi de 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 110,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nos mesmos meses (Figura 11B). No tratamento sem substrato, a mesma variação foi de 93,59 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 112,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 11C).

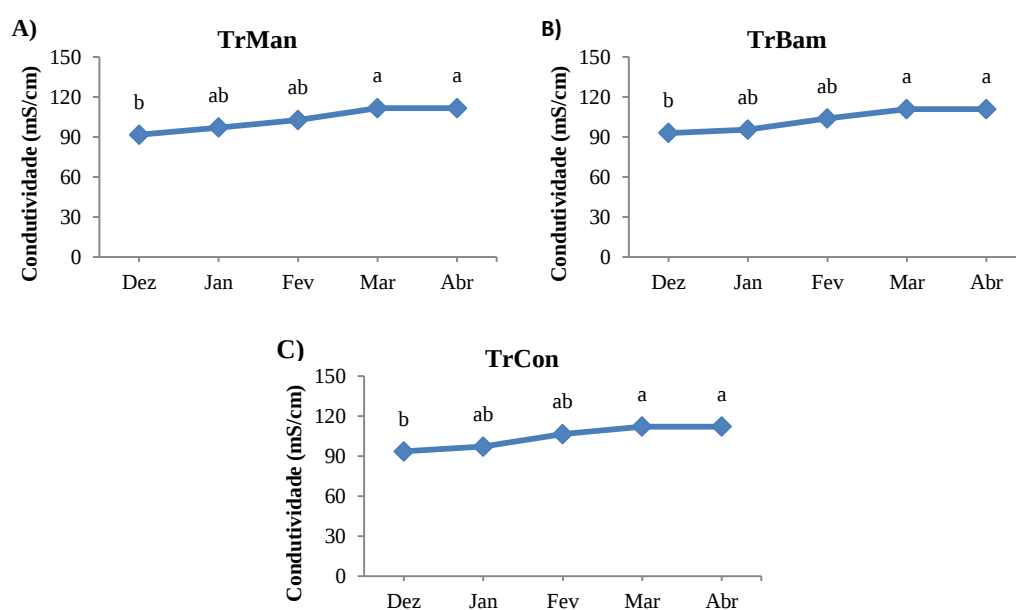


Figura 11. Médias da condutividade da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Temperatura – a temperatura da água dos viveiros de policultivo teve uma variação semelhante nos três tratamentos durante os meses de estudo (Figura 12). Com médias iniciais de 29,39 °C, 29,56 °C e 29,70 °C, respectivamente, os tratamentos com manta, bambu e sem substrato apresentaram aumento gradual de temperatura até o mês de fevereiro (Figuras 12A, B e C). Após esse mês, as temperaturas foram diminuindo novamente, chegando a 27,15 °C, 27,24 °C e 27,27 °C no último mês de estudo.

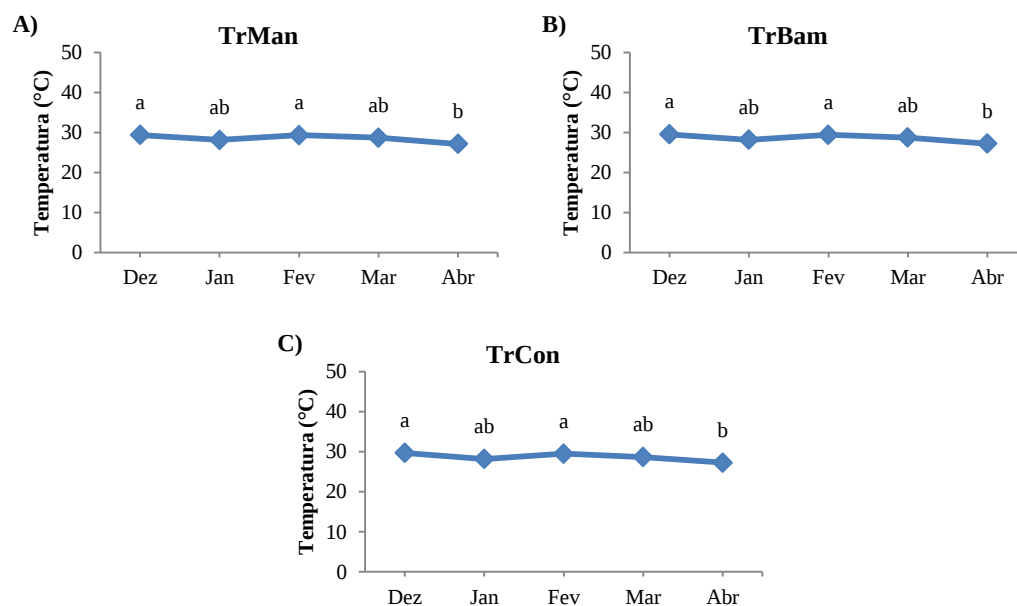


Figura 12. Médias da temperatura da água no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Amônia – as concentrações de amônia não apresentaram um padrão de aumento ou diminuição gradual em nenhum dos tratamentos (Figura 13). Porém, a oscilação desse parâmetro ocorreu de maneira semelhante em todos os tratamentos. Durante o experimento, nos três tratamentos, houve uma queda na segunda quinzena de janeiro com uma sequente alta, apresentando diminuição nas próximas coletas. Os picos de amônia encontrados nos meses citados chegaram a 260,01 µg/L, 245,20 µg/L e 213,39 µg/L nos tratamentos com manta, bambu e sem substrato, respectivamente (Figuras 13A, B e C). Ainda no tratamento controle, houve outro pico de amônia em março, sendo a mais alta concentração encontrada em todas as coletas, com 294,31 µg de amônia por litro de água (Figura 13C).

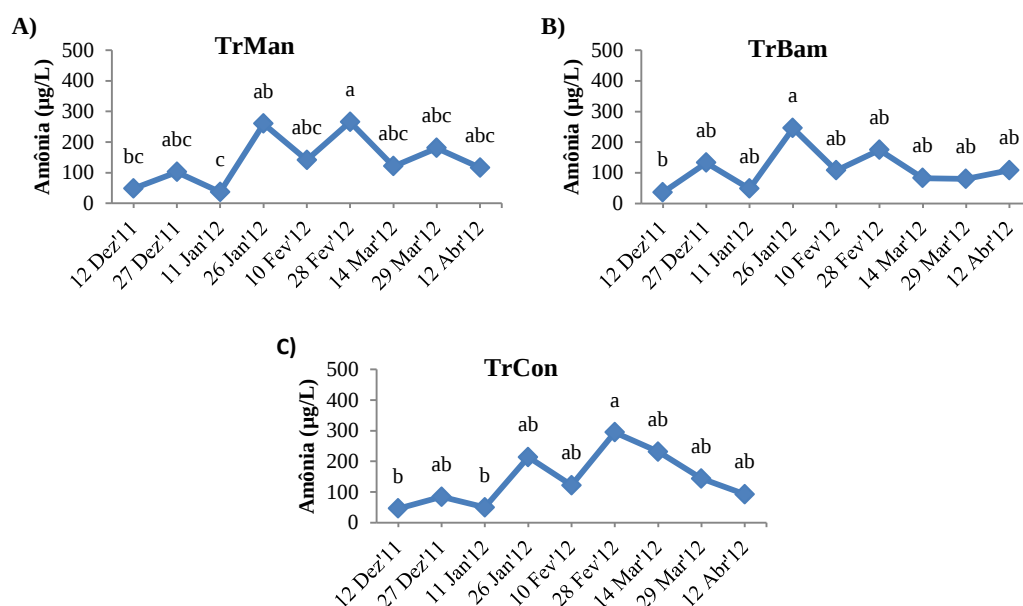


Figura 13. Médias da concentração de amônia na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Nitrito – as concentrações de nitrito na água dos viveiros tiveram suas menores e maiores médias em janeiro e fevereiro, respectivamente, em todos os tratamentos (Figura 14). Na segunda quinzena de janeiro, houve uma queda na concentração dessa substância nos tratamentos com manta, bambu e controle, apresentando valores médios de 0,06 µg/L, 0,13 µg/L e 0,04 µg/L, respectivamente (Figuras 14A, B e C). Logo na coleta seguinte, no dia 10 de fevereiro de 2012, essas médias subiram para 15,71 µg/L, 13,41 µg/L e 11,44 µg/L, aumentando a concentração de nitrito na água, no mínimo, em 100 vezes. Nos tratamentos de manta e controle, ainda houve um pico maior de concentração dessa substância, com médias de 26,18 µg/L e 27,35 µg/L, respectivamente (Figuras 14A e C). Porém, devido à alta variação das amostras, não foi possível detectar diferença significativa nesses casos.

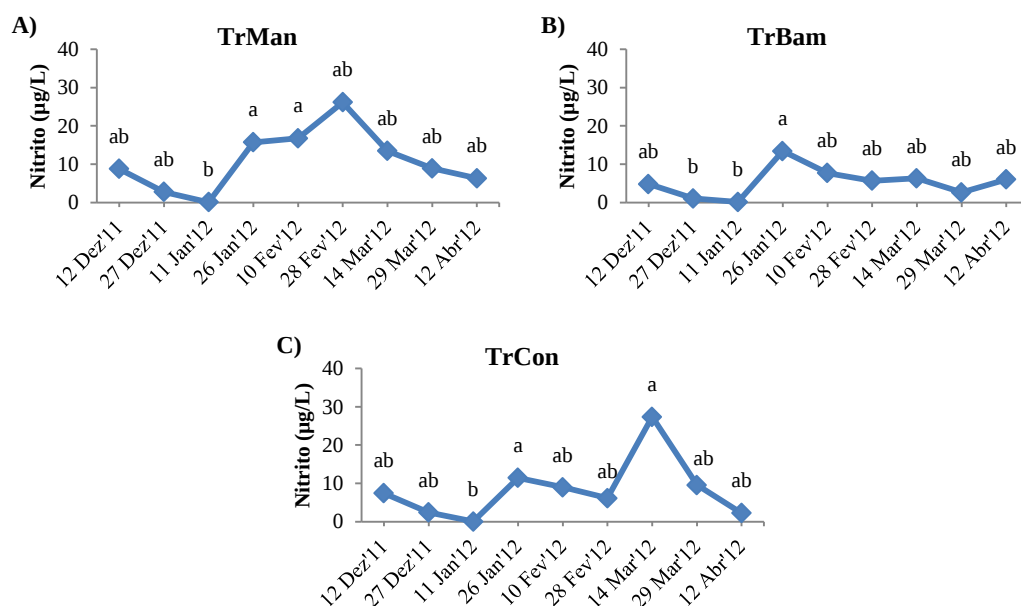


Figura 14. Médias da concentração de nitrito na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Nitrato – diferentemente dos outros dois casos, as concentrações de nitrato na água dos viveiros no decorrer do experimento somente apresentou diferença no tratamento sem substrato (Figura 15C). Nesse caso, houve um pico de concentração dessa substância na primeira quinzena de fevereiro de 2012, com valor de 82,38 µg/L e seguidas quedas graduais, chegando ao valor negativo de 2,25 µg/L de nitrato na água. Embora com valores mais altos de concentração em algumas coletas, as altas variações dentro das amostras não permitiram haver diferença significativa nesses casos.

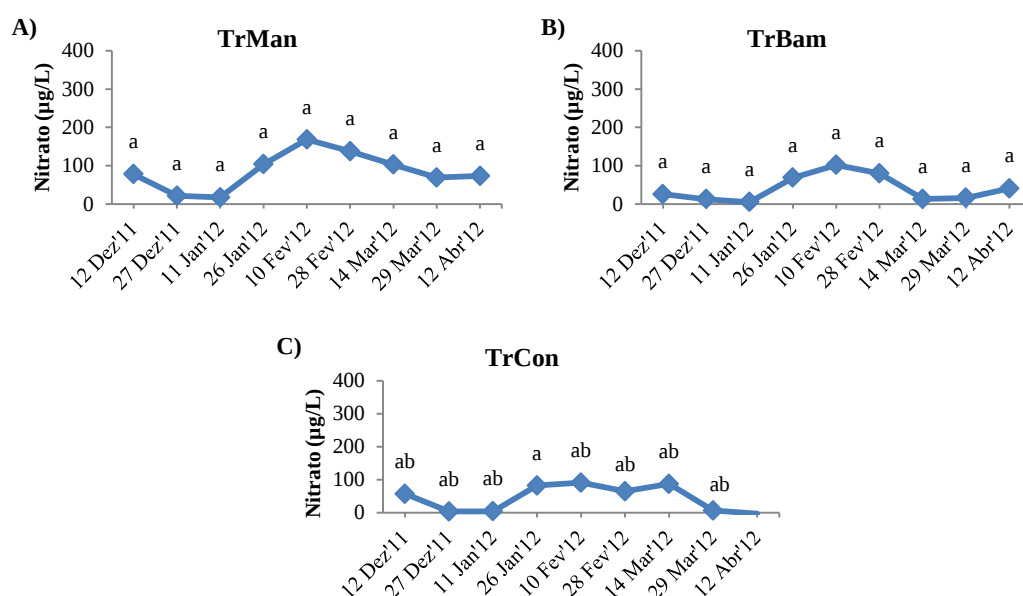


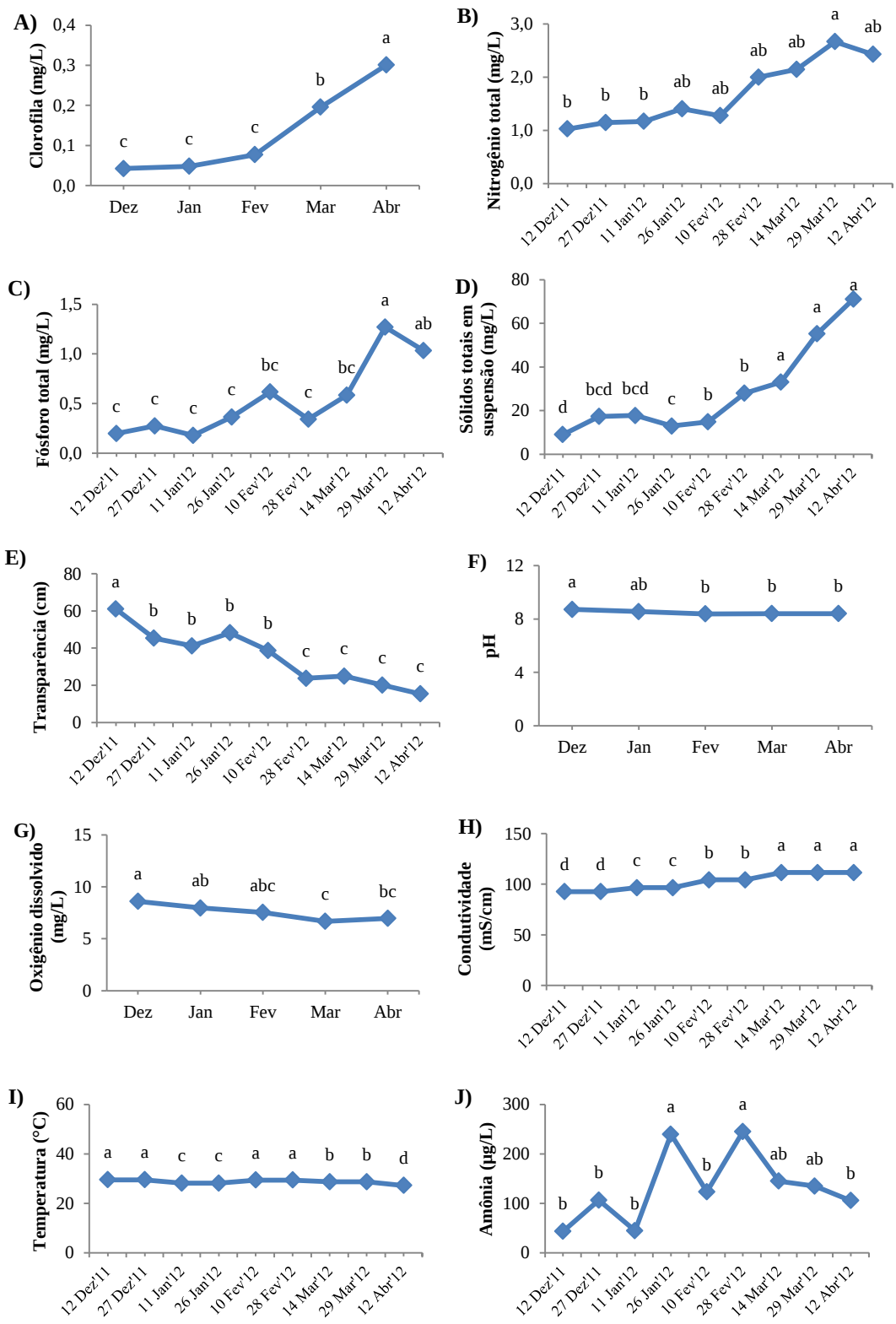
Figura 15. Médias da concentração de nitrato na água dos viveiros no decorrer do experimento em cada tratamento. A) Tratamento com manta; B) Tratamento com bambu; C) Tratamento sem substrato (controle). Médias com ao menos uma letra igual em cada tratamento não diferem estatisticamente entre si. Kruskal-Wallis (5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

b) Variação temporal

Ao unir os tratamentos, levando em conta somente a duração do experimento, a maioria das variáveis diferiu no decorrer dos meses (Tabela 6). As variáveis clorofila, nitrogênio total, fósforo total e sólidos totais em suspensão aumentaram considerável e gradativamente, atingindo as médias de 0,3mg/L, 2,4mg/L, 1,0mg/L e 71,2mg/L, respectivamente, no último mês do experimento (Figuras 16A, B, C, D). Concomitantemente, a transparência da água dos viveiros diminuiu nesse período, chegando a 15,4 cm de penetração da luz na água dos viveiros (Figura 16E). O pH e o oxigênio dissolvido tiveram uma pequena queda, apresentando valores médios de 8,50 e 7,6mg/L, respectivamente, na água dos viveiros (Figuras 16F, G). Por outro lado, a condutividade apresentou pequeno aumento durante os quatro meses do experimento, chegando a 111,5µS/cm (Figura 16H). Do mesmo modo, a temperatura da água apresentou pouca variação, com média de 28,8°C (Figura 16I). As variáveis amônia, nitrito e nitrato oscilaram durante o experimento, com picos consideráveis nos meses intermediários (Figuras 16J, L, M). Porém, devido à grande variação entre as amostras de cada viveiro, o nitrito foi a única variável que não apresentou diferenças estatísticas ($p > 0,05$).

Tabela 6. Valores de H e de p para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre amostras temporais ao longo do experimento.

Parâmetro Físico-químico	H	p
Clorofila (mg/L)	28,48	**
Nitrogênio total (mg/L)	4,56	**
Fósforo total (mg/L)	9,13	**
Sólidos totais em suspensão (mg/L)	30,58	**
pH	6,12	**
Oxigênio dissolvido (mg/L)	11,00	**
Condutividade (µS/cm)	138,11	**
Transparência (cm)	53,16	**
Temperatura (°C)	232,18	**
Amônia (µg/L)	9,86	**
Nitrito (µg/L)	2,56	ns
Nitrato (µg/L)	4,31	**
Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.		



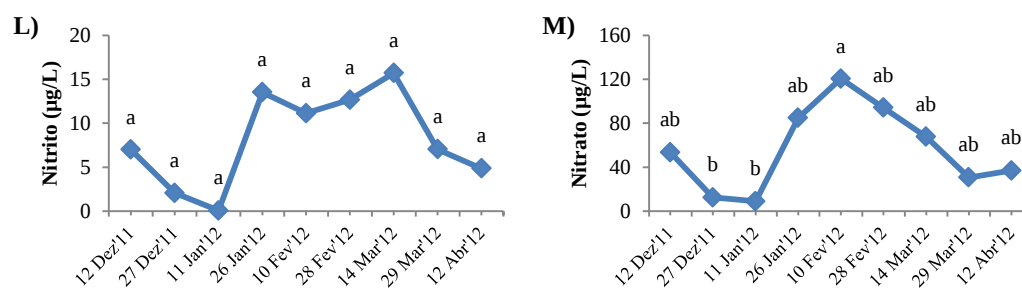


Figura 16. Médias das variáveis físico-químicas no decorrer do experimento. A) Clorofila; B) Nitrogênio total; C) Fósforo total; D) Sólidos totais em suspensão; E) Transparência; F) pH; G) Oxigênio dissolvido; H) Condutividade; I) Temperatura; J) Amônia; L) Nitrito; M) Nitrato. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%)

c) Variação por tratamento

Os parâmetros físico-químicos clorofila, nitrogênio total, fósforo total, sólidos em suspensão, transparência, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, temperatura, amônia e nitrito não apresentaram diferenças entre os tratamentos durante os meses de experimento (Tabela 7). Por outro lado, as médias gerais das concentrações de nitrato na água foram diferentes entre os tratamentos. Nesse caso, o tratamento com substrato de manta apresentou a maior média dessa substância na água dos viveiros.

Tabela 7. Valores de H e de p para a comparação das médias dos fatores físico-químicos entre os tratamentos. (Kruskal-Wallis 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Parâmetro Físico-Químico	TrMan	TrBam	TrCon	H	p
Clorofila (mg/L)	0,12	0,13	0,14	0,22	ns
Nitrogênio total (mg/L)	1,64	1,49	1,97	2,09	ns
Fósforo total (mg/L)	0,45	0,49	0,59	4,28	ns
Sólidos totais em suspensão (mg/L)	28,65	26,57	31,28	0,79	ns
Transparência (cm)	38,04	34,58	33,56	1,30	ns
pH	8,48	8,45	8,54	0,51	ns
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,22	7,49	7,93	5,33	ns
Condutividade (µS/cm)	102,89	102,81	104,31	0,76	ns
Temperatura (°C)	28,54	28,64	28,67	0,64	ns
Amônia (µg/L)	141,29	112,67	141,82	1,61	ns
Nitrito (µg/L)	10,98	5,29	8,40	5,49	ns
Nitrato (µg/L)	85,55 ^a	40,25 ^b	45,18 ^b	10,23	*

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ns = não significante.

4.2. Comunidade zooplanctônica

4.2.1. Identificação, Constância, Similaridade e Diversidade

Foram identificados 27 grupos taxonômicos nos viveiros durante o policultivo. Rotifera foi o grupo zooplanctônico com mais representantes (Tabela 8). Entre os microcrustáceos, os cladóceros apresentaram maior número de espécies, porém, os copépodes formaram um grupo importante por manter o recrutamento (náuplios e copepoditos) em todos os períodos (Tabela 8). Mais de 70% das taxa encontrados foram considerados constantes durante o experimento, segundo o índice de constância de Dajoz. Cinco espécies foram classificadas como acidentais, sendo todas de microcrustáceos (Tabela 8).

Tabela 8. Grupos zooplanctônicos encontrados em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com a respectiva frequência de ocorrência (%) e índice de constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%)].

Grupo zooplanctônico	Frequência de ocorrência (%)	Índice de Constância de Dajoz
<u>Rotifera</u>		
<i>Asplanchna</i> sp.	96	■
Bdelloidea	93	■
<i>Brachionus calyciflorus</i>	89	■
<i>Brachionus falcatus</i>	59	■
<i>Brachionus havanaensis</i>	81	■
<i>Filinia longiseta</i>	30	■
<i>Filinia opoliensis</i>	96	■
<i>Filinia terminalis</i>	56	■
<i>Keratella americana</i>	56	■
<i>Keratella cochlearis</i>	30	■
<i>Keratella tropica</i>	67	■
<i>Lecane bulla</i>	59	■
<i>Lecane elsa</i>	89	■
<i>Polyarthra</i> sp.	30	■
<i>Trichocerca</i> sp.	100	■
<u>Cladocera</u>		
<i>Alonella dentifera</i>	7	■
<i>Bosmina longirostris</i>	15	■
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	4	■
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	100	■
<i>Macrothrix spinosa</i>	11	■

<i>Moina minuta</i>	93	
<u>Copepoda</u>		
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	56	
Copepodito	100	
<i>Mesocyclops meridianus</i>	22	
Náuplio	100	
<i>Notodiatomus iheringi</i>	93	
<i>Thermocyclops decipiens</i>	93	

a) Variação temporal por tratamento

A maioria dos taxa do tratamento com substrato de manta se manteve constante durante todo o experimento (Tabela 9). Os rotíferos Bdelloidea, *Brachionus falcatus*, *Filinia opoliensis* e *Trichocerca* sp. foram os que apresentaram maiores flutuações na constância durante o período. A espécie de rotífero *Filinia terminalis* iniciou como espécie acidental, porém, nas últimas coletas, tornou-se espécie constante, assim como o também rotífero *Brachionus havanaensis*. Por outro lado, o rotífero *Polyarthra* sp. passou de espécie constante a espécie acidental e, por fim, não foram mais encontrados nos viveiros a partir do mês de fevereiro.

Exceto pela última coleta, os cladóceros *Diaphanosoma spinulosum* e *Moina minuta* foram espécies que permaneceram constantes durante todo o experimento (Tabela 9). As demais espécies de cladóceros apareceram apenas como acidentais em algumas coletas, permanecendo totalmente ausentes na maioria dos casos no tratamento com manta.

As formas larval e jovem de copépodos se mantiveram constantes durante os quatro meses do policultivo, assim como a forma adulta *Notodiatomus iheringi* (Tabela 9). Por outro lado, o copépode *Thermocyclops decipiens* tornou-se uma espécie acidental nos últimos meses do estudo. No tratamento com substrato de manta, o número inicial de taxa constantes era 14 e, ao final do experimento, esse número caiu para 10.

Tabela 9. Grupos zooplantônicos encontrados em viveiros de policultivo com substrato de manta durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%), - espécie ausente].

TrMan	Índice de Constância de Dajoz								
Taxa	12 Dez'11	27 Dez'11	11 Jan'12	26 Jan'12	10 Fev'12	28 Fev'12	14 Mar'12	29 Mar'12	12 Abr'12
<u>Rotifera</u>									
<i>Asplanchna</i> sp.			-						
Bdelloidea								-	
<i>Brachionus calyciflorus</i>					-				
<i>Brachionus falcatus</i>							-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>		-							
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	-	-		-	-	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>									
<i>Filinia terminalis</i>	-								
<i>Keratella americana</i>		-			-	-		-	-
<i>Keratella cochlearis</i>		-	-		-	-	-	-	-
<i>Keratella tropica</i>				-	-	-		-	-
<i>Lecane bulla</i>		-		-				-	-
<i>Lecane elsa</i>				-					
<i>Polyarthra</i> sp.		-			-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.									
<u>Cladocera</u>									
<i>Alonella dentifera</i>	-	-	-	-	-	-		-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	-			-	-	-	-	-	
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>									
<i>Macrothrix spinosa</i>	-	-	-	-	-	-			-
<i>Moina minuta</i>									
<u>Copepoda</u>									
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	-			-			-		
Copepodito									
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-				-	-	-
Náuplio									
<i>Notodiatomus iheringi</i>									
<i>Thermocyclops decipiens</i>									-

O tratamento com substrato de bambu também apresentou algumas flutuações na constância de determinadas espécies (Tabela 10). As espécies de rotífero *Filinia longiseta* e as duas espécies de *Lecane*, *L. bulla* e *L. elsa*, tiveram esse comportamento de flutuação. Os taxa inicialmente presentes, *Brachionus falcatus* e *Polyarthra* sp., não foram mais encontrados nos viveiros no decorrer dos meses. *Polyarthra* sp. se tornou ausente logo no segundo mês. *B. falcatus* apresentou mais flutuações, até desaparecer nas duas últimas coletas. O contrário

aconteceu com a outra espécie de *Brachionus*, *B. havanaensis*, que, nas últimas coletas, tornou-se uma espécie constante também no tratamento com bambu.

No grupo dos cladóceros, embora tenha aparecido como uma espécie acessória em duas coletas, *D. spinulosum* foi constante na maioria das análises, assim como a *M. minuta* (Tabela 10). Ao final do experimento, *Macrothrix spinosa* apareceu apenas como espécie acidental no tratamento com bambu.

Entre os copépodos do tratamento com bambu, as formas larval e jovem se mantiveram constantes durante todo o período, semelhantes ao mesmo grupo do tratamento com manta (Tabela 10). Porém, no tratamento com bambu, o copépode adulto *N. iheringi* sofreu mais flutuações de constância no período quando comparado ao tratamento com manta. A constância de *T. decipiens* também foi semelhante ao tratamento anterior, passando de espécie constante à espécie acessória no último mês do experimento, porém, ainda estava presente nas amostras. As outras duas espécies de copépodos encontradas não apresentaram constância nas aparições, permanecendo ausentes em um grande número de coletas. No tratamento com substrato de bambu, os taxa constantes inicialmente eram 10 e, na última coleta, mantiveram o número.

Tabela 10. Grupos zooplanctônicos encontrados em viveiros de policultivo com substrato de bambu durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%), - espécie ausente].

TrBam	Índice de Constância de Dajoz								
Taxa	12 Dez'11	27 Dez'11	11 Jan'12	26 Jan'12	10 Fev'12	28 Fev'12	14 Mar'12	29 Mar'12	12 Abr'12
<u>Rotifera</u>									
<i>Asplanchna</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bdelloidea	■	■	■	■	■	■	-	■	■
<i>Brachionus calyciflorus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Brachionus falcatus</i>	■	■	■	-	■	-	■	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	■	-	-	■	■	■	■	■	■
<i>Filinia longiseta</i>	■	-	■	-	-	-	■	■	-
<i>Filinia opoliensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Filinia terminalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	■	-
<i>Keratella americana</i>	■	-	-	-	■	-	■	■	■
<i>Keratella cochlearis</i>	■	-	■	■	-	-	-	■	■
<i>Keratella tropica</i>	■	■	■	-	■	■	■	-	■
<i>Lecane bulla</i>	■	-	■	■	■	■	■	-	■
<i>Lecane elsa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polyarthra</i> sp.	■	■	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■

<u>Cladocera</u>									
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>									
<i>Macrothrix spinosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Moina minuta</i>	-								
<u>Copepoda</u>									
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	-			-		-	-		-
Copepodito									
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-		-	-	-	-	
Náuplio									
<i>Notodiatomus iheringi</i>	-								
<i>Thermocyclops decipiens</i>									

Também como ocorreu nos tratamentos com substrato, no tratamento sem substrato, a constância de alguns taxa foi irregular (Tabela 11). Os rotíferos Bdelloidea e *Brachionus falcatus*, considerados inicialmente como espécies constantes, não foram mais encontrados nos viveiros ou se tornaram espécies acidentais no decorrer do experimento. Por outro lado, *B. havanaensis* passou de espécie acessória à constante logo nos segundo mês. Grandes flutuações de constância podem ser vistas na espécie *F. terminalis*, a qual intercalava de espécie acessória à constante entre os meses, até terminar como espécie acidental no último mês. Comportamento semelhante também ocorreu com *L. elsa*. Nesse caso, a espécie tomou o caminho inverso, de não ocorrência nos viveiros, passando de espécie acidental, até se tornar espécie constante ao final do estudo.

Nesse tratamento, foram encontradas quatro espécies de cladóceros, porém, apenas dois mantiveram-se constantes na maior parte das coletas (Tabela 11). *D. spinulosum* e *M. minuta* foram encontrados praticamente em todos os viveiros do tratamento sem substrato (controle). Já a ocorrência das outras duas espécies, *Bosmina longirostris* e *Ceriodaphnia cornuta*, foi pontual, aparecendo apenas em coletas esporádicas e somente em alguns viveiros.

No grupo dos copépodos, a constância dos taxa foi maior que dos grupos anteriores (Tabela 11). Porém, *Argyrodiaptomus furcatus* e *Mesocyclops meridianus* flutuaram na constância durante o experimento, aparecendo pontual e esporadicamente nos viveiros sem substrato. Nas duas últimas coletas, *A. furcatus* passou de espécie acidental à acessória, depois de cinco coletas ausente nos viveiros. Já *M. meridianus* apareceu somente em alguns viveiros, considerada, assim, uma espécie acidental em uma única coleta. Por outro lado, copepoditos, náuplios, *N. iheringi* e *T. decipiens* foram mais estáveis nas aparições, permanecendo como espécies constantes na maioria das coletas. O tratamento sem substrato foi o único a iniciar o experimento com menos taxa constantes (oito) e finalizar com um número maior (onze).

Tabela 11. Grupos zooplancônicos encontrados em viveiros de policultivo sem substrato durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%), - espécie ausente].

TrCon	Índice de Constância de Dajoz								
Taxa	12 Dez'11	27 Dez'11	11 Jan'12	26 Jan'12	10 Fev'12	28 Fev'12	14 Mar'12	29 Mar'12	12 Abr'12
<u>Rotifera</u>									
<i>Asplanchna</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bdelloidea	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Brachionus calyciflorus</i>	■	-	■	■	■	■	■	■	-
<i>Brachionus falcatus</i>	■	■	■	■	■	-	-	■	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	■	■	-	■	■	■	■	■	■
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	-	■	-	-	-	■	-
<i>Filinia opoliensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	■	■
<i>Filinia terminalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Keratella americana</i>	■	-	■	-	■	■	■	-	■
<i>Keratella cochlearis</i>	-	-	-	-	-	-	-	■	-
<i>Keratella tropica</i>	■	-	■	■	-	■	■	■	■
<i>Lecane bulla</i>	■	-	■	■	-	-	-	-	■
<i>Lecane elsa</i>	-	■	■	-	■	■	■	■	■
<i>Polyarthra</i> sp.	■	-	■	■	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Cladocera</u>									
<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	■	■	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	■
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Moina minuta</i>	-	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Copepoda</u>									
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	■	■	-	-	-	-	-	■	■
Copepodito	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	■	-	-	-	-	-	-	-
Náuplio	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Notodiatomus iheringi</i>	■	■	■	-	■	■	■	■	■
<i>Thermocyclops decipiens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Devido à elevada constância das espécies encontradas durante as coletas, o teste de similaridade de Jaccard apontou alta similaridade (>60%) entre os tratamentos e entre o período de cultivo (Figura 17).

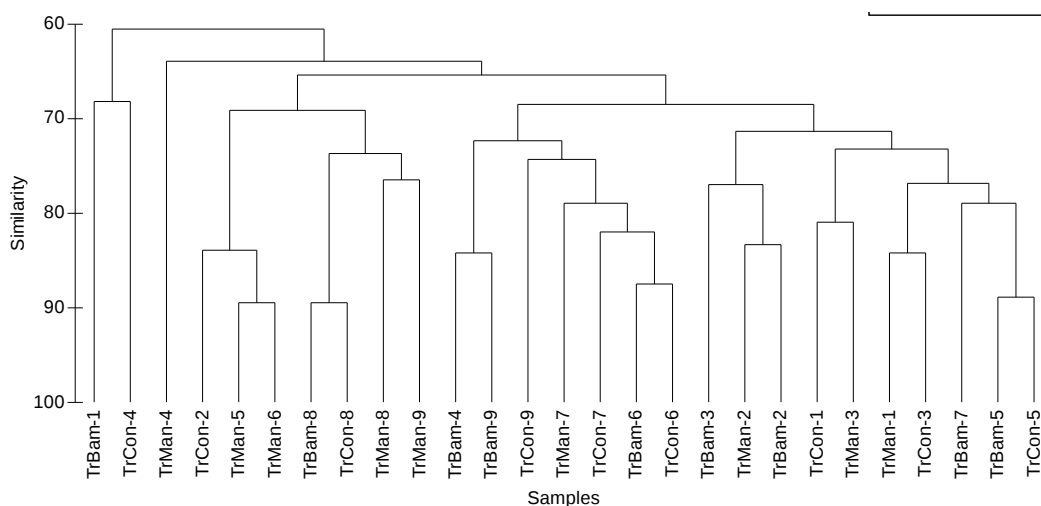


Figura 17. Dendrograma de UPGMA do coeficiente de similaridade de Jaccard para a composição de espécies de 27 coletas realizadas em viveiros de policultivo, analisadas para 27 grupos zooplancônicos ($R_{\text{Global}} = 0,321$; $p = 0,002$). TrMan – Tratamento Manta; TrBam – Tratamento Bambu; TrCon – Tratamento Controle. Números seguidos dos tratamentos representam as coletas: (1) - 12 de dezembro de 2011; (2) - 27 de dezembro de 2011; (3) - 11 de janeiro de 2012; (4) - 26 de janeiro de 2012; (5) - 10 de fevereiro de 2012; (6) - 28 de fevereiro de 2012; (7) - 14 de março de 2012; (8) - 29 de março de 2012; (9) - 12 de abril de 2012.

b) Variação temporal

A análise temporal, sem diferenciar os tratamentos, apresentou constância em 39% das coletas para todos os taxa (Tabela 12). O grupo com mais taxa constante foi o copepoda, com 57% das coletas com taxas constantes. Os cladóceros foram o grupo que apresentaram menor porcentagem de taxas constantes.

Os taxa de rotíferos mais constantes foram *Asplanchna* sp., *Bdelloidea*, *Lecane elsa* e *Trichocerca* sp., com mais da metade das coletas com representantes em mais de 50% dos viveiros (Tabela 12). Já os rotíferos *B. falcatus* e *Polyarthra* sp. não foram mais encontrados nos viveiros nos meses finais do experimento.

Para o grupo de cladóceros, apenas *D. spinulosum* e *M. minuta* foram as espécies que mantiveram-se constantes em praticamente todas as coletas (Tabela 12). Já *M. spinosa*, inicialmente ausente nos viveiros, começou a se tornar uma espécie acidental nos meses finais do experimento.

Copepodito, náuplios, *N. iheringi* e *T. decipiens* apresentaram constância em praticamente todas as coletas ao longo do período (Tabela 12). As outras duas espécies de copépodes se mostraram instáveis no decorrer do experimento, intercalando como espécie acessória, acidental e não aparecendo algumas vezes ao longo dos meses.

No geral, o número de taxa constante diminuiu de 13 no início do experimento para 11 ao final do período (Tabela 12). Os rotíferos foram os que diminuíram mais taxa constantes. Embora com menos taxa constantes, os cladóceros aumentaram o número de representantes ao final do experimento, com os casos acidentais de *B. longistrostris*, *C. cornuta* e *M. spinosa*. Já os copépodes finalizaram o experimento com a presença de todos os representantes encontrados no decorrer do período em ao menos dois viveiros.

Tabela 12. Grupos zooplantônicos encontrados em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%), - espécie ausente].

Taxa	Índice de Constância de Dajoz								
	12 Dez'11	27 Dez'11	11 Jan'12	26 Jan'12	10 Fev'12	28 Fev'12	14 Mar'12	29 Mar'12	12 Abr'12
<u>Rotifera</u>									
<i>Asplanchna</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Bdelloidea</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Brachionus calyciflorus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Brachionus falcatus</i>	■	■	■	■	■	■	■	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Filinia longiseta</i>	■	-	■	■	■	-	■	■	-
<i>Filinia opoliensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Filinia terminalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Keratella americana</i>	■	-	■	■	■	■	■	■	■
<i>Keratella cochlearis</i>	■	-	■	■	-	-	-	■	■
<i>Keratella tropica</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Lecane bulla</i>	■	-	■	■	■	■	■	-	■
<i>Lecane elsa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polyarthra</i> sp.	■	■	■	■	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Cladocera</u>									
<i>Alonella dentifera</i>	-	-	-	-	-	-	■	-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	-	■	■	■	■	■	-	-	■
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	■
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Macrothrix spinosa</i>	-	-	-	-	-	-	■	■	■
<i>Moina minuta</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<u>Copepoda</u>									

<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>			-		-		
Copepodito							
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-		-		-	-	
Náuplio							
<i>Notodiatomus iheringi</i>							
<i>Thermocyclops decipiens</i>							

A diversidade de Simpson diminui no decorrer do policultivo, sendo a última coleta (12 de abril de 2015) a com menor índice (Figura 18). Ao iniciar o experimento, a diversidade de Simpson atingiu o índice de 0,79, mostrando alta diversidade de espécies nos viveiros. Porém, no decorrer dos meses, essa diversidade foi declinando, até chegar à marca de 0,39.

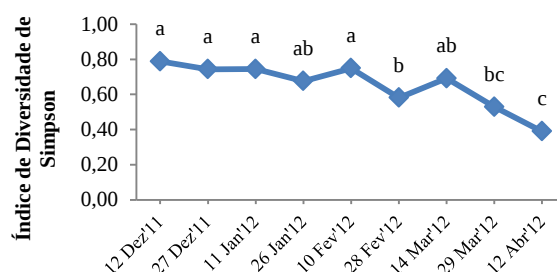


Figura 18. Índice de Diversidade de Simpson para comunidade zooplancônica de viveiros de policultivo no decorrer do tempo. Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis ($H = 18,95$; $p = 0,01$).

c) Variação por tratamento

Na média geral das coletas, apenas rotíferos e copépodos apresentaram todos os representantes em todos os tratamentos (Tabela 13). Por outro lado, algumas espécies de cladóceros não estavam presentes em determinados tratamentos. A espécie *Alonella dentifera* não foi encontrada nos viveiros sem substrato. Já *Bosmina longirostris* não apareceu nos tratamentos com substrato de bambu e *Ceriodaphnia cornuta* apareceu apenas em um viveiro do tratamento sem substrato.

Embora com uma pequena diferença, os taxa considerados constantes no grupo dos rotíferos foram maiores no tratamento com bambu (Tabela 13). Para cladóceros, o número de taxa constantes nos três tratamentos foi igual. Já em copépodos, o tratamento com manta e o sem substrato apresentaram um taxa a mais do que o tratamento com bambu.

Tabela 13. Grupos zooplancônicos encontrados nos três tratamentos (Manta, Bambu e Controle) em viveiros de policultivo durante quatro meses de experimento com o respectivo Índice de Constância de Dajoz [■ espécie constante (> 50%), ■ espécie acessória (25 a 50%), ■ espécie acidental (< 25%), - espécie ausente]. (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Taxa	Índice de Constância de Dajoz		
	TrMan	TrBam	TrCon
<u>Rotifera</u>			
<i>Asplanchna</i> sp.	■	■	■
Bdelloidea	■	■	■
<i>Brachionus calyciflorus</i>	■	■	■
<i>Brachionus falcatus</i>	■	■	■
<i>Brachionus havanaensis</i>	■	■	■
<i>Filinia longiseta</i>	■	■	■
<i>Filinia opoliensis</i>	■	■	■
<i>Filinia terminalis</i>	■	■	■
<i>Keratella americana</i>	■	■	■
<i>Keratella cochlearis</i>	■	■	■
<i>Keratella tropica</i>	■	■	■
<i>Lecane bulla</i>	■	■	■
<i>Lecane elsa</i>	■	■	■
<i>Polyarthra</i> sp.	■	■	■
<i>Trichocerca</i> sp.	■	■	■
<u>Cladocera</u>			
<i>Alonella dentifera</i>	■	■	-
<i>Bosmina longirostris</i>	■	-	■
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	■
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	■	■	■
<i>Macrothrix spinosa</i>	■	■	■
<i>Moina minuta</i>	■	■	■
<u>Copepoda</u>			
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	■	■	■
Copepodito	■	■	■
<i>Mesocyclops meridianus</i>	■	■	■
Náuplio	■	■	■
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	■	■	■
<i>Thermocyclops decipiens</i>	■	■	■

Quando comparadas às médias gerais por tratamento, os viveiros sem substrato apresentaram maior diversidade de Simpson, com índice de 0,71. Por outro lado, os viveiros com substrato de bambu apresentaram o menor índice de diversidade, com 0,59 (Figura 19).

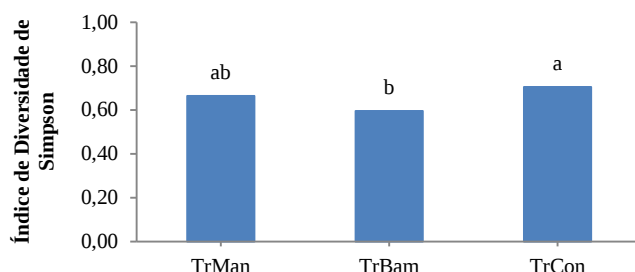


Figura 19. Índice de Diversidade de Simpson para comunidade zooplancônica de viveiros de policultivo submetidos a três tratamentos (manta, bambu e sem substrato). Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis ($H = 2,54$; $p = 0,03$). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

4.2.2. Estrutura de tamanho corpóreo

a) Variação temporal por tratamento

O tipo de substrato e o decorrer do tempo influenciaram grande parte dos taxa zooplancônicos (Tabela 14). No tratamento com substrato de manta, apenas o grande grupo Rotifera aumentou em tamanho (Figura 20A). Por outro lado, Cladocera e Copepoda variaram em tamanho no decorrer no período (Figuras 20H e L, respectivamente). No grupo dos rotíferos, as espécies que aumentaram em tamanho foram *ilini* e *L. elsa* (Figuras 20C e F). Já para os copépodos, apenas as formas larval e jovem aumentaram em tamanho no decorrer do experimento, no tratamento com substrato de manta (Figuras 20M e N). Por outro lado, alguns taxa diminuíram em tamanho do corpo nesse tratamento. As espécies de rotíferos *B. calyciflorus* e *L. bulla*, o cladócero *D. spinulosum* e o copépoda *T. decipiens* diminuíram em tamanho no decorrer do período, nos viveiros com substrato de manta (Figuras 20B, E, I e P, respectivamente). Além disso, alguns taxa variaram em tamanho, no decorrer do período, sem apresentar padrão de aumento ou diminuição dessa característica. No tratamento com manta, os taxa Cladocera e Copepoda, com suas espécies representantes, *M. minuta*, *N. iheringi* variaram em tamanho corpóreo durante os quatro meses do experimento (Figuras 20H, J, L e O).

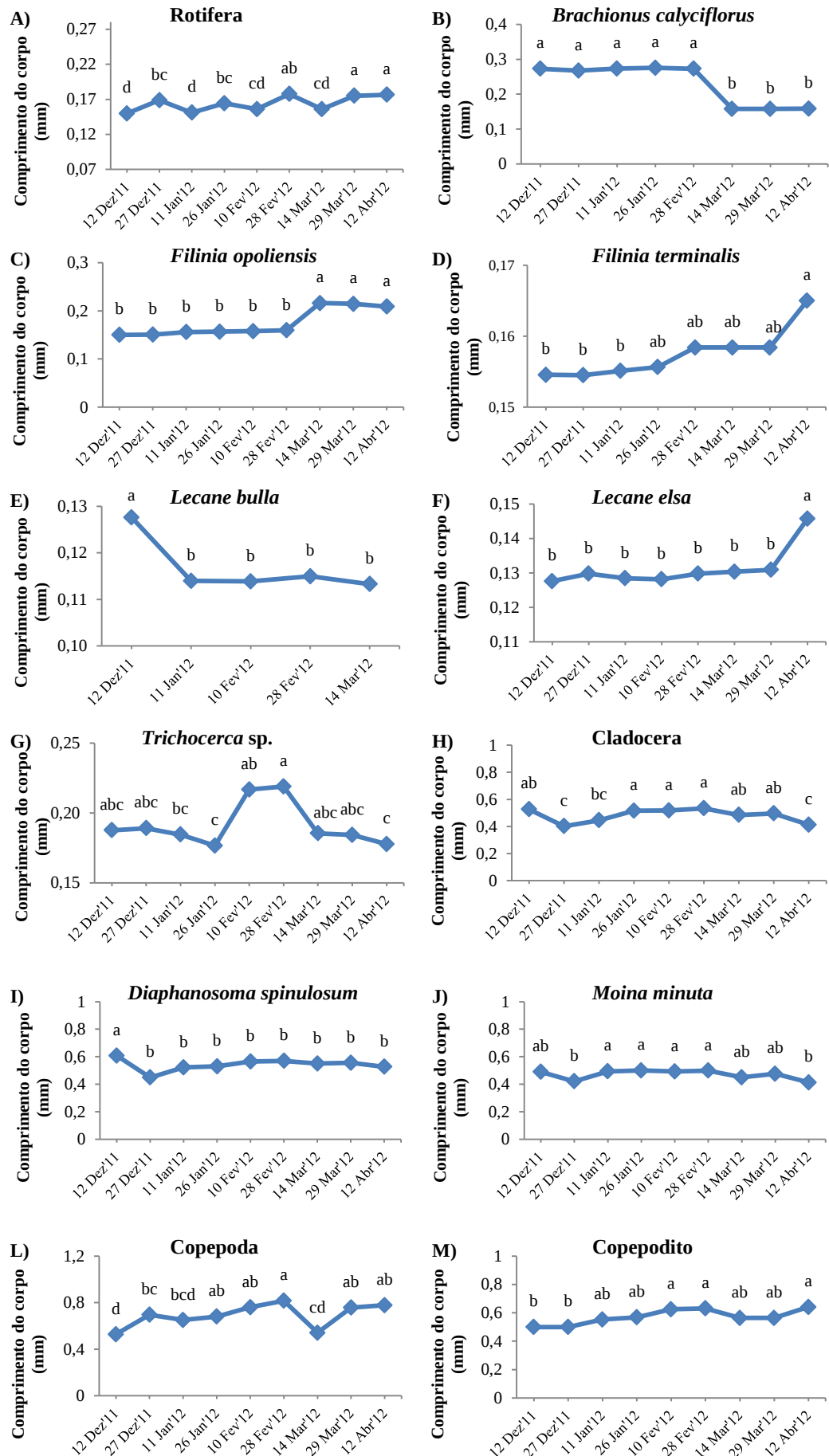
No tratamento com bambu, os rotíferos que aumentaram em tamanho foram *B. havanaensis*, *F. opoliensis* e *L. elsa* (Figuras 21D, E e G, respectivamente). Nesse mesmo tratamento, as formas larval e jovem de copépoda também aumentaram em tamanho, além das espécies adultas *Argyrodiaptomus furcatus* e *Thermocyclops decipiens* (Figuras 21M, N, O e Q). O único taxa que diminuiu de tamanho foi o rotífero *K. cochlearis*, na última coleta (Figura 21F). Já a variação de tamanho despadronizada no tratamento com bambu ocorreu entre os grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda, assim como seus componentes, *B. calyciflorus*, *Trichocerca* sp., *M. minuta*, copepoditos, náuplios e *T. decipiens* (Figuras 21A, B, H, I, J, L, N, O e Q).

Por fim, no tratamento sem substrato, *Asplanchna* sp. e *K. americana* foram as únicas espécies de rotífero que apresentaram aumento no tamanho do corpo, no decorrer do experimento (Figuras 22B e E). Já para cladóceros, tanto *Diaphanosoma spinulosum* quanto *Moina minuta* aumentaram em tamanho, aumentando, assim, o grande grupo Cladocera (Figuras 22I, J e L). Além disso, o copépoda *N. iheringi* também aumentou suas dimensões no decorrer do estudo, no tratamento sem substrato (Figura 22Q). Nos viveiros sem substrato, os rotíferos *F. terminalis* e *K. tropica* e os copépodos *A. furcatus* e *T. decipiens* diminuíram em tamanho durante os quatro meses (Figuras 22D, F, N e R, respectivamente). O tratamento sem substrato foi o que apresentou maior número de taxa, variando em tamanho durante os quatro meses. Assim como no caso anterior, Rotifera e Copepoda variaram em tamanho em quatro meses de estudo. Seus representantes, *B. havanaensis*, *L. elsa*, *Trichocerca* sp., copepoditos e náuplios também seguiram variação semelhante durante o mesmo período nos viveiros sem substrato (Figuras 22A, C, G, H, M, O e P).

Tabela 14. Valores de H e de p para a comparação das médias dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplancônica no decorrer do experimento, em cada tratamento. (Kruskal-Wallis, 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Taxa	Tratamento					
	TrMan		TrBam		TrCon	
	H	p	H	p	H	P
<u>Rotifera</u>	138,69	**	51,34	**	57,77	**
<i>Asplanchna</i> sp.	12,82	ns	16,36	*	51,76	**
<i>Brachionus calyciflorus</i>	126,00	**	46,70	**	13,42	ns
<i>Brachionus falcatus</i>	8,77	ns	3,14	ns	1,30	ns
<i>Brachionus havanaensis</i>	5,68	ns	67,64	**	15,32	*
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	0,00	ns	0,00	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	132,58	**	90,73	**	1,21	ns
<i>Filinia terminalis</i>	15,24	*	-	-	68,72	**
<i>Keratella americana</i>	3,15	ns	5,22	ns	13,66	*
<i>Keratella cochlearis</i>	0,14	ns	10,18	*	-	-
<i>Keratella tropica</i>	3,70	ns	5,46	ns	15,22	*
<i>Lecane bulla</i>	43,41	**	4,45	ns	1,29	ns
<i>Lecane elsa</i>	61,39	**	65,62	**	18,80	**
<i>Polyarthra</i> sp.	1,86	ns	0,06	ns	0,20	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	17,08	*	90,17	**	36,70	**
<u>Cladocera</u>	97,67	**	17,91	*	55,27	**
<i>Alonella dentifera</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	0,75	ns	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	25,20	**	10,35	ns	42,69	**
<i>Macrothrix spinosa</i>	0,01	ns	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	47,20	**	21,93	**	23,66	**
<u>Copepoda</u>	84,40	**	71,10	**	69,99	**
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	5,10	ns	25,01	**	42,83	**
Copepodito	33,48	**	19,79	*	62,67	**
<i>Mesocyclops meridianus</i>	0,95	ns	-	-	-	-
Náuplio	93,66	**	53,66	**	97,34	**
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	72,20	**	15,09	*	60,83	**
<i>Thermocyclops decipiens</i>	71,84	**	18,53	*	89,01	**

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante; - = ausente no tratamento.



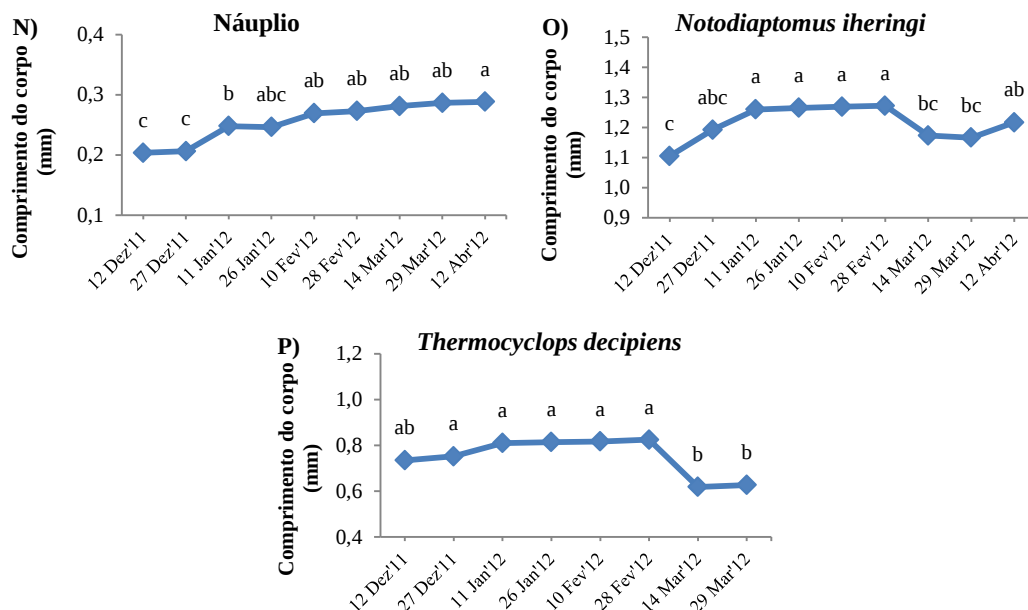
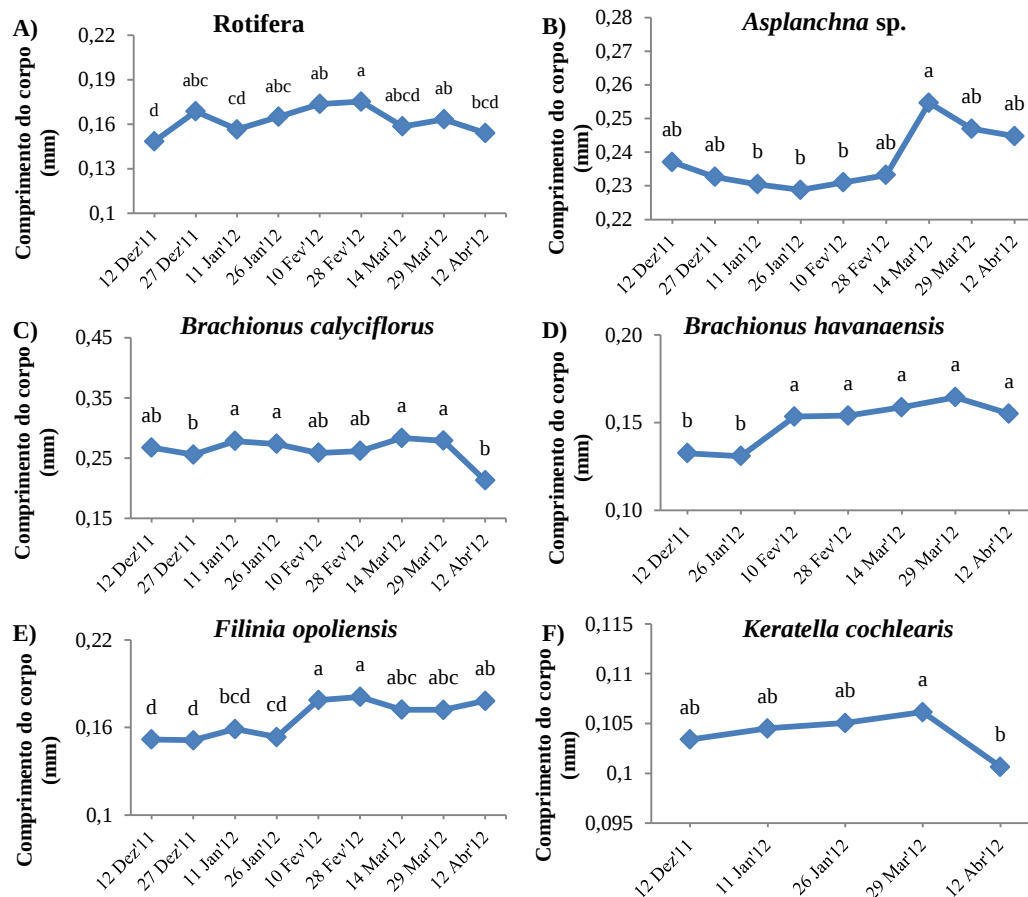


Figura 20. Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros com substrato de manta, no decorrer do experimento. A) Rotifera; B) *Brachionus calyciflorus*; C) *Filinia opoliensis*; D) *Filinia terminalis*; E) *Lecane bulla*; F) *Lecane elsa*; G) *Trichocerca* sp.; H) Cladocera; I) *Diaphanosma spinulosum*; J) *Moina minuta*; L) Copepoda; M) Copepodito; N) Náuplio; O) *Notodiaptomus iheringi*; P) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).



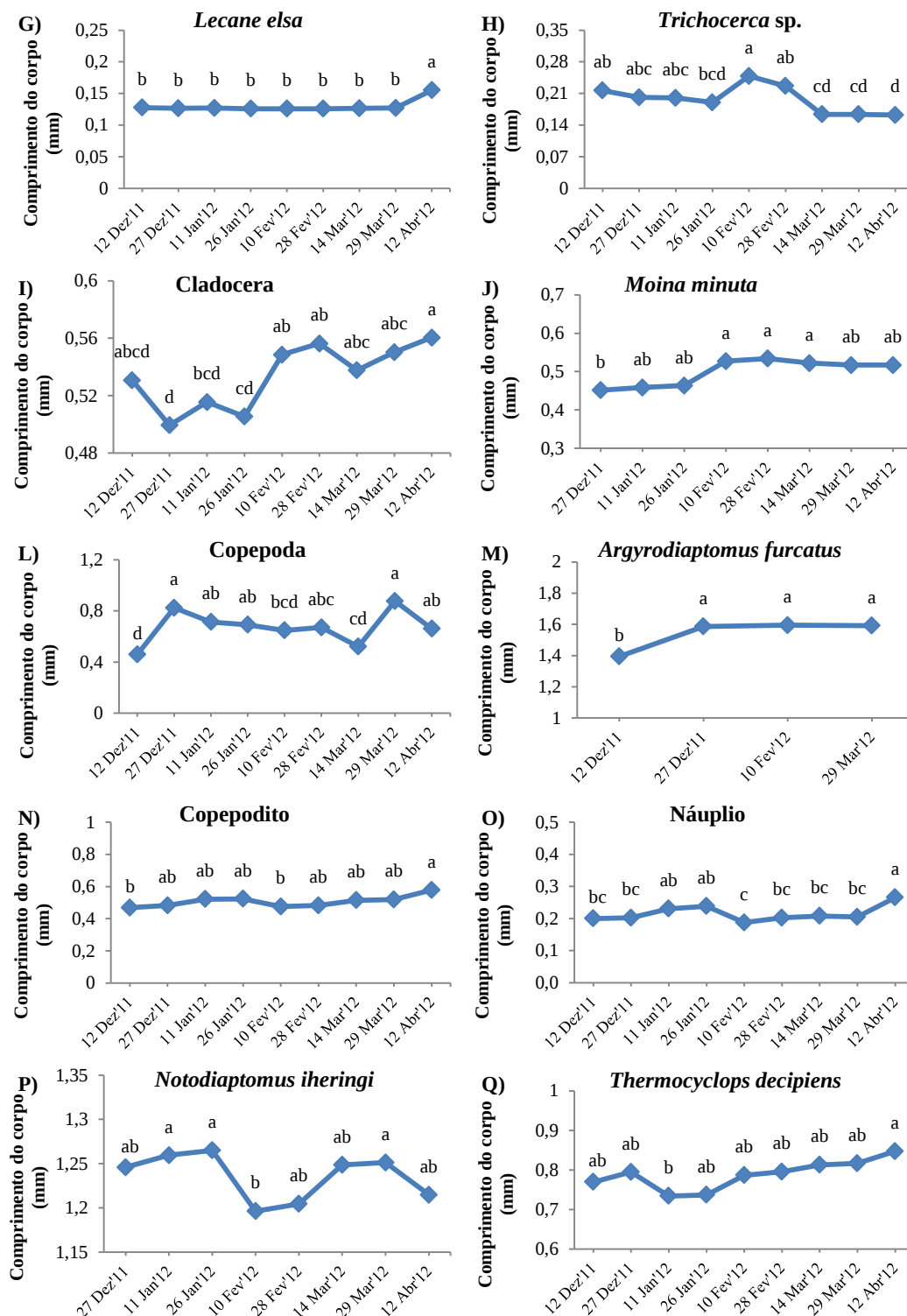
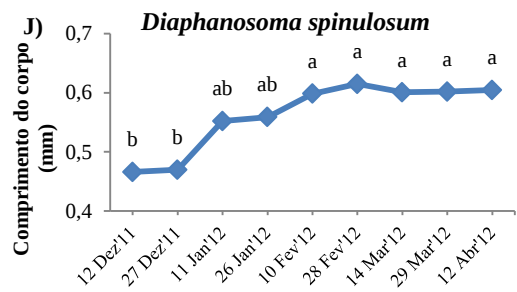
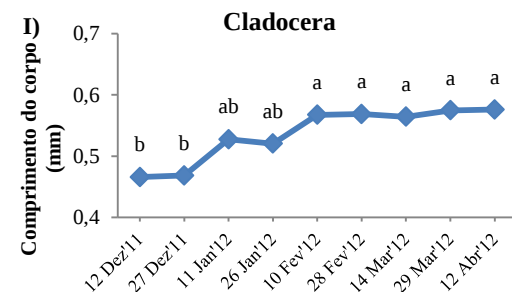
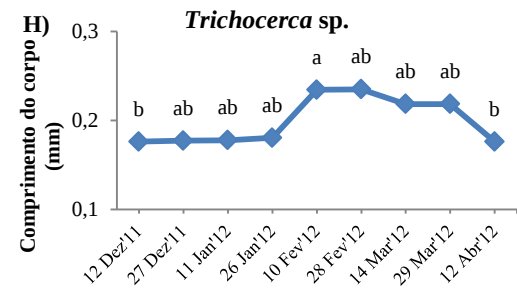
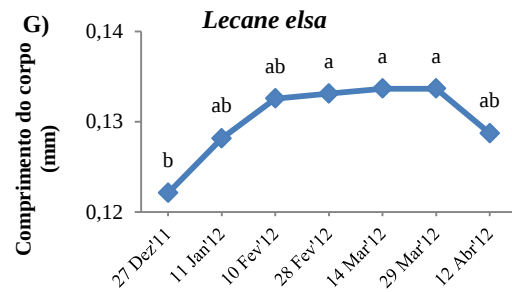
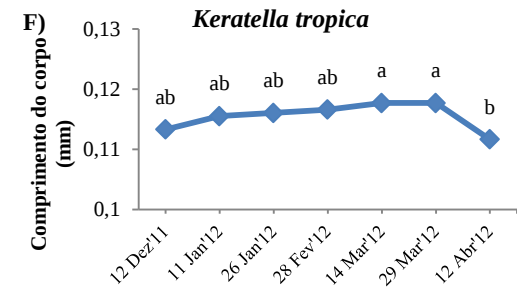
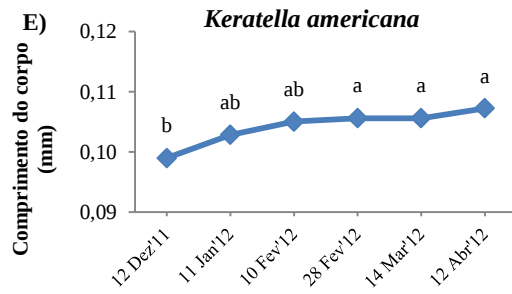
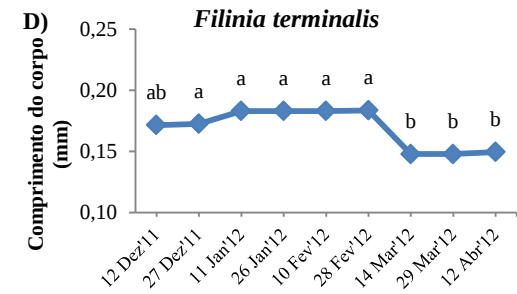
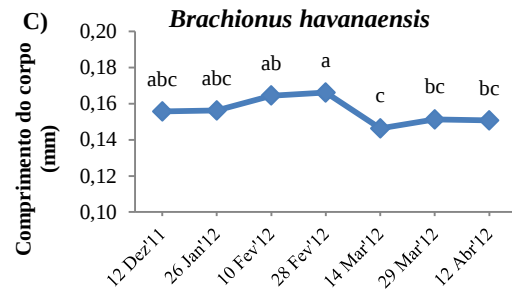
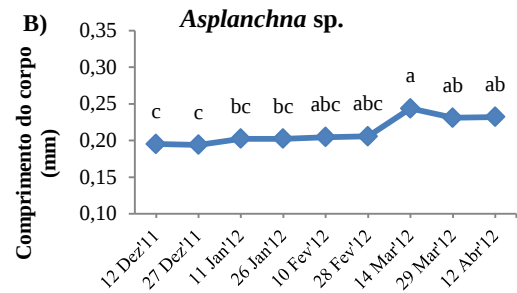
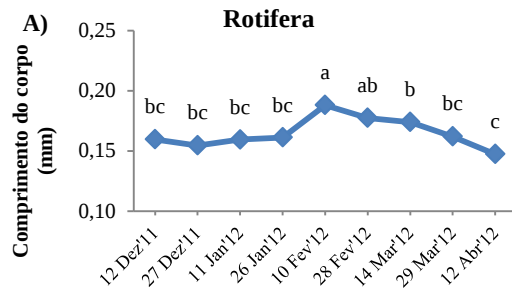


Figura 21. Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros com substrato de bambu, no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus calyciflorus*; D) *Brachionus havanaensis*; E) *Filinia opoliensis*; F) *Keratella cochlearis*; G) *Lecane elsa*; H) *Trichocerca* sp.; I) Cladocera; J) *Moina minuta*; L) Copepoda; M) *Argyrodiaptomus furcatus*; N) Copepodito; O) Náuplio; P) *Notodiaptomus iheringi*; Q) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).



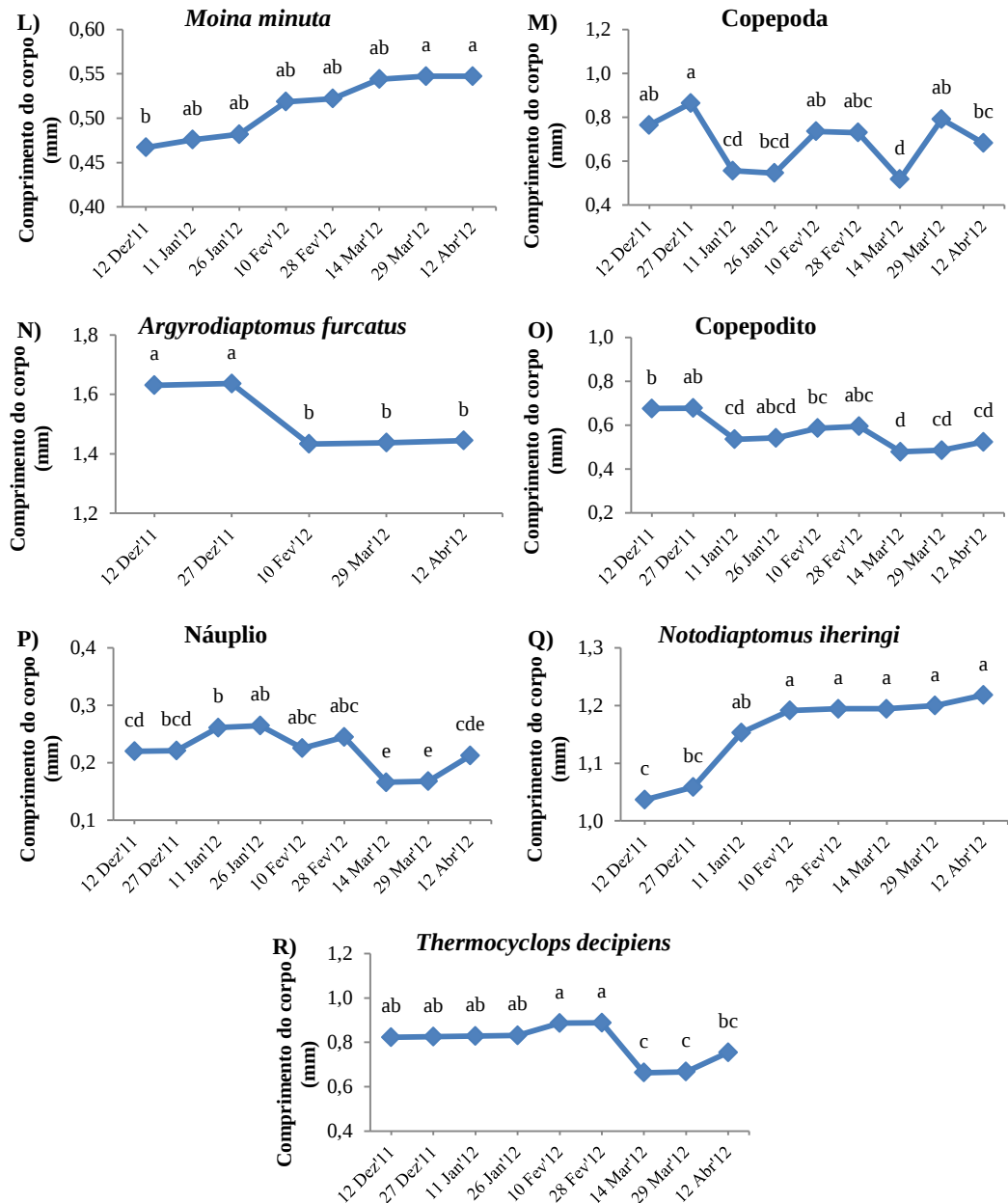


Figura 22. Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplancônicos nos viveiros sem substrato (controle), no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus havanaensis*; D) *Filinia terminalis*; E) *Keratella americana*; F) *Keratella tropica*; G) *Lecane elsa*; H) *Trichocerca* sp.; I) Cladocera; J) *Diaphanosoma spinulosum*; L) *Moina minuta*; M) Copepoda; N) *Argyrodiaptomus furcatus*; O) Copepodito; P) Náuplio; Q) *Notodiaptomus iheringi*; R) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

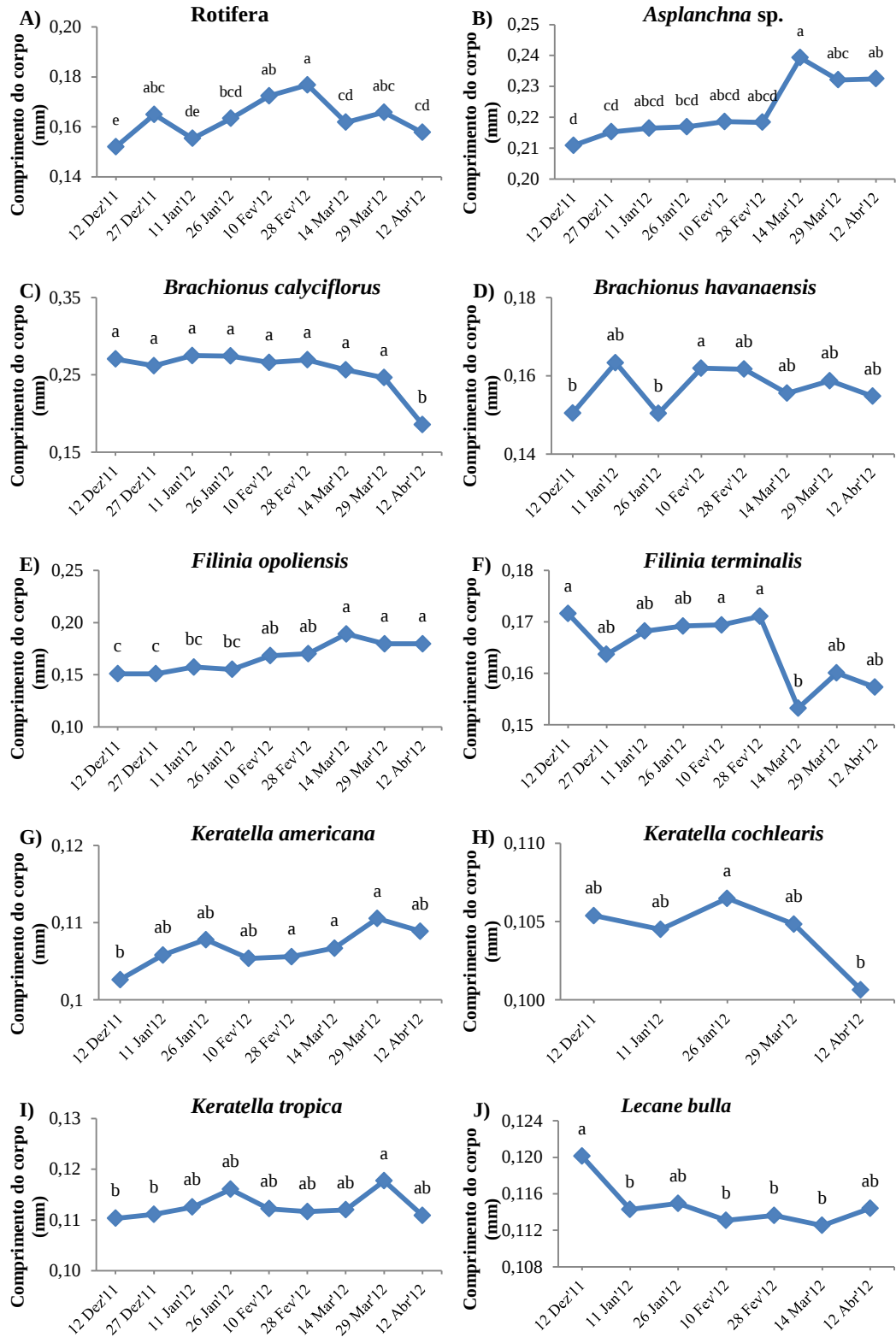
b) Variação temporal

Ao unir os tratamentos, também houve variações do comprimento do corpo ao longo do experimento (Tabela 15). Os grupos Rotifera, Cladocera e Copepoda apresentaram variação de tamanho de corpo durante os quatro meses, não apresentando padrão de aumento ou diminuição do mesmo (Figuras 23A, N e Q, respectivamente). Seus taxa, *Asplanchna* sp., *B. havanaensis*, *F. terminalis*, *K. americana*, *K. tropica*, *L. bulla*, *Trichocerca* sp., a forma larval de Copepoda (náuplios) e os adultos *N. iheringi* e *T. decipiens* também apresentaram variação semelhante (Figuras 23B, D, F, G, I, J, M, S, T e U, respectivamente). Por outro lado, as espécies de rotíferos *F. opoliensis* e *L. elsa* aumentaram em comprimento do corpo no decorrer dos meses, assim como os cladóceros *D. spinulosum* e *M. minuta* (Figuras 23E, L, O e P, respectivamente). Já os rotíferos *B. calyciflorus* e *K. cochlearis* e o copépodo *A. furcatus* diminuíram seus tamanhos corpóreos no decorrer do experimento (Figuras 23C, H e R, respectivamente).

Tabela 15. Valores de H e de *p* para a comparação das médias dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.

Taxa	H	<i>p</i>
<u>Rotifera</u>	118,93	**
<i>Asplanchna</i> sp.	42,50	**
<i>Brachionus calyciflorus</i>	87,09	**
<i>Brachionus falcatus</i>	15,96	ns
<i>Brachionus havanaensis</i>	33,32	**
<i>Filinia longiseta</i>	20,10	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	136,62	**
<i>Filinia terminalis</i>	28,56	**
<i>Keratella americana</i>	20,59	**
<i>Keratella cochlearis</i>	13,49	ns
<i>Keratella tropica</i>	25,75	**
<i>Lecane bulla</i>	33,12	**
<i>Lecane elsa</i>	83,24	**
<i>Polyarthra</i> sp.	2,03	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	90,38	**
<u>Cladocera</u>	102,05	**
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	41,60	**
<i>Moina minuta</i>	53,71	**
<u>Copepoda</u>	147,11	**
<i>Argyrodaptomus furcatus</i>	45,88	**
Copepodito	11,95	ns
<i>Mesocyclops meridianus</i>	0,88	ns
Náuplio	76,09	**

<i>Notodiaptomus iheringi</i>	90,78	**
<i>Thermocyclops decipiens</i>	85,80	**
Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.		



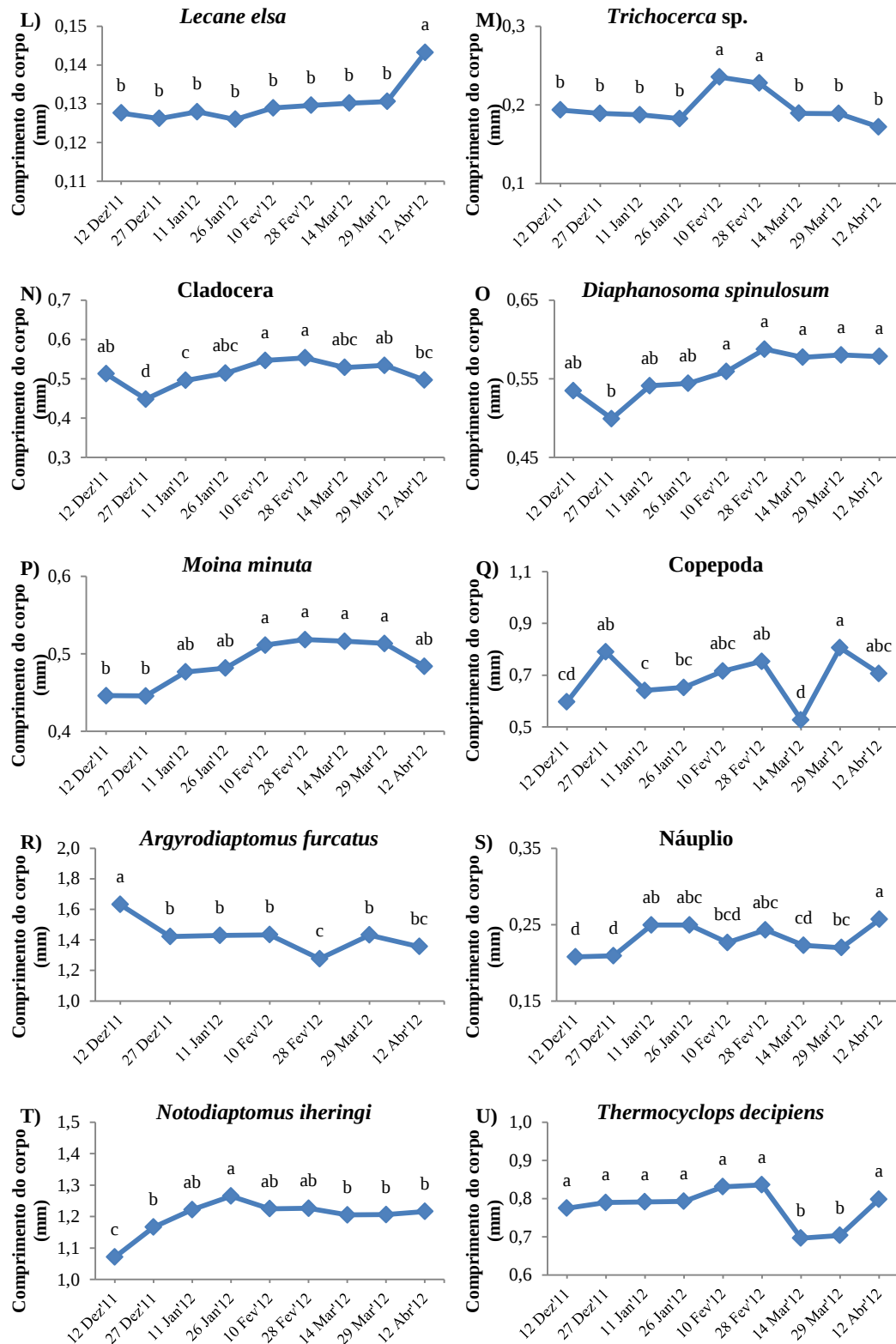


Figura 23. Médias dos tamanhos dos corpos (mm) dos taxa zooplânctônicos nos viveiros de policultivo, no decorrer do experimento. A) Rotífera; B) *Asplanchna* sp.; C) *Brachionus calyciflorus*; D) *Brachionus havanaensis*; E) *Filinia opoliensis*; F) *Filinia terminalis*; G) *Keratella americana*; H) *Keratella cochlearis*; I) *Keratella tropica*; J) *Lecane bulla*; L) *Lecane elsa*; M) *Trichocerca* sp.; N) Cladocera; O) *Diaphanosoma spinulosum*; P) *Moina minuta*; Q) Copepoda; R) *Argyrodiaptomus furcatus*; S) Náuplio; T) *Notodiaptomus iheringi*; U) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada taxa não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

c) Variação por tratamento

O tamanho corpóreo dos taxa zooplancônicos em cada tratamento também apresentou diferenças quando da comparação entre as médias das coletas (Tabela 16). No tratamento com substrato de manta, os rotíferos *B. havanaensis* e *K. tropica* e a forma larval de copépodo, náuplio, foram os que apresentaram maiores tamanhos quando comparados às mesmas espécies nos outros tratamentos (Tabela 16). Já no tratamento com substrato de bambu, apenas *Asplanchna* sp. diferiu dos outros tratamentos, apresentando maior comprimento corpóreo. Por outro lado, no tratamento sem substrato, um maior número de taxa apresentou maiores tamanhos de corpo. O grupo Rotifera, assim como seus representantes *B. calyciflorus*, *B. falcatus*, *K. tropica* e *Trichocerca* sp., apresentou maiores dimensões quando comparado às dimensões das mesmas espécies nos outros tratamentos. Isso também ocorreu com o grupo Cladocera e seu representante *M. minuta* (Tabela 16).

Outros taxa apresentaram maiores dimensões corpóreas, porém, em dois tratamentos, como o grupo Rotifera, *L. bulla*, o grupo Copepoda e copepoditos (Tabela 16). Esses taxa apresentaram maiores tamanhos corpóreos nos tratamentos com manta e controle. Já o tamanho do corpo dos rotíferos *F. longiseta*, *F. opoliensis*, *K. americana* e o copépodo *N. iheirngi* foram maiores nos tratamentos com substrato. Para os tratamentos com substrato de bambu e o sem substrato, apresentaram os maiores tamanhos para as espécies *F. terminalis* (rotífero), *A. furcatus* e *T. decipiens* (copépodos) (Tabela 16).

Tabela 16. Médias e valores de H e de p para a comparação dos tamanhos corpóreos de cada taxa zooplancônico entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).

Taxa	Tratamentos			H	p
	TrMan	TrBam	TrCon		
<u>Rotifera</u>	0,162 ^a	0,162 ^b	0,165 ^a	16,68	**
<i>Asplanchna</i> sp.	0,217 ^b	0,238 ^a	0,212 ^b	109,76	**
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,229 ^c	0,263 ^b	0,268 ^a	47,51	**
<i>Brachionus falcatus</i>	0,160 ^b	0,153 ^b	0,176 ^a	177,10	**
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,162 ^a	0,151 ^b	0,156 ^b	53,08	**
<i>Filinia longiseta</i>	0,088 ^a	0,088 ^a	0,085 ^b	27,41	**
<i>Filinia opoliensis</i>	0,174 ^a	0,167 ^a	0,152 ^b	19,66	**
<i>Filinia terminalis</i>	0,158 ^b	0,174 ^a	0,169 ^a	47,94	**
<i>Keratella americana</i>	0,108 ^a	0,107 ^a	0,104 ^b	14,97	**
<i>Keratella cochlearis</i>	0,108	0,104 ^{ab}	0,103 ^b	12,92	**
<i>Keratella tropica</i>	0,108 ^c	0,112 ^b	0,116 ^a	56,60	**
<i>Lecane bulla</i>	0,117 ^a	0,112 ^b	0,119 ^a	68,46	**
<i>Lecane elsa</i>	0,131 ^a	0,130 ^b	0,130 ^{ab}	10,12	*

<i>Polyarthra</i> sp.	0,119	0,122	0,118	5,04	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	0,191 ^b	0,201 ^{ab}	0,202 ^a	7,83	*
<u>Cladocera</u>	0,470 ^a	0,530 ^{ab}	0,544 ^a	103,42	**
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0,544	0,562	0,566	2,02	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	0,455	0,452	-	1,07	ns
<i>Moina minuta</i>	0,466 ^b	0,504 ^{ab}	0,516 ^a	3,38	**
<u>Copepoda</u>	0,637 ^a	0,601 ^b	0,614 ^a	8,11	*
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	1,264 ^b	1,542 ^a	1,516 ^a	200,42	**
Copepodito	0,575 ^a	0,511 ^b	0,563 ^a	43,72	**
<i>Mesocyclops meridianus</i>	0,771	0,770	0,767	0,04	ns
Náuplio	0,256 ^a	0,215 ^b	0,222 ^b	89,61	**
<i>Notodiatomus iheringi</i>	1,222 ^a	1,232 ^a	1,161 ^b	55,60	**
<i>Thermocyclops decipiens</i>	0,750 ^b	0,787 ^a	0,802 ^a	17,28	**

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística. Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.

Os principais componentes do microzooplâncton foram os rotíferos, porém, alguns microcrustáceos também estavam presentes nessa classe (Tabela 17). Nos três tratamentos, a forma náuplio de copépodos estava presente na menor classe de tamanho, assim como a maioria dos cladóceros. Na classe intermediária mesozooplâncton, estavam presentes os microcrustáceos somente. No tratamento com substrato de bambu, foram encontrados apenas copépodos adultos nessa classe de tamanho. Nesse tratamento, os copepoditos estavam presentes apenas como microzooplâncton. Por fim, zooplânctons maiores, denominados macrozooplâncton, formaram o grupo, constituindo somente copépodos adultos das espécies *Notodiatomus iheringi* e *Argyrodiaptomus furcatus*.

Tabela 17. Contribuição de cada taxa na composição das classes de zooplâncton estabelecida nos viveiros submetidos aos tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).

Taxa	Classe de tamanho								
	Microzooplâncton (0,09 - 0,60 mm)			Mesozooplâncton (0,61 - 1,12 mm)			Macrozooplâncton (1,13 - 1,64 mm)		
<u>Rotifera</u>	TrMan	TrBam	TrCon	TrMan	TrBam	TrCon	TrMan	TrBam	TrCon
<i>Asplanchna</i> sp.	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Brachionus calyciflorus</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Brachionus falcatus</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Brachionus havanaensis</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia longiseta</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia opoliensis</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Filinia terminalis</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella americana</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Keratella cochlearis</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0

<i>Keratella tropica</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Lecane bulla</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Lecane elsa</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Polyarthra</i> sp.	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Trichocerca</i> sp.	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<u>Cladocera</u>									
<i>Alonella dentifera</i>	X	-	-	0	-	-	0	-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	X	-	X	0	-	0	0	-	0
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	X	-	-	0	-	-	0
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	X	X	X	X	0	X	0	0	0
<i>Macrothrix spinosa</i>	X	X	-	0	0	-	0	0	-
<i>Moina minuta</i>	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<u>Copepoda</u>									
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	0	0	0	0	0	0	X	X	X
Copepodito	X	X	X	X	0	X	0	0	0
<i>Mesocyclops meridianus</i>	0	0	0	X	X	X	0	0	0
Náuplio	X	X	X	0	0	0	0	0	0
<i>Notodiptomus iheringi</i>	0	0	0	X	0	X	X	X	X
<i>Thermocyclops decipiens</i>	0	0	0	X	X	X	0	0	0

X – presença na classe; 0 – ausência na classe; - – ausência no tratamento.

4.2.3. Densidade

a) Variação temporal por tratamento

A densidade dos taxa zooplancônicos diferiu em cada tratamento no decorrer dos meses do experimento (Tabela 18). Em todos os tratamentos, a densidade total de zooplâncton aumentou no decorrer dos meses (Figuras 24A, 22A, 23A). Além disso, no tratamento com substrato de manta, a densidade do microzooplâncton, do grupo Rotifera e seus representantes *B. havanaensis* e *L. elsa* (Figuras 24B, C, E e H, respectivamente), também aumentou durante o experimento. Nesse mesmo tratamento, os rotíferos *B. falcatus*, *K. tropica* e *Polyarthra* sp. e o copépodo *T. decipiens* apresentaram queda na densidade no decorrer dos meses (Figuras 24D, F, I e L, respectivamente). Já a densidade do rotífero *L. bulla* e copépodo *N. iheringi* variou, aumentando e diminuindo durante os meses do experimento (Figuras 24G e J, respectivamente).

No tratamento com substrato de bambu, a densidade do grupo Rotifera aumentou durante os meses, assim como a densidade do cladócero *M. minuta* e da forma jovem de Copepoda, os copepoditos (Figuras 25B, G e I). Nesses viveiros, apenas os rotíferos *B. falcatus* e *K. americana* diminuíram em densidade com o passar dos meses (Figuras 25D e F).

O rotífero Bdelloidea, a forma larval de copépoda (náuplio) e o copépodo adulto *A. furcatus* não apresentaram padrão de aumento ou diminuição da densidade, variando durante os quatros meses de experimento (Figuras 25C, H e J). O rotífero *F. longiseta* apresentou um pico de densidade no mês de março, mas voltou a diminuir a densidade nas coletas seguintes (Figura 25E).

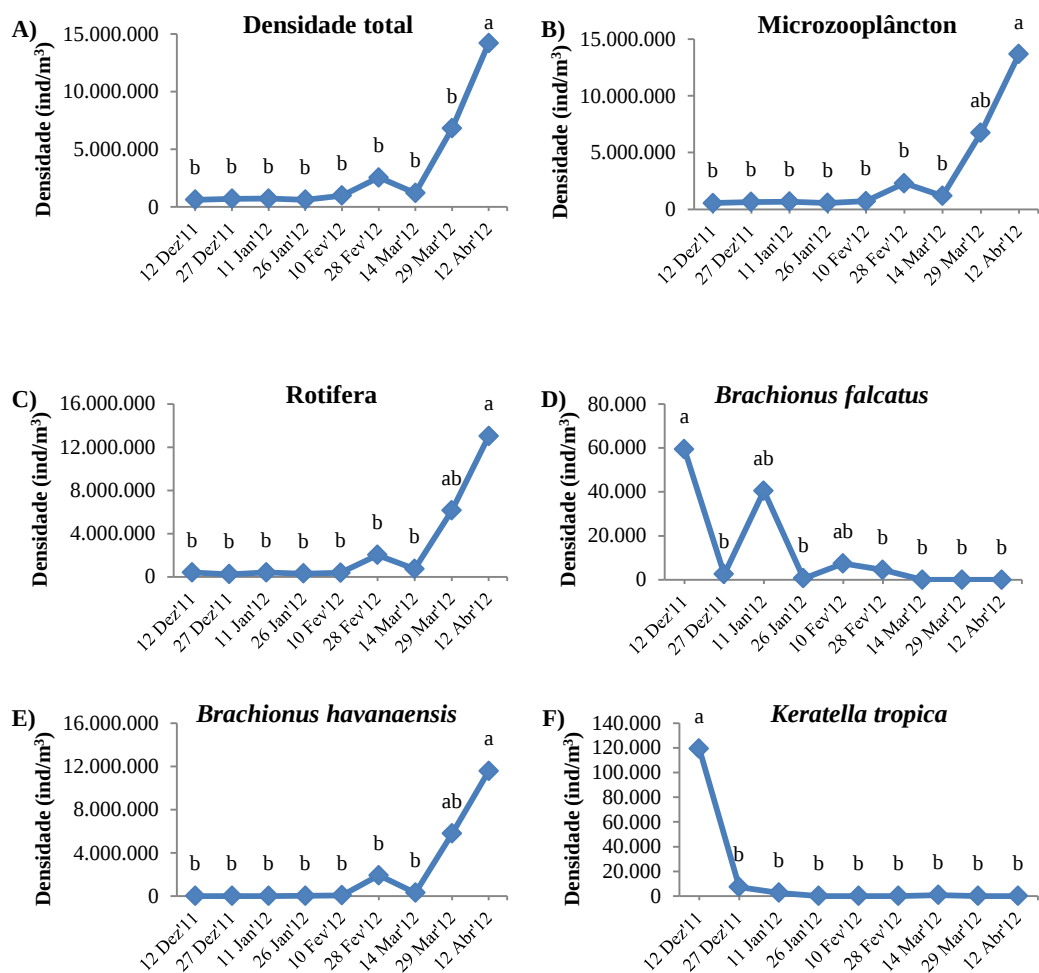
Nos viveiros sem substrato, com gráficos muito parecidos, além da densidade total, o microzooplâncton e o rotífero *B. havanaensis* apresentaram aumento da densidade no decorrer dos meses de estudo (Figuras 26A, B e C, respectivamente). Também aumentaram em densidade o rotífero *K. americana* e o grupo Copepoda (Figuras 26D e G, respectivamente). Nenhum taxa zooplantônico diminuiu em densidade nesse tratamento. Porém, o rotífero *K. cochlearis* e o cladócero *M. minuta* apresentaram grande variação em densidade em determinadas coletas, voltando à densidade anterior nas próximas coletas (Figuras 26E e F, respectivamente).

Tabela 18. Valores de H e de *p* para a comparação das médias das densidades de cada taxa zooplantônico no decorrer do experimento, entre os tratamentos. (Kruskal-Wallis, 5%). (TrMan = Tratamento Manta; TrBam = Tratamento Bambu; TrCon = Tratamento Controle).

Taxa	Tratamento					
	TrMan		TrBam		TrCon	
	H	<i>p</i>	H	<i>p</i>	H	<i>p</i>
Densidade total	21,82	*	22,82	**	20,31	*
Microzooplâncton	16,86	*	15,61	ns	17,06	*
Mesozooplâncton	6,64	ns	7,87	ns	7,00	ns
Macrozooplâncton	5,39	ns	8,46	ns	7,68	ns
<u>Rotifera</u>	19,87	*	20,69	*	11,52	ns
<i>Asplanchna</i> sp.	12,50	ns	6,33	ns	10,70	ns
Bdelloidea	15,32	ns	17,30	*	11,14	ns
<i>Brachionus calyciflorus</i>	10,60	ns	7,49	ns	7,65	ns
<i>Brachionus falcatus</i>	19,07	*	22,33	**	7,83	ns
<i>Brachionus havanaensis</i>	21,30	*	13,95	ns	19,80	*
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	17,70	*	6,37	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	6,43	ns	15,03	ns	9,53	ns
<i>Filinia terminalis</i>	7,96	ns	-	-	13,71	ns
<i>Keratella americana</i>	15,74	ns	17,83	*	8,17	*
<i>Keratella cochlearis</i>	7,21	ns	7,39	ns	23,40	**
<i>Keratella tropica</i>	22,90	**	10,71	ns	13,29	ns
<i>Lecane bulla</i>	18,11	*	14,22	ns	14,93	ns
<i>Lecane elsa</i>	15,63	*	13,79	ns	11,65	ns
<i>Polyarthra</i> sp.	21,80	*	13,07	ns	6,37	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	13,42	ns	13,92	ns	6,85	ns

<u>Cladocera</u>	2,61	ns	3,79	ns	8,40	ns
<i>Alonella dentifera</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	6,37	ns	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	7,83	ns	7,96	ns	5,57	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	7,21	ns	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	9,78	ns	22,57	**	20,36	*
<u>Copepoda</u>	5,76	ns	7,58	ns	16,15	*
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	11,43	ns	16,05	*	6,82	ns
Copepodito	14,82	ns	16,61	*	11,28	ns
<i>Mesocyclops meridianus</i>	12,34	ns	13,07	ns	-	-
Náuplio	13,13	ns	16,39	*	15,02	ns
<i>Notodiatomus iheringi</i>	22,15	**	15,34	ns	15,51	ns
<i>Thermocyclops decipiens</i>	16,38	*	9,20	ns	12,55	ns

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante; - = ausente no tratamento.



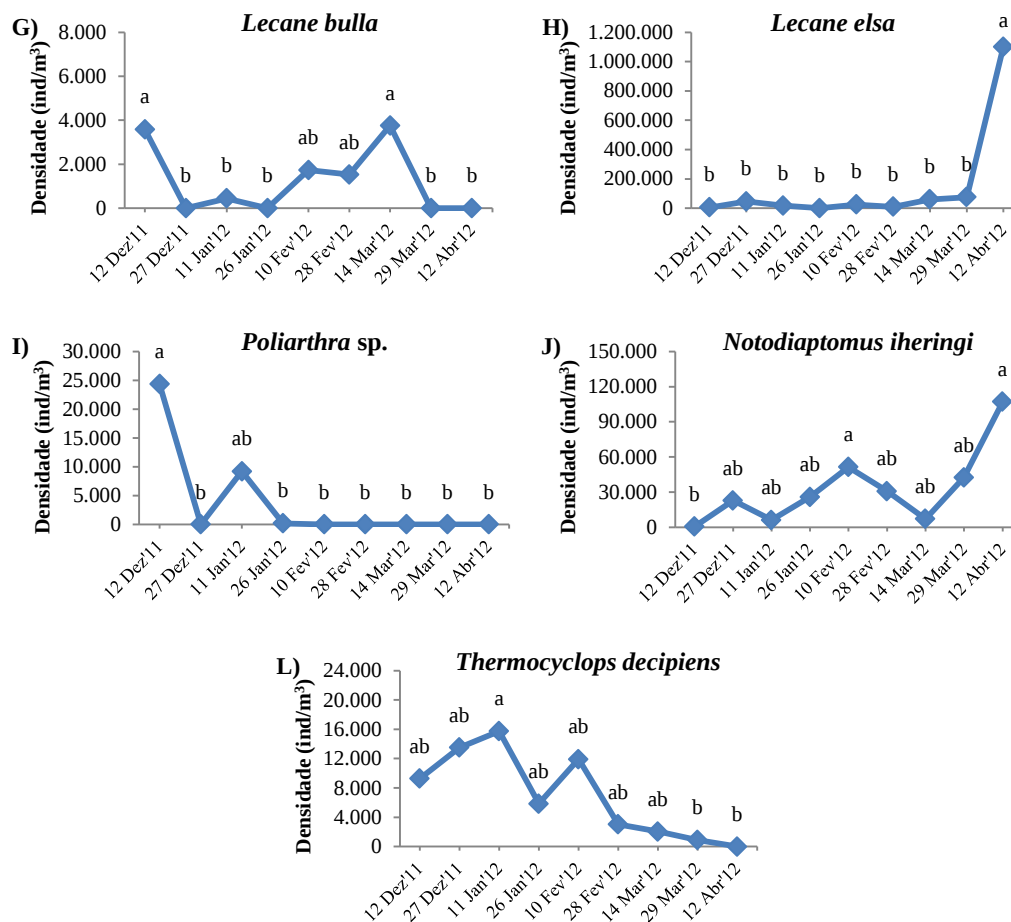


Figura 24. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplancntônicos nos viveiros com substrato de manta, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) Rotífera; D) *Brachionus falcatus*; E) *Brachionus havanaensis*; F) *Keratella tropica*; G) *Lecane bulla*; H) *Lecane elsa*; I) *Polyarthra* sp.; J) *Notodiaptomus iheringi*; L) *Thermocyclops decipiens*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

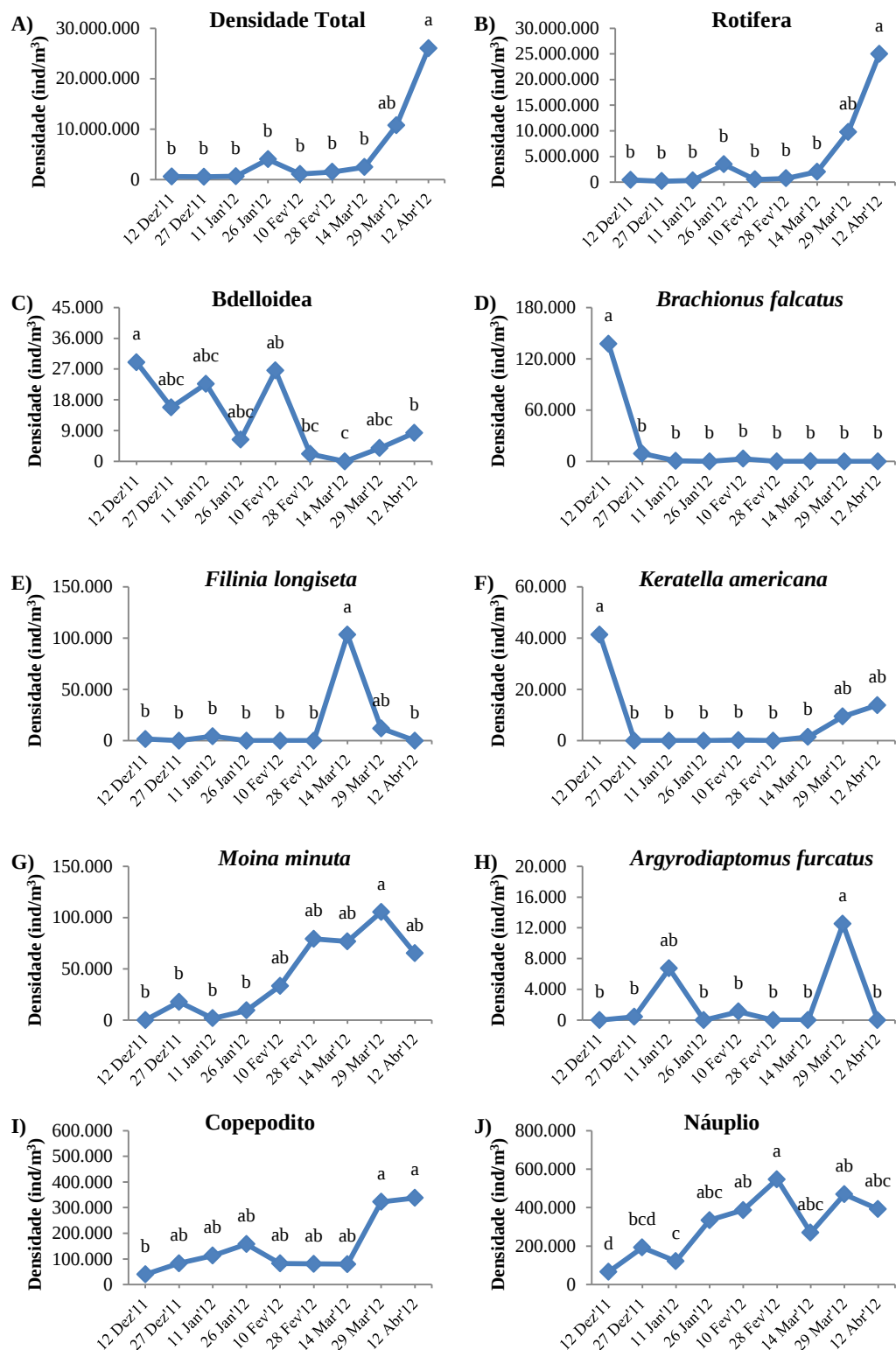


Figura 25. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplancônicos nos viveiros com substrato de bambu, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Rotifera; C) Bdelloidea; D) *Brachionus falcatus*; E) *Filinia longiseta*; F) *Keratella americana*; G) *Moina minuta*; H) *Argyrodiaptomus furcatus*; I) Copepodito; J) Náuplio. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

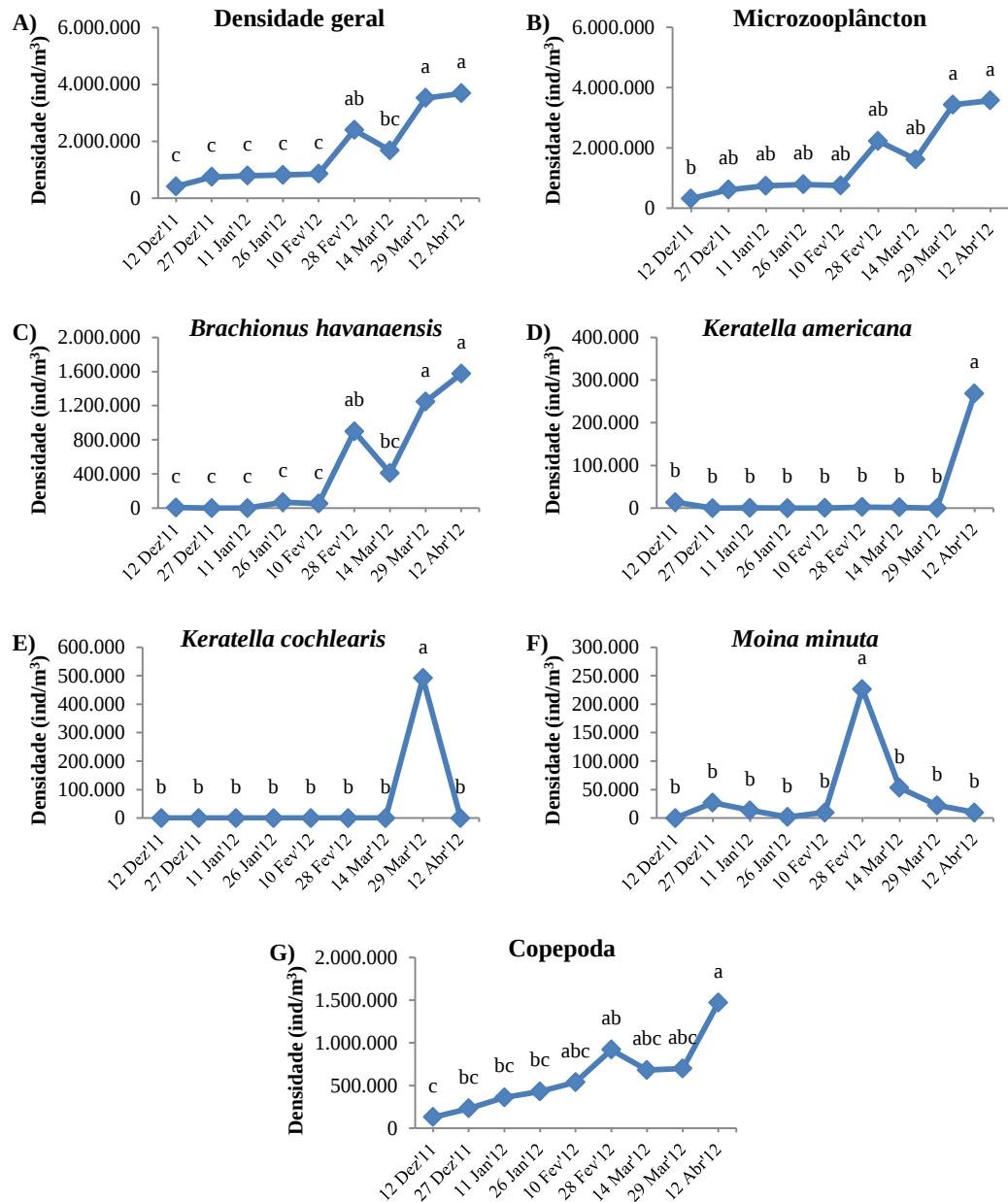


Figura 26. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplancônicos nos viveiros sem substrato, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) *Brachionus havanaensis*; D) *Keratella americana*; E) *Keratella cochlearis*; F) *Moina minuta*; G) Copepoda. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

b) Variação temporal

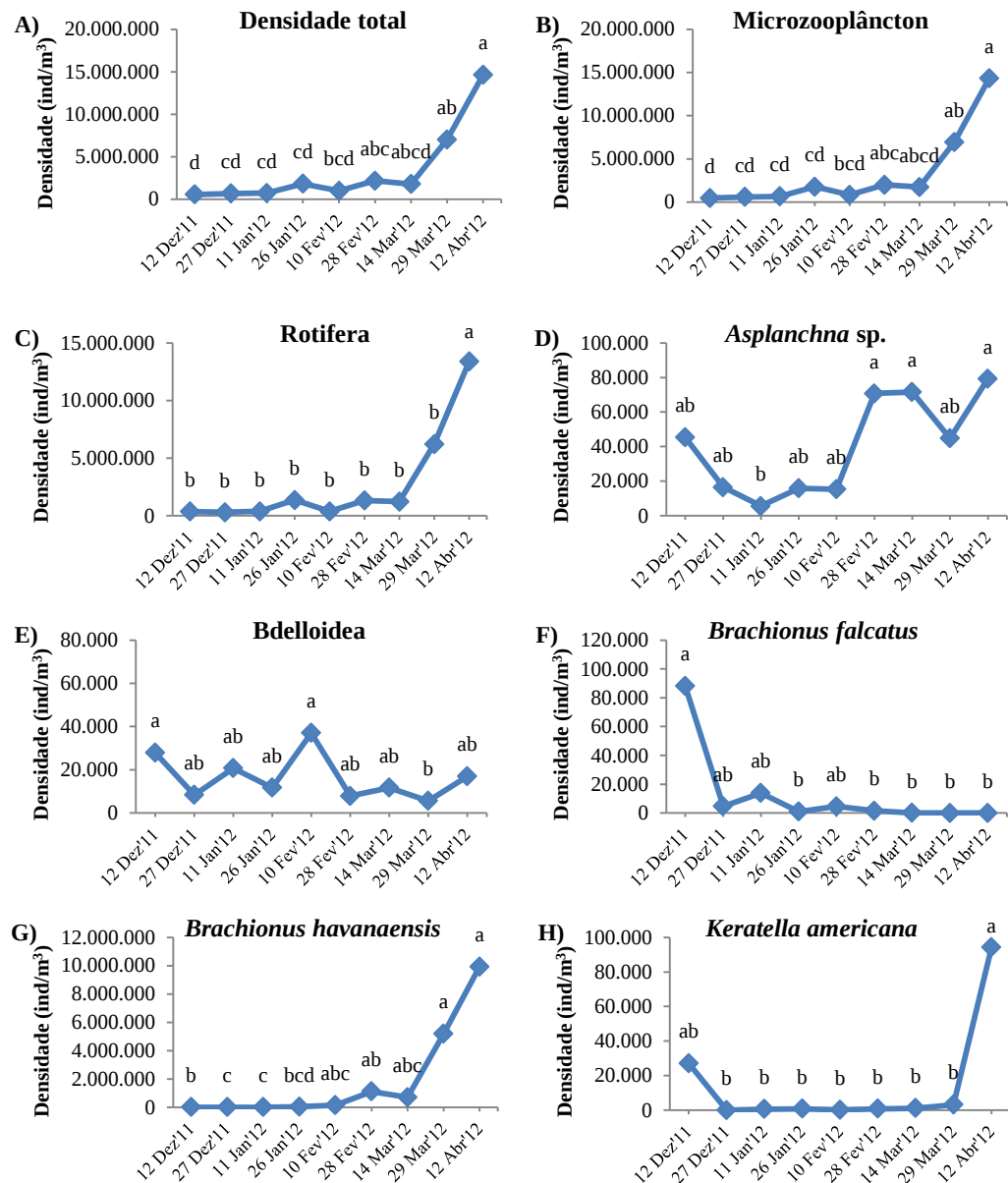
Ao unir os tratamentos, a densidade também apresentou diferença em alguns taxa zooplanctônicos (Tabela 19). A densidade total aumentou no decorrer do experimento, assim como o microzooplâncton, o grupo Rotifera e seus representantes *B. havanaensis* e *L. elsa* (Figuras 27A, B, C, G e L, respectivamente). Além desses grupos, a densidade do grupo Copepoda e seus representantes náuplios e *N. iheringi* também aumentou (Figuras 27P, S e T respectivamente). Por outro lado, os rotíferos *B. falcatus* e *Polyarthra* sp. apresentaram diminuição de suas respectivas densidades ao longo do período de estudo (Figuras 27F e M, respectivamente). Já os rotíferos *Asplanchna* sp., Bdelloidea, *L. bulla* e o cladóceros *M. minuta* não apresentaram um padrão no desenvolvimento da densidade, variando constantemente durante os meses (Figuras 27D, E, J e O, respectivamente). Houve um pico de densidade para o rotífero *K. tropica* e o copépodo *A. furcatus* em determinada coleta. Porém, suas densidades voltaram ao normal nas próximas coletas (Figuras 27I e Q, respectivamente).

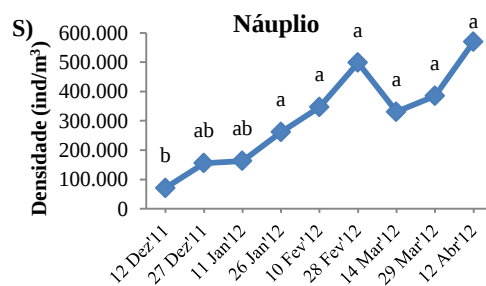
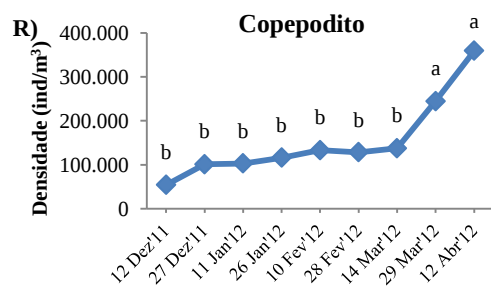
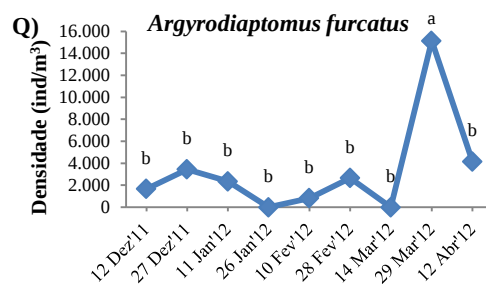
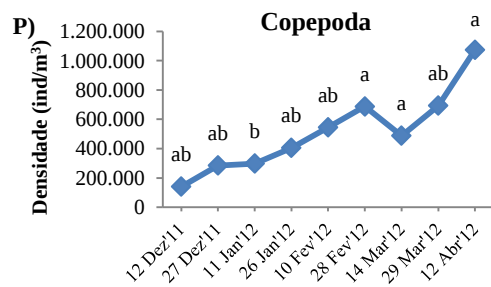
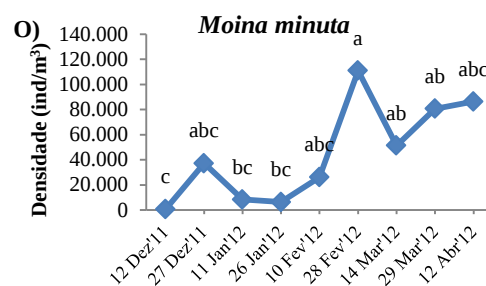
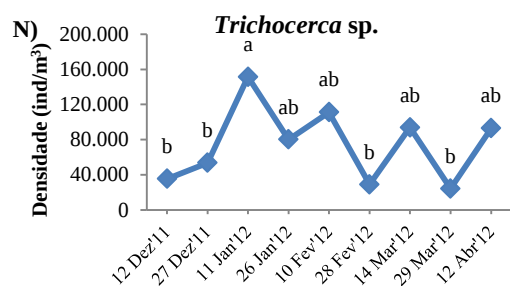
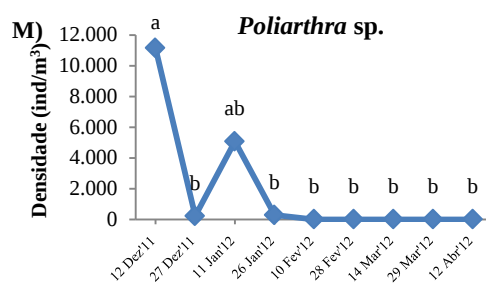
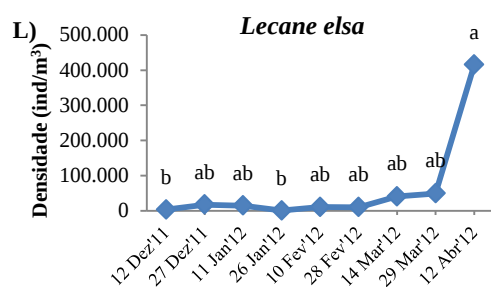
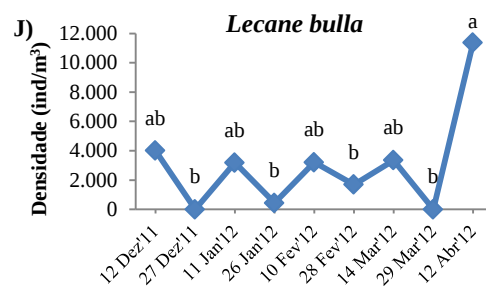
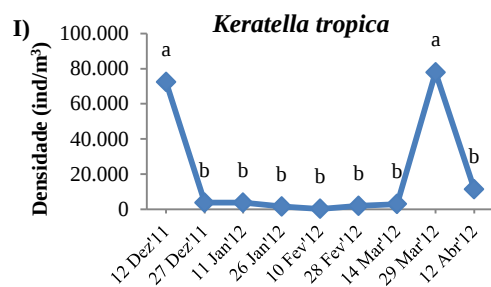
Tabela 19. Valores de H e de *p* para a comparação das médias da densidade de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.

Taxa	H	<i>p</i>
Densidade total	62,80	**
Microzooplâncton	39,87	**
Mesozooplâncton	4,97	ns
Macrozooplâncton	14,56	ns
<u>Rotifera</u>	42,72	**
<i>Asplanchna</i> sp.	18,88	*
Bdelloidea	29,49	**
<i>Brachionus calyciflorus</i>	11,10	ns
<i>Brachionus falcatus</i>	43,36	**
<i>Brachionus havanaensis</i>	52,36	**
<i>Filinia longiseta</i>	7,61	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	12,06	ns
<i>Filinia terminalis</i>	14,94	ns
<i>Keratella americana</i>	41,26	**
<i>Keratella cochlearis</i>	14,59	ns
<i>Keratella tropica</i>	34,09	**
<i>Lecane bulla</i>	18,31	*
<i>Lecane elsa</i>	30,47	**
<i>Polyarthra</i> sp.	30,94	**
<i>Trichocerca</i> sp.	21,49	*
<u>Cladocera</u>	10,91	ns
<i>Alonella dentifera</i>	7,07	ns

<i>Bosmina longirostris</i>	5,15	ns
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	8,00	ns
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	11,63	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	6,12	ns
<i>Moina minuta</i>	41,52	**
<u>Copepoda</u>	23,61	**
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	18,40	*
Copepodito	32,31	**
<i>Mesocyclops meridianus</i>	10,41	ns
Náuplio	38,41	**
<i>Notodiatomus iheringi</i>	39,38	**
<i>Thermocyclops decipiens</i>	10,85	ns

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.





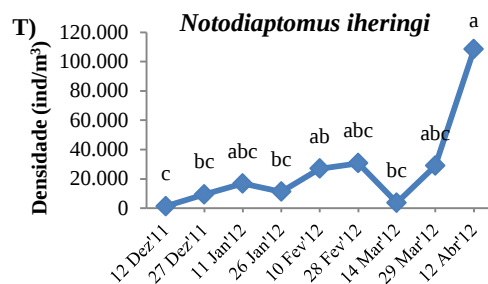


Figura 27. Médias das densidades (ind/m³) dos taxa zooplancntônicos nos viveiros de policutivo, no decorrer do experimento. A) Densidade total; B) Microzooplâncton; C) Rotifera; D) *Asplanchna* sp.; E) Bdelloidea; F) *Brachionus falcatus*; G) *Brachionus havanaensis*; H) *Keratella americana*; I) *Keratella tropica*; J) *Lecane bulla*; L) *Lecane elsa*; M) *Polyarthra* sp.; N) *Trichocerca* sp.; O) *Moina minuta*; P) Copepoda; Q) *Argyrodiaptomus furcatus*; R) Copepodito; S) Náuplio; T) *Notodiaptomus iheringi*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

A porcentagem de densidade de cada grupo (Rotifera, Cladocera e Copepoda) mostra a predominância de rotíferos em praticamente todas as coletas, contrastando com a baixa representatividade de cladóceros no mesmo período (Figura 28). Somente em 10 de fevereiro de 2012, houve acentuada diminuição da densidade de rotíferos e aumento da densidade de copépodes.

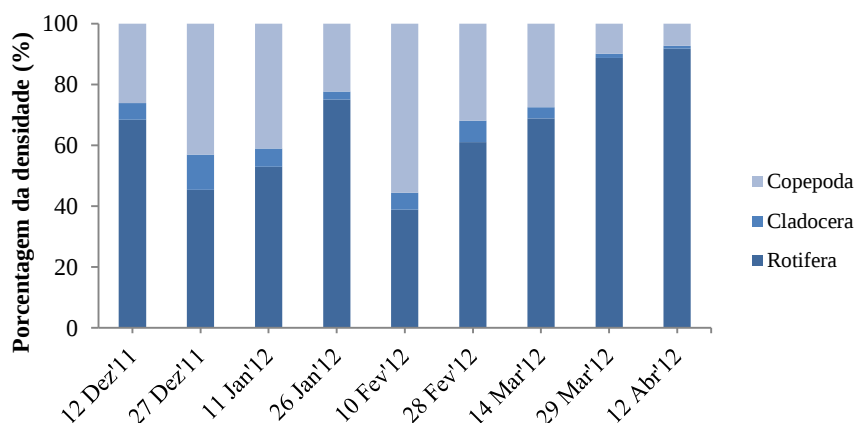


Figura 28. Representatividade de cada grande grupo (Rotifera, Cladocera e Copepoda) na densidade zooplancntônica em viveiros de policutivo durante os meses de experimento.

Quanto à porcentagem da densidade de cada classe de tamanho, a predominância de microzooplâncton ocorreu em todas as coletas (Figura 29). Somente em 10 de fevereiro de 2012, houve uma pequena diminuição da densidade de microzooplâncton (~88%) e um leve aumento do mesozooplâncton. Porém, em todas as outras coletas, a porcentagem da classe de menor tamanho passou de 90%. Nas duas últimas coletas, esse valor alcançou 99% e 98%, respectivamente (Figura 29).

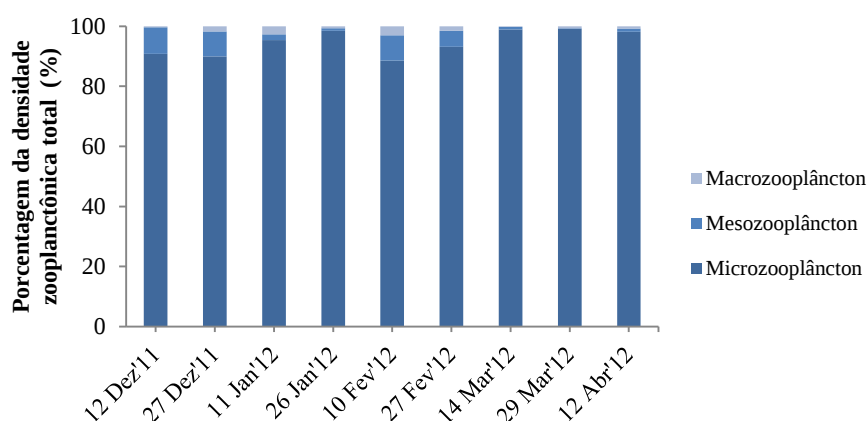


Figura 29. Representatividade de cada classe de tamanho (Microzooplâncton, Mesozooplâncton e Macrozooplâncton) na densidade zooplancônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento.

Nos testes de similaridade de densidade do zooplâncton, não houve agrupamentos que diferenciasssem os tratamentos (Figura 30). Entretanto, foi possível determinar cinco períodos com alta similaridade de densidade (>70%) durante as coletas realizadas (Tabela 20). As duas últimas coletas (29 de março de 2012 e 12 de abril de 2012) apresentaram elevadas taxas de densidade, apontando aumento maior que 20 vezes em relação à densidade inicial da comunidade zooplancônica dos viveiros de policultivo (Figura 31).

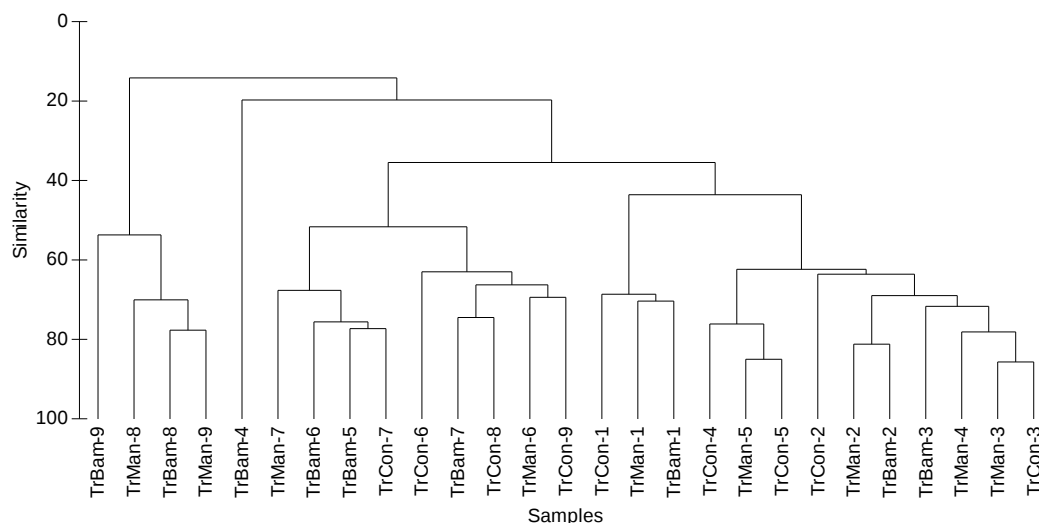


Figura 30. Dendrograma de UPGMA do coeficiente de similaridade de Bray Curtis de 27 coletas realizadas em viveiros de policultivo, analisadas para 27 grupos zooplanctônicos ($R_{\text{Global}} = 0,592$; $p = 0,001$). TrMan – Tratamento Manta; TrBam – Tratamento Bambu; TrCon – Tratamento Controle. Números seguidos dos tratamentos representam as coletas: (1) - 12 de dezembro de 2011; (2) - 27 de dezembro de 2011; (3) - 11 de janeiro de 2012; (4) - 26 de janeiro de 2012; (5) - 10 de fevereiro de 2012; (6) - 28 de fevereiro de 2012; (7) - 14 de março de 2012; (8) - 29 de março de 2012; (9) - 12 de abril de 2012.

Tabela 20. Classificação dos períodos de variação da densidade encontrados no decorrer do experimento.

Período	Coleta	Data da coleta
P1	1	12'dez 11
P2	2 e 3	27'dez 11 e 11'jan 12
P3	4 e 5	26'jan 12 e 10'fev 12
P4	6 e 7	28'fev 12 e 14'mar 12
P5	8 e 9	29'mar 12 e 12'abr 12

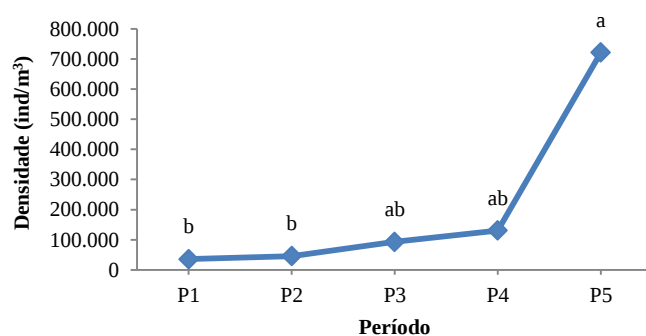


Figura 31. Densidade média (ind/m^3) da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo. Médias com ao menos uma letra igual não diferem entre si estatisticamente por Kruskal-Wallis (5%) $p = 0,04$.

c) Variação por tratamento

Poucas espécies apresentaram diferença na densidade entre os tratamentos (Tabela 21). Apenas o rotífero *B. falcatus* e o copépodo *N. iheringi* apresentaram maiores densidades nos viveiros com substrato (Tabela 21). Já nos viveiros sem substrato, as densidades do rotífero *F. terminalis* e do copépodo *T. decipiens* foram maiores quando comparadas aos outros tratamentos. Todos os outros taxa não apresentaram diferença entre os tratamentos ao unir as coletas.

Tabela 21. Médias e valores de H e de *p* para a comparação das densidades de cada taxa zooplancônica entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon).

Taxa	TrMan	TrBam	TrCon	H	<i>p</i>
Densidade total	3.151.063,95	5.282.222,84	1.655.338,77	0,08	ns
Microzooplâncton	27.031.340,56	46.949.694,44	14.061.278,89	1,25	ns
Mesozooplâncton	822.716,11	172.988,89	521.796,67	5,69	ns
Macrozooplâncton	341.116,67	302.572,22	150.955,56	1,02	ns
<u>Rotifera</u>	2.636.782,22	4.709.485,18	974.518,15	1,83	ns
<i>Asplanchna</i> sp.	39.900,43	22.999,38	58.892,84	1,06	ns
<i>Bdelloidea</i>	18.266,91	12.750,00	18.224,20	1,53	ns
<i>Brachionus calyciflorus</i>	81.431,23	118.250,00	48.715,31	18,45	**
<i>Brachionus falcatus</i>	12.763,58 ^a	16.712,96 ^a	8.448,77 ^b	3,38	ns
<i>Brachionus havanaensis</i>	2.181.335,80	3.050.320,37	473.202,10	0,15	ns
<i>Filinia longiseta</i>	3.473,46	13.462,96	29.114,81	8,25	*
<i>Filinia opoliensis</i>	50.898,15	81.671,60	14.358,02	7,74	*
<i>Filinia terminalis</i>	22.300,25 ^{ab}	9.111,11 ^b	83.161,60 ^a	13,91	**
<i>Keratella americana</i>	3.339,51	7.374,07	31.919,75	2,39	ns
<i>Keratella cochlearis</i>	400,62	1.267.901,85	54.632,72	2,82	ns
<i>Keratella tropica</i>	14.445,06	9.819,14	34.430,86	2,24	ns
<i>Lecane bulla</i>	1.226,91	5.078,40	2.774,69	0,99	ns
<i>Lecane elsa</i>	148.707,96	25.911,73	13.502,47	5,72	ns
<i>Polyarthra</i> sp.	3.747,53	368,52	1.454,94	2,84	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	54.544,81	67.753,09	101.685,06	4,21	ns
<u>Cladocera</u>	88.058,77	66.985,19	77.602,72	0,15	ns
<i>Alonella dentifera</i>	86,42	-		1,01	ns
<i>Bosmina longirostris</i>	7.641,98	-	96,30	3,57	ns
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	-	-	185,19	2,00	ns
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	27.823,21	23.632,10	36.829,63	0,88	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	246,91	197,53		2,00	ns
<i>Moina minuta</i>	52.260,25	43.155,56	40.491,60	1,23	ns
<u>Copepoda</u>	426.222,96	505.752,47	603.217,90	4,73	ns
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	5.236,42	2.305,56	2.541,36	2,08	ns

Copepodito	161.635,06	144.017,28	153.362,84	0,66	ns
<i>Mesocyclops meridianus</i>	680,86	858,02	914,81	2,63	ns
Náuplio	219.009,57	308.895,06	399.067,78	1,88	ns
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	32.742,59 ^a	31.313,58 ^a	15.034,57 ^b	9,23	*
<i>Thermocyclops decipiens</i>	6.918,46 ^b	18.362,96 ^{ab}	32.296,54 ^a	7,32	*

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística. Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.

4.2.4. Biomassa

a) Variação temporal

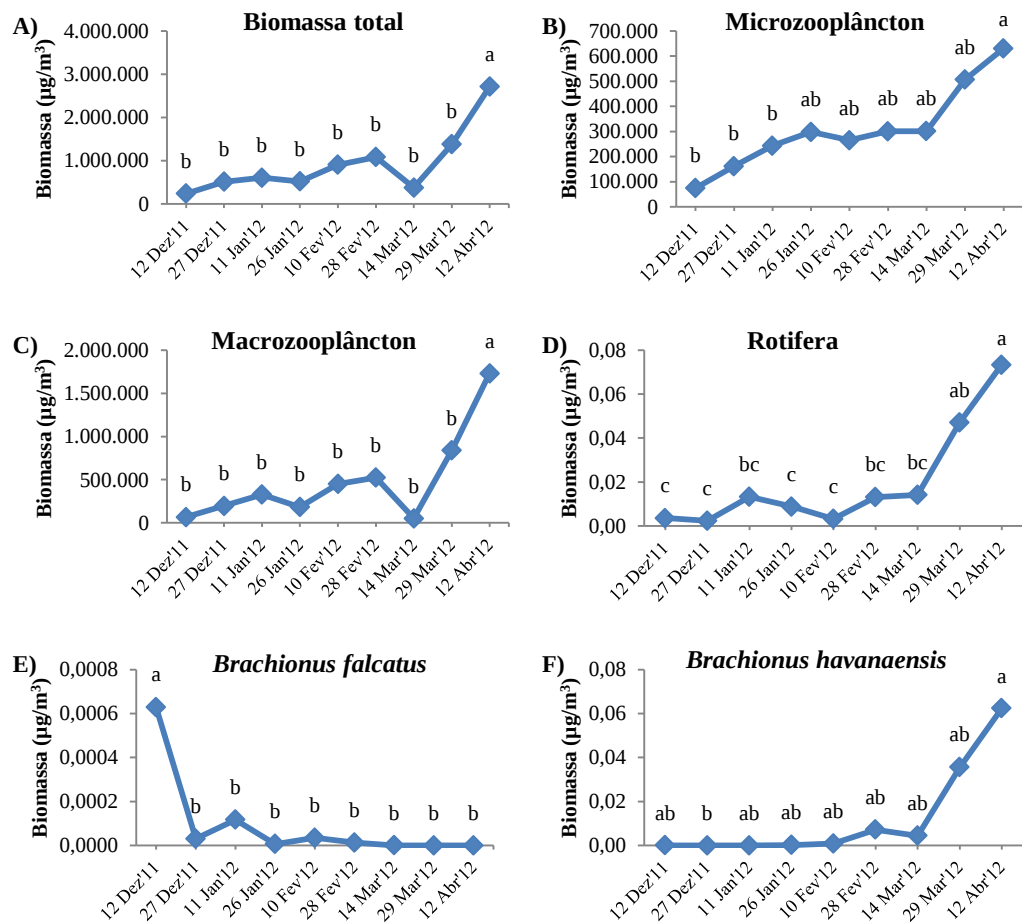
A biomassa de diversos taxa zooplanctônico variaram no decorrer dos meses do experimento (Tabela 22). Tanto a biomassa total quanto a biomassa do micro e do macrozooplâncton aumentaram durante os meses (Figuras 32A, B e C, respectivamente). O grupo Rotifera e seus representantes *B. havanaensis* e *L. elsa* também aumentaram em biomassa, assim como o grupo Copepoda, sua forma larval de copépodo, náuplios e a forma adulta *N. iheringi* (Figuras 32D, F e G, J, L e M respectivamente). A única espécie que diminuiu em biomassa foi o rotífero *B. falcatus* (Figura 32E). Por outro lado, as biomassas do rotífero *Polysartha* sp. e do cladóceros *M. minuta* variaram durante os meses, sem apresentarem padrão de aumento ou diminuição (Figuras 32H e I, respectivamente).

Tabela 22. Valores de H e de *p* para a comparação das médias da biomassa de cada taxa zooplanctônico no decorrer do experimento.

Taxa	H	<i>p</i>
Biomassa total	20,25	**
Microzooplâncton	15,07	*
Mesozooplâncton	13,11	ns
Macrozooplâncton	18,16	*
<u>Rotifera</u>	20,98	**
<i>Asplanchna</i> sp.	11,80	ns
<i>Brachionus calyciflorus</i>	15,47	ns
<i>Brachionus falcatus</i>	20,28	**
<i>Brachionus havanaensis</i>	24,39	**
<i>Filinia longiseta</i>	5,03	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	10,59	ns
<i>Filinia terminalis</i>	8,40	ns
<i>Keratella americana</i>	12,58	ns
<i>Keratella cochlearis</i>	10,58	ns
<i>Keratella tropica</i>	11,12	ns
<i>Lecane bulla</i>	10,47	ns

<i>Lecane elsa</i>	16,70	*
<i>Polyarthra</i> sp.	17,97	*
<i>Trichocerca</i> sp.	13,90	ns
<u>Cladocera</u>	8,07	ns
<i>Alonella dentifera</i>	8,00	ns
<i>Bosmina longirostris</i>	5,68	ns
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	8,00	ns
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	5,58	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	6,51	ns
<i>Moina minuta</i>	16,55	*
<u>Copepoda</u>	19,87	*
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	14,94	ns
Copepodito	14,10	ns
<i>Mesocyclops meridianus</i>	6,89	ns
Náuplio	21,42	**
<i>Notodiatomus iheringi</i>	17,17	*
<i>Thermocyclops decipiens</i>	4,16	ns

Kruskal-Wallis (5%). * < 0,05; ** < 0,01; ns = não significante.



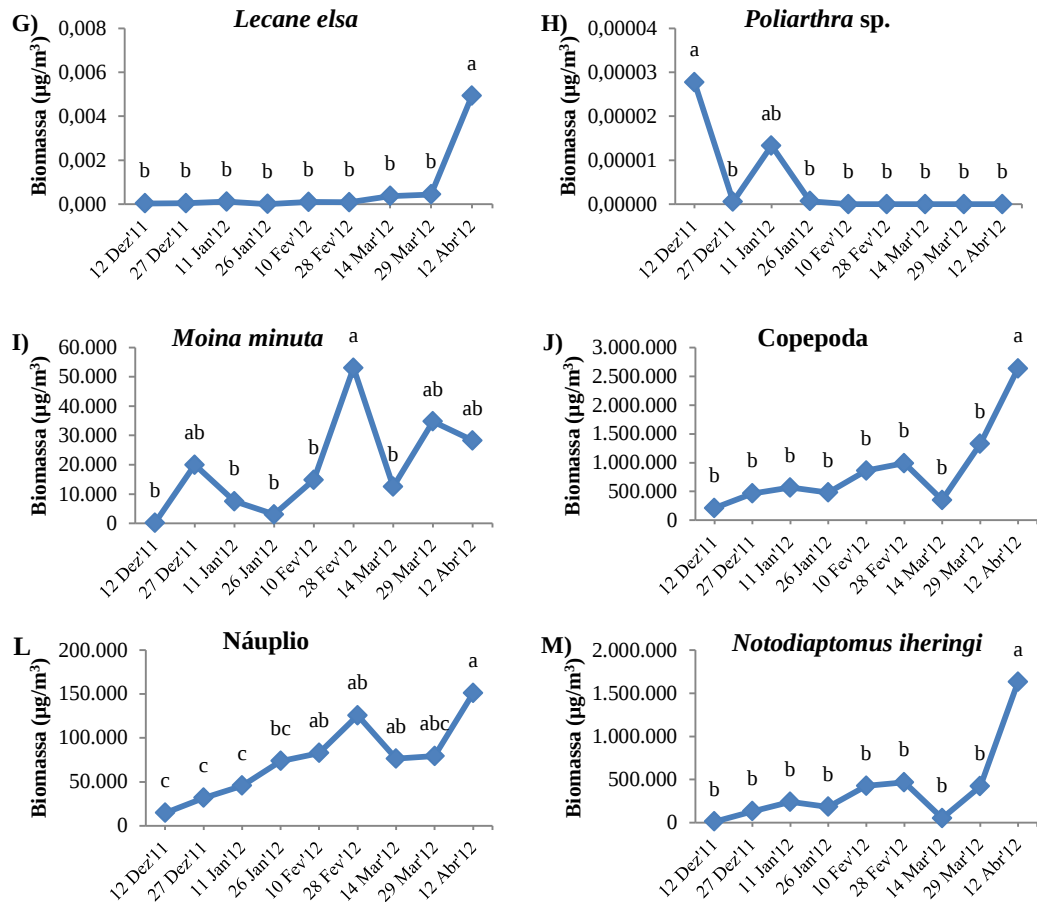


Figura 32. Médias das biomassas (μg de peso seco/ m^3) dos taxa zooplancônicos nos viveiros de policutivo, no decorrer do experimento. A) Biomassa total; B) Microzooplâncton; C) Macrozooplâncton; D) Rotifera.; E) *Brachionus falcatus*; F) *Brachionus havanaensis*; G) *Lecane elsa*; H) *Polyarthra* sp.; I) *Moina minuta*; J) Copepoda; L) Náuplio; M) *Notodiaptomus iheringi*. Médias com ao menos uma letra igual em cada variável não diferem estatisticamente entre si. (Kruskal-Wallis, 5%).

A porcentagem de biomassa de cada grupo (Rotifera, Cladocera e Copepoda) mostra a predominância de Copepoda em todo o período, contrastando com a baixa representatividade de Cladocera e praticamente nula de Rotifera (Figura 33).

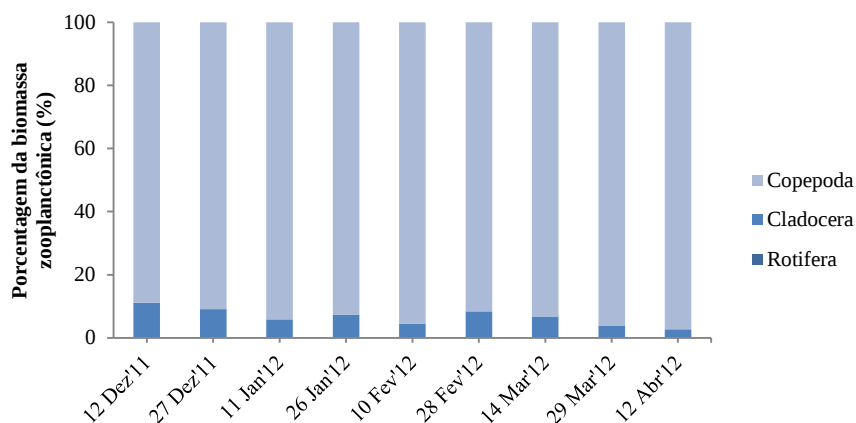


Figura 33. Representatividade de cada grande grupo (Rotifera, Cladocera e Copepoda) na biomassa zooplancônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento.

Em relação à porcentagem de representação de cada classe de tamanho, no primeiro mês do experimento, a porcentagem de biomassa para cada classe de tamanho estava equilibrada. A partir de janeiro, houve variações na predominância, todavia, sempre alternando entre micro e macrozooplâncton (Figura 34). Na coleta do dia 14 de março, a biomassa microzooplancônica alcançou 80% da biomassa total. Entretanto, nas últimas duas coletas, a biomassa de macrozooplâncton excedeu as outras duas em porcentagem representativa (Figura 34). A classe mesozooplancônica permaneceu sempre em terceiro lugar na representação da biomassa total.

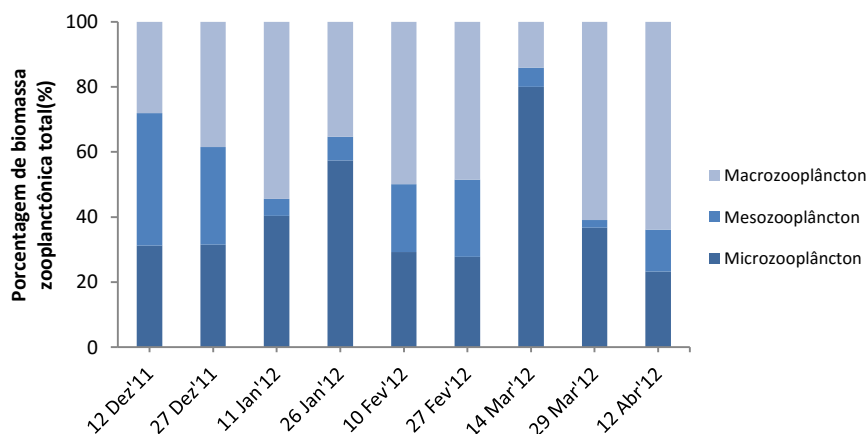


Figura 34. Representatividade de cada classe de tamanho (Microzooplâncton, Mesozooplâncton e Macrozooplâncton) na biomassa zooplancônica em viveiros de policultivo durante os meses de experimento.

b) Variação por tratamento

Quando foi comparada a média geral da biomassa de cada taxa por tratamento, apenas algumas espécies apresentaram diferença (Tabela 23). Nos tratamentos com substrato, o rotífero *F. opoliensis* apresentou maior biomassa quando comparado ao tratamento sem substrato (Tabela 23). Já outro rotífero do mesmo gênero, *F. terminalis*, apresentou maior biomassa no tratamento sem substrato (controle). Além desse rotífero, o copépodo *T. decipiens* também apresentou biomassa maior nesse tratamento (Tabela 23). Todos os outros taxa apresentaram biomassas semelhantes nos três tratamentos.

Tabela 23. Médias e valores de H e de p para a comparação da biomassa de cada taxa zooplânctônico entre os tratamentos com substrato de manta (TrMan), bambu (TrBam) e sem substrato (controle) (TrCon). (Kruskal-Wallis, 5%).

Taxa	TrMan	TrBam	TrCon	H	p
Biomassa total	1.070.424,41	929.549,65	775.822,87	0,87	ns
Microzooplâncton	250.440,82	325.190,18	351.082,99	1,15	ns
Mesozooplâncton	208.801,74	43.043,96	138.079,11	5,09	ns
Macrozooplâncton	611.181,85	561.315,51	286.660,77	1,44	ns
<u>Rotifera</u>	0,021	0,030	0,008	1,51	ns
<i>Asplanchna</i> sp.	0,0011	0,0023	0,0017	0,53	ns
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0,0025	0,0069	0,0031	4,14	ns
<i>Brachionus falcatus</i>	0,00012	0,00011	0,00005	1,14	ns
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,015	0,019	0,003	0,32	ns
<i>Filinia longiseta</i>	0,0000005	0,0000268	0,0000562	2,54	ns
<i>Filinia opoliensis</i>	0,00023 ^a	0,00032 ^a	0,00004 ^b	11,44	**
<i>Filinia terminalis</i>	0,00007 ^{ab}	0,00003 ^b	0,00027 ^a	12,84	**
<i>Keratella americana</i>	0,000002	0,000003	0,000014	0,51	ns
<i>Keratella cochlearis</i>	0,000001	0,000584	0,000025	4,83	ns
<i>Keratella tropica</i>	0,00003	0,00002	0,00011	3,39	ns
<i>Lecane bulla</i>	0,00001	0,00002	0,00001	0,92	ns
<i>Lecane elsa</i>	0,00170	0,00025	0,00009	3,73	ns
<i>Polyarthra</i> sp.	0,000009	0,000001	0,000004	0,50	ns
<i>Trichocerca</i> sp.	0,0002	0,0004	0,0004	3,41	ns
<u>Cladocera</u>	48.985,29	36.479,03	59.293,11	1,92	ns
<i>Alonella dentifera</i>	28,89	0,00	0,00	2,00	ns
<i>Bosmina longirostris</i>	9.051,16	0,00	105,68	3,80	ns
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	0,00	0,00	151,86	2,00	ns
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	22.679,94	20.055,64	34.334,99	3,06	ns
<i>Macrothrix spinosa</i>	177,23	138,81	0,00	2,01	ns
<i>Moina minuta</i>	17.048,07	16.284,58	24.700,59	0,31	ns
<u>Copepoda</u>	1.021.439,10	893.070,58	716.529,74	0,90	ns
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	109.082,49	86.265,39	82.301,95	0,51	ns
Copepodito	323.790,75	218.666,50	257.901,81	2,71	ns

<i>Mesocyclops meridianus</i>	2.109,04	2.667,28	2.825,69	0,89	ns
Náuplio	68.393,44	70.044,61	88.516,35	0,00	ns
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	503.045,64	475.050,12	213.158,84	2,23	ns
<i>Thermocyclops decipiens</i>	15.017,76 ^b	40.376,68 ^{ab}	71.825,11 ^a	10,84	**

Letras diferentes nas linhas indicam diferença estatística. Kruskal-Wallis (5%). ** < 0,01; ns = não significante.

4.2.5. Correlações

4.2.5.1. Variáveis Físico-químicas X Diversidade e Densidade

a) Correlação por tratamento

Os parâmetros físico-químicos que mais influenciaram na variação da densidade dos grupos zooplancônicos foram a clorofila, o nitrogênio total, o fósforo total, os sólidos totais em suspensão, a transparência, o oxigênio dissolvido e a condutividade (Tabelas 24, 25 e 26). O pH influenciou poucos grupos de zooplâncton e a amônia, o nitrito, o nitrato e a temperatura tiveram pouquíssima influência na densidade dos grupos estudados (Tabelas 24, 25 e 26).

Entre os tratamentos, os viveiros com substrato de bambu apresentaram maior número de correlações dos parâmetros físico-químicos com a diversidade e as densidades dos grupos zooplancônicos (Tabela 25). O tratamento sem substrato (controle) foi o que apresentou menos correlações entre essas variáveis (Tabela 26). Ainda comparando os tratamentos, a diversidade de espécies e algumas densidades de determinados agrupamentos de zooplâncton apresentaram diferenças nas correlações com as variáveis físico-químicas da água.

A diversidade de espécies apresentou correlação negativa com o nitrogênio total, a condutividade e os sólidos suspensos no tratamento com substrato de manta (Tabela 24). Por outro lado, no tratamento com substrato de bambu, além dessas variáveis, a diversidade de espécies diminuiu com o aumento da clorofila e do fósforo. Já no tratamento sem substrato, apenas o aumento da clorofila diminuiu a diversidade de espécies dos viveiros (Tabela 26). A diversidade de espécies apresentou correlação positiva com temperatura, oxigênio dissolvido e transparência apenas no tratamento com bambu (Tabela 25).

A densidade geral de zooplâncton apresentou correlação positiva muito parecida entre os três tratamentos (Tabelas 24, 25 e 26). Houve um aumento da densidade geral com o aumento da clorofila, nitrogênio e fósforos totais, condutividade e sólidos totais em

suspensão. A correlação com essa variável analisada foi negativa com os parâmetros oxigênio dissolvido e transparência. Apenas no tratamento com bambu, a temperatura também apresentou correlação negativa com a densidade geral (Tabela 25). O mesmo ocorreu no tratamento sem substrato (controle) com o parâmetro pH (Tabela 26).

O aumento dos sólidos totais em suspensão teve relação com o aumento da densidade de rotíferos nos três tratamentos (Tabelas 24, 25 e 26). Além dos sólidos totais, a densidade de rotíferos também apresentou correlação positiva com o nitrogênio total nos tratamentos com manta e controle (Tabelas 24 e 26). Já no tratamento com bambu, a correlação positiva foi com a clorofila, o fósforo total e a condutividade (Tabela 25). Porém, nesse tratamento, a diminuição do oxigênio dissolvido no decorrer do experimento promoveu o aumento da densidade desse grupo. O aumento da transparência afetou negativamente a densidade de rotíferos somente no tratamento sem substrato (Tabela 26).

A densidade de cladóceros apresentou correlações com alguns parâmetros físico-químicos somente nos tratamentos com bambu e sem substrato (controle) (Tabelas 25 e 26). As maiores densidades desse grupo zooplancônico, no tratamento com substrato de bambu, foram encontradas em altas concentrações de clorofila, nitrogênio e fósforos totais, condutividade e sólidos totais em suspensão (Tabela 25). Além disso, baixas concentrações de oxigênio dissolvido e baixa transparência da água também proporcionaram o aumento da densidade de cladóceros em substrato de bambu. Por outro lado, no tratamento sem substrato, apenas os altos níveis de amônia e nitrato correlacionaram-se positivamente com o aumento da densidade desse grupo (Tabela 26). Águas com pH levemente ácido estavam relacionadas ao aumento da densidade de cladóceros em ambos os tratamentos (Tabelas 25 e 26).

Os copépodes dos viveiros com substrato de manta apresentaram maiores densidades apenas em águas com altos níveis de amônia (Tabela 24). Por outro lado, as altas densidades desse grupo de microcrustáceos nos viveiros com substrato de bambu e sem substrato necessitaram de condições mais complexas, como altas concentrações de clorofila, fósforo total, sólidos em suspensão e alta condutividade (Tabelas 25 e 26). Além disso, água levemente ácida, com baixo oxigênio dissolvido e baixa transparência aumentaram a densidade desse grupo em tais tratamentos. Apenas no tratamento sem substrato, os altos níveis de nitrogênio total afetaram positivamente a densidade dos copépodes (Tabela 26).

Quando da correlação dos parâmetros físico-químicos com zooplâncton agrupados por tamanho, a densidade daqueles de menores dimensões apresentaram maiores respostas às variações abióticas do ambiente em todos os tratamentos. A densidade do microzooplâncton apresentou correlações positivas com a clorofila, o nitrogênio, o fósforo, os sólidos em

suspensão e a condutividade nos três tratamentos, assim como correlações negativas com oxigênio dissolvido e transparência. O que diferiu entre os tratamentos foi que, no tratamento com manta, o baixo pH influenciou positivamente essa densidade (Tabela 24). Do mesmo modo, no tratamento com substrato de bambu, temperaturas mais baixas proporcionaram condições para o aumento da densidade do microzooplâncton (Tabela 25).

A densidade de mesozooplâncton apenas apresentou correlação positiva com o nitrato no tratamento com substrato de bambu (Tabela 25). Para a densidade do zooplâncton de maiores dimensões, a presença do substrato parece ter efeito sobre essas correlações. Clorofila e fósforo apresentaram correlação positiva com essa densidade em ambos os tratamentos com substrato (Tabelas 24 e 25). No tratamento com manta, além desses parâmetros, o nitrogênio total e os sólidos em suspensão também tiveram correlação positiva com a densidade de macrozooplâncton (Tabela 24). As correlações negativas com essa densidade apareceram na transparência da água.

Considerando os taxa constantes de rotíferos, as correlações das densidades dos diferentes taxa de rotíferos também variaram dependendo do tratamento. No tratamento com manta, a densidade de *Brachionus calyciflorus* aumentou com a ligeira baixa da temperatura (Tabela 24). Nos viveiros com substrato de bambu, o parâmetro nitrogênio total foi correlacionado positivamente com a densidade desse rotífero (Tabela 25). Por outro lado, outra espécie do mesmo gênero, *Brachionus falcatus*, apresentou correlações com mais variáveis abióticas. Negativamente, a densidade desse rotífero apresentou correlação com as concentrações de nitrogênio e fósforos totais nos tratamentos com substrato (Tabelas 24 e 25) e com a clorofila e nitrogênio total no tratamento sem substrato (Tabela 26). As correlações positivas dessa densidade foram obtidas com os parâmetros temperatura no substrato de bambu e oxigênio dissolvido nos outros tratamentos. Além desses parâmetros, no tratamento sem substrato, a diminuição da transparência provocou a diminuição da densidade de *B. falcatus* (Tabela 26). Ainda no mesmo gênero, a densidade de *B. calyciflorus* apresentou correlação positiva com clorofila, fósforo, condutividade e sólidos em suspensão nos três tratamentos. Além disso, nos tratamentos com manta e controle, o nitrogênio total também foi correlacionado positivamente com a densidade desse rotífero (Tabelas 24 e 26). Correlações negativas com essa densidade foram constatadas com os parâmetros oxigênio dissolvido e transparência nos três tratamentos, e com o pH nos tratamentos com substrato.

A densidade de *Filinia terminalis* apresentou correlações apenas no tratamento com substrato de manta, positivamente com fósforo e sólidos em suspensão, e negativamente com a transparência (Tabela 24). No mesmo gênero, *F. opoliensis* correlacionou-se positivamente

com fósforo total e sólidos em suspensão nos tratamentos com bambu e sem substrato, e negativamente com a transparência da água (Tabelas 25 e 26). Ainda no tratamento com bambu, a clorofila também apresentou correlação positiva com a densidade desse rotífero (Tabela 25). Já no tratamento sem substrato, o nitrogênio correlacionou-se positivamente com essa densidade (Tabela 26).

O rotífero *Lecane elsa* apresentou densidade correlacionada positivamente com a clorofila, o fósforo e os sólidos em suspensão nos tratamentos com substrato (Tabelas 24 e 25). No tratamento com substrato de bambu, a concentração de nitrogênio e a condutividade foram correlacionadas positivamente à densidade de *L. elsa* (Tabela 25). Negativamente, a densidade desse rotífero foi correlacionada com a transparência em todos os tratamentos. No tratamento bambu, a correlação negativa dessa densidade ainda apareceu com os parâmetros pH e oxigênio dissolvido (Tabela 25).

A densidade do rotífero *Polyarthra* sp. não manteve um padrão entre os tratamentos. No tratamento com manta, sua densidade apresentou correlações negativas com a clorofila, o nitrogênio total, o fósforo total e os sólidos em suspensão (Tabela 24). A correlação positiva dessa densidade foi apenas com a transparência da água. Por outro lado, no tratamento com substrato de bambu, a densidade do rotífero foi inversamente proporcional à clorofila e à condutividade, aumentando concomitantemente à temperatura, à basicidade e ao oxigênio dissolvido na água (Tabela 25). Por último, no tratamento sem substrato, essa densidade apenas apresentou correlação negativa com o nitrogênio total (Tabela 26).

No grupo de cladóceros que apresentaram maior frequência de ocorrência, *Diaphanosoma spinulosum* e *Moina minuta* apresentaram correlações com alguns parâmetros abióticos somente nos tratamentos com substrato (Tabelas 24 e 25). Para *D. spinulosum*, no tratamento com substrato de manta, as correlações foram menores (Tabela 24). Apenas o fósforo total e a condutividade influenciaram negativamente na densidade desse microcrustáceo. Por outro lado, maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água promoveram o aumento da densidade da espécie. Já no tratamento com bambu como substrato, o número de correlações da densidade de *D. spinulosum* foi maior (Tabela 25). Sua concentração está diretamente relacionada a águas básicas, com alta concentração de oxigênio e alta transparência. Entretanto, quando, além da alta condutividade, as concentrações de clorofila, nitrogênio total, fósforo total e sólidos suspensos estão altas, a densidade desse cladócero diminui.

A densidade do cladócero *M. minuta* também apresentou poucas correlações no tratamento com manta, quando comparada ao tratamento bambu (Tabelas 24 e 25). Em

viveiros com substrato de manta, a densidade desse zooplâncton está diretamente relacionada a altas concentrações de clorofila, fósforo e sólidos em suspensão (Tabela 24). Porém, a maior transparência da água impede o aumento de sua densidade nessas condições. Já quando há substrato de bambu nos viveiros, a densidade de *M. minuta* aumenta com a concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo e sólidos na água, além da alta condutividade (Tabela 25). Somente o alto pH, a alta concentração de oxigênio dissolvido e a alta transparência da água impedem o aumento da densidade dessa espécie.

As densidades dos copépodos constantes também foi bem diversa, dependendo tanto do grupo quanto do tratamento. Para *Argyrodiaptomus furcatus*, a densidade somente está relacionada negativamente com transparência e positivamente com a concentração de sólidos em suspensão no tratamento com substrato de manta (Tabela 24). As formas jovens de copépodos também apresentaram correlações com alguns parâmetros abióticos da água. Diferentemente das correlações gerais de zooplâncton, no tratamento com bambu, os copepoditos apresentaram apenas uma correlação negativa com a temperatura (Tabela 25). Já nos outros tratamentos, o aumento de clorofila, nitrogênio, fósforo e condutividade influenciaram positivamente a densidade desse grupo (Tabelas 24 e 26). Além disso, no tratamento com manta, a alta concentração de sólidos suspensos e, conseqüentemente, a menor transparência da água estão diretamente relacionados com as maiores concentrações de copepoditos (Tabela 24). Maiores concentrações de oxigênio dissolvido na água prejudicaram a densidade desse grupo, no tratamento sem substrato (Tabela 26).

Nos três tratamentos, a forma larval de copépode, os náuplios, aumenta em densidade com o aumento das concentrações de clorofila, fósforo e sólidos em suspensão, além de águas ácidas e pouco transparentes. A concentração de nitrogênio e a condutividade nos tratamentos com manta e sem substrato também estão relacionadas positivamente ao aumento da densidade de náuplios (Tabelas 24 e 26). Por outro lado, a diminuição do oxigênio dissolvido nas águas desses viveiros não impossibilitou o aumento da densidade dessa forma larval.

Copépodos adultos da espécie *Notodiatomus iheringi* apresentaram maiores densidades quando as concentrações de fósforo estavam altas e a transparência da água estava baixa, nos tratamentos com substrato (Tabelas 24 e 25). No substrato de manta, além desses parâmetros, a concentração de nitrogênio também teve influência positiva nessa densidade (Tabela 24). No caso dos viveiros com bambu, a clorofila apresentou essa mesma função (Tabela 25). Já nos viveiros sem substrato, apenas a concentração de nitrito apresentou correlação com a densidade de *N. iheringi*, onde altas concentrações dessa substância diminuíram a densidade da espécie (Tabela 26).

A densidade do copépode adulto *Thermocyclops decipiens* apresentou correlações opostas nos tratamentos com substrato de manta e sem substrato (Tabelas 24 e 26). Enquanto no primeiro tratamento, as altas concentrações de clorofila, nitrogênio, fósforo e sólidos suspensos e a alta condutividade influenciaram negativamente a densidade dessa espécie, no tratamento sem substrato, esses mesmos parâmetros promoveram a alta concentração desse copépode (Tabelas 24 e 26). Do mesmo modo, muito oxigênio dissolvido e alta transparência criaram condições para o aumento dessa densidade no tratamento com substrato de manta e impediram que a população dessa espécie aumentasse no tratamento sem substrato (Tabelas 24 e 26). Nesse último caso, além desses parâmetros, águas básicas também influenciaram negativamente a densidade de *T. decipiens*. Assim como ocorreu com os copepoditos no tratamento com bambu, a densidade de *T. decipiens* nesse tratamento somente apresentou correlação positiva com um parâmetro abiótico. Nesse caso, maiores concentrações de nitrato afetaram positivamente a densidade do copépode.

Tabela 24. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a diversidade zooplantônica (1-D) e a densidade dos táxons do tratamento com substrato de manta e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Tratamento Manta</u>	<u>Clo</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>SolTo</u>	<u>Trans</u>	<u>pH</u>	<u>OD</u>	<u>Cond</u>	<u>T°C</u>	<u>Amon</u>	<u>Nitri</u>	<u>Nitra</u>
Diversidade	-	-0,82	-	-0,68	0,70	-	-	-0,62	-	-	-	-
	-	0,01	-	0,04	0,04	-	-	0,07	-	-	-	-
Densidade total	0,88	0,80	0,78	0,92	-0,98	-	-0,81	0,79	-	-	-	-
	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-	0,01	0,01	-	-	-	-
Microzooplâncton	0,85	0,87	0,82	0,93	-1	-0,68	-0,85	0,83	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,01	0,00		0,04	0,00	0,01	-	-	-	-
Macrozooplâncton	0,68	0,77	0,78	0,75	-0,78	-	-	-	-	-	-	-
	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-
<u>Rotifera</u>	-	0,78	-	0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,01	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,67	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-	-0,76	-0,81	-0,80	-	-	0,73	-0,73	-	-	-	-
	-	0,02	0,01	0,01	-	-	0,02	0,03	-	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,81	0,92	0,87	0,80	-0,92	-0,71	-0,88	0,86	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Filinia terminalis</i>	-	-	0,67	0,75	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,05	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella americana</i>	-	-	-	-0,75	0,73	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,02	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i>	-	-	-	-0,71	0,71	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella tropica</i>	-	-0,79	-0,69	-	-	0,74	-	-	-	-0,80	-	-
	-	0,01	0,04	-	-	0,02	-	-	-	0,01	-	-
<i>Lecane elsa</i>	0,81	-	0,72	0,88	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	0,01	-	0,03	0,00	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-0,73	-0,70	-0,75	-0,82	0,73	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<u>Cladocera</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,76	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	-	-0,67	-	-	-	0,84	-0,85	-	-	-	-
	-	-	0,05	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	0,71	-	0,70	0,85	-0,78	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	-	0,04	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-
<u>Copepoda</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	-	-	-	0,71	-0,70	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,04	-	-	-	-	-	-	-
Copepodito	0,88	0,78	0,80	0,90	-0,95	-	-	0,70	-	-	-	-
	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	-	-	0,04	-	-	-	-
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,76	0,78
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,02	0,01
Náuplio	0,81	0,70	0,73	0,78	-0,82	-0,71	-0,71	0,73	-	-	-	-
	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-
<i>Notodiatomus iheringi</i>	-	0,75	0,75	-	-0,72	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,02	0,02	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	-0,81	-0,85	-0,85	-0,73	0,72	-	0,76	-0,75	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	-	0,02	0,02	-	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

Tabela 25. Correlação de Spearman (r) e valores de p entre a diversidade zooplancônica e a densidade dos táxons do tratamento com substrato de bambu e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Tratamento Bambu</u>	<u>Clo</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>SolTo</u>	<u>Trans</u>	<u>pH</u>	<u>OD</u>	<u>Cond</u>	<u>T°C</u>	<u>Amon</u>	<u>Nitri</u>	<u>Nitra</u>
Diversidade	-0,81 0,01	-0,72 0,03	-0,70 0,04	-0,73 0,02	0,75 0,02	-	0,73 0,03	-0,73 0,03	0,71 0,03	-	-	-
Densidade total	0,85 0,00	0,70 0,04	0,68 0,04	0,68 0,04	-0,70 0,04	-	-0,78 0,01	0,78 0,01	-0,75 0,02	-	-	-
Microzooplâncton	0,85 0,00	0,70 0,04	0,68 0,04	0,68 0,04	-0,70 0,04	-	-0,78 0,01	0,78 0,01	-0,75 0,02	-	-	-
Mesozooplâncton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,83 0,01
Macrozooplâncton	0,78 0,01	-	0,73 0,02	-	-0,83 0,01	-	-	-	-	-	-	-
<u>Rotifera</u>	0,79 0,01	-	0,68 0,04	0,68 0,04	-	-	-0,77 0,01	0,77 0,01	-	-	-	-
<i>Asplanchna sp.</i>	0,68 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bdelloidea</i>	-	-0,90 0,00	-	-0,70 0,04	-	0,68 0,04	0,68 0,04	-0,68 0,04	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	0,67 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-	-0,69 0,04	-0,73 0,03	-	-	-	-	-	0,69 0,04	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,90 0,00	-	0,86 0,00	0,79 0,01	-0,83 0,01	-0,73 0,02	-0,85 0,00	0,85 0,00	-	-	-	-
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,73 0,03	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	0,71 0,03	-	0,70 0,04	0,82 0,01	-0,77 0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane elsa</i>	0,92 0,00	0,67 0,05	0,77 0,02	0,72 0,03	-0,83 0,01	-0,75 0,02	-0,86 0,00	0,86 0,00	-	-	-	-
<i>Polyarthra sp.</i>	-0,73 0,03	-	-	-	-	0,73 0,03	0,73 0,03	-0,73 0,03	0,73 0,03	-	-	-

<u>Cladocera</u>	0,73	0,72	0,75	0,93	-0,90	-0,71	-0,75	0,75	-	-	-	-
	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	0,02	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-0,86	-0,68	-0,83	-0,78	0,70	0,86	0,92	-0,92	-	-	-	-
	0,00	0,04	0,01	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	0,77	0,73	0,78	0,92	-0,85	-0,86	-0,84	0,84	-	-	-	-
	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
<u>Copepoda</u>	0,79	-	0,85	0,82	-0,83	-0,69	-0,74	0,74	-	-	-	-
	0,01	-	0,00	0,01	0,01	0,04	0,02	0,02	-	-	-	-
Copepodito	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,71	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,70	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
Náuplio	0,70	-	0,73	0,73	-0,78	-0,68	-	-	-	-	-	-
	0,04	-	0,02	0,02	0,01	0,04	-	-	-	-	-	-
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	0,78	-	0,70	-	-0,87	-	-	-	-	-	-	-
	0,01	-	0,04	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

Tabela 26. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a diversidade zooplancônica e a densidade dos táxons do tratamento sem substrato (controle) e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Tratamento controle</u> (sem substrato)	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	T°C	Cond	Amon	Nitri	Nitra
Diversidade	-	-	-	-0,80	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Densidade total	0,78	0,97	0,82	0,83	-0,98	-0,71	-0,88	-	0,95	-	-	-
	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	-	0,00	-	-	-
Microzooplâncton	0,81	0,95	0,80	0,85	-0,95	-	-0,85	-	0,92	-	-	-
	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	-	0,00	-	0,00	-	-	-
<u>Rotífera</u>	-	0,75	-	0,93	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,00	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-
Bdelloidea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
<i>Brachionus falcatus</i>	-0,77	-0,84	-	-0,74	0,85	-	0,79	-	-0,79	-	-	-
	0,01	0,01	-	0,00	0,00	-	0,01	-	0,01	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,71	0,90	0,76	0,73	-0,87	-	-0,80	-	0,87	-	-	-
	0,03	0,00	0,02	0,03	0,02	-	0,01	-	0,00	-	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	-	0,73	0,73	0,71	-0,71	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane elsa</i>	-	-	-	0,84	-0,74	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,00	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-	-0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>Cladocera</u>	-	-	-	-	-	-0,70	-	-	-	0,92	-	0,68
	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	0,00	-	0,04
<u>Copepoda</u>	0,71	0,92	0,73	0,80	-0,97	-0,75	-0,83	-	0,92	-	-	-
	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	-	0,00	-	-	-
Copepodito	0,75	0,70	0,78	-	-	-	-0,71	-	0,78	-	-	-
	0,02	0,04	0,01	-	-	-	0,03	-	0,01	-	-	-
Náuplio	0,71	0,92	0,73	0,80	-0,97	-0,75	-0,83	-	0,92	-	-	-
	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	-	0,00	-	-	-
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,70	-

	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	0,71	0,92	0,73	0,80	-0,97	-0,75	-0,83	-	0,92	-	-	-
	0,03	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	-	0,00	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

b) Correlação geral

Quando não há diferenciação entre os tratamentos, os parâmetros físico-químicos que mais influenciaram na variação da densidade dos grupos zooplantônicos foram a clorofila, o nitrogênio total, o fósforo total, os sólidos totais em suspensão, a transparência, o oxigênio dissolvido e a condutividade (Tabela 27). O pH e o nitrato influenciaram poucos grupos de zooplâncton. A temperatura, a amônia e o nitrito não tiveram influência na densidade dos grupos estudados.

A diversidade da comunidade apresentou correlação positiva apenas com a transparência da água dos viveiros, sendo afetada negativamente pela elevação da concentração de clorofila, nitrogênio e sólidos em suspensão (Tabela 27). Nesse caso, o aumento da concentração de clorofila, nitrogênio total e fósforo total diminuíram a diversidade da comunidade zooplantônica dos viveiros de policultivo (Tabela 27). Por outro lado, a densidade total de zooplâncton apresentou correlação positiva com o aumento da clorofila, do nitrogênio, do fósforo, dos sólidos suspensos e da condutividade (Tabela 27). As correlações negativas com a densidade total ocorreram com a transparência e o oxigênio dissolvido (Tabela 27).

Para Rotífera, altas concentrações de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e alta condutividade afetam positivamente a densidade desse grupo (Tabela 27). Água pouco transparente e alta oxigenação da mesma impedem o aumento de sua densidade. Já para o grupo Copepoda, apenas a concentração alta de nitrogênio e a baixa transparência da água promoveram o aumento de sua densidade (Tabela 27).

A densidade da classe de tamanho microzooplantônica aumentou com o aumento da clorofila, do nitrogênio, do fósforo, dos sólidos totais e da condutividade, além da diminuição da transparência e da oxigenação da água (Tabela 27). Já para o macrozooplâncton, apenas o aumento dos sólidos totais e a diminuição da transparência da água apresentaram correlação positiva com o aumento da densidade dessa classe de tamanho (Tabela 27).

A densidade do rotífero *B. calyciflorus* apenas apresentou correlação positiva com a concentração de nitrogênio total (Tabela 27). Já para as outras espécies do mesmo gênero, as

correlações foram distintas. Para *B. falcatus*, sua densidade está correlacionada positivamente à transparência e à oxigenação da água dos viveiros. Porém, com o aumento das concentrações de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade, sua densidade diminuiu (Tabela 27). A densidade de *B. havanaensis* respondeu opostamente à densidade de *B. falcatus*, ou seja, com o aumento da concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, sua densidade aumentou (Tabela 27). Por outro lado, alta transparência, oxigenação e pH básico da água limitaram o aumento da densidade desse rotífero.

Para *F. opolienisis*, o aumento da clorofila, nitrogênio, fósforo e sólidos em suspensão promoveu o aumento da sua densidade, assim como a diminuição da transparência da água (Tabela 27). A variação da densidade de *K. tropica* somente teve relação negativa com a variação do nitrato na água. Já para *L. elsa*, sua densidade está correlacionada positivamente com a clorofila e com os sólidos em suspensão, além da baixa transparência da água. O último rotífero a apresentar correlações com as variáveis abióticas foi *Polyarthra* sp. Nesse caso, sua densidade está correlacionada negativamente aos parâmetros clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade, e positivamente com a maior transparência, o pH e a oxigenação da água (Tabela 27).

A densidade dos cladóceros *D. spinulosum*, *M. spinosa* e *M. minuta* se correlacionaram com alguns parâmetros físico-químicos. A densidade de *D. spinulosum* apenas apresentou correlação positiva com a oxigenação da água e negativa com a clorofila e os sólidos totais. Para *M. spinosa*, sua densidade aumentou com os parâmetros clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade. Já a maior transparência e oxigenação da água afetaram negativamente essa densidade (Tabela 27). Por fim, para *M. minuta*, os parâmetros que afetaram sua densidade foram os mesmos, exceto o fósforo, que não apresentou correlação nenhuma (Tabela 27).

A densidade das formas náuplios e copepoditos de copépodos apresentaram correlações idênticas com os parâmetros físico-químicos da água (Tabela 27). O aumento de suas densidades foi correlacionado ao aumento da concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e alta condutividade. Por outro lado, essas densidades foram afetadas negativamente com o aumento da transparência, do pH e da oxigenação da água (Tabela 27). Já a densidade da forma adulta *N. iheringi* apenas foi afetada negativamente pela alta transparência da água. Por fim, a densidade de *T. decipiens* apresentou correlação positiva com clorofila e condutividade, e correlação negativa com nitrogênio, fósforo, transparência, pH e oxigênio dissolvido na água dos viveiros (Tabela 27).

Tabela 27. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a diversidade zooplancônica e a densidade dos táxons e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Geral</u>	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	Cond	T°C	Amon	Nitri	Nitra
Diversidade	-0,71 0,03	-0,87 0,00	- -	-0,78 0,01	0,77 0,02	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Densidade	0,85 0,00	0,93 0,00	0,77 0,02	0,75 0,02	-0,83 0,01	- -	-0,76 0,02	0,76 0,02	- -	- -	- -	- -
Microzooplâncton	0,85 0,00	0,93 0,00	0,77 0,02	0,75 0,02	-0,83 0,01	- -	-0,76 0,02	0,76 0,02	- -	- -	- -	- -
Macrozooplâncton	- -	- -	- -	0,70 0,04	-0,83 0,01	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Rotifera	0,72 0,03	0,90 0,00	0,75 0,02	0,73 0,02	-0,77 0,02	- -	-0,69 0,04	0,69 0,04	- -	- -	- -	- -
<i>Brachionus calyciflorus</i>	- -	0,67 0,05	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Brachionus falcatus</i>	-0,87 0,00	-0,96 0,00	-0,88 0,00	-0,76 0,02	0,78 0,01	- -	0,85 0,00	-0,85 0,00	- -	- -	- -	- -
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,92 0,00	0,90 0,00	0,82 0,01	0,73 0,02	-0,87 0,00	-0,68 0,04	-0,85 0,00	0,85 0,00	- -	- -	- -	- -
<i>Filinia opoliensis</i>	0,71 0,03	0,70 0,04	0,78 0,01	0,73 0,02	-0,67 0,05	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Keratella tropica</i>	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	-0,72 0,03
<i>Lecane elsa</i>	0,68 0,04	- -	- -	0,87 0,00	-0,75 0,02	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Polyarthra</i> sp.	-0,84 0,01	-0,79 0,01	-0,80 0,01	-0,71 0,03	0,86 0,00	0,84 0,01	0,84 0,01	-0,84 0,01	- -	- -	- -	- -
<u>Cladocera</u>	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-0,73 0,03	- -	- -	-0,78 0,01	- -	- -	0,78 0,01	- -	- -	- -	- -	- -
<i>Macrothrix spinosa</i>	0,85 0,00	0,82 0,01	0,75 0,02	0,84 0,00	-0,77 0,01	- -	-0,79 0,01	0,79 0,01	- -	- -	- -	- -
<i>Moina minuta</i>	0,72 0,03	0,73 0,02	- -	0,85 0,00	-0,90 0,00	- -	-0,67 0,05	0,67 0,05	- -	- -	- -	- -
<u>Copepoda</u>	- -	0,73 0,02	- -	- -	-0,67 0,05	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
Copepodito	0,98 0,00	0,93 0,00	0,90 0,00	0,82 0,01	-0,90 0,00	-0,68 0,04	-0,93 0,00	0,93 0,00	- -	- -	- -	- -
Náuplio	0,88 0,00	0,85 0,00	0,75 0,02	0,75 0,02	-0,92 0,00	-0,78 0,01	-0,78 0,01	0,78 0,01	- -	- -	- -	- -
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	- -	- -	- -	- -	-0,80 0,01	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -

<i>Thermocyclops decipiens</i>	0,85	0,72	0,75	-	-0,80	-0,81	-0,73	0,73	-	-	-	-
	0,00	0,03	0,02	-	0,01	0,01	0,03	0,03	-	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

4.2.5.2. Variáveis Físico-químicas X Biomassa

a) Correlação por tratamento

Assim como nas correlações com a diversidade e com a densidade dos grupos zooplancônicos, os parâmetros físico-químicos que mais influenciaram na variação da biomassa desses grupos foram a clorofila, o nitrogênio total, o fósforo total, os sólidos totais em suspensão, a transparência, o oxigênio dissolvido e a condutividade (Tabelas 28, 29 e 30). O pH influenciou poucos grupos de zooplâncton e a amônia, o nitrito, o nitrato e a temperatura tiveram pouquíssima influência na biomassa dos grupos estudados.

Os viveiros com substrato de manta apresentaram maior número de correlações dos parâmetros físico-químicos com a biomassa dos grupos zooplancônicos (Tabelas 28). Com poucas correlações da biomassa zooplancônica com os parâmetros físico-químicos, o tratamento sem substrato (controle) foi o que menos apresentou essas correlações (Tabela 30). Ainda comparando os tratamentos, alguns agrupamentos de zooplâncton apresentaram diferenças nas correlações de sua biomassa com as variáveis físico-químicas da água.

Em todos os tratamentos, a biomassa geral de zooplâncton apresentou correlação positiva somente com os sólidos totais em suspensão e correlação negativa com a transparência da água. A clorofila e o fósforo total afetaram positivamente a biomassa de zooplâncton nos tratamentos com substrato (Tabelas 28 e 29). O nitrogênio total também teve essa função no tratamento com manta e sem substrato (Tabelas 28 e 30). Nos tratamentos com bambu e sem substrato, águas ácidas, com pouco oxigênio dissolvido e alta condutividade, criaram situação satisfatória para o aumento em biomassa da comunidade zooplancônica (Tabelas 29 e 30).

A biomassa de rotíferos nos viveiros com substrato de manta e sem substrato foi mais semelhante nas correlações com as variáveis abióticas da água (Tabelas 28 e 30). Nesses casos, altas concentrações de nitrogênio e sólidos em suspensão levaram a alta biomassa desse grupo nos viveiros de policultivo. Por outro lado, a transparência da água apresentou correlação negativa com o aumento dessa biomassa em todos os tratamentos. Nos tratamentos

com substrato de bambu e sem substrato, o parâmetro em comum com correlação com as respectivas biomassas rotíferas foi o oxigênio dissolvido (Tabelas 29 e 30). Em ambos os casos, a diminuição desse parâmetro propiciou o aumento da biomassa desse grupo. Além disso, no tratamento com substrato de bambu, a temperatura também apresentou correlação negativa com a biomassa rotífera (Tabela 29).

A biomassa de cladóceros apenas apresentou correlação positiva com a amônia nos viveiros sem substrato (Tabela 30). No grupo dos copépodos, a biomassa apresentou correlações com diversos parâmetros físico-químicos da água em todos os tratamentos, porém, de maneiras diferentes. Nos tratamentos com substrato, a clorofila e o fósforo total apresentaram correlação positiva com a biomassa desses microcrustáceos (Tabelas 28 e 29). Todavia, o nitrogênio total afetou positivamente essa biomassa nos tratamentos com manta e sem substrato (Tabelas 28 e 30). Nesse último tratamento e no tratamento com bambu, o pH ácido e o baixo oxigênio dissolvido propiciaram o aumento da biomassa de copépodos (Tabelas 29 e 30). Em comum em todos os tratamentos, os sólidos em suspensão apresentaram correlação positiva e a transparência apresentou correlação negativa com a biomassa desse grupo zooplânctônico.

Do mesmo modo que ocorreu com as correlações da densidade com as variáveis físico-químicas, o grupo de zooplâncton de menor tamanho foi o que mais apresentou correlações com esses parâmetros abióticos. Entretanto, a biomassa microzooplânctônica apresentou maior número de correlações apenas no tratamento com bambu (Tabela 29). Em comum nos três tratamentos, o fósforo e a condutividade apresentaram correlação positiva com a biomassa dessa classe de tamanho de zooplâncton. Por sua vez, as correlações negativas ocorreram com a transparência e o oxigênio dissolvido em todos os tratamentos. A clorofila afetou positivamente a biomassa do microzooplâncton apenas nos tratamentos com substrato (Tabelas 28 e 29). Por outro lado, o nitrogênio total e o pH afetaram positiva e negativamente, respectivamente, os tratamentos com substrato de bambu e sem substrato (Tabelas 29 e 30).

Assim como na densidade, a biomassa do mesozooplâncton apresentou correlação positiva com o nitrato no tratamento com substrato de bambu (Tabela 29). A comunidade zooplânctônica com maiores dimensões correlacionou-se com as variáveis abióticas apenas nos tratamentos com substrato (Tabelas 28 e 29). Entretanto, essas correlações ocorreram de maneira diferente na maioria dos casos. Apenas o parâmetro físico transparência apresentou correlação negativa em ambos os tratamentos. Por outro lado, no tratamento com substrato de manta, altas concentrações de nitrogênio, fósforo e sólidos suspensos promoveram o aumento

da biomassa do macrozooplâncton (Tabela 28). Por sua vez, no tratamento com bambu, apenas a alta concentração de clorofila e a baixa temperatura tiveram esse efeito (Tabela 29).

Considerando as correlações da biomassa de espécies constantes e acessórias em cada grupo zooplancônico (rotíferos, cladóceros e copépodos), houve uma grande variação desses dados, dependendo do taxa e do tratamento. Para os rotíferos, a biomassa de *Asplanchna* sp. apresentou correlação negativa apenas com a temperatura da água no tratamento com bambu (Tabela 29). A biomassa de *Brachionus calyciflorus* apenas correlacionou-se com as variáveis abióticas nos tratamentos com substrato, porém, de maneiras diferentes. No tratamento com manta, essa biomassa apenas diminuiu com o aumento da clorofila na água (Tabela 28). Já no tratamento com substrato de bambu, as correlações foram mais complexas (Tabela 29). O pH ácido, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e o aumento da condutividade no ambiente aquático levaram ao aumento da biomassa de *B. calyciflorus*. Além dessa espécie, as outras duas espécies do gênero *Brachionus* encontradas nos viveiros de policultivo também apresentaram correlações com as variáveis físico-químicas no ambiente. Para a biomassa do *B. falcatus*, as correlações positivas se deram com o oxigênio dissolvido nos tratamentos com manta e sem substrato (Tabelas 28 e 30). Nesse último tratamento, também houve correlação positiva com a transparência da água (Tabela 30). No tratamento com bambu, a correlação positiva ocorreu com a temperatura da água (Tabela 29). Já a correlação negativa da biomassa desse rotífero com o nitrogênio foi comum nos três tratamentos. Nos tratamentos com bambu e sem substrato, além do nitrogênio, a clorofila também apresentou o efeito diminuidor da biomassa da espécie (Tabelas 29 e 30). Esse último tratamento também apresentou correlação negativa com os sólidos em suspensão e a condutividade na água, assim como o tratamento com substrato de manta (Tabela 30). Para a espécie *B. havanaensis*, as correlações da biomassa com os parâmetros abióticos da água foram mais semelhantes entre os tratamentos. As correlações positivas foram com a clorofila, o nitrogênio, o fósforo, os sólidos suspensos e a condutividade, exceto pelo nitrogênio no tratamento com bambu, que não apresentou correlação. Já as correlações negativas de todos os tratamentos se deram com o pH, o oxigênio dissolvido e a transparência, exceto no tratamento sem substrato, que não apresentou correlação com o pH.

No gênero de *Filinia*, a biomassa da espécie *F. longiseta* apenas apresentou correlação negativa com a amônia do ambiente. Ainda nesse gênero, a espécie que mais apresentou correlações nos três tratamentos foi a *F. opoliensis*. O fósforo e os sólidos suspensos apresentaram correlação positiva com a biomassa desse rotífero em todos os tratamentos. Além dessas variáveis, a clorofila apresentou o mesmo resultado no tratamento com substrato

de bambu (Tabela 29) e o nitrogênio no tratamento sem substrato (Tabela 30). Já a diminuição da transparência da água promoveu o aumento da biomassa de *F. opoliensis* no tratamento com bambu e sem substrato (Tabelas 29 e 30). Nesse último tratamento, a diminuição da oxigenação da água também desempenhou o mesmo papel. A biomassa da terceira espécie de *Filinia* encontrada nos viveiros, *F. terminalis*, correlacionou-se apenas com as variáveis abióticas do tratamento com manta (Tabela 28). O aumento do fósforo e dos sólidos em suspensão juntamente à diminuição da transparência da água promoveram o aumento da biomassa desse rotífero.

Para o gênero de rotífero *Keratella*, apenas o substrato de manta teve influência nas correlações da biomassa com os fatores abióticos da água dos viveiros (Tabela 28). O aumento dos sólidos em suspensão e a diminuição da transparência da água diminuíram a biomassa de *K. americana* e *K. cochlearis* nessas condições. Por outro lado, a biomassa de *K. tropica* diminuiu com o aumento das concentrações de nitrogênio, fósforo, amônia e com a acidez da água.

Os tratamentos com substrato mostraram ter mais influência nas correlações da biomassa do rotífero *Lecane elsa* com os parâmetros físico-químicos da água (Tabelas 28 e 29). Entretanto, a maior concentração de sólidos em suspensão e a diminuição da transparência da água promoveram o aumento da biomassa desse rotífero em todos os tratamentos. Nos tratamentos com substrato, o aumento da clorofila, do fósforo, dos sólidos suspensos e da condutividade e a diminuição do oxigênio dissolvido levaram a uma maior biomassa de *L. elsa* (Tabelas 28 e 29). Apenas no tratamento com substrato de bambu, a biomassa desse rotífero aumentou com a acidez da água (Tabela 29).

Semelhante ao ocorrido com a densidade, a biomassa do rotífero *Polyarthra* sp. não mostrou o padrão de desenvolvimento do restante dos rotíferos. Sua biomassa diminuiu com o aumento da clorofila nos tratamentos com substrato (Tabelas 28 e 29) e fica maior quando o pH da água está básico, com maior concentração de oxigênio dissolvido e alta transparência da água nos viveiros com bambu (Tabela 29). A transparência da água também tem efeito positivo na biomassa desse rotífero em viveiros com manta, assim como a baixa concentração de nitrogênio e fósforo (Tabela 28). Quanto à condutividade, houve somente correlação positiva com a biomassa de *Polyarthra* sp. nos viveiros com bambu (Tabela 29).

A biomassa do rotífero *Trichocerca* sp. apresentou poucos correlações com as variáveis abióticas de dois tratamentos. Em viveiros com substrato de bambu, sua biomassa foi afetada negativamente com os sólidos em suspensão (Tabela 29). Já nos viveiros sem substrato, a biomassa desse rotífero foi maior em água mais básicas (Tabela 30).

Dentro do grupo dos microcrustáceos constantes, a biomassa do cladócero *Diaphanosoma spinulosum* apresentou correlações com os fatores abióticos em todos os tratamentos, porém de maneiras diferentes. Nos viveiros sem substrato, apenas a alta concentração de amônia na água afetou positivamente a biomassa dessa espécie (Tabela 30). Já nos tratamentos com substrato, baixas concentrações de fósforo, menor condutividade e maior oxigenação da água foram condições para maior biomassa de *D. spinulosum* (Tabelas 28 e 29). Além disso, no tratamento com bambu, a biomassa desse microcrustáceo é maior quando for menor a concentração de clorofila e as águas forem mais alcalinas (Tabela 29).

A biomassa do cladócero *Moina minuta* somente apresentou correlações com as variáveis físico-químicas fósforo e sólidos em suspensão, nos viveiros com substrato (Tabelas 28 e 29). A única correlação negativa foi com a transparência da água. Ainda no tratamento com manta, altas concentrações de clorofila levaram ao aumento da biomassa de *M. minuta* (Tabela 28).

Para os microcrustáceos copépodos constantes, a biomassa de sua forma jovem, copepodito, apresentou muitas correlações com os parâmetros abióticos no tratamento com substrato de manta. Nesse caso, quanto maior foi a concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, maior apresentou-se a biomassa desse microcrustáceo (Tabela 28). Por outro lado, em condições com pH alcalina, muito oxigênio dissolvido e alta transparência da água, a biomassa dessa forma de copépodo diminuiu. Nos viveiros com bambu, apenas a alta temperatura afetou negativamente a biomassa de copepoditos (Tabela 29).

Ainda sobre as formas jovens de copépodo, sua forma larval, náuplio, também apresentou correlações com os parâmetros monitorados. A semelhança das correlações entre os tratamentos foi grande. Nos três casos, quanto maior a clorofila, o nitrogênio, o fósforo, os sólidos em suspensão e a condutividade, maior era a biomassa de náuplios nos viveiros (Tabelas 28, 29 e 30). Por outro lado, essa biomassa foi afetada negativamente com o aumento da transparência e do oxigênio dissolvido na água (Tabelas 28, 29 e 30). Além disso, nos viveiros com substrato, o pH básico exerceu esse mesmo papel, diminuindo a biomassa das formas larvais de copépodo (Tabelas 28 e 29).

A biomassa de *Argyrodiaptomus furcatus* apenas apresentou correlações com os fatores abióticos no tratamento com substrato de manta (Tabela 28). Nessas condições, a biomassa desse calanoida aumentou com a ampliação dos sólidos suspensos e com a consequente diminuição da transparência da água. Ainda sobre os copépodos calanoida, a biomassa de *Notodiptomus iheringi* apresentou correlações nos três tratamentos, porém com

variáveis abióticas diferentes. No tratamento com substrato de manta, altas concentrações de nitrogênio e baixa transparência da água promoveram o aumento da biomassa desse copépodo (Tabela 28). Já no tratamento com bambu, esse papel foi exercido, além da baixa transparência da água, pelas altas concentrações de clorofila e fósforo (Tabela 29). A biomassa de *N. iheringi* foi alta apenas em baixas concentrações de nitrito.

Ainda no grupo do copépodos, porém cyclopoidas, para *Thermocyclops decipiens*, o tratamento com substrato de manta apresentou maiores correlações dessa biomassa com as variáveis abióticas da água. Nesse caso, apenas em baixas concentrações de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos suspensos e baixa condutividade, a biomassa dessa espécie apresentou-se maior (Tabela 28). Além disso, isso também ocorre quando há altas concentrações de oxigênio e alta transparência da água. Já nos viveiros com bambu, essa biomassa aumentou quando em maiores temperaturas (Tabela 29). Por outro lado, quando sem substrato, a biomassa de *T. decipiens* foi maior em altas concentrações de amônia, acidez e águas mais turvas (Tabela 30).

Tabela 28. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a biomassa dos táxons do tratamento com substrato de manta e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

Tratamento Manta	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	Cond	T°C	Amon	Nitri	Nitra
Biomassa total	0,67	0,77	0,78	0,75	-0,78	-	-	-	-	-	-	-
	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-
Microzooplâncton	0,70	-	0,78	0,77	-0,67	-	-0,78	0,77	-	-	-	-
	0,04	-	0,01	0,02	0,05	-	0,01	0,02	-	-	-	-
Macrozooplâncton	-	0,70	0,68	0,68	-0,75	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,04	0,04	0,04	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Rotifera	-	0,72	-	0,67	-0,75	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,03	-	0,05	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-0,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-	-0,76	-0,81	-0,80	-	-	0,73	-0,73	-	-	-	-
	-	0,02	0,01	0,01	-	-	0,02	0,03	-	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,81	0,92	0,87	0,80	-0,92	-0,71	-0,88	0,86	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	-	-	0,70	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,04	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Filinia terminalis</i>	-	-	0,67	0,75	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,05	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella americana</i>	-	-	-	-0,68	0,69	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,05	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i>	-	-	-	-0,71	0,71	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Keratella tropica</i>	-	-0,80	-0,73	-	-	0,71	-	-	-	-0,84	-	-
	-	0,01	0,03	-	-	0,03	-	-	-	0,00	-	-
<i>Lecane elsa</i>	0,81	-	0,73	0,83	-0,82	-	-0,76	0,75	-	-	-	-
	0,01	-	0,02	0,01	0,01	-	0,02	0,02	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-0,73	-0,70	-0,75	-0,82	0,73	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	-

<u>Cladocera</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bosmina longirostris</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,76	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	-	-0,68	-	-	-	0,84	-0,85	-	-	-	-	-
	-	-	0,04	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix spinosa</i>	-	-	-	-	-	-	-0,73	0,72	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	0,03	0,03	-	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	0,71	-	0,70	0,85	-0,78	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	-	0,04	0,00	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda	0,68	0,77	0,78	0,75	-0,78	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	-	-	-	0,73	-0,76	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Copepodito	0,78	0,85	0,73	0,85	-0,97	-0,75	-0,75	0,73	-	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	-	-	-	-	-
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,76	0,78	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,02	0,01	-
Náuplio	0,78	0,68	0,70	0,75	-0,83	-0,75	-0,75	0,76	-	-	-	-	-
	0,01	0,04	0,04	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	-	-	-	-	-
<i>Notodiatomus iheringi</i>	-	0,68	-	-	-0,68	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,04	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	-0,78	-0,83	-0,80	-0,75	0,68	-	0,70	-0,68	-	-	-	-	-
	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	-	0,04	0,04	-	-	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

Tabela 29. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a biomassa dos táxons do tratamento com substrato de bambu e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Tratamento Bambu</u>	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	Cond	T°C	Amon	Nitri	Nitra
Biomassa total	0,92	-	0,83	0,80	-0,97	-0,75	-0,83	0,83	-	-	-	-
	0,00	-	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
Microzooplâncton	0,95	0,85	0,80	0,87	-0,88	-0,76	-0,90	0,90	-	-	-	-
	0,00	0,003	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	-	-	-	-
Mesozooplâncton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04
Macrozooplâncton	0,71	-	-	-	-0,77	-	-	-	-0,71	-	-	-
	0,03	-	-	-	0,02	-	-	-	0,03	-	-	-
Rotifera	0,85	0,68	-	-	-0,73	-	-0,80	0,80	-0,85	-	-	-
	0,00	0,05	-	-	0,02	-	0,01	0,01	0,00	-	-	-
<i>Asplanchna</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,72	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i>	-	-	-	-	-	-0,67	-0,67	0,67	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	0,05	0,05	0,05	-	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-0,69	-0,73	-	-	-	-	-	-	0,69	-	-	-
	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,90	-	0,86	0,79	-0,83	-0,73	-0,85	0,85	-	-	-	-
	0,00	-	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Filinia longiseta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,73	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	0,75	-	0,80	0,85	-0,78	-	-0,70	0,70	-	-	-	-
	0,02	-	0,01	0,00	0,01	-	0,04	0,04	-	-	-	-
<i>Lecane elsa</i>	0,92	0,67	0,77	0,72	-0,83	-0,75	-0,86	0,86	-	-	-	-
	0,00	0,05	0,15	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-0,73	-	-	-	-	0,73	0,73	-0,73	0,73	-	-	-
	0,03	-	-	-	-	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-

<i>Trichocerca</i> sp.	-	-	-	-0,73	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
Cladocera												
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-0,86	-	-0,75	-0,68	-	0,85	0,82	-0,92	-	-	-	-
	0,00	-	0,02	0,04	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	0,77	0,78	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	0,02	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda	0,92	-	0,83	0,80	-0,97	-0,75	-0,83	0,83	-	-	-	-
	0,00	-	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
Copepodito	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,85	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-
<i>Mesocyclops meridianus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,70	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-
Náuplio	0,81	0,85	0,70	0,82	-0,77	-0,89	-0,87	0,87	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,04	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	0,78	-	0,7	-	-0,87	-	-	-	-	-	-	-
	0,01	-	0,035	-	0,00	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

Tabela 30. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a biomassa dos táxons do tratamento sem substrato (controle) e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

Tratamento Controle (sem substrato)	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	Cond	T°C	Amon	Nitri	Nitra
Biomassa total	-	0,80	-	0,72	-0,93	-0,73	-0,70	0,81	-	-	-	-
	-	0,01	-	0,03	0,00	0,03	0,04	0,01	-	-	-	-
Microzooplâncton	-	0,78	0,67	-	-0,87	-0,81	-0,73	0,85	-	-	-	-
	-	0,01	0,05	-	0,00	0,01	0,03	0,00	-	-	-	-
Rotifera	-	0,70	-	0,70	-0,68	-	-0,71	-	-	-	-	-
	-	0,04	-	0,04	0,04	-	0,03	-	-	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-0,77	-0,84	-	-0,94	0,85	-	0,79	-0,79	-	-	-	-
	0,01	0,01	-	0,00	0,00	-	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,71	0,90	0,76	0,73	-0,87	-	-0,80	0,87	-	-	-	-
	0,03	0,00	0,02	0,03	0,00	-	0,01	0,00	-	-	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	-	0,73	0,73	0,71	-0,71	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,03	0,03	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane elsa</i>	-	-	-	0,72	-0,77	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,02	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-	-0,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	-	-	-	-	-	-0,70	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-
Cladocera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,73	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-

Copepoda	-	0,80	-	0,72	-0,93	-0,73	-0,70	0,81	-	-	-	-
	-	0,01	-	0,03	0,00	0,03	0,04	0,01	-	-	-	-
Náuplio	0,75	0,88	0,68	0,77	-0,92	-	-0,80	0,88	-	-	-	-
	0,02	0,00	0,04	0,02	0,00	-	0,01	0,00	-	-	-	-
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,70	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-
<i>Thermocyclops decipiens</i>	-	-	-	-	-0,73	-0,77	-	-	-	0,67	-	-
	-	-	-	-	0,02	0,01	-	-	-	0,05	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

b) Correlação geral

Sem a divisão por tratamentos, os parâmetros físico-químicos que mais influenciaram na variação da biomassa desses grupos também foram a clorofila, o nitrogênio total, o fósforo total, os sólidos totais em suspensão, a transparência, o oxigênio dissolvido e a condutividade (Tabelas 29). O pH influenciou poucos grupos de zooplâncton e a temperatura, a amônia, o nitrito e o nitrato tiveram pouquíssima ou nenhuma influência na biomassa dos grupos analisados.

A biomassa total do zooplâncton apresentou correlação positiva com os parâmetros clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, além de correlação negativa com a alta transparência, o pH e a oxigenação da água dos viveiros (Tabela 31). O grupo Rotifera apresentou correlação positiva de sua biomassa com os parâmetros clorofila, nitrogênio, sólidos totais e condutividade, mas correlação negativa com transparência, oxigênio dissolvido e temperatura (Tabela 31). Já o grupo Copepoda teve sua biomassa correlacionada positivamente com clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, além de correlação negativa com transparência, pH e oxigenação da água (Tabela 31).

Assim como o grupo Copepoda, a classe de tamanho microzooplânctônica correlacionou sua biomassa positivamente com clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, mas negativamente com transparência, pH e oxigenação da água (Tabela 31). A outra classe de tamanho que apresentou alguma correlação com as variáveis físico-químicas da água foi o macrozooplâncton, que aumentou sua biomassa com a diminuição da transparência da água.

Dentro do grupo Rotifera, alguns de seus representantes apresentaram correlações entre suas biomassas e os parâmetros abióticos da água. A biomassa de *Asplanchna* sp., por

exemplo, apenas aumentou com o aumento dos sólidos totais em suspensão. Já a biomassa de *B. falcatus* esteve alta quando a transparência e a oxigenação da água também apresentaram-se altas, mas diminuiu com o aumento da clorofila, do nitrogênio, do fósforo, dos sólidos totais e da condutividade (Tabela 31). Por outro lado, *B. havanaensis* apresentou correlação positiva com a clorofila, o nitrogênio, o fósforo, os sólidos totais e a condutividade, mas apresentou correlação negativa com a transparência, o pH e o oxigênio dissolvido (Tabela 31). Outros rotíferos, como *F. opoliensis* e *L. elsa*, apresentaram correlações semelhantes ao *B. havanaensis*. Para a biomassa de *F. opoliensis*, seu aumento está correlacionado ao aumento da clorofila, do nitrogênio, do fósforo e dos sólidos em suspensão, e com a diminuição da transparência da água. Já para *L. elsa*, sua biomassa aumentou com a alta concentração da clorofila, do nitrogênio, dos sólidos totais em suspensão e da condutividade. Além disso, diminuiu com o aumento da transparência e da oxigenação da água dos viveiros (Tabela 31). Por outro lado, a resposta da biomassa de *Polyarthra* sp. foi bem distinta das anteriores. Nesse caso, a biomassa desse rotífero diminuiu com o aumento da concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade, e só aumentou quando a transparência, o pH e a oxigenação da água eram altos (Tabela 31).

Apenas os cladóceros *M. spinosa* e *M. minuta* apresentaram correlações entre suas biomassas e as variáveis da água. A biomassa de *M. spinosa* aumentou com o aumento da concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade, mas diminuiu com a alta transparência e a oxigenação da água (Tabela 31). Por sua vez, a biomassa de *M. minuta* apresentou correlação positiva apenas com os sólidos em suspensão e negativa com a transparência da água.

A biomassa das formas larval e jovem dos copépodos apresentou correlações idênticas às variáveis abióticas no meio. Ambas as biomassas aumentaram com o aumento da concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade, mas estiveram baixas quando a transparência, o pH e a oxigenação da água eram altos (Tabela 31). Além disso, apenas a forma adulta *N. iheringi* apresentou correlação negativa somente com a transparência da água.

Tabela 31. Correlação de Spearman (r) e valores de *p* entre a biomassa dos táxons e as variáveis físico-químicas da água dos viveiros (As correlações apresentadas são significativas. Correlações negativas estão em vermelho; Correlações positivas estão em preto).

<u>Geral</u>	Clo	N	P	SolTo	Trans	pH	OD	Cond	T°C	Amon	Nitri	Nitra
Biomassa	0,92	0,90	0,83	0,78	-0,93	-0,75	-0,83	0,83	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
Microzooplâncton	0,98	0,96	0,85	0,87	-0,93	-0,68	-0,93	0,93	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	-	-	-	-
Macrozooplâncton	-	-	-	-	-0,75	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-
Rotífera	0,81	0,82	-	0,63	-0,75	-	-0,76	0,76	-0,75	-	-	-
	0,01	0,01	-	0,01	0,02	-	0,02	0,02	0,02	-	-	-
<i>Asplanchna</i> sp.	-	-	-	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus falcatus</i>	-0,80	-0,93	-0,81	-0,78	0,74	-	0,78	-0,78	-	-	-	-
	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	-	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Brachionus havanaensis</i>	0,92	0,90	0,82	0,73	-0,87	-0,68	-0,85	0,85	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,04	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Filinia opoliensis</i>	0,71	0,67	0,72	0,78	-0,70	-	-	-	-	-	-	-
	0,03	0,05	0,03	0,01	0,04	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane elsa</i>	0,85	0,72	-	0,90	-0,87	-	-0,80	0,80	-	-	-	-
	0,00	0,03	-	0,00	0,00	-	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-0,84	-0,79	-0,80	-0,71	0,86	0,84	0,84	-0,84	-	-	-	-
	0,01	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-
<u>Cladocera</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrothrix spinosa</i>	0,85	0,82	0,75	0,84	-0,77	-	-0,79	0,79	-	-	-	-
	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	-	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Moina minuta</i>	-	-	-	0,72	-0,82	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	0,03	0,01	-	-	-	-	-	-	-
Copepoda	0,92	0,87	0,77	0,83	-0,97	-0,75	-0,83	0,83	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,76	-0,73
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,03
Copepodito	0,88	0,88	0,87	0,77	-0,96	-0,71	-0,80	0,80	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,03	0,01	0,01	-	-	-	-
Náuplio	0,92	0,87	0,68	0,80	-0,90	-0,75	-0,83	0,83	-	-	-	-
	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	-	-	-	-
<i>Notodiatomus iheringi</i>	-	-	-	-	-0,75	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-	-	-

Clo = clorofila; N = nitrogênio total; P = fósforo total; SolTo = sólidos totais em suspensão; Trans = transparência; pH; OD = oxigênio dissolvido; Cond = condutividade; T°C = temperatura; Amon = amônia; Nitri = nitrito; Nitra = nitrato.

4.3. Comunidade fitoplanctônica

A análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica mostrou semelhanças entre os tratamentos no decorrer do período de cultivo. Ao todo, foram identificados 20 gêneros na comunidade fitoplanctônica, com aproximadamente 40 espécies (Tabela 32). A riqueza de espécies variou entre os tratamentos no decorrer do período. O tratamento manta iniciou com 22 espécies em dezembro, variando de 11 a 18 nos outros três meses (Tabela 32). Já o tratamento com bambu apresentou em dezembro 17 espécies, passando para 14 em janeiro, 16 em fevereiro, finalizando com 19 espécies em março. Por sua vez, o tratamento sem substrato (controle) foi o único que diminuiu em riqueza de espécies no decorrer dos meses, iniciando com 18 espécies em dezembro e finalizando o experimento com 13 espécies em março. Foram encontradas três classes de fitoplâncton mais notórias: Cyanobacteria, Chlorophyceae e Bacillariophyceae. Contudo, a classe fitoplanctônica Cyanobacteria foi predominante nos viveiros de policultivo. Apenas duas Chlorophyceae (Chlorophyceae cocoide e *Coelastrum* sp.) e uma Bacillariophyceae (Diatomácea) foram encontradas pontualmente nos tratamentos com substrato nos três primeiros meses. As espécies de cianobactérias *Aphanocapsa annulata* e *Microcystis aeruginosa* foram as mais constantemente abundantes em todos os tratamentos (em negrito, na Tabela 32). O gênero *Aphanocapsa* foi o que apresentou mais espécies (sete), seguido pelo gênero *Microcystis* (cinco espécies).

Tabela 32. Lista de espécies fitoplanctônicas encontradas em viveiros de policultivo submetidos a diferentes tratamentos. TrMan (tratamento com substrato de manta), TrBam (tratamento com substrato de bambu), TrCon (tratamento sem substrato (controle)).

<u>Mês/Classe</u>	<u>Tratamento</u>		
	TrMan	TrBam	TrCon
Dezembro'11			
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	<i>Aphanocapsa elachista</i>	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	<i>Aphanocapsa incerta</i>
	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>
	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Aphanothece minutissima</i>
	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanothece</i> sp.
	<i>Chroococcus minutus</i>	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Aphanothece stagnina</i>
	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Coelomorum tropicalis</i>	<i>Chroococcus</i> sp.
	<i>Coelosphaerium</i> sp.	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Coelosphaerium</i> sp.
	<i>Dolichospermum</i> sp.	<i>Dolichospermum</i> sp.	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
	<i>Leptolyngbya</i> sp.	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Dolichospermum</i> sp.
	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Leptolyngbya</i> sp.
	<i>Microcystis protocystis</i>	<i>Planktothrix</i> sp.	<i>Microcystis aeruginosa</i>

	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Microcystis botrys</i>
	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Radiocystis fernandoii</i>	<i>Microcystis protocystis</i>
	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Radiocystis</i> sp.	<i>Pseudanabaena mucicola</i>
	<i>Radiocystis fernandoii</i>	<i>Woronichinia</i> sp.	<i>Radiocystis fernandoii</i>
	<i>Radiocystis</i> sp.		<i>Radiocystis</i> sp.
	<i>Sphaerocavum</i> sp.		
	<i>Woronichinia naegeliana</i>		
	<i>Woronichinia</i> sp.		
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> sp.		
Bacillariophyceae		Diatomácea	
Janeiro'12			
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>
	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Aphanocapsa incerta</i>
	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanothece</i> sp.
	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Chroococcus</i> sp.
	<i>Microcystis protocystis</i>	<i>Coelosphaerium</i> sp.	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>
	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Dolichospermum</i> sp.
	<i>Pseudanabaena</i> sp.	<i>Dolichospermum</i> sp.	<i>Microcystis aeruginosa</i>
	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Microcystis protocystis</i>
	<i>Radiocystis fernandoii</i>	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Microcystis wesenbergii</i>
		<i>Planktothrix</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.
		<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>
		<i>Radiocystis</i> sp.	<i>Radiocystis fernandoii</i>
			<i>Radiocystis</i> sp.
			<i>Woronichinia</i> sp.
Chlorophyceae	<i>Coelastrum</i> sp.	<i>Coelastrum</i> sp.	
Fevereiro'12			
Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>
	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa incerta</i>
	<i>Chroococcus minutus</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>
	<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanothece</i> sp.
	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Chroococcus</i> sp.
	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>
	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Microcrocis</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.
	<i>Planktothrix</i> sp.	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Phormidium tergestinum</i>
	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Microcystis protocystis</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>
	<i>Radiocystis fernandoii</i>	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Radiocystis fernandoii</i>
	<i>Radiocystis</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Radiocystis</i> sp.
		<i>Phormidium tergestinum</i>	<i>Woronichinia</i> sp.
		<i>Pseudanabaena mucicola</i>	
		<i>Radiocystis fernandoii</i>	
		<i>Woronichinia</i> sp.	

Cyanobacteria	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>	<i>Aphanocapsa annulata</i>
	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	<i>Aphanocapsa elachista</i>
	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Aphanocapsa elachista</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>
	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Aphanocapsa holsatica</i>	<i>Aphanothece</i> sp.
	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Komvophoron</i> sp.
	<i>Chroococcus minutus</i>	<i>Aphanocapsa koordersii</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>
	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Aphanothece</i> sp.	<i>Microcystis protocystis</i>
	<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Chroococcus</i> sp.	<i>Microcystis wesenbergii</i>
	<i>Merismopedia</i> sp.	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	<i>Phormidium</i> sp.
	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>
	<i>Microcystis protocystis</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Radiocystis fernandoii</i>
	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Microcystis wesenbergii</i>	<i>Radiocystis</i> sp.
	<i>Phormidium</i> sp.	<i>Pannus</i> sp.	<i>Woronichinia</i> sp.
	<i>Planktothrix</i> sp.	<i>Phormidium</i> sp.	
	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	<i>Planktothrix</i> sp.	
	<i>Radiocystis fernandoii</i>	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	
	<i>Radiocystis</i> sp.	<i>Radiocystis fernandoii</i>	
	<i>Woronichinia</i> sp.	<i>Radiocystis</i> sp.	
		<i>Woronichinia</i> sp.	

Espécies em negrito = maior abundância.

5. DISCUSSÃO

5.1. Variáveis Físico-químicas

Algumas variáveis abióticas dos viveiros não se mantiveram estáveis durante o período de policultivo. No entanto, as variações foram semelhantes nos três tratamentos, ou seja, alguns parâmetros físico-químicos seguiram uma tendência, independentemente do tipo de substrato. Embora todos os parâmetros físico-químicos tenham atendido aos padrões de lançamento de efluentes, segundo o CONAMA (Resoluções nº 357/2005, nº 410/2009 e nº 430/2011), a condição da água no final do experimento pode ser considerada eutrófica, devido às concentrações de clorofila, nitrogênio, fósforo e sólidos em suspensão.

A concentração de clorofila aumentou drasticamente nos viveiros de policultivo nos dois últimos meses do experimento, não apresentando diferenças entre os tratamentos aplicados. Esse aumento pode ter ocorrido devido ao fato de o experimento ter ocorrido nos meses com maior incidência de luz solar e pelo motivo de os viveiros receberem luminosidade durante todo o período do dia. A alta concentração de clorofila está relacionada à alta floração de cianobactérias, especialmente *Aphanocapsa annulata* e *Microcystis aeruginosa*, encontradas nas análises qualitativas da comunidade fitoplanctônica. A presença de peixes filtradores, como a tilápia, pode ter um efeito ‘bottom-up’ sobre a comunidade fitoplanctônica, por meio da excreção de compostos nitrogenados deste peixe. Silva et al. (2014), em experimentos com mesocosmos, concluem que a *Tilapia rendalli*, devido a sua excreção, pode contribuir mais intensamente para o aumento da biomassa fitoplanctônica do que para a sua diminuição, mesmo sendo este um dos principais itens de sua dieta.

Embora a concentração de nitrogênio total não tenha sido estatisticamente diferente no tratamento com substrato de bambu, é visível que houve um aumento dessa variável no decorrer do período, assim como nos outros tratamentos. O aumento da concentração desse parâmetro provavelmente ocorreu devido ao possível acúmulo de dieta comercial ofertada aos peixes, que possui em sua formulação quantidades significativas de nitrogênio, além da contribuição proveniente da excreção do peixe, como relatado também por Silva et al. (2014) ao longo de experimento com mesocosmo, no qual não foi adicionada ração.

O mesmo ocorreu com as concentrações de fósforo total nos viveiros, embora em menores proporções no tratamento com bambu. Mesmo tendo variado menos, a concentração de nitrogênio nos viveiros também aumentou no decorrer dos meses de experimento, atingindo sua maior marca no final de março. Sendo também um componente da dieta

comercial oferecida aos peixes, o aumento da concentração desse parâmetro está correlacionado ao seu acúmulo progressivo nos viveiros. Além disso, a fertilização prévia dos viveiros também continha o elemento fósforo em sua composição. Segundo Ryding e Rast (1992), o enriquecimento das águas com nitrogênio e fósforo é o primeiro passo para a eutrofização do ambiente.

Com o aumento dos nutrientes orgânicos (N e P), a concentração de sólidos totais em suspensão na água dos viveiros também aumentou em todos os tratamentos. Inicialmente baixa, a quantidade de sólidos totais chegou a aumentar quase dez vezes no tratamento sem substrato, o que demonstra que a presença de um substrato em tanques de cultivo pode auxiliar na diminuição de material particulado na coluna d'água. No geral, o aumento da concentração desse parâmetro foi significativamente alta, fato ocorrido devido ao aumento da concentração de nitrogênio e fósforo. Segundo Holmer (1992), a ciclagem de nutrientes na água é intensa, liberando rapidamente os elementos na coluna d'água. Desta forma, altas quantidades de material em suspensão promovem rapidamente o enriquecimento em nutrientes como nitrogênio e fósforo no sistema.

Como resultado do aumento da concentração de fitoplâncton e do material em suspensão, a transparência da água dos viveiros diminuiu em todos os tratamentos. Inicialmente com 61 cm de profundidade, a incidência de luz era alta na coluna d'água. Entretanto, com o aumento constante de fitoplâncton cobrindo toda a lâmina d'água e todas as partículas orgânicas e inorgânicas liberadas na água no último mês do experimento, essa incidência chegou a 15 cm.

O pH se manteve praticamente constante durante os meses, exceto no tratamento sem substrato. Porém, essa queda não foi drástica, mantendo o pH dos viveiros em torno de 8.

Apesar de apresentar variações significativas, as concentrações do oxigênio dissolvido na água dos viveiros de policultivo não tiveram variações drásticas. Isso se deve ao fato da utilização dos aeradores durante as poucas quedas bruscas de oxigênio monitoradas. No geral, sempre se mantendo entre quase 9mg/L e com nível mínimo de 7mg/L, as condições de oxigenação dos viveiros podem ser consideradas constantes.

A condutividade da água dos viveiros apresentou uma variação mínima entre o mês inicial e o final do experimento, para os padrões de aquicultura. No decorrer do período, o acúmulo de íons liberados na rápida ciclagem de nutrientes na água explica o aumento da condutividade da água dos viveiros.

Como os viveiros utilizados para o experimento eram externos, a variação da temperatura da água estava sujeita à variação da temperatura atmosférica. Com início em

meados de dezembro, época de maiores temperaturas atmosféricas, a temperatura da água também estava alta. Com o passar dos meses e com a mudança da temperatura para padrões de outono, a temperatura da água foi baixando, de acordo com a temperatura atmosférica. Contudo, como ocorre em ambientes tropicais, essa diminuição foi considerada baixa para a aquicultura. Segundo Magalhães et al. (2011), embora a comunidade zooplanctônica seja sensível à temperatura, em ambientes tropicais, essa característica não é fator determinante para a estrutura da comunidade, já que as variações são pouco relevantes ao longo do ano.

As variações das concentrações de amônia, nitrito e nitrato foram semelhantes nos três tratamentos. A concentração desses compostos ocorre devido ao aporte de dieta comercial e matéria orgânica liberando amônia. Por conseguinte, essa amônia é convertida a nitrito e, depois, a nitrato. Isso pode explicar essa variação no decorrer no experimento.

Mesmo o perifíton tendo capacidade de diminuir compostos como amônia e fosfato (DOMINGOS; VINATEA, 2008), a constante incidência de compostos orgânicos, como a dieta comercial oferecida aos peixes e os próprios dejetos dos peixes e camarões, podem ter promovido a eutrofização dos viveiros de aquicultura, como discutido acima. Porém, por estarem dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA para a liberação de efluentes nos corpos d'água naturais, as variações encontradas nos parâmetros físico-químicos dos três tratamentos e durante o período de cultivo são consideradas apropriadas nas fazendas de aquicultura.

5.2. Comunidade zooplanctônica

As comunidades zooplanctônicas que se desenvolveram nos viveiros de aquicultura são semelhantes, independentemente do tipo de substrato ao qual estejam submetidas, indicando que a presença e o tipo de substrato não influenciam de forma significativa tal comunidade. Em todos os tratamentos e em todos os períodos de coleta, o número dos taxa de rotíferos foi maior, sendo essa uma característica também encontrada em vários lagos, reservatórios, lagoas, córregos e riachos de águas tropicais (NEVES et al., 2003), com destaque para os gêneros *Brachionus* e *Lecane*, ambos encontrados no presente estudo.

Embora a maior parte de taxa encontrados nos viveiros de policultivo tenham sido constantes, alguns apresentaram mudança no índice, dependendo do período mais do que do tipo de substrato. Rotíferos como *B. falcatus* não foram mais encontrados quando as condições abióticas da água a tornaram mais eutrófica. Por outro lado, *B. havanaensis* se

tornou espécie constante nos últimos meses. De acordo com dados da literatura, essas duas espécies não são encontradas em abundância no mesmo local (AZEVEDO, 2015; ESKINAZI-SANT'ANNA et al., 2007; SANTANGELO et al., 2007), podendo sugerir que são espécies que competem pelo mesmo recurso. A diminuição da constância também ocorreu com outro rotífero, *Polyarthra* sp., o qual não foi mais encontrado nos viveiros a partir do segundo mês. Por outro lado, a constância das espécies de cladóceros *D. spinulosum* e *M. minuta* ocorreu por todo o período de estudo. Essas espécies já foram encontradas coexistindo em ambientes aquáticos (BRITO et al., 2013; KEPPELER, 2003), portanto, devem possuir nichos distintos. A constância dos outros grupos de microcrustáceos também foi grande, principalmente para as formas larval e jovem de copépodo e para as espécies *N. iheringi* e *T. decipiens*, calanóida e cyclopóida, respectivamente. Essa constância mostra que as condições de alimentação para larvas e jovens foram favoráveis para que esses chegassem à fase adulta.

A similaridade de Jaccard para a comunidade zooplanctônica encontrada nos viveiros de policultivo foi relativamente alta (>60%) para todos os tratamentos e todas as coletas. Isso ocorreu devido à constância da maioria das espécies no decorrer do experimento. Entretanto, a diminuição da diversidade no decorrer do experimento tanto entre os tratamentos quanto na diversidade geral pode ser explicada pelo predomínio dos rotíferos nas condições ambientais dos viveiros. A dominância desse grupo zooplanctônico em corpos d'água vem sendo explicada como sendo uma estratégia típica desse grupo 'r-estrategista', o qual possui uma rápida reprodução sob condições estressantes e hábito alimentar generalista (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1990; POURRIOT 1977). Alguns taxa de determinados grupos zooplanctônicos tendem a uma maior plasticidade em manter ou até aumentar sua população, em diferentes condições abióticas a que são expostos, condições estas muitas vezes desfavoráveis à maioria das populações de zooplâncton (GANNON; STEMBERGER, 1978). Espécies do gênero *Brachionus* e *Lecane* encontrados nesse estudo possuem essa característica, podendo explicar sua constante presença nos viveiros de policultivo. O aumento das concentrações de clorofila, nitrogênio e fósforo totais e sólidos em suspensão promoveram a deterioração da água dos viveiros, levando à diminuição da diversidade da comunidade zooplanctônica. Segundo Leibold (1999), em um ambiente eutrofizado, apenas as espécies capazes de tolerar esse enriquecimento podem se desenvolver. Como esse número é reduzido em comparação ao número geral de espécies zooplanctônicas, apenas as mais tolerantes se desenvolvem, diminuindo, assim, a diversidade da comunidade local. De acordo com os dados do presente estudo, a menor diversidade encontrada nos viveiros de aquicultura nos últimos meses do experimento expressa esse premissa, mostrando que, ao enriquecer o

ambiente com nutrientes, apenas as espécies capazes de tolerar essa mudança se desenvolvem e dominam o local.

A diferença de tamanho dos taxa entre os tratamentos e entre os meses do experimento ocorreu em alguns casos. Entretanto, não foi encontrado um padrão de aumento ou diminuição de tamanho de acordo com o tratamento. O número de taxa que variou de tamanho, aumentando e diminuindo no decorrer do experimento, foi maior do que o número de taxa que só aumentou ou só diminuiu no mesmo período. Segundo dados de Brito et al. (2013), diferenças de tamanho entre algumas espécies de cladóceros e copépodos foram mais bem visualizadas em reservatórios oligotróficos. Portanto, pelos viveiros de policultivo apresentarem características eutróficas, a variação de tamanho não pode ser bem documentada nesse caso.

A separação das classes de tamanho mostrou que a maioria dos taxa encontrada pertencia à classe de menor tamanho e que o grupo Rotifera foi o que mais apresentou representantes nesta classe. Além disso, a contribuição do microzooplâncton foi muito significativa nas análises de densidade. Esses dados corroboram à clássica ideia de Odum (1969), que explica que em ambientes ricos em nutrientes, os organismos de menor tamanho, com simples histórias de vida e com mais rápida taxa de reprodução tendem a se desenvolver, tornando-se dominantes nesse meio (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1990; NEGREIROS et al., 2009). Segundo Ibrahim et al. (2015), devido justamente ao seu pequeno porte, os rotíferos representam praticamente 100% da dieta de peixes onívoros adultos, ficando retidos no muco secretado pelos rastros branquiais.

Embora a densidade total dos viveiros tenha apresentado aumento substancial em todos os tratamentos no decorrer dos meses, o grupo que mais influenciou nesse aumento foi o Rotifera. A alteração das densidades de alguns taxa no decorrer do experimento mostra que houve diferenças intrínsecas em resposta às mudanças nas variáveis ambientais. Os rotíferos *B. havanaensis* e *L. elsa* foram os que mais se destacaram no aumento da densidade de modo geral. Segundo Gannon e Stemberger (1978), espécies desses gêneros tendem a se desenvolver melhor em ambientes eutróficos. Por ser considerada cosmopolita, *B. havanaensis* tem a capacidade de se desenvolver e até aumentar em densidade na presença excessiva de cianobactérias (BAYS, CRISMAN 1983; KUTIKOVA, 2002; SLÁDECK 1983), por apresentar maior resistência às toxinas liberadas por esses organismos após sua ingestão (FULTON; PEARL, 1988). De acordo com esses dados, as condições ambientais a que foram condicionadas essas espécies mostram sua real tendência a se desenvolverem em ambientes ricos em nutrientes e cianobactérias, como foi o caso dos viveiros de policultivo.

A baixa densidade de cladóceros pode ter ocorrido devido à presença da cianobactéria *Microcystis aeruginosa*. Segundo Leonard e Pearl (2005), a presença dessa alga pode provocar a substituição de grandes cladóceros por zooplâncton de menor tamanho, devido a dificuldades de alimentação. Essa substituição pode ocorrer por rotíferos ou até cladóceros menores, como *D. spinulosum* e *M. minuta*, ambos encontrados no presente experimento, porém em baixas densidades.

Em menores proporções, o grupo dos copépodos também aumentou em densidade no decorrer do policultivo. No geral, os taxa que mais auxiliaram nesse aumento foram os náuplios, copepoditos e os adultos *N. iheringi* e *T. decipiens*. Ao contrário do que aconteceu no presente experimento, realizado em ambiente tropical, alguns estudos concluíram que, em ambientes temperados eutróficos, as formas imaturas de copépodos não se desenvolvem bem (ABOU ZAID et al., 2014; LEANDRO et al., 2006; SARVALA, 1979). Por outro lado, segundo Rietzler et al. (2002) e Rocha et al. (1995), as espécies *N. iheringi* e *T. decipiens* tendem a se adaptar em ambientes eutrofizados, com florescimento de cianobactérias, utilizando-as como fonte de alimento. Rietzler et al. (2002) constataram que o aumento da densidade de *N. iheringi* e o desaparecimento de *Argyrodiaptomus furcatus* coincidiram com o aumento da eutrofização do ambiente, sendo a cianobactéria *Microcystis* o gênero mais abundante no ambiente em questão. Sobre o desenvolvimento de *T. decipiens* em ambientes eutróficos, Landa et al. (2007) mostraram que as condições oligomesotróficas do Reservatório Volta Grande-MG tornam baixas suas densidades. Além disso, segundo Hutchinson (1951), essa espécie é considerada pioneira em novos ambientes, como reservatórios e corpos d'água artificiais. Para Rietzler e Espíndola (1998), cianobactérias *Microcystis* fazem parte da dieta de ciclopóides em ambientes eutrofizados. Portanto, a presença e o aumento da densidade dessas duas espécies de copépodos em viveiros de policultivo estão de acordo com essas premissas. Embora *T. decipiens* tenha diminuído muito sua densidade nos viveiros com manta, nos outros dois tratamentos houve ligeiro aumento, aumentando a densidade geral desse copépodo nas últimas coletas do experimento.

A biomassa total da comunidade zooplancônica também aumentou no decorrer dos meses em todos os tratamentos. Nesse caso, o aumento expressivo da biomassa total deu-se devido ao aumento da densidade dos copépodos imaturos (náuplios e copepoditos) e do adulto *N. iheringi*. Por outro lado, diferentemente da densidade, os rotíferos e microzooplâncton não apresentaram influência nessa variação. Alguns estudos, realizados em lagos e reservatórios, apontam para a menor representatividade da biomassa microzooplancônica (BONECKER et al., 2007; BRITO et al., 2013; MATSUMURA-TUNDISI et al., 1989; MELÃO et al., 2005;

PACE, 1986), fato também visto em viveiros de policultivo, onde a representatividade da biomassa dessa classe de tamanho foi praticamente nula, devido justamente ao seu pequeno tamanho corpóreo. Embora com baixa representatividade na biomassa total zooplanctônica, esse grupo é a principal dieta de peixes onívoros, como a tilápia-do-nilo, por possuir baixa capacidade de escape (IBRAHIM et al., 2015). Por conseguinte, a presença desse grupo é de extrema importância para a cadeia trófica.

As correlações aplicadas entre as variáveis físico-químicas e as características da comunidade zooplanctônica mostraram que determinados grupos tendem a responder às condições do meio mais prontamente e de maneira mais padronizada que outros. Deste modo, foi constatado que as condições físico-químicas às quais são expostas as comunidades zooplanctônicas têm mais impacto sobre as características da mesma do que o tipo de substrato adicionado para a colonização de perifíton.

No geral, os dados desse experimento apontam que a diversidade da comunidade zooplanctônica em viveiros de policultivo está correlacionada com a maior transparência da água, ou seja, em águas com maior incidência de luz, a diversidade dessa comunidade é maior. O aumento de nutrientes orgânicos (N e P) e a alta incidência de luz solar culminaram no aumento da colonização de fitoplâncton na água dos viveiros, diminuindo a transparência da água. O possível surgimento de algumas espécies fitoplanctônicas não palatáveis para determinadas espécies zooplanctônicas podem ter levado à diminuição da diversidade zooplanctônica nesses viveiros. Segundo Jeppesen et al. (2000), em condições experimentais, a riqueza de espécies zooplanctônicas diminuiu com o aumento do enriquecimento do ambiente. Nesse caso, os cladóceros foram os mais afetados negativamente, seguidos pelos copépodos. O número de espécies de rotíferos diminuiu pouco ou nada no experimento de Jeppesen et al. (2000), fato também observado no presente estudo, onde o número de espécies desse grupo se manteve praticamente o mesmo, aumentando a densidade de algumas espécies desse grupo.

A variação de alguns parâmetros físico-químicos e da densidade de alguns taxa da comunidade zooplanctônica permitiram o surgimento de correlações, positivas e negativas, entre essas variáveis. As densidades do zooplâncton apresentam correlação positiva com o enriquecimento do ambiente, ou seja, o maior grau de trofia da água promove aumento populacional e consequente maior adensamento da comunidade zooplanctônica (SMITH et al., 1999). Esse fato pode estar relacionado ao efeito seletivo que as altas concentrações de nitrogênio, fósforo e floração de cianobactérias promovem, onde somente os organismos com maior plasticidade e tolerantes a essas condições podem se desenvolver (HESSEN et al.,

2006). Dois exemplos de organismos tolerantes encontrados em alta densidade no presente estudo foram *B. havanaensis* e *L. elsa*. Ambos apresentaram correlação positiva de sua densidade com os parâmetros que indicam aumento da eutrofização da água (clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão) e com a condutividade, corroborando a ideia de Gannon e Stemberger (1978), que explica a preferência desses gêneros ao ambiente eutrofizado. Além disso, como o aumento das densidades dessas duas espécies foi substancialmente representativo para o aumento da densidade do microzooplâncton, as correlações da densidade dessa classe de tamanho com as mesmas variáveis físico-químicas foram idênticas, mantendo, assim, a ideia de melhor desenvolvimento de organismos menores em águas eutróficas (MATSUMURA-TUNDISI et al., 1990; ODUM, 1969; POURRIOT 1977).

Embora não tenham apresentado padrão de correlação nos tratamentos, no geral, os cladóceros que apresentaram correlações de suas densidades com alguns parâmetros abióticos da água foram apenas *M. spinosa* e *M. minuta*. Sendo caracterizada como uma espécie de ampla adaptabilidade às condições de instabilidade de águas temporárias, a espécie *M. spinosa* também já foi encontrada em águas com grau de trofia alto na Índia, sendo responsável pela alta densidade de cladóceros nesse caso (KARUTHAPANDI et al., 2012 e 2015). No presente estudo, o aumento da densidade dessa espécie está correlacionado ao aumento de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade do meio, além da baixa transparência e oxigenação da água, corroborando as características e comportamentos descritos pelos autores acima citados. Em estudos anteriores, o cladóceros *M. minuta*, encontrado em reservatórios classificados como eutróficos em São Paulo (SENDACZ et al., 2006), sendo tolerante à alta turbidez e com alta reprodução partenogenética, alcança elevadas densidades populacionais (NEGREIROS et al., 2009). No presente estudo, essa espécie manteve os padrões descritos acima, correlacionando a sua alta densidade com a alta concentração de clorofila, nitrogênio, sólidos totais e condutividade, além da baixa transparência e oxigenação da água dos viveiros.

No grupo dos copépodos, o aumento das densidades das formas larval e jovem, náuplios e copepoditos, respectivamente, apresentaram correlações similares nos três tratamentos. No geral, o aumento dos fatores clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade promove o aumento da densidade dessas formas, além da diminuição da transparência, pH e oxigenação da água. Alguns autores descrevem o desenvolvimento dessas formas como dependente da temperatura das águas frias do hemisfério norte (LEANDRO et al., 2006; SARVALA, 1979), todavia, em águas tropicais, a temperatura não influenciou no

aumento da densidade desses grupos de copépodos. Em outro ambiente temperado eutrófico, Baía El Mey, no Egito, estudando as diferenças das correlações entre a densidade e parâmetros ambientais em cada estação do ano, Abou Zaid et al. (2014) mostraram que as formas imaturas de copépodo apresentaram correlações negativas com clorofila-*a* na primavera e com sólidos totais no verão, além de correlações positivas com temperatura e pH no outono. Tais evidências diferem das encontradas no presente experimento, provavelmente devido às diferenças intrínsecas à latitude e aos tipos de fitoplâncton que se desenvolveram no ambiente salobro supracitado.

O adulto copépodo *T. decipiens*, no geral, apresentou densidade correlacionada positivamente com a clorofila, o nitrogênio, o fósforo e a condutividade. Não obstante, ainda com base nos dados deste experimento, a alta transparência, a basicidade e a oxigenação da água limitaram o aumento da densidade desse copépodo. Em reservatórios eutróficos do rio Paranapanema, a densidade dessa espécie apresentou correlação positiva com a densidade de cianobactérias (SAMPAIO et al., 2002). Considerada uma espécie pioneira em reservatórios de águas artificiais e colonizadora de ambiente eutróficos, a alta densidade de *T. decipiens* pode ser indicativa de águas eutróficas e de baixa qualidade (LANDA et al., 2007). A presença de grande quantidade de fitoplâncton, a alta concentração de nitrogênio e fósforo no presente experimento e a alta densidade de *T. decipiens* sugerem que, embora sob as condições exigidas pelo CONAMA, a água dos viveiros de policultivo pode ser classificada como eutrófica e de baixa qualidade.

Por não haver diferenças substanciais entre os respectivos tamanhos dos taxa zooplancctônicos no decorrer do experimento e em decorrência do aumento da densidade total, a biomassa total da comunidade zooplancctônica também apresentou correlação positiva com o aumento da concentração de praticamente os mesmos parâmetros físico-químicos. Os taxa que apresentaram correlações de sua biomassa com os parâmetros abióticos foram praticamente os mesmos das correlações da densidade com esses parâmetros, coincidindo também entre os três tratamentos.

A biomassa total da comunidade zooplancctônica aumentou concomitantemente à concentração de clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos em suspensão e condutividade, e inversamente com a transparência, o pH e a oxigenação da água dos viveiros. Em estudos sobre a biomassa zooplancctônica, Corgosinho e Pinto-Coelho (2006) e Rietzler et al. (2004) notaram os maiores valores de biomassa de cladóceros e copépodos em sistemas eutróficos. Estudos sobre a biomassa zooplancctônica e as variáveis físico-químicas da água apontam a ligação existente entre o aumento da trofia e o aumento da biomassa total (BONECKER et al.,

2007; BRITO et al., 2013; MATSUMURA-TUNDISI et al., 1989; MELÃO et al., 2005; PACE, 1986). Segundo Gannon e Stemberger (1978), lagos eutróficos tendem a apresentar maiores taxas de biomassa de zooplâncton do que lagos oligotróficos. Brito et al. (2013) encontraram correlações positivas da biomassa zooplânctônica com os parâmetros sólidos orgânicos e sólidos totais em suspensão, em reservatórios de Minas Gerais. Portanto, as correlações positivas apresentadas pela biomassa total dos viveiros de policultivo com as variáveis indicadoras de eutrofização estão de acordo com a literatura.

Assim como ocorreu com as correlações da densidade, os parâmetros clorofila, nitrogênio, fósforo, sólidos totais e condutividade apresentaram correlações positivas com a biomassa de Rotífera. Devido ao fato de os principais componentes do microzooplâncton serem os rotíferos, essa classe de tamanho apresentou correlações com os mesmos parâmetros citados acima.

Os taxa de rotíferos que apresentaram correlações de suas densidades com as variáveis físico-químicas da água foram praticamente os mesmos das correlações com a biomassa, com o acréscimo de *F. opoliensis* e *Polyarthra* sp. Enquanto *F. opoliensis* entra no grupo de espécies com maior plasticidade e tolerantes às condições de eutrofização da água (GANNON; STEMBERGER, 1978; HESSEN et al., 2006), *Polyarthra* sp. parece possuir características que a fazem se desenvolver melhor em ambientes com poucos nutrientes e com maior oxigenação da água, já que sua biomassa diminuiu consideravelmente nas últimas coletas do experimento. Segundo Bonecker e Aoyagui (2005), a espécie *Polyarthra vulgaris* possui relações negativas com as cianobactérias, por essas serem menos palatáveis para aquele rotífero, podendo ser explicado o desaparecimento de *Polyarthra* sp. nos viveiros com as altas florações de diversas espécies de cianobactérias.

No caso de cladóceros, a biomassa de *M. spinosa* e *M. minuta* também apresentou correlações com fatores que indicam eutrofização da água, como clorofila, nitrogênio, fósforo etc. Diferentemente do que aconteceu no presente experimento em viveiros eutrofizados, Brito et al. (2013) perceberam que *M. minuta* apareciam maiores em ambientes oligotróficos, aumentando significativamente sua biomassa. Isso não foi encontrado no presente estudo, provavelmente pela eutrofização da água dos viveiros.

A biomassa de náuplios foi a que apresentou maior constância nas correlações com os parâmetros abióticos em todos os tratamentos. Essas correlações foram idênticas àquelas da densidade descrita anteriormente. Por conter indivíduos com tamanho de microzooplâncton, esse taxa também se enquadra nas explicações de aumento de biomassa para microzooplâncton. Já para copepoditos, embora não tão constantes, suas correlações de

biomassa geral com os parâmetros físico-químicos também sugerem que esse grupo se desenvolva melhor em ambientes eutrofizados, como os viveiros de policultivo estudados.

6. CONCLUSÃO

Com base nas hipóteses levantadas inicialmente para esse experimento, a comunidade zooplanctônica é pouco influenciada pelos tipos de substratos utilizados em viveiros de policultivo. Por outro lado, algumas variáveis físico-químicas possuem elevada influência nessa comunidade, alterando sua diversidade, sua densidade e sua biomassa.

De um modo geral, independentemente do tipo de substrato utilizado para o policultivo, as águas dos viveiros tendem à eutrofização, devido ao acúmulo de nutrientes alóctones e autóctones no decorrer do período de cultivo, sendo que esse acúmulo leva à colonização e ao desenvolvimento de taxa zooplanctônicas resistentes a tais condições. Organismos zooplanctônicos de menor tamanho e com um ciclo de vida curto e simples tendem a uma melhor adaptação às condições eutróficas das águas de viveiro de policultivo com florações de cianobactérias, sendo esse grupo um importante representante na densidade total da comunidade zooplanctônica. Por outro lado, a biomassa zooplanctônica total do sistema é altamente influenciada pela biomassa de copépodos, principalmente. Embora sejam grandes representantes da densidade da comunidade zooplanctônica, devido ao tamanho diminuto e seu baixo valor em peso seco, os rotíferos não possuem uma quantidade de biomassa que possa alterar consideravelmente a biomassa zooplanctônica total do sistema. A alta densidade das formas imaturas, juntamente com o grande tamanho e peso seco, fizeram dos copépodos os principais fornecedores de biomassa nos viveiros de policultivo.

O efluente gerado desse policultivo tende a desequilibrar as comunidades vegetal e animal de corpos d'água adjacentes. Além das altas concentrações de nutrientes e cianobactérias, a alta densidade de rotíferos herbívoros e a alta biomassa de copépodos podem influenciar vários níveis da cadeia trófica de ecossistemas naturais que entrarem em contato com a água liberada dos viveiros após o período de policultivo. O aumento da liberação de nutrientes nesses corpos d'água naturais pode levar ao efeito ecológico 'bottom-up', ou seja, com a alta carga de nutrientes no ambiente, a comunidade fitoplanctônica pode aumentar de maneira desenfreada. Contudo, se este efluente for responsável por abastecer um outro ambiente lântico, como reservatórios urbanos, a grande densidade de rotíferos proveniente do policultivo pode fazer pressão sobre a comunidade fitoplanctônica do ecossistema lântico natural, podendo levar à diminuição desses organismos fotossintetizantes. Por outro lado, a

grande biomassa de copépodos pode levar ao aumento da densidade de seus predadores, promovendo o desenvolvimento desse, graças ao aumento de recursos alimentares. Esse efeito pode acarretar ao desequilíbrio ‘top-down’, onde os níveis mais elevados na cadeia trófica aumentam demasiadamente, até o ponto de acabarem com todo o recurso disponível no ecossistema. Desta forma, apesar dos dados de policultivo com uso de substratos indicarem bons resultados para a produção de camarões e de peixes em determinados tamanhos de propriedades (RODRIGUES, 2013), a sustentabilidade da produção e a qualidade da água continuam sendo comprometidas pela emissão de gases provenientes destes substratos (PROENÇA, 2013). Além disso, a comunidade perifítica que se desenvolveu nos diferentes substratos também não apresentou melhora na qualidade da água (ANDRION, 2014). Portanto, de acordo com esses dados e com os dados obtidos no presente experimento, o uso de substratos para o policultivo de camarões e peixes não deve ser empregado em fazendas de produção de organismos aquáticos que pretendam atingir a produção sustentável, já que a prática supracitada não contempla o requisito ecológico da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ABARZUA, S.; JAKUBOWSKI, S. Biotechnological investigation for the prevention of biofouling. 1. Biological and biochemical principles for the prevention of biofouling. **Marine Ecology Progress Series**, v. 123, p. 301–312, 1995.
- ABDULWAHAB, S.; RABEE, A. M. Ecological factors affecting the distribution of the zooplankton community in the Tigris River at Baghdad region, Iraq. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 2, p. 187–196, 2015.
- ABOU ZAID, M. M.; EL RAEY, M.; ABOUL EZZ, S. M.; ABDEL AZIZ, N. E.; ABO-TALEB, H. Diversity of Copepoda in a Stressed Eutrophic Bay (El-Mex Bay), Alexandria, Egypt. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 40, n. 2, p. 143–162, 2014.
- ADRIAN, R.; DENEKE, R. Possible impact of mild winters on zooplankton succession in eutrophic lakes of the Atlantic European area. **Freshwater Biology**, v. 36, n. 3, p. 757–770, 1996.
- ANDRION, B. C. **Substratos artificiais melhoram a qualidade da água em sistema de cultivo multitróficos e multiespaciais?** 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 24 de fevereiro de 2014. Suporte: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and waste water. 21st Edition. Washington: APHA, 2005. 1368 p.
- ARCIFA, M. S. Zooplankton composition of ten reservoirs in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 113, n. 1, p. 137–145, 1984.
- ATTAYDE, J. L.; BOZELLI, R. L. Assessing the indicator properties of zooplankton assemblages to disturbance gradients by canonical correspondence analysis. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 55, n. 8, p. 1789–1797, 1998.
- AUER, B.; ELZER, U.; ARNDT, H. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: Influence of resource and predation. **Journal of Plankton Research**, v. 26, n. 6, p. 697–709, 2004.
- AZEVEDO, F.; DIAS, J. D.; BRAGHIN, L. S. M.; BONECKER, C. C. Length-weight regressions of the microcrustacean species from a tropical floodplain. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 01–11, 2012.
- AZEVÊDO, D. J. S.; Barbosa, J. E. L.; Gomes, W. I. A.; Porto, D. E.; Marques, J. C.; Molozzi, J. Diversity measures in macroinvertebrate and zooplankton communities related to the trophic status of subtropical reservoirs: Contradictory or complementary responses? **Ecological Indicators**, v. 50, p. 135–149, 2015.
- AZIM, M. E.; VERDEGEM, M. C. J.; SINGH, M.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M. The effects of periphyton substrate and fish stocking density on water quality, phytoplankton, periphyton and fish growth. **Aquaculture Research**, v. 34, n. 9, p. 685–695, 2003.
- AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VAN DAM, A. A.; BEVERIDGE, M. C. M.; HUISMAN, E. A.; VERDEGEM, M. C. J. Optimization of stocking ratios of two Indian major carps, rohu (*Labeo rohita* Ham.) and catla (*Catla catla* Ham.) in a periphyton-based aquaculture system. **Aquaculture**, v. 203, n. 1-2, p. 33–49, 2001.

- BALLESTER, E. L. C.; WASIELESKY JUNIOR, W.; CAVALLI, R. O.; SANTOS, M. H. S.; ABREU, P. C. Influência do biofilme no crescimento do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em sistemas de berçário. **Atlântica, Rio Grande**, v. 25, n. 2001, p. 117–122, 2003.
- BAYS, J. S.; CRISMAN, T. L. Zooplankton and trophic state relationships in Florida Lakes. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 40, n. 10, p. 1813–1819, 1983.
- BONECKER, C. C.; MIYASHIRO AOYAGUI, A. S. Relationships between rotifers, phytoplankton and bacterioplankton in the Corumbá reservoir, Goiás State, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 546, p. 415–421, 2005.
- BONECKER, C. C.; Nagae, M. Y.; Bletler, M. C. M.; Velho, L. F. M.; Lansac-Tôha, F. A. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 115–123, 2007.
- BOTTRELL, H. H.; DUNCAN, A.; GLIWICZ, Z. M.; GRYGIEREK, E.; HERZIG, A.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; KURASAWA, H.; LARSSON, P.; WEGLENSKA, T. A review of some problems in zooplankton production studies. **Norwegian Journal of Zoology**, vol. 24, p. 419-456, 1976.
- BRANDORFF, G.; KOSTE, W.; SMIRNOV, N. The composition and structure of Rotiferan and Crustacean communities of the lower Rio Nhamundá, Amazonas, Brazil. **Studies on neotropical fauna and environment.**, v. 17, n. 2-3, p. 69–121, 1982.
- BRITO, S.; MAIA-BARBOSA, P.; PINTO-COELHO, R. Length-weight relationships and biomass of the main microcrustacean species of two large tropical reservoirs in Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 73, n. 3, p. 593–604, 2013.
- BROOKS, J. L. Eutrophication and changes in the composition of zooplankton. In _____. (Org.). **Eutrophication: Causes, consequences, correctives**. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1969. p. 236-255.
- CHEN, C. Y.; FOLT, C. L. Consequences of fall warming for zooplankton over wintering success. **Limnology and Oceanography**, v. 41, n. 5, p. 1077–1086, 1996.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 10 janeiro 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Prorroga o prazo para complementação das condições e padrões de lançamento de efluentes, previsto no art. 44 da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, e no art. 3º da Resolução nº 397, de 3 de abril de 2008. **Resolução nº 410, de 4 de maio de 2009**. Publicação DOU nº 83, de 05/05/2009, p. 106. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=603>> Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, p. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10 de janeiro de 2016.

- CORGOSINHO, P. H. C.; PINTO-COELHO, R. M. Zooplankton biomass, abundance and allometric patterns along an eutrophic gradient at Furnas Reservoir (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 182, p. 213–224, 2006.
- CULVER, D. A.; BOUCHERLE, M. M.; BEAN, D.J.; FLETCHER, J. W. Biomass of freshwater crustacean zooplankton from length-weight regressions. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, p. 1380-1390, 1985.
- DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes, 1983. 472 p.
- DAUFRESNE, M.; LENGFELLNER, K.; SOMMER, U. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 31, p. 12788–12793, 2009.
- DAVID, F. S. **Balanço de carbono, nitrogênio e fósforo em sistema multiespacial e multitrófico de cultivo de tilápia do-nilo e camarão-da-amazônia**. Tese (Doutorado em Aquicultura). 2015. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 17 de dezembro de 2015. Suporte: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP.
- DOMINGOS, J. A. D.; VINATEA, L. Efeito do uso de diferentes quantidades de substratos artificiais na engorda do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), em um sistema de cultivo semi-intensivo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 1, p. 141–150, 2008.
- EL MOOR-LOUREIRO, L. M. A. **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil**. Brasília: Universa, 1997. 156 p.
- ESKINAZI-SANT'ANNA, E. M.; MENEZES, R.; COSTA, I. S.; PANOSSO, R. F.; ARAÚJO, M. F.; ATTAYDE, J. L. Composição da Comunidade Zooplancônica em Reservatórios Eutróficos do Semi-árido do Rio Grande do Norte. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 03, p. 410–421, 2007.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 790 p.
- FULTON, R. S.; PEARL, H. W. Effects of the blue-green alga *Microcystis aeruginosa* on zooplankton competitive relations. **Oecologia**, v. 76, n. 3, p. 383–389, 1988.
- GANNON, J. E.; STEMBERGER, R. S. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. **Transactions of the American Microscopical Society**, v. 97, n. 1, p. 16–35, 1978.
- GUIJUN, Y.; BOQIANG, Q.; XIANGMING, T.; ZHIJUN, G.; CHUNNI, Z.; HUA, Z.; XIAODONG, W. Contrasting zooplankton communities of two bays of the large, shallow, eutrophic Lake Taihu, China: Their relationship to environmental factors. **Journal of Great Lakes Research**, v. 38, n. 2, p. 299–308, 2012.
- HARDY, E. R. Composição do zooplâncton em cinco lagos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 10, p. 577-609, 1980.
- HESSEN, D. O.; FAAFENG, B.; SMITH, V. H.; BAKKESTUEN, V.; WALSING, B. Extrinsic and intrinsic controls of zooplankton diversity in lakes. **Ecology**, v. 87, n. 2, p. 433–43, 2006.
- HOFFMANN, L.; KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J. System of cyanoprokaryotes (Cyanobacteria): state in 2004. **Algological Studies**, v. 117, p. 95-115, 2005.

- HOLMER, M. Impacts of aquaculture on surrounding sediments: generation of organic-rich sediments. In: DE PAUW, N.; JOYCE, J. (Eds.). **Aquaculture and the Environment: reviews of the International Conference Aquaculture Europe '91**. Dublin, Ireland: EAS Special Publication, 1992. p. 155-176
- HOOVER, D. U.; CHAPIN III, F. S.; EWEL, J. J. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. **Ecological Monographs**, v. 75, n. 1, p. 3–35, 2005.
- HULBERT, S. H. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, v. 52, p. 577-586, 1971.
- HUTCHINSON, G.E. Copepodology for the Ornithologist. **Ecology**, v. 32, p. 571-577, 1951.
- IBRAHIM, A. N. A. F.; CASTILHO-NOLL, M. S. M.; VALENTI, W. C. Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development. **Zoologia**, v. 32, n. 6, p. 469–475, 2015.
- JACCARD, P. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**, v. 37, p. 547–579, 1901.
- JEPPESEN, E.; LAURIDSEN, T. L.; MITCHELL, S. F.; CHRISTOFFERSEN, K.; BURNS, C. W. Trophic structure in the pelagial of 25 shallow New Zealand lakes: changes along nutrient and fish gradients. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 5, p. 951–968, 2000.
- KARPLUS, I.; MALECHA, S.; SAGI, A. The biology and management of size variation. In: NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (Eds.). **Freshwater prawn farming: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Oxford: Blackwell Science, 2000. p. 259-289.
- KARUTHAPANDI, M.; RAO, D. V.; XAVIER INNOCENT, B. Zooplankton Composition, Diversity and Physicochemical Features of Bandam Kommu Pond, Medak District, Telangana, India. **Proceedings of the Zoological Society**, p. 1-16, 2015.
- KARUTHAPANDI, M.; XAVIER INNOCENT, B.; SIDDIQI, S. Z. Zooplankton in a temporary freshwater pond habitat, in Attapur, Hyderabad Andhra Pradesh, India. **International Journal of Advanced Life Sciences**, v. 1, p. 22–31, 2012.
- KEPPELER, E. C. Comparative study of the zooplankton composition of two lacustrine ecosystems in Southwestern Amazonia. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 25, n. 2, p. 467–477, 2003.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota - 1. Teil/ 1nd Part: Chroococcales. In: ETTL, H.; GÄRTNER, G.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1**. Jena: Gustav Fischer, 1999. 548 p.
- KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprokaryota - 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. In: BUDEL, B.; KRIENITZ, L.; GÄRTNER, G.; SCHAGERL, M. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2**. Heidelberg: Elsevier/Spektrum, 2005. 759 p.
- KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of sea water analysis**. Weinheim: Verlag Chemie, 1976. p. 117- 181.
- KOSTE, W. **Rotatoria**. Die Rodertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. (I – Textband). Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1978a. 673 p.

- KOSTE, W. **Rotatoria**. Die Rodertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. (II – Tafelband). Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1978b. 238 p.
- KUTIKOVA, L. A. Rotifera. In: FERNANDO, C. H. (Ed.). **A guide to tropical freshwater zoopankton**. Leiden, Netherlands: Backhuys Publisher, 2002. p. 23-68.
- LAMPERT, W.; SOMMER, U. **Limnoecology**: The Ecology of Lakes and Streams. Second Edition. Oxford: Oxford University Press, 2007. 324 p.
- LANDA, G. G.; BARBOSA, F. A. R.; RIETZLER, A. C.; MAIA-BARBOSA, P. M. *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as indicator of water quality in the State of Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 4, p. 695–705, 2007.
- LEANDRO, S. M.; TISELIUS, P.; QUEIROGA, H. Growth and development of nauplii and copepodites of the estuarine copepod *Acartia tonsa* from southern Europe (Ria de Aveiro, Portugal) under saturating food conditions. **Marine Biology**, v. 150, n. 1, p. 121–129, 2006.
- LEIBOLD, M. A. Biodiversity and nutrient enrichment in pond plankton communities. **Evolutionary Ecology Research**, v. 1, p. 73–95, 1999.
- LEONARD, J. A.; PEARL, H. W. Zooplankton community structure, micro-zooplankton grazing impact, and seston energy content in the St. Johns river system, Florida as influenced by the toxic cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*. **Hydrobiologia**, v. 537, p. 89–97, 2005.
- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. **Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists**. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1978. 120 p.
- MAGALHÃES, A.; NOBRE, D. S. B.; BESSA, R. S. C.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Seasonal and short-term variations in the copepod community of a shallow Amazon estuary (Taperaçu, Northern Brazil). **Journal of Coastal Research**, n. 64, p. 1520–1524, 2011.
- MAGEED, A. A. A. Distribution and long-term historical changes of zooplankton assemblages in Lake Manzala (South Mediterranean Sea, Egypt). **Egyptian Journal Of Aquatic Research**, v. 33, n. 1, p. 183–192, 2007.
- MAGURRAN, A. E. **Medindo a diversidade biológica**. Curitiba: Editora da UFPR, 2011. 261 p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 46, n. 3, p. 527-553, 1986.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; LEITÃO, S. N.; AGHENA, L. S.; MIYAHARA, J. Eutrofização da represa de Barra Bonita: estrutura e organização da comunidade de Rotifera. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 50, n. 4, p. 923-935, 1990.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 542, n. 1, p. 367–378, 2005.
- MATSUMURA-TUNDISI, T.; RIETZLER, A. C.; TUNDISI, J. Biomass (dry weight and carbon content) of plankton crustacea from Barra reservoir (Sao Carlos, SP-Brazil) and its fluctuation across one year. **Hydrobiologia**, v. 179, p. 229–236, 1989.

- MCCAULEY, E. The estimation of the abundance and biomass of zooplankton in samples. In: DOWNING, J. A.; RIGLER, F. H. (Eds.). **A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters**. London: IBP Blackwell Scientific Publications, 1984. p. 228-265.
- MELÃO, M. G.; ROCHA, O.; ROCHE, F. K. Produtividade, biomassa e flutuações populacionais e interações biológicas da comunidade planctônica e suas implicações na transferência de energia na cadeia alimentar de um reservatório raso e oligotrófico. In: ROCHE, F. K.; ROCHA, O. (Eds.). **Ecologia Trófica de Peixes com ênfase na planctivoria em ambientes lênticos de água doce no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005. p. 25–80.
- MELLO, N.; MAIA-BARBOSA, P. M. Cyanobacteria bloom: selective filter for zooplankton? **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 1, p. 165–74, 2015.
- MIRANDA, F. S.; PINTO-COELHO, R. M.; GONZAGA, A. V. Redução da riqueza de organismos do zooplâncton (com ênfase em Copepoda e Cladocera) nas lagoas do médio Rio Doce/MG. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 15, p. 69–90, 2013.
- MOLA, H. Seasonal and spatial distribution of *Brachionus* (Pallas, 1966; Eurotatoria: Monogonanta: Brachionidae), a bioindicator of eutrophication in lake El-Manzalah, Egypt. **Biology and Medicine**, v. 3, n. 2, p. 60–69, 2011.
- MOSS, B.; STEPHEN, D.; ALVAREZ, C.; BECARES, E.; VAN DE BUND, W.; COLLINGS, S. E.; VAN DONK, E.; DE EYTO, E.; FELDMANN, T.; FERNÁNDEZ-ALÁEZ, C.; FERNÁNDEZ-ALÁEZ, M.; FRANKEN, ROB J. M.; GARCÍA-CRIADO, F.; GROSS, E. M.; GYLLSTRÖM, M.; HANSSON, L. A.; IRVINE, K.; JÄRVALT, A.; JENSEN, J. P.; JEPPESEN, E.; KAIRESALO, T.; KORNÍJÓW, R.; KRAUSE, T.; KÜNNAP, H.; LAAS, A.; LILL, E.; LORENS, B.; LUUP, H.; MIRACLE, M. R.; NÖGES, P.; NÖGES, T.; NYKÄNEN, M.; OTT, I.; PECZULA, W.; PEETERS, E. T. H. M.; PHILLIPS, G.; ROMO, S.; RUSSELL, V.; SALUJÖE, J.; SCHEFFER, M.; SIEWERTSEN, K.; SMAL, H.; TESCH, C.; TIMM, H.; TUVIKENE, L.; TONNO, I.; VIRRO, T.; VICENTE, E.; WILSON, D. The determination of ecological status in shallow lakes - A tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 13, n. 2002, p. 507–549, 2003.
- NEGREIROS, N. F.; ROJAS, N. E.; ROCHA, O.; SANTOS WISNIEWSKI, M. J. Composition, diversity and short-term temporal fluctuations of zooplankton communities in fish culture ponds (Pindamonhangaba), SP. **Brazilian journal of biology**, v. 69, n. 3, p. 785–794, 2009.
- NEVES, I. F.; ROCHA, O.; ROCHE, K. F.; PINTO, A. A. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the River Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with analysis of Rotifera and Cladocera diversity. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, p. 329–343, 2003.
- ODUM, E. P. The strategy of ecosystem development. **Science (New York, NY)**, v. 164, n. 3877, p. 262–270, 1969.
- PACE, M. L. An empirical analysis of zooplankton community size structure across lake trophic gradients. **Limnology and Oceanography**, v. 31, n. 1, p. 45–55, 1986.
- PEARL, H. W.; HUISMAN, J. Climate. Blooms like it hot. **Science (New York, NY)**, v. 320, n. 5872, p. 57–58, 2008.
- PONTIN, R. M. **A Key to the Freshwater Planktonic & Semi-planktonic Rotifera of the British Isles**. Ambleside: Freshwater Biological Association Scientific Publication, 1978. 178 p.

- POURRIOT, R. Food and feeding habits of Rotifers. **Archive Hydrobiology Beihefte Ergebnisse Limnology**, v. 8, p. 243–260, 1977.
- PROENÇA, D. C. **Aplicação de indicadores e índices para avaliar a sustentabilidade ambiental em um sistema de aquicultura integrado e multitrófico, com diferentes substratos**. 2013. 33 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 20 de agosto de 2013. Suporte: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.
- RASCONI, S.; GALL, A.; WINTER, K.; KAINZ, M. J. Increasing water temperature triggers dominance of small freshwater plankton. **Plos One**, v. 10, n. 10, p. 1–17, 2015.
- REID, J. W. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo**, v.9, p. 17-143, 1985
- RIETZLER, A. C.; ESPÍNDOLA, E.L.G. Microcystis as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 26, p. 2001–2005, 1998.
- RIETZLER, A. C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Life cycle, feeding and adaptive strategy implications on the co-occurrence of *Argyrodiaptomus furcatus* and *Notodiatomus iheringi* in Lobo-Broa reservoir (SP, Brazil). **Brazilian journal of biology**, v. 62, n. 1, p. 93–105, 2002.
- RIETZLER, AC.; ROCHA, O.; ESPINDOLA, ELG. Produção secundária de espécies do zooplâncton do reservatório de Salto Grande, Estado de São Paulo. In: ESPINDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. (Eds.). **Reservatório de Salto Grande (Americana-SP): caracterização, impactos e propostas de manejo**. São Carlos: Rima, 2004. p. 199–219.
- ROCHA, O.; SENDACZ, S.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Composition, biomass and productivity of zooplankton in natural lakes and reservoirs in Brazil. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 151–166.
- RODRIGUES, C. G. **Cultivo multitrófico e multiespacial do camarão-da-amazônia e tilápia-do-nylo, com e sem o uso de substratos**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 28 de maio de 2013. Suporte: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.
- RUTTNER-KOLISKO, A. Suggestions for biomass calculation of plankton rotifers. **Archiv für Hydrobiologie Beihefte Ergebnisse der Limnologie**, v. 8, p.71-76, 1977.
- RYDING S.; RAST W. **El control de la eutrofización en lagos y pantanos**. 1ª Edición. Madrid: Ediciones Pirámide, 1992. 375 p.
- SAMPAIO, E. V.; ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Brazilian journal of biology**, v. 62, n. 3, p. 525–545, 2002.
- SANTANGELO, J. M.; ROCHA, A. M.; BOZELLI, R. L.; CARNEIRO, L. S.; ESTEVES, F. A. Zooplankton responses to sandbar opening in a tropical eutrophic coastal lagoon. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 71, p. 657–668, 2007.

- SARVALA, J. Effect of temperature on the duration of egg, nauplius and copepodite development of some freshwater benthic Copepoda. **Freshwater Biology**, v. 9, p. 515–534, 1979.
- SEGBERS, H. Rotifera 2: The Lecanidae (Monogononta). In: DUMONT, H. J. F. (Ed.). **Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world**. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1995. 226 p.
- SENDACZ, S.; KUBO, E. Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 9, p. 51–89, 1982.
- SENDACZ, S.; KUBO, E.; FUJARA, L.P. Further studies on the zooplankton community of a eutrophic reservoir in southern Brazil. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v.22, p. 1625–1630, 1984.
- SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the State of São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 1B, p. 337–350, 2006.
- SILVA, L. H. S.; ARCIFA, M. S.; SALAZAR-TORRES, G. *Tilapia rendalli* increases phytoplankton biomass of a shallow tropical lake. v. 26, n. 4, p. 429–441, 2014.
- SILVA, W. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops kieferi*, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo State, Brazil, with description of a new species. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 3, p. 521–531, 2005.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, v. 163, p. 688, 1949.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; DONADON, A. R. V.; MILAN, R. N. Water quality and plankton populations in an earthen polyculture pond. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 4, p. 845–855, 2011.
- SLÁDEČEK, V. Rotifers as indicators of water quality. **Hydrobiologia**, v. 100, p. 169–201, 1983.
- SMITH, V. H.; TILMAN, G. D.; NEKOLA, J. C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 100, p. 179–196, 1999.
- STEMBERGER, R. Temporal and spatial distributions of planktonic rotifers in Milwaukee Harbor and adjacent Lake Michigan. **17th Proceedings, Conference on Great Lakes Research**, p. 120–134, 1974.
- TIDWELL, J. H.; L. R. D'ABRAMO. 2000. Grow-out system – culture in temperate zones. In NEW, M. B.; VALENTI, W. C. (Eds.). **Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii***. Massachusetts: Blackwell Science, Inc., 2000. p. 177–186
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M. C. Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: STRAKRABA, M.; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (Eds.). **Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 25–55.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631p.

- UDDIN, M. S.; AZIM, M. E.; WAHAB, A.; VERDEGEM, M. C. J. The potential of mixed culture of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater giant prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in periphyton-based system. **Aquaculture Research**, v. 37, p. 241-247, 2006.
- UDDIN, M. S.; AZIM, M. E.; WAHAB, M. A.; VERDEGEM, M. C. J. Effects of substrate addition and supplemental feeding on plankton composition and production in tilapia (*Oreochromis niloticus*) and freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) polyculture. **Aquaculture**, v. 297, p. 99–105, 2009.
- WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3rd edition. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.
- ZIADI, B. et al. Factors driving the seasonal distribution of planktonic and epiphytic ciliates in a eutrophic Mediterranean Lagoon. **Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 383–395, 2015.

Capítulo II: Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* **(Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development**

Publicado na Revista Zoologia em dezembro de 2015.

Submitted: 4 May 2015

Received in revised form: 17 July 2015

Accepted: 23 September 2015

Editorial responsibility: Vinicius Abilhoa

Citação:

IBRAHIM, A. N. A. F.; CASTILHO-NOLL, M. S. M.; VALENTI, W. C. Zooplankton capturing by Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Teleostei: Cichlidae) throughout post-larval development. *Zoologia*, v. 32, n. 6, p. 469–475, 2015.

RESUMO

A tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), usa a filtração e a captura visual para capturar presas. Na filtração, o muco secretado em seus rastros branquiais prende organismos planctônicos. Na predação visual, o peixe avista e captura o alimento, ingerindo-o diretamente. Através dos diferentes estágios ontogenéticos, a tilápia-do-nilo pode impactar a comunidade zooplanctônica diferentemente, uma vez que ela muda a maneira de capturar sua presa. O objetivo desse estudo foi verificar como os grupos de zooplâncton contribuem para a dieta de *O. niloticus* após o estágio pós-larval e se a maneira de captura do alimento pode determinar o tamanho da presa. Nós avaliamos a dieta da tilápia-do-nilo mantida em viveiros por quatro meses. De maneira aleatória, foi removido um peixe por viveiro em cada mês. O conteúdo estomacal e as brânquias dos peixes foram extraídos, fixados em formoldeído e, então, analisados em um microscópio óptico e uma lupa estereoscópica, com uma ocular micrométrica acoplada para medir o zooplâncton ingerido e os rastros branquiais da tilápia. O peixe aumentou o consumo de rotíferos e diminuiu o consumo de microcrustáceos consideravelmente, até zerar no último mês. O tamanho dos rastros branquiais, contudo, aumentou com o crescimento da tilápia. Portanto, foram encontradas correlações negativas entre o tamanho dos rastros branquiais e o zooplâncton ingerido, mostrando que o tamanho da presa ingerida diminui ao longo da vida desses ciclídeos. Juvenis filtram os rotíferos e predam ativamente os microcrustáceos. Quando adulto, o peixe para de predar visualmente e o muco secretado pelos rastros branquiais retém somente indivíduos pequenos. Juvenis de tilápia-do-nilo se alimentam do zooplâncton por filtração e captura visual. Contudo, quando adultos, a alimentação por filtração apresenta um papel mais importante na maneira como a comunidade zooplanctônica é afetada. O aumento de tamanho dos rastros branquiais da tilápia-do-nilo não determina o consumo de presas zooplanctônicas maiores e a presença do muco nestas estruturas desempenha um importante papel para a captura do zooplâncton durante o estágio adulto desse ciclídeo.

Palavras-chave: filtração, microcrustáceos, predação, rotíferos.

ABSTRACT

The Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), uses filter feeding and visual predation to catch prey. In filter feeding, the mucus secreted in their gill rakers traps planktonic organisms. In visual predation, the fish spot and capture food, eating it directly. At different ontogenetic stages, the Nile tilapia may impact the zooplankton community differently, since it changes how it captures its prey. The objective in this study was to verify which zooplankton groups contribute to the diet of *O. niloticus* at the post-larval stage, and if the way they capture food may determine prey size. We evaluated the diet of Nile tilapia kept in ponds for four months. We randomly removed one fish per pond every month. Stomach contents and gills of fish were extracted, fixed in formaldehyde and then analyzed with an optical microscope and stereomicroscope with a micrometric ocular in order to measure the zooplankton and the gill rakers. Fish increased consumption of rotifers, and decreased the consumption of microcrustaceans considerably up to zero in the last month. The gill raker size, nevertheless, increased as tilapia grew. Therefore, negative correlations were found between raker size and size of ingested zooplankton, showing that the size of ingested prey decreases throughout this cichlid's life. Juveniles filter feed on rotifers, and actively prey on microcrustaceans. As adults, fish stop preying visually and the mucus secreted by the gill rakers trap only small individuals. Juvenile Nile tilapias filter feed and visually prey on zooplankton. However, when adults, filter-feeding plays a more important role in the way the zooplankton community is affected. The increase in the size of the Nile tilapia's gill raker does not determine the consumption of larger zooplankton prey, and the presence of mucus in these structures plays a major role for the capture of zooplankton during the cichlid's adult stage.

Keywords: filtration; microcrustaceans; predation; rotifers.

1. INTRODUCTION

The Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), is a plankton-feeding omnivorous species native to Africa (ATTAYDE et al. 2007) that has been introduced in several countries, being cultured worldwide. It is a filter feeder that also uses visual predation (BEVERIDGE & BAIRD 2000). In filter feeding, mucus is secreted in the gill rakers, allowing the fish to retain planktonic organisms (LAZZARO 1987, SANDERSON et al. 1996, ZAVALA-CAMIN 1996). In visual predation, fish spot and capture the food, eating it directly (LAZZARO 1987). According to ATTAYDE et al. (2006), omnivorism allows the species to survive when the concentration of predators in the environment is high, and since the Nile tilapia is an exotic species, it also has competitive advantage over local fish communities. The negative effect of Nile tilapia populations on the zooplankton can prevent strictly zooplanktivorous fish communities from establishing (ATTAYDE et al. 2007). The ingestion of cladocera by tilapia increases in proportion to the concentration this zooplankton group (ELHIGZI et al. 1995) and tilapia biomass increases proportionally to increasing organic fertilization in culture ponds (DIANA et al. 1991). Plankton ingestion is more prevalent in juvenile tilapia than in adults (ATTAYDE & MENEZES 2008). The tilapia also influences the trophic cascade of phytoplankton communities and contributes to eutrophication by top-down and bottom-up ecological effects, selecting large algae by filtration (cyanobacteria and diatoms), which leads to a proliferation of chlorophytes (FIGUEREDO & GIANI 2005). The predilection for large phytoplankton was also demonstrated by TURKER et al. (2003a, b) who observed a decrease in green algae and cyanobacteria in the presence of this cichlid. In cultivated larvae, phytoplankton consumption comes second only to artificial food (ROCHA-LOURES 2001).

The size of the predator and the degree of development of its sensory structures (JHA et al. 2006), as well as the morphology of the gill rakers (HYATT 1979, WOOTTON 1992, JOBLING 1996) influence the size of the prey and the way it is captured. In the initial stages of the development, some tilapia species prefer plankton (GROVER et al. 1989, UFODIKE & WADA 1991) and this item is present in significant concentrations in the stomach of *O. niloticus* fry and adults (ROCHA LOURES et al. 2001, BWANIKA et al. 2006). The gill rakers of the Nile tilapia may be long and numerous, a characteristic of plankton-feeding species, or few and short, which characterizes an omnivorous diet (CÂMARA & CHELLAPPA 1996, BEYRUTH et al. 2004, ZAYED & MOHAMED 2004).

The Nile Tilapia may cause different types of impact on the zooplankton community throughout its development, since this fish changes the way it captures and eats its prey.

During the larval stages, when the tilapia's mouth cavity is small, most of the plankton is captured using visual predation (YOWELL & VINYARD 1993), but in older stages of development, filter-feeding becomes the tilapia's predominant means to trap zooplankton (GOPHEN et al. 1983, LAZZARO 1987, 1991). This is associated with loss of visual acuity in large fish, which causes them to interrupt their selective visual predation (HJELM et al. 2000). This change in eating habits may occur abruptly (MORIARTY et al. 1973, BEVERIDGE & BAIRD 2000), or more gradually (WHITFIELD & BLADER 1978).

When tilapias become exclusively filter-feeders, they consume only small organisms (BEVERIDGE & BAIRD 2000). The least evasive organisms in the zooplankton community (DRENNER et al. 1978, 1982a, b DRENNER & MCCOMAS 1980, KOHLER & NEY 1982, BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO 2003), cladocerans and rotifers, are the most common prey of plankton-eating fish (DRENNER et al. 1986, 1987, LAZZARO 1987). In the study conducted by MENEZES et al. (2010), the presence of fish at different stages of development seemed to affect the population density of cladocerans and rotifers differently. For example, in the presence of adult Nile tilapias, cladoceran populations increase, showing that adult tilapias do not favor this type of zooplankton. Conversely, when tilapia juveniles predominate, rotifer population density decreases (MENEZES et al. 2010). On the other hand, due to their effective evasive behavior of (STRICKLER 1977, FIELDS & YEN 1996, LENZ & HARTLINE 1999, YEN 2000), copepods are captured in low numbers when compared with similar-sized zooplanktonic organisms (TRAGER et al. 1994).

Even though they change how they capture prey during their ontogenetic development, Nile tilapias continue to eat organisms from the zooplankton community, even though the zooplankton groups ingested may vary. Since filter feeding affects organisms that get trapped in the gill rakers of fish, the space between these structures will determine the size of the prey ingested, determining that larger zooplanktonic organisms will be caught more often.

The objective of this study was to verify which zooplankton groups contribute the most to the diet of the omnivorous *O. niloticus* at the post-larval stage, in addition to determining if the way they prey selects their prey size. The hypothesis is that, as the gill rakers increase in size throughout this cichlid's ontogenetic development, predation exerts great pressure on larger zooplanktonic organisms.

2. MATERIAL AND METHODS

Juvenile Nile tilapia gift strain juvenile sex-reversed males average size 14 cm were stocked at density of 1.1 fish/m² in 12 earthen ponds. These ponds were previously populated with natural plankton along with the Amazon River prawn, *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862).

Stomach contents of fish were analyzed for four months, focusing on the zooplankton community. In addition, gill rakers of fish were measured to test for a correlation with the size of the ingested zooplankton. Fish were fed floating fish food twice a day. Primary environmental variables were regularly monitored and kept at culture standards. Once a month, one fish was randomly removed from each earthen pond with a fishing rod. Fish were fixed in formaldehyde (10%) and then stored in alcohol (70%). Stomachs and gills were extracted and fixed in formaldehyde (4%). Stomach content analysis was carried out in three subsamples of one milliliter, obtained with Stempel pipette, placed on a Sedgewick-Rafter counting cell slide under an optical microscope equipped with a reticle in order to measure zooplankton. For the identification of zooplankton species, specific keys were used (KOSTE 1978a, b, PONTIN 1978, SENDACZ & KUBO 1982, REID 1985, MATSUMURA-TUNDISI 1986, SEGERS 1995, EL MOOR-LOUREIRO 1997, SILVA & MATSUMURA-TUNDISI 2005). Zooplankton species were measured depending on their percentage in the stomach contents of cichlid. For computing the monthly means of the size of ingested zooplankton, the number of measurements followed a scale of representativeness, that is, more individuals were measured from the species that were in a higher proportion. The size of the gill rakers was measured through a stereomicroscope equipped with a micrometric ocular. Ten measurements were obtained for each extracted gill, for a total of four gills per fish. Next, means of those measures were calculated, determining the mean gill raker length and the mean distance between gill rakers each month.

Data was subjected to Shapiro-Wilk test of normality, and according to the results the appropriate statistical analyses were applied. The results expressed in percentage were arcsine square root transformed before statistical analyses. In order to compare the mean percentage of zooplankton found in the stomach contents from *O. niloticus*, the Kruskal-Wallis nonparametric test was used, along with a multiple-comparison among means test, at 5% significance. This test was also used to compare the mean percentage of each zooplanktonic group and the mean body size of the zooplankton ingested by the cichlid each month. In order to compare mean gill raker size, the parametric Anova with Tukey post hoc test (5%) was

used. Pearson's correlation (5%) was employed to establish the correlation between size of ingested zooplankton and fish gill raker size.

3. RESULTS

Approximately 15 zooplankton species were found in the diet of *O. niloticus*, distributed among copepods, cladocerans, and rotifers (Table 1). Among them, the most consumed were rotifers from the genera *Brachionus* Pallas, 1766 and *Keratella* Bory de St. Vincent, 1822 (Fig. 1). Among the microcrustaceans, the cladoceran *Moina minuta* Hansen, 1899 was the most abundant in fish stomach contents. The average percentage of zooplankton found in the stomach contents of *O. niloticus* was 3% and it did not differ throughout the study. Nevertheless, as fish grew, the contributions of each group of ingested zooplankton changed. Fish ingested more and more rotifers, and less and less microcrustaceans, and the decrease was particularly considerable in the third month and in the last stomach analysis, which verified that no microcrustacean was consumed (Fig. 1). The consumption of rotifers increased with age, whereas the size of ingested prey decreased. In addition, gill raker length and the space between gill rakers increased as fish grew (Table 2). A significant negative correlation between zooplankton body width and the space between gill rakers was observed (Fig. 2). Other negative correlations were observed, though marginally significant (Figs. 2 and 3).

Table 1. Zooplankton community and respective size variations found in the diet of post-larval stages (juvenile to adult) of *Oreochromis niloticus* throughout four months.

<u>Taxon/Month</u>	<u>Length (mm)</u>
January	
Rotifera	
<i>Keratella</i> spp.	0.11-0.17
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.28-0.33
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.22-0.44
<i>Trichocerca</i> sp.	0.22-0.33
<i>Lecane</i> spp.	0.11-0.17
<i>Filinia</i> spp.	0.11-0.17
Cladocera	
<i>Moina minuta</i>	0.37-0.83
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0.33-0.88
Copepoda	
Nauplius	0.11-0.33
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	0.77-1.65
Copepodid	0.33-0.83
<i>Thermocyclops decipiens</i>	0.50-1.00
February	
Rotifera	
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.22-0.39
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.22-0.39
<i>Lecane</i> spp.	0.12-0.17
<i>Filinia</i> spp.	0.11-0.22
<i>Trichocerca</i> sp.	0.18-0.33
<i>Brachionus falcatus</i>	0.28-0.36
Cladocera	
<i>Moina minuta</i>	0.33-0.77
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	0.33-0.99
Copepoda	
Nauplius	0.20-0.55
<i>Notodiaptomus iheringi</i>	0.94-1.54
Copepodid	0.33-0.99
<i>Argyrodiaptomus furcatus</i>	1.16-1.49
March	
Rotifera	
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.25-0.39
<i>Brachionus calyciflorus</i>	0.28-0.44
<i>Filinia</i> spp.	0.08-0.33
<i>Keratella</i> spp.	0.11-0.22
<i>Lecane</i> spp.	0.12-0.19
<i>Trichocerca</i> sp.	0.18-0.33
Cladocera	
<i>Moina minuta</i>	0.33-0.77
April	
Rotifera	
<i>Brachionus havanaensis</i>	0.22-0.39
<i>Keratella</i> spp.	0.11-0.22
<i>Lecane</i> spp.	0.14-0.17
<i>Filinia</i> spp.	0.20-0.22
<i>Trichocerca</i> sp.	0.20-0.22

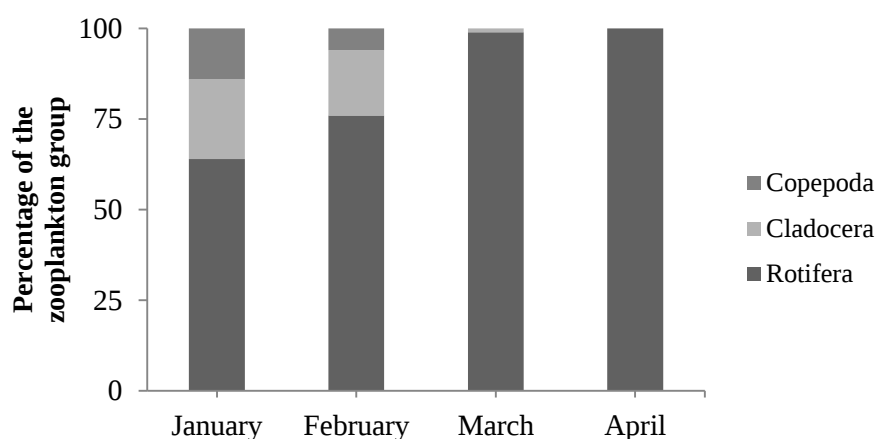


Figure 1. Zooplankton composition in the stomach contents from *Oreochromis niloticus* each month.

Table 2. Size variation from *Oreochromis niloticus* and their structures responsible for filtering zooplankton community throughout the study. Values are means ($\pm$ standard deviation).

Month	<i>Oreochromis niloticus</i> (cm) ($\pm$ SD)	Length of the gill rakers (mm) ($\pm$ SD)	Space between the gill rakers (mm) ($\pm$ SD)
January	14 ($\pm$ 0.69) ^c	1.54 ($\pm$ 0.12) ^c	0.34 ($\pm$ 0.05) ^b
February	18 ($\pm$ 1.29) ^{bc}	1.77 ($\pm$ 0.13) ^b	0.38 ($\pm$ 0.04) ^b
March	21 ($\pm$ 2.08) ^{ab}	1.90 ($\pm$ 0.14) ^b	0.46 ($\pm$ 0.04) ^a
April	23 ($\pm$ 1.16) ^a	2.10 ($\pm$ 0.15) ^a	0.50 ($\pm$ 0.05) ^a

Means with different letters in each column differ statistically. Kruskal-Wallis (5%) and ANOVA Tukey (5%), $p < 0.05$.

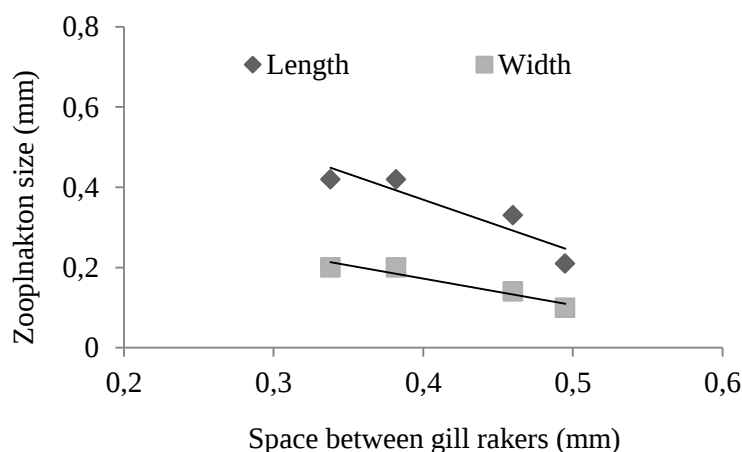


Figure 2. Negative correlation between zooplankton's body size found in stomach contents and space between Nile tilapia's gill rakers. Significant Pearson's correlation (Length $R = -0.92$ and $p = 0.07$; Width $R = -0.96$ and $p = 0.04$).

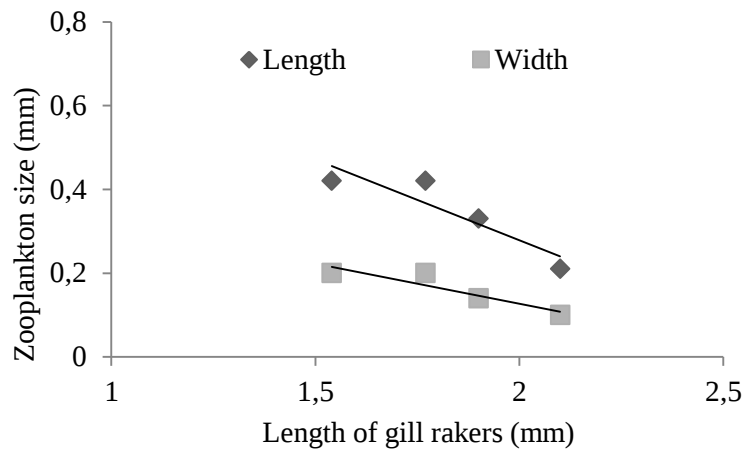


Figure 3. Negative correlation between zooplankton's body size found in stomach contents and length of Nile tilapia's gill rakers. Significant Pearson's correlation (Length $R = -0.91$ and $p = 0.09$; Width $R = -0.92$ and $p = 0.08$).

4. DISCUSSION

During their development from post-larval to adult stages, Nile tilapia ingested the same percentage of zooplankton with respect to the rest of their diet, but they consumed different zooplankton groups. Such changes may be related to the way *O. niloticus* preys. This study confirmed that juvenile Nile tilapia ingest cladocerans, as well as copepods and rotifers, through both visual predation and filter-feeding. Since rotifers are less likely to escape tilapia predation, they are the main zooplankton in the diet of this fish. Adults stop consuming microcrustaceans through visual predation and begin to eat only rotifers, which they catch through filter feeding.

According to several studies (GROVER et al. 1989, UFODIKE & WADA 1991, ROCHA LOURES et al. 2001, BWANIKA et al. 2006), the percentage of zooplankton ingested decreases in the diet of species of *Oreochromis*, as fry develop into adults; it becomes constant, which was also observed in this study. A preference for zooplankton and diatoms to artificial food was observed during the first stages of Nile tilapia larvae (UFODIKE & WADA 1991). Nevertheless, this preference changed as larvae grew, as observed by GROVER et al. (1989) when studying fry of red hybrid tilapia: they increase their consumption of artificial food as they develop. Even so, the consumption of zooplankton by tilapia may be significant, as observed by BWANIKA et al. (2006) in African ponds, where the percentage of zooplankton in the stomach contents of *O. niloticus* varied from 8 to 13%. Even Nile tilapia fry, which were

fed artificial food, phytoplankton and zooplankton, had a stomach content of approximately 13% zooplankton (ROCHA LOURES et al. 2001).

The size of the prey and how they are captured may differ, depending on the size of the predator and the development of their sensory structures (JHA et al. 2006). During an experiment with Nile tilapia larvae, UFODIKE & WADA (1991) demonstrated that the first stages of larvae (5 to 14 mm) predate rotifers, cladocerans, and copepods. BEYRUTH et al. (2004) also observed the great proportion of rotifera and cladocera in the digestive system of *O. niloticus* fry. According to their data, during the first post-larval stages, Nile tilapia may still prey on zooplankton. Our data showed that *O. niloticus* adults stopped ingesting microcrustaceans and began to prey only on rotifers. During its adult stage the percentage of zooplankton in their diet remained constant. Tilapia predation on the rotifer population may have significant impact, as observed by MENEZES et al. (2010), through population data analysis.

Studies carried out with filter feeding fish have demonstrated that species that have low escapement capacity are predated in greater numbers (DRENNER et al. 1986, 1987, LAZZARO 1987). Among the zooplankton, rotifers and cladocerans have the least mobility and escapement capacity (DRENNER et al. 1978, 1982a, b, DRENNER & MCCOMAS 1980, KOHLER & NEY 1982, BEZERRA-NETO & PINTO-COELHO 2003). Copepods, on the other hand, are the most evasive (DRENNER et al. 1978, LAZZARO 1987, 1991). The total absence of copepoda in the diet of *O. niloticus* adults confirms that they escape from the flow pumped by the fish during the filtering process (DRENNER et al. 1978, LAZZARO 1987, 1991). Rotifers, which have lower escapement efficiency than microcrustaceans, constituted 100% of the adult tilapia's zooplankton diet. In a study on the effects of predation on plankton populations, ATTAYDE & MENEZES (2008) concluded that rotifer populations grow in the presence of juvenile Nile tilapias, whereas cladoceran populations increase in the presence of adults, suggesting that during the juvenile stage, these fish feed more on microcrustaceans than on rotifers, and during adulthood, the opposite happens. MENEZES et al. (2010) also noted an increase in rotifera biomass in the absence of tilapia in the environment, showing that rotifers may be one of the most consumed groups by this fish.

During filtering, the gill rakers of the Nile tilapia secrete mucus, trapping food items (LAZZARO 1987, SANDERSON et al. 1996, ZAVALA-CAMIN 1996). The morphology of the gill rakers is directly related to the size of the ingested prey (HYATT 1979, WOOTTON 1992, JOBLING 1996). In several studies on the diet of *O. niloticus*, it was observed that this cichlid may have different types of gill rakers. The high trophic plasticity of the Nile tilapia indicates

that it may have long and numerous gill rakers (plankton-feeding species), or few and short ones (omnivorous species) (CÂMARA & CHELLAPPA 1996, BEYRUTH et al. 2004, ZAYED & MOHAMED 2004). Fish gill rakers in this study showed characteristics of omnivorous species, with the space between them being wider than the dimensions of most zooplankton prey. Around 85% of the zooplankton found in the stomach contents was smaller than the space between the gill rakers, which means that they would go through the filter if there was no mucus. Among the zooplankton organisms identified, rotifers were the smallest ones. The remaining ingested prey (15%) was larger than the space between the gill rakers. However, the ingestion of large microcrustaceans happened only during the first months of culture, during the initial post-larval stage. In adults, the space between the gill rakers is larger, which results in a lower contribution from larger-sized zooplankton and a higher contribution from minute zooplankton organisms. This may indicate that the presence of mucus in adult *O. niloticus* is one of the main factors in prey capture, not the space between the gill rakers. In addition, the mucus secreted in the gill rakers does not trap large zooplankton. Even though the gill rakers increase in length, and the amount of secreted mucus increases with age, these potential prey individuals have not been ingested by adults, despite the elevated population density of cladocerans and copepods.

The highest contribution of microcrustaceans such as copepods during the first life stages of fish is related to visual active capture, during which the predator spots and ingests the prey intentionally (LAZZARO 1987). Studies have shown that *O. niloticus* fry prey only visually, ingesting rotifers, cladocerans and copepods (UFODIKE & WADA 1991, BEYRUTH et al. 2004), a common characteristic of several groups of fish (GOPHEN et al. 1983, LAZZARO 1987, 1991). According to YOWELL & VINYARD (1993), the reduced volume of the mouth cavity of the tilapia during the larval stages results in a strictly visual predation. For YOWELL & VINYARD (1993), the change in how prey is ingested (from visual predation to filter feeding) occurs when the tilapia's body reaches six centimeters in length. Although our study was carried out with juvenile *O. niloticus* measuring, on average, 14 centimeters, it was concluded that copepods and cladocerans microcrustaceans were actively ingested during this post-larval stage. In the stomach of adults, only small zooplankton was found, such as rotifers, confirming data from study by BEVERIDGE & BAIRD (2000), which suggests that filtering has an impact on minute zooplankton.

In conclusion, during the development of *O. niloticus*, the way fish ingest zooplankton and the groups of zooplankton they ingest change. Juvenile fish prey on microcrustaceans

visually and filter feed rotifers, whereas adult individuals filter feed zooplankton, which consist of smaller-sized organisms that are trapped in the mucus secreted by their gill rakers. There are changes in the contribution from zooplankton species to the diet of *O. niloticus* throughout the ontogenetic development of the fish. The consumption of microcrustaceans verified in the post-larval stage is replaced by the total contribution of rotifers during the adult stage.

The increase in the size of the gill raker of *O. niloticus* does not determine the consumption of larger zooplankton prey. Despite their abundance in the environment, this group of zooplankton, mainly represented by copepods, is not ingested at the same rate as rotifers, because they are efficient in escaping from predation. We also conclude that, when capturing prey through filter feeding, the presence of mucus produced by the fish in the gills plays a more effective role than the space between the gill rakers. Also, the greater representation of microcrustaceans during the Nile tilapia's first post-larval stages (when they are already filter feeding), allows us to deduce that, at this stage, there is still visual predation, which is more efficient for capturing larger zooplankton prey, such as microcrustaceans.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp) from Jaboticabal-SP and their entire working group. This study was sponsored by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

LITERATURE CITED

- ATTAYDE JL, MENEZES RF (2008). Effects of fish biomass and planktivore type on plankton dynamics. **Journal of Plankton Research** 30(8): 885-892. doi: 10.1093/plankt/fbn051
- ATTAYDE JL, ISKIN M, CARNEIRO L (2006) O papel da Onivoria na Dinâmica de Cadeias Alimentares. **Oecologia brasiliensis** 10(1): 69-77.
- ATTAYDE JL, OKUN N, BRASIL J, MENEZES RF, MESQUITA P (2007) Impactos da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga. **Oecologia Brasiliensis** 11(3): 450-461. doi: 10.4257/oeco.2007.1103.13
- BEVERIDGE MCM, BAIRD DJ (2000) Diet, feeding and digestive physiology, p. 59-87. In: BEVERIDGE MCM, MCANDREW BJ (Eds.) **Tilapias: Biology and Exploitation**. Stirling, University of Stirling. doi: 10.1007/978-94-011-4008-9_3

BEYRUTH Z, MAINARDES-PINTO CSR, FUSCO SM, FARIA FC, SILVA AL (2004) Utilização de alimentos naturais por *Oreochromis niloticus* em tanques de terra com arraçoamento. **Boletim do Instituto de Pesca** 30(1): 9-24.

BEZERRA-NETO JF, PINTO-COELHO RM (2003) Avaliação da eficiência de dois amostradores na estimativa da abundância e biomassa de organismos planctônicos. **Bios** 11(11): 19-27.

BWANIKA GN, CHAPMAN LJ, KIZITO Y, BALIRWA J (2006) Cascading effects of introduced Nile Perch (*Lates niloticus*) on the foraging ecology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Ecology of Freshwater Fish** 15: 470-481. doi: 10.1111/j.1600-0633.2006.00185.x

CÂMARA MR, CHELLAPPA S (1996) Regime alimentar e adaptações morfo-anatômicas do trato digestivo dos Ciclídeos (Pisces: Cichlidae). **Boletim do DOL/CB/UFRN** 9: 59-66.

DIANA JS, LIN CK, BHUKASWAN T, SIRSUWANATACH V, BUURMA BJ (1991) Data Report, Volume Two, Number three. Thailand: Cycle III of the Global Experiment. PD/A CRSP, Oregon State University, Corvallis, Oregon, 86 p.

DRENNER RW, MCCOMAS SR (1980) The role of zooplankton escape ability and fish size selectivity in the selective feeding and impact of planktivorous fish, p. 587-593. In: KERFOOT WC (Ed.) **Evolution and Ecology of Zooplankton Communities**. Hanover, University Press of New England, XXIII+793p.

DRENNER RW, STRICKLER JR, O'BRIEN WJ (1978) Capture probability. The role of zooplankton escape in the selective feeding of planktivorous fish. **Journal of Fisheries Research Board of Canada** 35(10): 370-1373. doi: 10.1139/f78-215

DRENNER RW, DE NOYELLES-JR F, KETTLE D (1982a) Selective impact of filter-feeding gizzard shad on zooplankton community structure. **Limnology and Oceanography** 27(5): 965-968. doi: 10.4319/lo.1982.27.5.0965

DRENNER RW, VINYARD GL, GOPHEN M, MCCOMAS SR (1982b) Feeding behavior of the cichlid, *Sarotherodon galilaeum*: selective predation on Lake Kinneret zooplankton. **Hydrobiologia** 87: 17-20. doi: 10.1007/BF00016658

DRENNER RW, THRELKELD ST, MCCRACKEN MD (1986) Experimental analysis of the direct and indirect effects of an omnivorous filter feeding clupeid on plankton community structure. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences** 43: 1935-1945. doi: 10.1139/f86-239

DRENNER RW, HAMBRIGHT HD, VINYARD GL, GOPHEN M, POLLINGER U (1987) Experimental study of size-selective phytoplankton grazing by a filter-feeding cichlid and the cichlid's effects on plankton community structure. **Limnology and Oceanography** 32(5): 1138-1144.

ELHIGZI FAR, HAIDER SA, LARSSON P (1995) Interaction between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cladocerans in ponds (Khartoum, Sudam). **Hydrobiologia** 307: 263-272. doi: 10.1007/BF00032020

EL MOOR-LOUREIRO LMA (1997) **Manual de Identificação de Cladóceros Límnicos do Brasil**. Brasília, Universa, 156p.

FIELDS DM, YEN J (1996) The escape behavior of *Pleuromamma xiphias* from a quantifiable fluid mechanical disturbance, p. 323-340. In: LENZ PH, HARTLINE DK, PURCELL JE, MACMILLAN DL (Eds.) **Zooplankton: Sensory Ecology and Physiology**. Amsterdam, Gordon & Breach Science Publishers.

FIGUEREDO CC, GIANI A (2005) Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). **Freshwater Biology** 50: 1391-1403. doi: 10.1111/j.1365-2427.2005.01407.x

GOPHEN M, DRENNER RW, VINYARD GG (1983) Fish introductions into Lake Kinneret – Call for Concern. **Aquaculture Research** 14(1): 43-45. doi: 10.1111/j.1365-2109.1983.tb00053.x

GROVER JJ, OLLA BL, O'BRIEN M, WICKLUND RI (1989) Food habits of Florida Red Tilapia fry in natured seawater pools in the Bahamas. **The Progressive Fish-Culturist** 51(3): 152-156. doi: 10.1577/1548-8640(1989)051<0152:FHOFR>2.3.CO;2

HJELM J, PERSSON L, CHRISTENSEN B (2000) Growth, morphological variation and ontogenetic niche shifts in perch (*Perca fluviatilis*) in relation to resource availability. **Oecologia** 122: 190-199. doi: 10.1007/PL00008846

HYATT KD (1979) Feeding Strategy, p. 71-119. In: HOAR WS, RANDALL DJ, BRETT JR (Eds.) **Fish Physiology. Bioenergetics and Growth**. New York, Academic Press, vol. 7, XVII+786p.

JHA BR, WAIDBACHER H, SHARMA S, STRAIF M (2006) Fish species composition, number and abundance in different rivers and seasons in Nepal and the reevaluation of their threat category for effective conservation and management. **Ecology, Environment & Conservation** 12 (1): 25-36.

JOBLING M (1996) **Environmental Biology of Fishes**. London, Chapman & Hall, 455p.
KOHLEH CC, NEY JJ (1982) A comparison of methods for quantitative analysis of feeding selection of fishes. **Environmental Biology of Fishes** 7(4): 363-368.

KOSTE W (1978a) **Rotatoria. Die Rodertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. (I – Textband)**. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 673p.

KOSTE W (1978b) **Rotatoria. Die Rodertiere Mitteleuropas begründet von Max Voigt – Monogononta. 2. Auflage neubearbeitet von Walter Koste. (II – Tafelband)**. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 238p.

LAZZARO X (1987) A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding, behaviours, selectivities and impacts. **Hydrobiologia** 146: 97-167. doi: 10.1007/BF00008764

LAZZARO X (1991) Feeding convergence in South American and African zooplanktivorous cichlids *Geophagus brasiliensis* and *Tilapia rendalli*. **Environmental Biology of Fishes** 31: 283-293.

LENZ PH, HARTLINE DK (1999) Reaction times and force production during escape behavior of a calanoid copepod, *Undinula vulgaris*. **Marine Biology** 133(2): 249-258. doi: 10.1007/s002270050464

MATSUMURA-TUNDISI T (1986) Latitudinal distribution of Calanoida copepods in freshwater aquatic systems of Brazil. **Revista Brasileira de Biologia** 46(3): 527-553.

MENEZES RF, ATTAYDE JL, VASCONCELOS FR (2010) Effects of omnivorous filter-feeding fish and nutrient enrichment on the plankton community and water transparency of a tropical reservoir. **Freshwater Biology** 55: 767-779. doi: 10.1111/j.1365-2427.2009.02319.x

MORIARTY JW, DARLINGTON JPEC, DUNN IG, MORIARTY CM, TEVLIN MP (1973) Feeding and Grazing in Lake George, Uganda. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences** 183(1076): 299-319. doi: 10.1098/rspb.1973.0050

PONTIN RM (1978) **Freshwater planktonic and semi-planktonic Rotifera of the British Isles**. Ambleside, Freshwater Biological Association Scientific Publication, 178p.

REID JW (1985) Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sul-americanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo** 9: 17-143.

ROCHA LOURES BTR, RIBEIRO RP, VARGAS L, MOREIRA HLM, SUSSEL FR, POVH JA, CAVICHILO F (2001) Manejo alimentar de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), associado às variáveis físicas, químicas e biológicas do ambiente. **Acta Scientiarum Animal Sciences** 23(4) 877-883.

SANDERSON SL, STEBAR MC, ACKERMANN KL, JONES SH, BATJAKAS IE, KAUFMAN L (1996) Mucus entrapment of particles by a suspension-feeding tilapia (Pisces: Cichlidae). **Journal of Experimental Biology** 199: 1743-1756.

SEGRS H (1995) Rotifera 2: The Lecanidae (Monogononta). In: DUMONT HJF (Ed.) **Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world**. Amsterdam, SPB Academic Publishing, 226p.

SENDACZ S, KUBO E (1982) Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) de reservatórios do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca** 9: 51-89.

SILVA WM, MATSUMURA-TUNDISI T (2005) Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in São Paulo State, Brazil, with description of a new species. **Brazilian Journal Biology** 65(3): 521-531. doi: 10.1590/S1519-69842005000300018

STRICKLER JR (1977) Observation of swimming performances of planktonic copepods. **Limnology and Oceanography** 22(1): 165-170. doi: 10.4319/lo.1977.22.1.0165

TRAGER G, ACHITUV Y, GENIN A (1994) Effects of prey escape ability, flow speed and predator feeding mode on zooplankton capture by barnacles. **Marine Biology** 120(2): 251-259. doi: 10.1007/BF00349685

TURKER H, EVERSOLE AG, BRUNE DE (2003a) Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. **Aquaculture** **215**: 93-101. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00133-3

TURKER H, EVERSOLE AG, BRUNE DE (2003b) Comparative Nile tilapia and silver carp filtration rates of Partitioned Aquaculture System phytoplankton. **Aquaculture** **220**: 449-457. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00614-2

UFODIKE EBC, WADA RK (1991) Feeding habits of tilapia, *Sarotherodon nilotica* (Perciformis: Cichlidae) fry in Jos, Nigeria. **Revista de Biología Tropical** **39**(2): 189-192.

WHITFIELD AK, BLADER SJM (1978) Food and feeding ecology of piscivorous fishes at Lake St. Lucia, Zululand. **Journal of Fish Biology** **13**: 675-691. doi: 10.1111/j.1095-8649.1978.tb03481.x

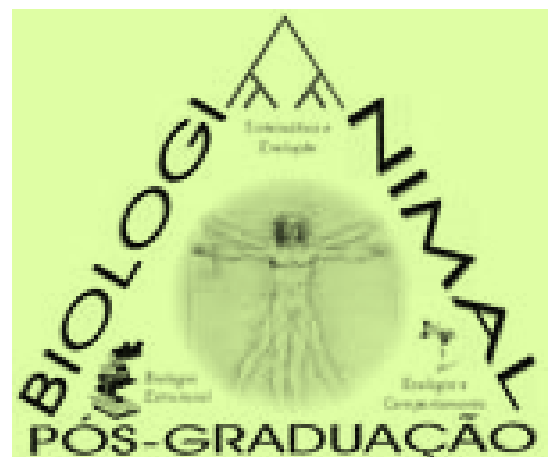
WOOTTON RJ (1992) **Fish Ecology**. New York, Chapman and Hall, 212p.

YEN J (2000) Life in transition: balancing inertial and viscous forces by planktonic copepods. **Biological Bulletin** **198**: 213-224. doi: 10.2307/1542525

YOWELL DW, VINYARD GL (1993) An energy-based analysis of particulate-feeding and filter-feeding by blue tilapia, *Tilapia aurea*. **Environmental Biology of Fishes** **36**(1): 65-72. doi: 10.1007/BF00005980

ZAVALA-CAMIN LA (1996) **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá, EDUEM, 129p.

ZAYED AE, MOHAMED SA (2004) Morphological study on the gills of two species of fresh water fishes: *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. **Annals of Anatomy** **186**(4): 295-304. doi: 10.1016/S0940-9602(04)80044-X



TERMO DE REPRODUÇÃO XEROGRÁFICA

Autorizo a reprodução xerográfica do presente Trabalho de Conclusão, na íntegra ou em partes, para fins de pesquisa.

São José do Rio Preto, ____/____/____

Assinatura do autor