

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

JONAS HENRIQUE DE SOUZA MOTTA

DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLO PARA LARVICULTURA DA CARPA  
ORNAMENTAL *Cyprinus carpio* EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

CAMPOS DOS GOYTACAZES

ABRIL 2015

JONAS HENRIQUE DE SOUZA MOTTA

DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLO PARA LARVICULTURA DA CARPA  
ORNAMENTAL *Cyprinus carpio* EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.”

Orientador: Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES

ABRIL 2015

JONAS HENRIQUE DE SOUZA MOTTA

DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLO PARA LARVICULTURA DA CARPA  
ORNAMENTAL *Cyprinus carpio* EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.”

Apresentado em 1 de Abril de 2015

BANCA EXAMINADORA

---

Prof.<sup>a</sup> Rita da Trindade Ribeiro Nobre Soares (D. Sc., Zootecnia) – UENF

---

Prof. Dálcio Ricardo de Andrade (D. Sc., Morfologia) - UENF

---

Prof. Marcelo Fanttini Polese (D. Sc., Ciência Animal) – IFES

---

Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior (D. Sc., Zootecnia) – UENF

(Orientador)

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Sergio Henrique e Maria Isabel, por toda educação e suporte que me foi dado durante toda a minha vida. Mesmo após anos de faculdade e de estudo, ainda aprendo muito com eles.

À minha irmã Isabela Motta do Nascimento e ao meu cunhado Yuri Thomé do Nascimento pela amizade, as conversas de assuntos diversos (desde política até vídeo game) e os simples momentos de descontração.

Ao meu orientador, o Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior, que esteve presente em toda minha então curta vida profissional. Sempre pronto a ajudar e dar os melhores conselhos possíveis. E me dando a oportunidade de fazer parte da equipe de Aquicultura da UENF.

Ao amigo Mário Porto, dono da Fazenda Piscicultura Mario Porto Ltda., não só pela oportunidade de trabalhar durante anos em sua propriedade, mas também por todo o conhecimento que me foi confiado. Além, é claro, da possibilidade de utilização da estrutura física e dos animais utilizados nos experimentos. Sem tal ajuda, a realização da presente dissertação seria mais difícil.

Aos amigos da Fazenda Mario Porto que participaram diretamente dos experimentos: Josiel (Ziel), Diquinho, William (paraíba) e Wallace. E todos os demais funcionários que participaram de forma indireta para realização dos experimentos.

Ao Prof. Ricardo Vieira e amigo Leonardo Glória pela ajuda com a modelagem, as análises e os programas estatísticos.

Ao Prof. Dácio de Andrade pela ajuda com a escrita da dissertação. As correções e as opiniões pertinentes foram imprescindíveis para a realização dos trabalhos.

Ao Prof. Leonardo Serafim e toda sua equipe pela ajuda com as etapas da histologia.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Marcelo Polese e Prof.<sup>a</sup> Rita Trindade, pelas contribuições no manuscrito.

A Jeovanna e a Conceição, sempre prontas a ajudar da forma que for possível, e todos os demais funcionários da UENF que de alguma forma participaram dessa dissertação.

Aos amigos de laboratório: André, Marcella, Douglas, Rafael, João, Leonardo, Joãozinho, Ana Paula, Samuel, Mussurepe e Ticianne, que estão presentes no meu dia-a-dia.

A toda minha família e amigos, não vou escrever o nome de todos, pois a família é grande.

A CAPES pelo fornecimento da bolsa.

## RESUMO

MOTTA, Jonas Henrique de Souza, M.S. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março, 2015. Desenvolvimento de protocolo para larvicultura da carpa ornamental *Cyprinus carpio* em sistema de recirculação de água.

Devido à necessidade da produção de peixes de forma sustentável, sistemas de cultivo não convencionais devem ser utilizados. Para tal, questões básicas dentro de um cultivo de larvas de peixes devem ser estudadas, com a intenção de elucidar alguns entraves, três experimentos foram conduzidos com larvas de carpa ornamental. No primeiro experimento, 18000 larvas de carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) foram submetidas, durante 30 dias, a oito tratamentos com diferentes densidades (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>), e posteriormente, larvas submetidas ao tratamento de 40 larvas.L<sup>-1</sup> foram selecionadas por tamanho e submetidas (durante 15 dias) à processos de re-estocagem na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup>, para análise de possível crescimento compensatório. As larvas mantidas na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram melhor desenvolvimento zootécnico e maior homogeneidade do lote. Foi observado aumento da heterogeneidade do lote concomitante com o aumento da densidade de estocagem. A re-estocagem das larvas previamente mantidas em alta densidade (40 larvas.L<sup>-1</sup>) em baixa densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>), gerou um crescimento compensatório parcial, havendo incremento da taxa de crescimento específico, mas não suficiente para que o comprimento final alcançasse o valor médio observado para as larvas mantidas durante todo o cultivo na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup>. O aumento da densidade gerou aumento da produtividade até a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup>, a partir desta, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). O custo de produção diminuiu com o aumento da densidade de estocagem até a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup>, a partir deste ponto foi observado aumento do custo, gerado pelo aumento do custo com mão-de-obra. A densidade de 25 larvas L<sup>-1</sup> deve ser utilizada para produções que visem grandes quantidades de peixes produzidos, sem necessidade de re-estocagem durante a larvicultura. O segundo experimento testou quantificações de náuplios de artêmia na alimentação das larvas, e o terceiro, testou diferentes alimentações (alimento vivo e inerte, usados separadamente e simultaneamente, além de aumentos da quantidade de náuplios de artêmia ofertados em diferentes períodos do cultivo). No segundo experimento, foram testados quantificações de náuplios de artêmia na alimentação exógena inicial das larvas, nas concentrações de 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 náuplios de artêmia por larva. No terceiro, foram testados diferentes protocolos alimentares para primeira alimentação exógena das larvas. Para tal, foram utilizados: alimento vivo (náuplios de artêmia) e inerte (ração em pó), usados separadamente e simultaneamente, além de aumentos da quantidade de náuplios de

artêmia ofertados em diferentes períodos do cultivo. No segundo experimento, a quantidade de 600 náuplios de artêmia por larva demonstrou ser a melhor opção, pois gerou um crescimento ótimo e o custo foi menor do que aquele observado com a utilização de 800 e 1000 náuplios de artêmia por larva. O terceiro experimento demonstrou que a estratégia alimentar com alimento vivo (náuplios de artêmia) mais ração comercial proporcionou o melhor desempenho zootécnico para larvas de carpa ornamental. Também ficou evidente a necessidade da correção da quantidade de alimento vivo ao longo do cultivo, provavelmente devido às altas taxas de crescimento específico observadas durante a fase larval.

Palavras chaves: alimento vivo; sistemas de produção; carpa ornamental; densidade de estocagem; estratégias alimentares.

## ABSTRACT

MOTTA, Jonas Henrique de Souza, M.S. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2015. Protocol development for larval rearing of ornamental carp *Cyprinus carpio* in recirculation aquaculture system.

Due to the necessity of producing fish sustainably, unconventional farming systems should be used. For such basic issues in a fish larvae cultivation should be studied with the intention to elucidate some obstacles, three experiments were conducted with ornamental carp larvae. In the first experiment, 18000 ornamental carp larvae (*Cyprinus carpio*) were subjected for 30 days to eight treatments with different densities (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 larvae.L<sup>-1</sup>), and subsequently subjected to larvae from treatment 40 larvae.L<sup>-1</sup> were selected by size and submitted (for 15 days) to a re-storage process at a density of 5 larvae.L<sup>-1</sup> for analysis of possible compensatory growth. Larvae kept in the density of 5 larvae.L<sup>-1</sup> showed better livestock development and greater homogeneity of the lot. It observed increased heterogeneity of the batch concomitant with increased storage density. The re-storage of the pre-larvae maintained at high density (40 larvae.L<sup>-1</sup>) at low density (5 larvae.L<sup>-1</sup>) generated a partial compensatory growth, with an increase of specific growth rate but not enough for final length reached the mean value observed for larvae maintained throughout the cultivation density in 5 larvae.L<sup>-1</sup>. The increase in density caused a increase in productivity at a density of 25 larvae.L<sup>-1</sup>, from this, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ). The cost of production decreases with increased storage density to the density of 25 larvae.L<sup>-1</sup> from this point was observed increased cost generated by the increased cost of hand labor. The density of 25 larvae.L<sup>-1</sup> must be used for production aimed large quantities of fish produced without the need for restocking during hatchery. The second experiment tested quantifications of baby brine shrimp in feeding the larvae, and the third, tested different feeds (live and inert food, used separately and simultaneously, and increases the amount of baby brine shrimp offered at different times of cultivation). In the second experiment, measurements of baby brine shrimp were tested in the initial exogenous feeding larvae at concentrations of 100, 200, 400, 600, 800 and 1000 by baby brine shrimp larvae. In the third they were tested different protocols for feeding the first feeding larvae. For such, they were used: live food (baby brine shrimp) and inert (powder meal), used separately and simultaneously, and increases the amount of baby brine shrimp offered at different times of cultivation. In the second experiment, the amount of 600 baby brine shrimp for larva demonstrated to be the best option as it generated a great growth and the cost was less than that observed with the use of 800 and 1000 by baby brine shrimp larvae. The third experiment demonstrated that the feeding strategy with live food (baby brine shrimp) more

commercial feed provided the best growth performance for ornamental carp larvae. The need to fix the amount of live food during the cultivation, probably due to the high specific growth rates observed during the larval stage also became evident.

Keywords: live food; production system; ornamental carp; stocking density; food strategies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Página

### **Capítulo 1 - Efeito de densidades de estocagem sobre o desempenho, produtividade, custo de produção e crescimento compensatório de larvas de carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) cultivadas em sistema de recirculação de água.**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1-1: Média e intervalo de confiança do crescimento de larvas de carpa ornamental mantidas em diferentes densidades em sistema de recirculação de água.....   | 45 |
| Figura 1-2: Média e intervalo de confiança do ganho de peso de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem.....   | 45 |
| Figura 1-3: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.....         | 46 |
| Figura 1-4: Média e intervalo de confiança da sobrevivência de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água... ..                         | 46 |
| Figura 1-5: Mortalidade de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. ....   | 47 |
| Figura 1-7: Produtividade de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. ....   | 47 |
| Figura 1-8: Custo de produção de larvas de carpa ornamental mantidas em diferentes densidades de estocagem. ....  | 48 |
| Figura 1-9: Taxa de crescimento específico em comprimento de larvas de carpa ornamental mantidas previamente em diferentes densidades de estocagem, e posteriormente re-estocadas em densidades iguais..... | 48 |
| Figura 1-10: Comprimento final das larvas de carpa ornamental previamente mantidas em diferentes densidades de estocagem e re-estocadas em densidades iguais. ....  | 49 |
| Figura 2-1: Média e intervalo de confiança do crescimento de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água. ....   | 67 |
| Figura 2-2: Média e intervalo de confiança do ganho de peso de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água. ....   | 68 |
| Figura 2-3: Média e intervalo de confiança da sobrevivência de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água. ....   | 68 |
| Figura 2-4: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico para comprimento de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água. ....                               | 69 |
| Figura 2-5: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água. ....  | 69 |
| Figura 2-6: Custo com artêmia durante os sete dias de cultivo .....   | 70 |
| Figura 2-7: Média e intervalo de confiança do crescimento (mm) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.....                            | 72 |
| Figura 2-8: Média e intervalo de confiança do ganho de peso (mg) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes.....                                      | 72 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2-9: Média e intervalo de confiança da sobrevivência (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.....                                    | 73 |
| Figura 2-10: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico para comprimento (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares..... | 73 |
| Figura 2-11: Média e intervalo de confiança do ganho de peso diário (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.....                            | 74 |

## LISTA DE TABELAS

Página

### **Capítulo 1 - Efeito de densidades de estocagem sobre o desempenho, produtividade, custo de produção e crescimento compensatório de larvas de carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) cultivadas em sistema de recirculação de água.**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1-1: Composição química da ração comercial utilizada no presente experimento. ...  | 42 |
| Tabela 1-2: Parâmetros de qualidade de água dos tanques de cultivo das larvas de carpa ornamental. Média ± erro padrão.....   | 43 |
| Tabela 1-3: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água. .... | 44 |

### **Capítulo 2 - Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) em sistema de recirculação de água.**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2-1: Nº de náuplios de artêmia ofertados diariamente por larva durante os 13 dias de cultivo. ....   | 64 |
| Tabela 2-2: Composição química da ração comercial utilizada no presente experimento. ...  | 64 |
| Tabela 2-3: Parâmetros de qualidade de água (média ± erro padrão) do cultivo de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água. ....   | 66 |
| Tabela 2-4: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água. ....   | 67 |
| Tabela 2-5: Parâmetros de qualidade de água (media ± erro padrão) do cultivo de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água. Letras diferentes na mesma linha significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ). .... | 71 |
| Tabela 2-6: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas com diferentes estratégias alimentares em sistema de recirculação de água. ....                    | 71 |

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 13 |
| <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                    | 17 |
| Espécie .....   | 17 |
| Sistema de cultivo .....  | 18 |
| Sistema de recirculação de água .....                                 | 19 |
| Densidade de estocagem.....   | 20 |
| Larvicultura .....  | 21 |
| Alimentação na larvicultura de peixes .....                           | 24 |
| Ganho compensatório .....   | 26 |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....                               | 28 |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | 35 |
| Resumo.....   | 36 |
| Abstract.....   | 37 |
| 1.    Introdução .....  | 37 |
| 2.    Material e métodos .....  | 38 |
| 2.1 Local, sistema de cultivo, manutenção e qualidade de água.....    | 38 |
| 2.2 Larvas e delineamento.....  | 39 |
| 2.3 Alimentação.....  | 40 |
| 2.4 Parâmetros zootécnicos .....                                      | 40 |
| 2.5 Produtividade e custo de produção.....                            | 41 |
| 2.6 Crescimento compensatório .....                                   | 42 |
| 2.7 Estatística .....   | 42 |
| 3.    Resultados .....  | 43 |
| 3.1 Qualidade de água.....  | 43 |
| 3.2 Comprimento final e peso final.....                               | 44 |
| 3.3 Crescimento, ganho de peso e taxa de crescimento específico ..... | 44 |
| 3.4 Sobrevivência, produtividade e custo de produção .....            | 46 |
| 3.5 Crescimento compensatório .....                                   | 48 |
| 4.    Discussão.....  | 49 |
| 5.    Referências bibliográficas.....                                 | 54 |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | 57 |
| Resumo.....   | 58 |
| Abstract.....   | 58 |
| 1.    Introdução .....  | 59 |

|       |   |           |
|-------|---|-----------|
| 2.    | Material e métodos .....  | 60        |
| 2.1   | Local, sistema de cultivo, manutenção e qualidade de água.....  | 60        |
| 2.2   | Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água..... | 61        |
| 2.2.1 | Delineamento e biometria inicial .....  | 61        |
| 2.2.2 | Alimentação .....   | 61        |
| 2.2.3 | Parâmetros zootécnicos.....   | 62        |
| 2.2.4 | Custo com artêmia.....  | 63        |
| 2.3   | Experimento 2: Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água .....   | 63        |
| 2.3.1 | Delineamento e biometria inicial .....  | 63        |
| 2.3.2 | Alimentação .....   | 63        |
| 2.3.3 | Parâmetros zootécnicos.....   | 65        |
| 2.4   | Estatística .....   | 65        |
| 3.    | Resultados .....  | 66        |
| 3.1   | Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água..... | 66        |
| 3.1.1 | Qualidade de água.....  | 66        |
| 3.1.2 | Comprimento final e peso final.....   | 67        |
| 3.1.3 | Crescimento, ganho de peso e sobrevivência .....  | 67        |
| 3.1.4 | Taxa de crescimento específico .....  | 69        |
| 3.1.5 | Custo com artêmia.....  | 70        |
| 3.2   | Experimento 2: Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água. ....   | 70        |
| 3.2.1 | Qualidade de água.....  | 70        |
| 3.2.2 | Comprimento final e peso final.....   | 71        |
| 3.2.3 | Crescimento, ganho de peso e sobrevivência .....  | 71        |
| 3.2.4 | Taxa de crescimento específico .....  | 73        |
| 4.    | Discussão .....   | 74        |
| 4.1   | Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água..... | 74        |
| 4.2   | Estratégias alimentares para larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água. ....  | 76        |
| 5.    | Referências bibliográficas.....   | 79        |
|       | <b>CONCLUSÃO</b> .....  | <b>83</b> |

## INTRODUÇÃO

A definição de “ornamental” é relativo a ornamentos próprio para dar adorno ou para ornamentar. De modo que, peixe ornamental poderia ser qualquer peixe que tenha a função de ornamentar, bastando para isso, que a espécie como um todo ou simplesmente um indivíduo, por alguma razão atraia a atenção de um aquarista e este consiga mantê-lo em um ambiente artificial.

Com tantas possibilidades de espécies ornamentais, o setor é mundialmente notório, apesar de ser menor que outros setores da aquicultura como a piscicultura de corte e carcinicultura. Segundo a FAO (2012a) o mercado de peixes ornamentais, apesar de ser irrisório em termos de quantidade de peixes comercializados, frente ao grande mercado de peixes destinados ao consumo humano, movimentam grandes quantias devido aos altos valores unitários das espécies.

Os maiores fornecedores de peixes ornamentais são países do sudeste asiático como Cingapura, Filipinas, Tailândia, Sri Lanka, Indonésia e Hong Kong, sendo Cingapura um “entrepoto total integrado” para negócios globais em peixes ornamentais (SANCHES, 2004).

No Brasil, a produção de peixes de águas continentais para fins ornamentais iniciou na segunda metade da década de 20. Seu maior impulso foi no final da década de 70, quando ocorreu um grande aumento do número de piscicultores, principalmente dos pequenos e micro produtores, os quais se encontram concentrados em núcleos na Região Sudeste ou isolados em diversos municípios do país. São exemplos as micro-regiões de Muriaé, em Minas Gerais e, de Ribeirão Preto e Mogi das Cruzes, em São Paulo (VIDAL JR., 2002). Em geral, nessas regiões as pisciculturas têm características de mão-de-obra familiar.

O Brasil não aparece como um dos grandes produtores mundiais, e isso se dá por uma série de fatores como falta de incentivo à atividade, falta de uma legislação coerente, pouco investimento feito na atividade, falta de mão-de-obra capacitada e falta de estudos sobre tecnologias aplicáveis às nossas condições de cultivo.

Acrescenta-se ainda que a demanda por lagos ornamentais tem crescido no Brasil, nos últimos anos. Considerando-se que as carpas ornamentais (*C. carpio*) são os peixes preferidos para povoarem os lagos ornamentais, devido à capacidade de se adaptarem a uma ampla faixa de temperatura e a própria beleza ostentada por esses animais quando vistos de cima, é coerente afirmar que a demanda por carpas de alta qualidade aumentará nos próximos anos.

Balon (1995) cita a importância da produção da espécie, e sugere o nome de Koi para as variedades ornamentais da carpa comum. Segundo este autor, a produção de Koi é

até mais importante, em termos monetários, do que a produção da carpa de corte. Isso é devido ao alto valor unitário de mercado obtido em algumas variedades de Koi.

O Japão é referência em termos de produção, seleção e qualidade de Koi. Campeonatos com animais de alto padrão são realizados, e pessoas de todo o mundo vão ao país para comprar animais melhorados ou apenas apreciar a beleza dos peixes. Grande parte das variedades de coloração foram desenvolvidas no Japão, entre os séculos 17 e 19 (HANIFFA *et al.*, 2007). No Brasil, alguns campeonatos, também, são realizados, principalmente no estado de São Paulo. Coloração, conformação do corpo, tamanho e harmonia destas características são alguns dos quesitos analisados pelos jurados.

Com o aumento da demanda, o desenvolvimento de tecnologias que tornem a produção mais sustentável e sejam mais resilientes, deve ser uma das prioridades para as instituições de pesquisa. Estudos relacionados à sistemas sustentáveis, que foquem a produção de espécies de interesse comercial sem causar grandes danos ao meio ambiente, devem ser realizados de modo a desenvolver tecnologias e protocolos que atendam à demanda dos produtores e dos consumidores.

Dentro dessa filosofia, o cultivo de peixes ornamentais em sistemas de recirculação de água surge como opção para os produtores. Tais sistemas utilizam menos água e menos terra do que o convencional cultivo em sistema semi-intensivo.

O uso desse sistema em laboratórios para o cultivo de larvas de peixes, além de ter uma maior sustentabilidade ambiental, adota a ideia proposta por Jomori *et al.* (2003), de que manter as larvas em sistema intensivo durante um curto período de tempo, mostra-se mais eficiente do que a estocagem direta das larvas nos viveiros externos. Sendo as larvas de peixes organismos em transição, que não apresentam todos os sistemas desenvolvidos, e portanto, são mais frágeis que suas formas adultas, estudos que elucidem e melhorem a prática da larvicultura devem ser realizados.

A larvicultura da carpa comum para fins ornamentais é realizada, de maneira geral, em viveiros externos, com pouco ou nenhum controle sobre a qualidade da nutrição, da água, formação corporal (existência de peixes defeituosos) e possíveis predadores. Em parte, essa falta de controle se dá em função do sistema de cultivo utilizado.

No Brasil, nos primeiros meses da época de desova da carpa, junho a setembro, a larvicultura é dificultada por diversos entraves encontrados para o preparo de viveiros externos. Os problemas variam desde baixa produção de alimento vivo à falta de oxigênio em dias chuvosos e nublados.

Problemas relacionados às doenças também são vistos com grande intensidade nesse período, as larvas, muitas vezes debilitadas, são mais susceptíveis a ataques de parasitas externos como *Dactilogirus* sp., *Girodactilos* sp. e *Tricodina* sp.

Como consequência, nesses meses, a produção de larvas de carpas fica limitada, reduzindo o período útil de desova. Como resultado, a produção é concentrada em uma pequena parte do ano e os peixes têm de ser estocados, em altas densidades, para que se tenha estoque durante todo o ano. Por isso, ao longo do ano, milhares de animais imperfeitos e com baixa qualidade, são vendidos nas lojas.

Sistemas alternativos para a larvicultura da espécie nos meses de maior dificuldade, devem ser estudados para que o período de desova possa ser melhor utilizado, resultando em peixes de melhor qualidade.

O sistema de recirculação de água (SRA) aparece como alternativa ao convencional sistema semi-intensivo, para a larvicultura da carpa comum. Problemas como grande amplitude térmica e falta de alimento em decorrência de viveiros com baixa qualidade e quantidade de plâncton, podem ser corrigidos no SRA.

Apesar de SRA ser utilizado com frequência em certos segmentos na cadeia produtiva de peixes ornamentais, sistemas menos agressivos ao meio ambiente são pouco utilizados na produção de peixes ornamentais. Este fato se deve a um conjunto de fatores, sendo os principais custo de implantação, falta de informação sobre o tema, falta de tecnologia e protocolos e falta de profissionais capacitados.

Dentre os possíveis benefícios do uso de SRA, pode-se citar principalmente a melhora na sobrevivência devido a fatores como a diminuição da ação de parasitas, o controle e a manutenção da qualidade de água e a melhora na qualidade do alimento ofertado, principalmente nos meses de baixa produtividade de plâncton.

Para que um protocolo de criação de peixes seja criado, questões básicas devem ser respondidas. A quantidade de animais que se deve colocar no sistema talvez seja a primeira pergunta de muitos produtores. A densidade de estocagem (DE) aparece como inspiração para inúmeras pesquisas. Na verdade, esse último fator influencia direta e indiretamente em vários aspectos da criação, por exemplo, na qualidade da água e no crescimento dos animais.

Um dos problemas resultantes de densidades elevadas na criação de peixes é a quantidade de nitrogênio excretado diariamente no sistema que está também diretamente relacionada com a alimentação.

Diferentes artigos citam quedas em fatores físico químicos da água com o aumento da DE, muitas vezes seguidos de imunossupressão e imunodepressão. Quadros de crescimento abaixo do esperado e alta mortalidade podem ser agravados quando o ambiente de cultivo não apresenta características favoráveis.

Estudos para se obter uma DE ideal para cultivos em SRA no Brasil são escassos e, portanto, produtores que se interessam por este sistema de produção encontram dificuldade na obtenção de informação sobre este assunto.

Outra questão fundamental para a criação de um protocolo de cultivo de larvas está relacionado com qual estratégia alimentar adotar. Essa questão tem um âmbito mais específico sendo de extrema importância o conhecimento sobre os hábitos alimentares, transição do hábito alimentar e comportamento da espécie.

Com o objetivo de desenvolver um protocolo para melhorar a sobrevivência e o desempenho zootécnico de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água, alguns experimentos devem ser realizados.

Os experimentos realizados foram descritos em dois capítulos seguindo as normas da revista Aquaculture para qual os artigos foram encaminhados.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Espécie

A família Cyprinidae é considerada a maior família de peixes conhecida, com 194 gêneros contendo 2070 espécies (NAKATANI *et al.*, 2001) e apresenta grande importância tanto na pesca quanto na aquicultura. A captura de carpas, barbos e outros ciprinídeos vêm crescendo e ultrapassou 1,3 milhões de toneladas em 2010 e em termos de aquicultura, no mesmo ano, as carpas corresponderam por 40,5% de todos os peixes criados em água doce do mundo (FAO, 2012b).

A carpa comum (*Cyprinus carpio*) é originária da Europa e Ásia (KOHLMANN, 2013), vem sendo cultivada na China há mais de 2000 anos e há várias centenas de anos na Europa (WOHLFARTH, 1984; CASTAGNOLLI e CYRINO, 1986).

De todas as espécies de peixes utilizadas na aquicultura, a carpa comum tem a história mais antiga dentro do cultivo. Próximo dos anos de 475 d.c. já era descrita desovas de carpas em cativeiro na China, assim como sua propensão ao cultivo visando o comércio, descrita por Fan Lin no que foi o primeiro tratado de aquicultura (BARDACH *et al.*, 1972).

A espécie está entre as mais importantes, economicamente falando, dentre os peixes de água doce, o cultivo da carpa comum gerou 3.444.203 milhões de toneladas de carne de pescado no ano de 2010 (FAO, 2012b). Sua domesticação foi ampliada pela cultura da Koi, que é o nome generalizado dado às carpas designadas à ornamentação (BALON, 1995).

A carpa vive sobretudo em ambientes lênticos ou com pouca velocidade de corrente, preferindo rios com grandes profundidades. É uma espécie bentônica que ocorre nas zonas litorâneas dos rios e barragens (BADIOU e GOLDSBOROUGH, 2006).

Apresenta hábito alimentar onívoro ingerindo nematóides, cladóceros, larvas de dípteros e copépodes, crustáceos e alevinos de outros peixes. Também, comem algas, macrófitas aquáticas, larvas de tricópteros e efemerópteros. García-Berthou (2001), estudando a dieta de estoques selvagens de carpa comum no Lago Banyoles (Espanha), averiguou que faziam parte da dieta da espécie bem como as algas, as sementes de plantas, as plantas, os crustáceos, as larvas e os ovos de peixes, os insetos, os nematódeos e os moluscos.

As carpas são ovulíparas e desovam uma ou duas vezes durante uma única época do ano. As desovas ocorrem logo no fim do inverno quando as águas ainda estão com baixa temperatura (WOYNAROVICH e HORVATH, 1983).

Em cativeiro, a carpa comum pode desovar de forma natural ou induzida, esta última com utilização de hormônios estimulantes (WOYNAROVICH e HORVATH, 1983). As larvas eclodem geralmente 48h50min após a fecundação, à temperatura de 22°C, medindo cerca

de 3,65 mm (CP) (NAKATANI *et al*, 2001). Durante esse tempo, todo o nutriente necessário para o desenvolvimento do embrião e da larva recém eclodida é oriunda de alimentação endógena. A dinâmica do consumo do vitelo na maioria dos teleósteos pode ser descrito por uma curva sigmóide com três fases distintas tais como nas duas fases de absorção lenta, no início (desenvolvimento embrionário precoce) e no final (fase larval final) e uma fase (estágio embrionário final) que se caracterizam-se por uma taxa de absorção relativamente elevada e constante no período intermediário de desenvolvimento (HOLT, 2011).

Apesar da grande demanda pela carne da carpa comum, outro nicho do mercado também apresenta importância relevante, o mercado ornamental. As carpas coloridas, também chamadas de Koi, são tratadas como Pets, e ao longo do tempo, mais de 100 padrões de coloração foram desenvolvidos (KUROKI, 1981; TAMADACHI, 1990). Balon (1995) cita que a produção de Koi é até mais importante, em termos monetários, do que a produção da carpa de corte, devido ao alto valor unitário dos animais.

#### Sistema de cultivo

O cultivo de peixes ornamentais no Brasil é baseado no sistema semi-intensivo em tanques escavados, que é caracterizado pela utilização do plâncton como principal fonte de alimento para as larvas, pelas extensas áreas utilizadas e pela grande quantidade de água necessária para manutenção da boa qualidade do meio onde os peixes são cultivados (TESSER, 2005).

A fase de larvicultura, quando realizada em tanques escavados previamente adubados, expõe as larvas à ataques de predadores e a variações climáticas, problemas que podem reduzir a sobrevivência no cultivo. Chabalin *et al.*, (1989) trabalhando com larvas da carpa comum (*C. carpio*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), utilizando o sistema semi-intensivo em viveiros escavados, obtiveram sobrevivências próximas de 35%, 30% e 20%, respectivamente.

Nos cultivos semi-intensivo, fertilizantes podem ser utilizados para aumentar as concentrações de fósforo e nitrogênio com o propósito de promover o crescimento do fitoplâncton (BOYD, 1981), entretanto, esta prática pode levar a água do cultivo a apresentar altos níveis de matéria orgânica.

Decorrente do acúmulo de matéria orgânica, gerado pelo uso de fertilizantes, do araçãoamento, e da presença dos peixes, os viveiros de cultivo tornam-se propícios para a proliferação de agentes patogênicos como monogenóides e protistas (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

Para controle das enfermidades muitas vezes são utilizados antibióticos, formalina, inseticidas organofosforados e vermífugos. Sendo todos esses agentes poluidores do meio

ambiente. No fim do cultivo toda essa água com grande potencial tóxico é devolvida ao meio *in-natura* ou com tratamento ineficiente (MADUENHO *et al.*, 2007).

A utilização de agentes controladores de pragas e outras substâncias podem ter efeitos calamitosos para o meio ambiente (SIPAÚBA-TAVARES, 2013). Arana (2004) menciona que o uso de herbicidas, fungicidas, inseticidas e outros produtos tóxicos pode causar efeitos diversos sobre os componentes do ecossistema aquático.

#### Sistema de recirculação de água

Com o aumento do interesse de práticas de cultivo menos agressivas ao meio ambiente, a indústria aquícola está cada vez mais focada em técnicas de cultivo mais sustentáveis (DAN MILLER e KEN SEMMENS, 2002).

Para alguns autores, o sistema de recirculação de água é a solução ideal para o problema do aumento da demanda de proteína de fonte animal, já que em tais sistemas consegue-se o aumento da produção, aliado à sustentabilidade (TIDWELL, 2012).

Tidwell (2012) afirma que o sistema de recirculação de água é ambientalmente sustentável e usam 90 a 99% menos água do que os sistemas convencionais de aquicultura, menos de 1% da área de terra, e a água retirada do sistema pode ser tratada de forma segura.

Nos sistemas de recirculação de água, os parâmetros da qualidade da água são controlados pelas diferentes unidades operacionais do sistema (filtragem biológica, filtragem mecânica, oxigenação, temperatura, remoção de CO<sub>2</sub> e desinfecção).

O controle dos parâmetros de qualidade de água proposto para o sistema, confere a capacidade de se manter estável a produtividade ao longo de todo o ciclo de produção (HUTCHINSON *et al.*, 2004).

Dentre as unidades operacionais do sistema de recirculação de água, o filtro mecânico é responsável pela retirada dos sólidos suspensos, que são partículas de tamanho variado oriundos das fezes, do biofoco (bactérias mortas e vivas) e restos de alimento (TIMMONS *et al.*, 2002).

O sistema de recirculação de água utiliza a filtragem biológica como principal ferramenta para remover os efluentes oriundos do metabolismo dos organismos cultivados (amônia, nitrito e nitrato), de forma a manter a qualidade da água aceitável para o cultivo (LOSORDO e HOBBS, 2000. SATOH *et al.*, 2000; CHEN *et al.*, 2006; GUERDAT *et al.*, 2010).

Em solução, a amônia mantém um equilíbrio entre amônia ionizada (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e amônia não-ionizada (NH<sub>3</sub>). Sendo a amônia não-ionizada a mais tóxica para os organismos aquáticos (ARANA, 2004). A balança que rege o equilíbrio entre as concentrações de

amônia ionizada e amônia não-ionizada, é diretamente influenciada por fatores físico-químicos da água, principalmente temperatura, pH e salinidade (ANTHONISEN *et al.* 1976).

A excreção da amônia ocorre nas brânquias através de vários processos sendo a difusão do  $\text{NH}_3$  pelas vias transcelular ou paracelular, seguindo o gradiente sangue-água, o principal deles. Em algumas espécies, essa difusão pode ser facilitada pela excreção de  $\text{H}^+$  pela V-ATPase ou pelo antiporte  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ , presentes na membrana apical (BALDISSEROTTO, 2009).

O nitrato é o composto final da nitrificação da amônia e é também o menos tóxico. Este composto é o resultado da oxidação do nitrito, realizado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* e *Nitrospina*. A retirada do nitrato dos SRA se dá pelas trocas de água diária, de forma a se manter o sistema estável (TIMMONS, 2012).

O processo de detoxificação da amônia é conhecido como nitrificação. A nitrificação se refere à oxidação da amônia ( $\text{NH}_3$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2$ ), e finalmente a nitrato ( $\text{NO}_3$ ), sendo este último composto menos tóxico que os mencionados anteriormente (ARANA, 2004).

#### Densidade de estocagem

Densidade de estocagem (DE) é o termo utilizado quando se deseja falar sobre a concentração de animais por litro ou por área. Woche *et al.*, (2011), afirmam que a DE é um dos fatores mais importantes que influenciam o crescimento e o comportamento dos peixes.

Vários autores relatam alteração no desempenho zootécnico na aquicultura, quando os animais são submetidos à altas densidades. Aumento da mortalidade, crescimento abaixo do esperado, surtos de doenças, piora da qualidade da água, falta de uniformidade do lote, canibalismo e problemas relacionados à reprodução, já foram relatados em cultivos com densidades acima da ideal para uma determinada espécie (POSCH *et al.*, 2012).

Nascimento & Mello (1989), testaram três densidades de estocagem (100, 200 e 400 larvas/m<sup>2</sup>) na larvicultura de carpa comum (*C. carpio*) por 30 dias e observaram quedas no incremento em peso e sobrevivência proporcional ao aumento da densidade.

Kotani *et al.*, (2009), trabalhando com larvas de *Takifugo rudripis*, sugerem uma baixa densidade inicial, 5 larvas l<sup>-1</sup>, alegando que dessa forma a característica de canibalismo da espécie influenciaria menos as taxas de sobrevivência. O mesmo autor trabalhando com a mesma espécie em 2011, recomenda que a densidade seja diminuída logo quando os primeiros sinais de agressividade são vistos, reduzindo a densidade de 5 larvas L<sup>-1</sup> para 2 larvas L<sup>-1</sup>.

Björnsson *et al.*, (2012), observaram uma correlação negativa entre a densidade média e a taxa de crescimento relativo em experimento com juvenis de bacalhau do

Atlântico (*Gadus morhua* L.). Os autores ainda relataram queda na sobrevivência proporcional ao aumento da densidade.

Fróes *et al.*, (2013), concluíram que o aumento da densidade de estocagem afeta o crescimento e a sobrevivência do camarão-branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, cultivado em sistema de bioflocos.

A DE vem sendo reconhecida como um fator crítico na larvicultura intensiva, já que está representa uma fonte potencial de estresse crônico, o qual pode influenciar negativamente aspectos fisiológicos e comportamentais (DI MARCO *et al.*, 2008). Segundo os mesmos autores, peixes submetidos a períodos de estresse crônico, perdem a habilidade de lutar contra patógenos em decorrência de quadros de imunossupressão e imunodepressão.

Altas DE podem prejudicar o cultivo de forma indireta. O aumento do número de animais por litro representa maiores quantidades de alimento utilizado durante o cultivo, aumento o qual afeta diretamente a qualidade de água, seja por meio da degradação do excedente ou pelo aumento da excreção de compostos nitrogenados (JOBILING, 1994).

Em sistemas intensivos e super intensivos pode-se ver aumento da produtividade sem que haja maiores gastos de água e área, isso pode ocorrer pelo aumento da densidade de estocagem possibilitada pelos avanços na tecnologia do cultivo. Um exemplo é o cultivo de camarões em sistemas de biofoco em que a densidade de estocagem é aumentada. Wasielesky Jr. *et al.*, (2006) menciona que a utilização dessa técnica propicia o aumento da densidade no cultivo de camarões marinhos de 300 para 500 camarões/m<sup>2</sup>, com taxas de sobrevivência de 70%.

Em SRA, uma das primeiras perguntas que deve ser respondida é qual o número de animais que deve ser colocado nos tanques. A utilização de uma biomassa maior que o sistema de filtragem suporta, pode gerar intoxicações por compostos nitrogenados. (TIMMONS *et al.*, 2002).

## Larvicultura

Larvicultura é a fase da produção de peixes destinada ao cultivo de larvas, compreendendo todas as etapas de desenvolvimento desde a eclosão até a metamorfose completa dos indivíduos em juvenis. As larvas de peixes são formas de vida em transição, que se desenvolvem a partir da eclosão dos ovos passando por vários estágios embrionários (HELVIK, 2009). O período larval estende-se desde a eclosão dos ovos até o indivíduo apresentar desenvolvimento morfológico similar à um exemplar adulto quando começa a ser chamado de juvenil (NAKATANI *et al.*, 2001).

Diferentes autores relatam diversos problemas durante o processo de larvicultura, sendo esta atividade considerada como um dos gargalos na produção de juvenis de qualidade (FOSSE, 2013; PORTELLA e DABROWSKI, 2008; TESSER, 2005; JOMORI, 2003).

No Brasil, a técnica adotada para a produção de larvas é o cultivo em viveiros externos previamente adubados (TESSER, 2005). Nesse sistema, os viveiros são adubados com fertilizantes orgânicos ou inorgânicos. Os fertilizantes, em aquicultura, são utilizados para aumentar as concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, na água, de modo a promover o melhor crescimento do plâncton (BOYD, 1990).

Os fertilizantes inorgânicos são os fertilizantes que apresentam seus nutrientes na forma de sais inorgânicos (ex.: nitrato de amônia e fosfato de amônia). Os fertilizantes orgânicos podem ser considerados como qualquer material orgânico que tenha como finalidade promover o crescimento da comunidade planctônica (ex.: esterco animal e farelo de arroz) (SIPAÚBA-TAVARES, 2013).

Sipaúba-Tavares (2013) alerta sobre os cuidados no uso de fertilizantes orgânicos, já que estes quando utilizados de maneira incorreta podem promover o aparecimento de doenças em peixes. Sipaúba-Tavares *et al.*, (2009), mencionam que além de dano à produção, os fertilizantes orgânicos podem gerar danos ao meio ambiente.

Jomori (2005) manteve larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em incubadoras até o momento da abertura da boca, logo em seguida foram transferidas para os viveiros previamente fertilizados.

Tesser (2005) menciona que a técnica convencional de larvicultura apresenta resultados variáveis em termos de sobrevivência, e atribui isto à falta de alimento natural em quantidade e qualidade adequada, à predação por organismos aquáticos presentes nos viveiros e à qualidade de água. Algumas espécies de plâncton afetam a larvicultura por meio de predação e competição por alimento. Estudos de predação de larvas de peixes por copépodes ciclopóides foram desenvolvidos por alguns autores (HARTIG e JUDE, 1984; LAFONTAINE e LEGGETT, 1987; BEHR, 1997; PARADIS *et al.*, 1996; FARIA *et al.*, 2001).

Copépodes do gênero *Mesocyclops* predam seletivamente copepoditos e cladóceros, fazendo com que haja uma redução destes, que são alimento para os estágios iniciais de peixes (HUTCHINSON, 1967). Entretanto, larvas de peixes também são predadas por copépodes deste gênero. Conforme Sukhanova (1965), a predação por *Acanthocyclops vernalis* afeta significativamente a taxa de sobrevivência de larvas de carpa prateada (*Hipophthalmichthys sp.*) cultivadas na Ásia, enquanto Davis (1959) cita a predação de larvas de "rockbass" (*Ambloplites rupestris*).

Cestarolli e Portella (1994) apresentam o cultivo de larvas em laboratórios como possível solução para melhora dos índices produtivos. A produção *indoor* permitiria um

melhor controle sobre a qualidade de água, sobre o tipo de alimento ofertado e a erradicação dos predadores.

Jomori *et al.*, (2003) observara aumento nas taxas de sobrevivência de juvenis de pacu quando estes foram criados durante o período larval dentro de laboratório e, posteriormente foram levados aos viveiros fertilizados.

O uso do SRA para a larvicultura utilizaria os mesmos princípios básicos adotados por Cestarolli e Portella (1994) e Jomori *et al.*, (2003), o controle dos fatores ambientais (qualidade da água e dos alimentos e erradicação dos predadores) na melhora dos índices produtivos das larvas.

O uso de SRA no Brasil é extremamente comum em algumas atividades. Alguns membros da cadeia produtiva de peixes ornamentais utilizam SRA, lojistas e atravessadores estocam seus animais em tais sistemas (KUBTIZA, 2006). Muitas instituições de pesquisa também utilizam SRA para realização de experimentos, FOSSE (2013), trabalhando no laboratório de piscicultura da UENF realizou experimentos com diferentes co-alimentações na larvicultura de três diferentes espécies de peixes ornamentais, visando melhorar os índices zootécnicos. KAISER e ROUHANI (1999), utilizaram SRA para realizar experimentos com diferentes fontes e combinações de alimentos usando juvenis de *Synodontis petricola*, uma espécie ornamental de origem africana, mais especificamente do Lago Tanganyika.

Além do sistema de cultivo, outro problema encontrado na larvicultura de peixes é a alimentação e nutrição das larvas. Tesser (2005) atribui as baixas sobrevivências vistas em larviculturas, principalmente, aos problemas de alimentação e nutrição inicial deficientes. Portella e Dabrowski (2008), constataram resultados insatisfatórios no desenvolvimento de larvas que tiveram microdietas como primeira fonte de alimento.

Estudos que avaliaram a substituição do alimento vivo pelo alimento inerte mostraram uma menor eficiência das dietas formuladas em comparação ao alimento vivo quando utilizadas como única fonte alimentar desde a primeira alimentação (KOLKOVSKI *et al.*, 1997). Tesser (2005) e Tesser & Portella (2006), estudando larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), citaram que existe um aumento na ingestão do alimento inerte quando esta se encontra na presença de náuplios de artêmia, em virtude dos estímulos químico e visual provenientes dos náuplios de artêmia e o estímulo visual da ração.

Questões comportamentais também são um desafio nessa etapa, muitas espécies são territoriais e/ou canibais durante a fase larval. Luz & Zaniboni Filho (2002), relataram casos de canibalismo trabalhando com larvas de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*). Assim como problemas de competição intra-específica por alimento já foram destacado por Khan (1994).

De modo geral, a larvicultura de peixes ornamentais, no Brasil, não utiliza grandes tecnologias e sofre com problemas básicos. A atividade espelha-se nos avanços alcançados

nas larviculturas de peixes de corte (FOSSE, 2013). Em contrapartida, as dificuldades encontradas na larvicultura de peixes ornamentais somam-se às vistas na piscicultura de corte.

Muitos trabalhos vêm sendo realizados para melhoria das condições da larvicultura de peixes ornamentais. FOSSE (2013) adaptou o protocolo de co-alimentação a uma estratégia estudada e aplicada em piscicultura de corte para trabalhar com larvas de três diferentes espécies de peixes ornamentais. Os resultados obtidos para as larvas de carpa comum demonstraram que a espécie sofre influência na sobrevivência e no crescimento quando submetidas à variações da fonte de nutriente no período de co-alimentação.

Alvarado-Castillo (2010) também trabalhando com estratégias de co-alimentação, concluiu que a substituição da dieta viva em larvas de acará bandeira (*Pterophyllum scalare*), um ciclídeo americano também conhecido como angelfish pode ser realizada aos 15 dias após o início da alimentação exógena (39,74 mg de peso vivo) sem prejuízos ao crescimento e sobrevivência dos animais.

Önal *et al.*, (2010), trabalhando com outro ciclídeo americano, o acará disco (*Symphysodon spp*), uma espécie de alto valor de mercado devido à sua beleza e sua peculiaridade durante o processo reprodutivo, conclui que os resultados histomorfológicos indicaram que as larvas do acará disco são altriciais e não têm as ferramentas necessárias para adquirir e processar alimentos após a eclosão. No entanto, o rápido desenvolvimento ocorre dentro de 3 dias após a eclosão (DAE), e as larvas começam a aceitar artêmia a 4 DAE. A alimentação de larvas de disco com artêmia pode reduzir a dependência das larvas pelo muco secretado pela epiderme dos pais e permitir a remoção das larvas dos pais dentro de 5-7 DAE.

Estudos sobre densidade de estocagem na larvicultura também são de grande importância para cultivo de espécies ornamentais, Soares *et al.*, (2002), trabalhando com larvas de *Carassius auratus*, uma espécie ornamental vulgarmente conhecida como peixe japonês, que também é um Ciprinídeo, assim como a carpa, observaram que a densidade de estocagem influenciou o desenvolvimento da espécie, levando à redução nos parâmetros de crescimento.

#### Alimentação na larvicultura de peixes

Fornecer alimento adequado para larvas é um processo complicado por vários fatores influenciam na escolha da melhor fonte de alimento. Baldisserotto (2009) lembra que o tamanho da boca e do esôfago devem ser um dos primeiros aspectos a ser analisado. Enquanto, Portella e Dabrowski (2008) citam dificuldades na digestão de microdietas para

justificar o desempenho insatisfatório de larvas que tiveram tais dietas como primeira alimentação.

A capacidade de filtração dos rastros branquiais também deve ser considerada, muitas espécies conseguem filtrar pequenas partículas de alimento quando em suas formas mais jovens, como o *Chirostoma estor*, e na medida que vão se desenvolvendo como animais adultos, perdem tal capacidade (BALDISSEROTTO, 2009). Outras espécies como a carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), são capazes de filtrar fitoplâncton maiores de 10µm durante toda a vida (VÖRÖS *et al.*, 1997; HUA MA *et al.*, 2010).

O conhecimento da ontogênese da espécie a ser cultivada é de importância relevante (RADAEL *et al.*, 2013). Os peixes eclodem com um simples sistema digestivo, um tubo reto e indiferenciado. É geralmente aceito que, no caso de espécies marinhas, o aparecimento de glândulas gástricas e do início da digestão ácida não ocorre até a metamorfose, muito além do início da alimentação exógena (GOVONI *et al.*, 1986; ZAMBONINO-INFANTE e CAHU, 2007), enquanto que em espécies de água doce com ovos grandes e médios, esse processo ocorre durante a transição para a alimentação exógena. No entanto, este rápido desenvolvimento do sistema digestivo não é uma característica generalizada entre outras espécies de água doce, como coregonídeos (LOEWE e ECKMANN 1988; SEGNER *et al.*, 1993), ciprinídeos (SMALLWOOD e SMALLWOOD, 1931; WALLACE *et al.*, 2005), ou caracídeos (ATENCIO GARCÍA *et al.*, 2007), que são caracterizados pelo pequeno tamanho dos ovos (HOLT, 2011).

Segundo Dabrowski (1984), as larvas que não possuem o sistema digestivo bem desenvolvido e funcional no momento da eclosão, são chamadas de altriciais. Há um consenso de que esse grupo de espécies devem receber alimento vivo inicialmente, sendo este substituído gradativamente por alimento formulado (TESSER, 2005; JOMORI, 2005; PORTELLA e DABROWSKI, 2008).

O uso de alimentos vivos e/ou alimento formulado é tema de pesquisa há tempo (IMAM e HABASHY, 1972; DABROWSKI *et al.*, 1978; BRYANT e MATTY 1981).

Apesar do uso de alimento vivo propiciar melhora significativa nos índices zootécnicos de produção, a técnica apresenta alguns complicadores para a produção. TESSER (2005) relembra que os alimentos vivos frequentemente usados, são os náuplios de artêmia e os rotíferos, e que o processo de produção desses organismos zooplânctônicos é custoso, e que a alimentação exclusiva das larvas com esses organismos pode levar a quadros de nutrição sub-ótima, e por esses motivos, faz-se necessário a substituição do alimento vivo pelo alimento formulado.

Apesar do interesse em substituir o alimento vivo pelo alimento inerte mais precocemente possível, poucas espécies de peixes cultivadas possuem larvas que apresentem capacidade de digestão de alimento inerte comercial desde o primeiro dia de

alimentação exógena, a maioria das espécies cultivadas necessitam de um período sendo alimentadas com alimento vivo (CAHU e ZAMBONINO-INFANTE, 2001). Diferentes teorias (LAZO *et al.*, 2002; CAHU e ZAMBONINO-INFANTE, 2001; DABROWSKI, 1979) foram criadas nos últimos anos para explicar o motivo ao qual algumas espécies de larvas não apresentam bons índices de desenvolvimento quando alimentadas exclusivamente com ração comercial (HOLT, 2011).

Recentemente inúmeros trabalhos têm sido realizados para que a substituição do alimento vivo pelo alimento formulado seja da forma ideal para uma determinada espécie e para o produtor (FOSSE, 2013; TESSER e PORTELLA, 2003; ROSENLUND *et al.*, 1997). A substituição do alimento vivo, de forma precoce, pelo alimento formulado é de grande interesse para a produção, pois diminuiria os custos, facilitaria o trabalho e garantiria uma melhor nutrição das larvas.

A carpa comum se enquadra nas espécies que não possuem estômago em nenhuma fase da vida. Sabe-se que mesmo não possuindo estômago nas fases que seguem ao período larval, as larvas de carpas apresentam baixos níveis de sobrevivência quando alimentadas apenas com ração comercial (FOSSE, 2013).

#### Ganho compensatório

Na natureza, os animais ao longo de suas vidas experimentam períodos de privação alimentar. Não seria equívoco afirmar que tais períodos são mais comuns do que os períodos de alimentação abundante. A privação alimentar da natureza pode ter como origem diversos motivos, como: escassez de alimento, injúrias, períodos de reprodução e mudanças climáticas.

Em geral, os peixes possuem capacidade para sobreviverem a períodos de privação alimentar (VIGLIANO *et al.*, 2002). Em períodos de condições desfavoráveis na alimentação, os peixes precisam reduzir o gasto energético e mobilizar as reservas energéticas, e por vezes utilizar constituintes do próprio corpo, levando à perda de peso (NAVARRO e GUTIÉRREZ, 1995).

Após um período de privação alimentar, muitos organismos apresentam crescimento acelerado quando retomam as condições favoráveis para seu desenvolvimento (WILSON e OSBOURN, 1960). Por consequência, peixes que passaram por um período de depressão no crescimento, ao transcorrer um período com condições adequadas, podem alcançar o mesmo tamanho que peixes de mesma idade mantidos em condições favoráveis (ALI *et al.*, 2003), esse fenômeno é chamado de crescimento compensatório ou ganho compensatório.

Segundo Tian e Qin (2003), a característica do ganho compensatório é espécie dependente, ou seja, cada espécie de peixe apresenta um comportamento. Vários estudos

mostram que o ganho compensatório pode ocorrer devido a privação total ou parcial da alimentação e este pode se apresentar de diferentes formas: a) compensação total, os animais privados de alimentação conseguem atingir o mesmo tamanho do controle após a realimentação; b) compensação parcial, os animais não conseguem atingir o tamanho, mas apresentam uma aceleração na taxa de crescimento ou melhores conversões alimentares; c) sobre compensação, os animais atingem um tamanho maior do que os alimentados normalmente (ALI *et al.*, 2003).

Durante a fase em que o peixe retoma a alimentação normal, uma série de mudanças ocorre no organismo do animal. Podendo haver restauração do tamanho natural de alguns órgãos (WEATHERLEY e GILL, 1987) e restauração da glicose presente no plasma sanguíneo, assim como da atividade enzimática do tecido muscular branco (PÉREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012) e melhora nas taxas de conversão alimentar (HAYWARD *et al.*, 1997). Mas o mecanismo mais comum durante a fase de ganho compensatório é a hiperfagia (ALI *et al.*, 2003). A hiperfagia é um aumento significativo da taxa de consumo alimentar apresentado por peixes previamente mantidos em déficit alimentar, comparado com peixes mantidos com alimentação *ad libitum* continuamente.

Muitos trabalhos sobre ganho compensatório focam em seis espécies de salmonídeos, e existem alguns poucos trabalhos sobre ciprinídeos (ALI *et al.*, 2003). Dessa forma, pouco se conhece sobre os efeitos do ganho compensatório no desenvolvimento dos peixes, e principalmente sobre a correlação entre o ganho compensatório e a densidade de estocagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**, 4, 147-190, 2003.
- ALVARADO-CASTILLO, J. D. **Substituição precoce do alimento vivo pelo alimento inerte na larvicultura do acará bandeira (*Pterophyllum scalare*)**. / Julian David Alvarado Castillo. Jabotacabal – SP: Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2010. 74p.
- ANTHONISEN, A. C.; LEHR, R. C.; PRAKASAM, T. B. S.; SRINATH, E. G. Inhibition of nitrification of ammonia and nitrous acid. **Journal of the Water Pollution Control Federation**, v.48(5), p. 835-852, 1976.
- ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2004. 231p.
- ATENCIO GARCÍA, V. J.; Hernández-Muñoz, J.; Pardo-Carrasco, S. C. A liminary tract of juvenile Rubio *Salminus affinis* (Pisces: Characidae) morphological description. **Acta Biologica Colombiana**, v. 13(3), p. 99–112, 2007.
- BADIOU, P. H. J.; GOLDSBOROUGH, L. G. Northern range expansion and invasion by the common carp *Cyprinus carpio*, of the Churchill River system in Manitoba. **Canadian Field-Naturalist**, v. 120(1), p. 83–86, 2006.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2<sup>nd</sup> Ed. Santa Maria: UFSM, 2009. 352p.
- BALON, E. K. Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio* – from Roman gourmets to the swimming flowers. **Aquaculture**, v. 129, p. 3–48, 1995.
- BARDACH, J. E., RYTHER, J. H., McLARNEY, W. O. **Aquaculture: the farming and husbandry of freshwater and marine organisms**. 1972.
- BEHR, E.R. Efeito da densidade do copépode ciclopóides *Mesocyclops longisetus* na predação de larvas de pintado *Pseudoplatystoma corruscans*. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.24, n. especial, p.261-266, 1997.
- BJÖRNSSON, B.; STEINARSSON, A.; ODDGEIRSSON, M.; ÓLAFSDÓTTIR, S. R. Optimal stocking density of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared in a land-based farm. **Aquaculture**, v. 356-357, p. 342-350, 2012.
- BOYD, C. E. Fertilization of warm water fish ponds. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 112-142, 1981.
- BOYD, C. E. **Water quality in ponds fo aquaculture**. Alabama Agricultural Experimental Station. Auburn University, Alabama. Fisheries and Allied Aquacultures Dept., 482p, 1990.
- BRYANT, P.L. and MATTY, A.J. Adaptation of carp (*Cyprinus carpio*) larvae to artificial diets. 1. Optimum feeding rate and adaptation age for a commercial diet. **Aquaculture**, 23: 275-286, 1981.
- CAHU, C. L., ZAMBONINO-INFANTE, J. L. 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. **Aquaculture**, 200, 161-180.

CASTAGNOLLI, N.; CYRINO, J. E. P. **Piscicultura nos trópicos**. São Paulo: Manole, 152 p, 1986.

CESTAROLI, M. A.; PORTELLA, M. C. Larvicultura de peixes uma abordagem em escala piloto. **Comum. Pesqui. Agropec**, v. 12, n. 2, p. 28-29, 1994.

CHABALIN, E., SENHORINI, J. A., FERRAZ De LIMA, J. A. Estimativa de custo de produção de larvas e alevinos. *Boletim Técnico do CEPTA*, 2, 61-74, 1989.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J.; Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquaculture Engineering**, v. 34(3), p.179-197, 2006.

DAVIS, C.C. Damage to fish fry by cyclopoid copepods. **Ohio Journal of Science**, Columbus, v.59, p.101-102, 1959.

DABROWSKI, K.; DABROWSKA, H.; GRUDNIEWSKI, C. A study of the feeding of common carp larvae with artificial food. **Aquaculture**, v. 13, p. 257-264, 1978.

DABROWSKI, K. The feeding of fish larvae: present “state of the art” and perspectives. **Reproduction Nutrition. Development**, v. 24, p. 807-833, 1984.

DABROWSKI, K. The role of proteolytic enzymes in fish digestion. In: Styczunska-Jurewicz, E., Jasper, T., e Persoone, E. (eds.) *Cultivation of fish fry and its live food*, Vol. 4. European Mariculture Society, Belgium, pp. 107-126, 1979.

DAN MILLER e KEN SEMMENS. Waste Management in Aquaculture. Agricultural and resource economics program division of resource management college of agriculture, forestry, and consumer sciences. West Virginia University, Morgantown, WV 26506-6108, 2002.

Di MARCO, P.; PRIORI, A.; FINOIA, M. G.; MASSARI, A.; MANDICH, A.; MARINO, G. Physiological responses of European sea bass *Dicentrarchus labrax* to different stocking densities and acute stress challenge. **Aquaculture**, v. 275, p. 319-328, 2008.

FAO. **Fishery and Aquaculture Statistics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 107pp. 2012(a).

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 209pp. 2012(b).

FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. Predação de larvas de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg) por copépodes ciclopoídeos (*Mesocyclops longisetus*, Thiébaud) em diferentes densidades e ambientes e com diferentes contrastes visuais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 497-502, 2001.

FOSSE, P. J. **Estratégias de alimentação na larvicultura de três espécies de peixes ornamentais**. / Paulo José Fosse. Campos dos Goytacazes – RJ: Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2013. 102p. Tese (Doutorado em Ciência Animal).

FRÓES, C.; FÓES, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY Jr., W. Densidade de estocagem na engorda do camarão-branco cultivado em sistema de biofoco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 878-884, 2013.

- GARCÍA-BERTHOU, E. Size and depth-dependent variation in habitat and diet of the common carp (*Cyprinus carpio*). **Aquatic Sciences**, v. 63, p. 466–476, 2001.
- GOVONI, J.J., BOEHLERT, G.W., WATANABE, Y. The physiology of digestion in fish larvae. **Environmental Biology Fishes**, v. 16, p. 59–77, 1986.
- GUERDAT, T. C.; LOSORDO, T. M.; CLASSEN, J. J.; OSBORNE, J. A. DeLONG, D. P. An evaluating of commercially available biological for recirculating aquaculture systems. **Aquaculture Engineering**, v. 42, p. 38-49, 2010.
- HANIFFA, M. A.; BENZIGER, P. S. A.; AROCKIARAJ, A. J.; NAGARAJAN, M.; SYBY, P. Breeding behavior and embryonic development of koi carp (*Cyprinus carpio*). **Taiwania**, v. 52, p. 93-99, 2007.
- HARTIG, J. H.; JUDE, D. J. Opportunistic cyclopoid predation on fish larvae. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, Ottawa, v.41, p.526-532, 1984.
- HAYWARD, R.S., NOLTIE, D.B., WANG, N., 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. **Trans. Am. Fish. Soc.** 126, 316–322.
- HELVIK, J. V.; *et al.* **The fish larva: a transitional life form, the foundation for aquaculture and fisheries**. The Research Council of Norway, Oslo, 115p., 2009.
- HOLT, G.J. 2011. Larval fish nutrition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK.
- HUA MA; CUI, F.; LIU, Z.; FAN, Z.; HE, W.; HE, Y. Effect of filter-feeding fish silver carpo on phytoplankton species and size distribution in surfasse water: a field study in water Works. **Journal of Environmental Sciences**, v.22(2), p. 161-167, 2010.
- HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1967.
- HUTCHINSON, W., JEFFREY, M. O'SULLIVAN, D., CASEMENT, D., CLARKE, S. (2004) Recirculating aquaculture systems minimum standarts for design, construction an management. Document reference: RAS MSDCM V2 040220. Available at: [http://www.northernaquafarms.com/knowledgeibrary/NAF\\_PDF\\_Files/RAS\\_minimum\\_standarts.pdf](http://www.northernaquafarms.com/knowledgeibrary/NAF_PDF_Files/RAS_minimum_standarts.pdf). Kent Town, South Australian: IAASA Inc.; Accessed on 15.12.2010.
- IMAM, A. E. and HABASHY, A. P. Artificial feeding of carp fry. **Bulletin of the Institute of Oceanography Fisheries**, v. 2, p. 263-274, 1972.
- JOBLING, M. **Fish bioenergetics**. London: Chapman & Hall, 294p, 1994.
- JOMORI, K. R. *et al.* Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles reared in ponds at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, v. 221, n. 1, p. 277-287, 2003.
- JOMORI, R. K. **Organismos e dietas secas na larvicultura do pacu *Piaractus mesopotamicus* e o uso dos isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) como indicadores naturais da incorporação do alimento no tecido larval.** / Rosangela Kiyoko Jomori. Jabotacabal – SP: Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2005. 151p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2005.

KAISER, H.; ROUHANI, Q. Growth of juvenile *Synodontis petricola* (family: Mochokidae) fed on a formulated diet, *Artemia* or *Spirulina* and combination thereof. **Aquarium Sciences and Conservation**, v. 2, p. 117-123, 1999.

KHAN, M.S. Effect of population density on the growth, feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Cuviei & Valenciennes). **Aquaculture and Fisheries Management**, 25, 753-760, 1994.

KOHLMANN, K.; KERSTEN, P. Deeper insight into the origin and spread of European common carp (*Cyprinus carpio carpio*) based on mitochondrial D-loop sequence polymorphisms. **Aquaculture**, v. 376-379, p. 97-104, 2013.

KOLKOVSKI, S., KOVEN, W., e TANDLER, A. The mode of action of *Artemia* in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. **Aquaculture**, 155: 193–205 (1997).

KOTANI, T.; WAKIYAMA, Y.; IMOTO, T.; SUZUKI, H.; FUSHIMI, H. Effect of initial stocking density on larviculture performance on the ocellate puffer, *Takifugu rubripes*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, p. 383-393, 2009.

KOTANI, T., WAKIYAMA, Y., IMOTO, T., FUSHIMI, H. Improved larviculture of ocellate puffer *Takifugu rubripes* through control of stocking density. **Aquaculture**, v.312, p.95-101, 2011.

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aquicultura**, v. 16, p. 15-22, 2006.

KUROKI, T. **The Latest “Manual to Nishikigoi”**. Shin Nippon Kyoiku Tosho, Japan. 272 pp, 1981.

LAFONTAINE, Y.; LEGGETT, C. Effect of container size on estimates of mortality and predation rates in experiments with macrozooplankton and larval fish. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, Ottawa, v.44, p.1534-1543, 1987.

LAZO, J. P.; HOLT, G. J.; ARNOLD, C. R. Towards the development of suitable microdiets for substitution of live prey in the rearing of red drum larvae: applications of studies on the digestive physiology. *Fisheries Science* 68(1), 888-891, 2002.

LOEWE, H.; ECKMANN, R. The ontogeny of the alimentary tract of coregonid larvae: normal development. **Journal of fish biology**, v. 33, p. 841-850, 1988.

LOSORDO, T. M.; HOBBS, A. O. Using computer spreadsheets for water flow and biofilter sizing in recirculating aquaculture production systems. **Aquaculture Engineering**, v. 23(1), p. 95-102, 2000.

LUZ, R. K.; ZANIBONI FILHO, E. Larvicultura do mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 560-565, 2002.

MADUENHO, L. P.; MENDES, J. P.; MARTINEZ, C. B. R. Efeitos agudos do inseticida Dimilin em parâmetros histológicos do peixe *Prochilodus lineatus*. **Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu - MG. 2007.

MILLER, D. and SEMMENS K. Waste management in aquaculture. Agriculture and Resource Economics Program Division of Resource Management College of Agriculture,

Forestry and Consumer Sciences, West Virginia University, Morgantown, **Aquaculture Publication Series**, Publication #AQ02-1, 2002.

NAKATANI, H. K.; AGOSTINHO, A. A.; BAUMGARTER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá. EDUEM, 2001, 378p.

NASCIMENTO, V. M. C.; MELO, J. S. C. Comparação entre três densidades de estocagem da carpa comum *Cyprinus carpio* L; 1758, nos primeiros trinta dias. In: **SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE AQUICULTURA, VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 5, 1989, Florianópolis. Resumos. Florianópolis: Abraç, p.123, 1989.

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; Fasting and starvation. In: Hochachka, P. W.; MOMMSEN, T. P. (eds) *Biochemistry and molecular biology of fishes*. Elsevier, Amsterdam, pp. 393-434, 1995.

ÖNAL, U.; ÇELİK, I.; CIRIK, S. Histological development of digestive tract in discus, *Symphysodon* spp. larvae. **Aquaculture International**, v. 18, p. 589-601, 2010.

PARADIS, A.R.; PEPIN, P.; BROWN, J. A. Vulnerability of fish eggs and larvae to predation: review of the influence of the relative size of prey and predator. **Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences**, Ottawa, v.53, p.1226-1235. 1996.

PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; CARDENETE, G.; HIDALGO, M. C.; GARCÍA-ALCÁZAR, A.; ABELLÁN, E.; MORALES, A. E. Metabolic adjustments of *Dentex dentex* to prolonged starvation and refeeding. **Fish Physiology Biochem**, 38, 1145-1157, 2012.

PORTELLA, M. C.; DABROWSKI, K. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: CYRINO, J. E. P.; BUREAU, D.; KAPOOR, B. G. (Ed.) **Feeding and Digestive Functions in Fishes**. CRC Press, p. 227-279, 2008.

POSCH, H.; GARR, A. L.; PIERCE, R.; DAVIS, M. The effect of stocking density on the reproductive output of the hatchery-reared Florida apple snails, *Pomacea paludosa*. **Aquaculture**, v. 360-361, p. 37-40, 2012.

RADAEEL, M. C.; CARDOSO, L. D.; ANDRADE, D. R.; MATTOS, D. C.; MOTTA, J. H. S.; MANHÃES, J. V.; VIDAL JUNIOR, M. V. Morphophysiological characterization of the embryonic development of *Melanotaenia praecox* (Weber & de Beaufort, 1922). *Zygote*, v. 9, p. 1-7, 2013.

ROSENLUND, G.; STOSS, J.; TALBOT, C. Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets. **Aquaculture**, v. 155, p. 183-191, 1997.

SANCHES, Eduardo Gomes. **Instituto de Pesca estuda peixes ornamentais**. SP. 2004. Disponível em [http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id\\_not=101](http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=101). Acesso em: 15 fev. 2014.

SATOH, H.; OKABE, S.; NORIMATSU, N.; WATANABE, Y. Significance of substrate C/N ratio on structure and activity of nitrifying biofilms determined by *in situ* hybridization and the use of microelectrodes. **Water Science and Technology**, v. 41, p. 317-321, 2000.

SEGNER, H.; ROSCH, R.; VERRETH, J. Larval nutritional physiology: studies with *Clarias gariepinus*, *Coregonus larvaretus* and *Scophthalmus maximus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 24(2), p.121-134, 1993.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; SANTEIRO, R. M.; PINTO-COELHO, R. M. & BRAGA, F. M. S. Effect of fertilization in water quality and zooplankton community in open plankton-culture ponds. **Bioscience Journal**, v. 25 (3), p. 172-180, 2009.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Uso racional da água em aquicultura**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel – ME, 2013.

SMALLWOOD, W. M.; and SMALLWOOD, M. L. The development of the carp, *Cyprinus carpio*. 1 The larval life of the carp, with special reference to the development of the intestinal canal. **Journal of Morphology**, v. 52(1), p. 217-231, 1931.

SOARES, C. M.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SCHAMBER, C. R. Efeito da densidade de estocagem do quinguio, *Carassius auratus* L., 1758 (Osteichthyes, Cyprinidae), em suas fases iniciais de desenvolvimento. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 2, p. 527-532, 2002.

SUKHANOVA, Y.R. The role of Cyclops (*Acanthocyclops vernalis* Fish.) in the survival of silver carp (*Hypophthalmichthys*) larvae. **Journal of Ichthyology**, Bethesda, v.8, p.467-468, 1965.

TAMADACHI, M. **The Cult of the Koi**. T.F.F. Publications, Neptune City. 287 pp. 1990.

TESSER, M. B.; PORTELLA, M. C. Degradation analyses of microencapsuled diet in pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) larvae intestine through scanning electron microscopy. **Acta Scientiarum**, v. 25, p. 49-52, 2003.

TESSER, M. B. **Alimentação de larvas de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)** / Marcelo Borges Tesser. Jabotacabal – SP: Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2005. 100p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista, 2005.

TESSER M. B.; CARNEIRO D. J.; PORTELLA M. C. Co-feeding of pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) larvae with *Artemia* nauplii and microencapsulated. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 17, p. 47-59, 2005.

TESSER, M. B.; PORTELLA, M. C. Ingestão de ração e comportamento de larvas de pacu em resposta a estímulos químicos e visuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 1887-1892, 2006.

TIAN, X., QIN, J.G., 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. **Aquaculture** 224, 169–179.

TIDWELL, J. H. **Aquaculture Production Systems**. John Wiley & Sons, Ltd, Publication. Kentucky State University, Division of Aquaculture, Frankfort, Kentucky, USA, 434p. 2012.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M.; WHEATON F. W.; SUMMERFELT, S. T.; VINCI, B. J.; **Recirculating Aquaculture Systems – 2<sup>nd</sup> edition**. Ithaca, NY. Caguya Aqua Ventures, 2002. 769p.

VIDAL JUNIOR, M. V. Peixes ornamentais, As boas perspectivas para a piscicultura ornamental. **Panorama da Aquicultura**, n. 72, 2002.

VIGLIANO, F. A.; QUIROGA, M. I.; NIETO, J. M. Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación em peces. **Rev Ictiol**, 10, 79-108, 2002.

VÖORÖS, L. I.; OLDAL, M.; PRÉSING, M.; BALOGH, K. V. Size-selective filtration and taxon-specific digestion of plankton algae by silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix* Val.). **Hydrobiologia**, v. 342/343, p. 223–228, 1997.

WALLACE, K. N.; AKHTER, S.; SMITH, E. M.; LORENT, K.; PACK, M. Intestinal growth and differentiation in zebrafish. **Mechanisms Development**, v. 122, p.157–173, 2005.

WASIELESKY Jr. W.; ATWOOD, H.; STOKES, A.; BROWDY, C. L. Effect of natural production in a zero Exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 258, p. 396-403, 2006.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. Academic Press, London, 1987.

WILSON, P. N.; OSBOURN, D. F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. **Biological Review**, 35, 324-363, 1960.

WOCHER, H.; HARSÁNYI, A.; FRIEDER, J. S. Husbandry conditions in burbot (*Lota lota* L.). Impact of shelter availability and stocking density on growth and behaviour. **Aquaculture**, v. 315, p. 340-347, 2011.

WOHLFARTH, G. W. Common Carp. In: Mason, L. (Ed.), **Evolution of Domesticated Animals**. Longman, Harlow, pp. 375-380, 1984.

WOYNAROVICH. E.; HORVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão**. Brasília: FAO/CODEVASF/CNPq, 1983.

ZAMBONINO-INFANTE, J. L.; CAHU, C. L. Dietary modulation of some digestive enzymes and metabolic processes in developing marine fish, applications to diet formulation. **Aquaculture**, v. 268(1–4), p. 98–105, 2007.

# Capítulo 1

## **Efeito de densidades de estocagem na larvicultura da carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) cultivadas em sistema de recirculação de água**

Motta, J. H, S., Vidal Jr., M. V., Andrade, D. R., Glória, L. S., Vieira, R. A. M. e Souza, A. B.

### Resumo

O conhecimento dos efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho de larvas de peixes, assim como a observação de crescimento compensatório em larvas previamente mantidas em altas densidades, é essencial para o desenvolvimento de protocolos de larvicultura em sistema de recirculação de água. Com a intenção de elucidar tais entraves, 18000 larvas de carpa ornamental (*C. carpio*) foram submetidas, durante 30 dias, a oito tratamentos com diferentes densidades (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>), e posteriormente, larvas submetidas ao tratamento de 40 larvas.L<sup>-1</sup> foram selecionadas por tamanho e submetidas (durante 15 dias) à processos de re-estocagem na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup>, para análise de possível crescimento compensatório. As larvas mantidas na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram melhor desenvolvimento zootécnico e maior homogeneidade do lote. Foi observado aumento da heterogeneidade do lote concomitante com o aumento da densidade de estocagem. A re-estocagem das larvas previamente mantidas em alta densidade (40 larvas.L<sup>-1</sup>) em baixa densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>), gerou um crescimento compensatório parcial, havendo incremento da taxa de crescimento específico, mas não suficiente para que o comprimento final alcançasse o valor médio observado para as larvas mantidas durante todo o cultivo na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup>. O aumento da densidade gerou aumento da produtividade até a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup>, a partir desta, não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). O custo de produção diminuiu com o aumento da densidade de estocagem até a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup>, a partir deste ponto foi observado aumento do custo, gerado pelo aumento do custo com mão-de-obra. A densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup> deve ser utilizada para produções que visem grandes quantidades de peixes produzidos, sem necessidade de re-estocagem durante a larvicultura.

Palavras-chaves: custo de produção; produtividade; náuplios de artêmia; sistema de produção; desuniformidade do lote.

## Abstract

Knowledge of the effects of stocking density on the performance of fish larvae, as well as the observation of compensatory growth larvae previously kept at high density, it is essential for the development of larvae protocols in recirculating aquaculture systems. In order to elucidate such barriers, 18000 larvae of ornamental carp (*C. carpio*) were submitted for 30 days, eight treatments with different densities (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 larvae.L<sup>-1</sup>), and thereafter, larvae from the treatment 40 larvae.L<sup>-1</sup> were selected and subjected to size (15 days) for re-storage process at a density of 5 larvae.L<sup>-1</sup> for analysis of possible compensatory growth. Larvae kept in the density of 5 larvae.L<sup>-1</sup> showed better livestock development and greater homogeneity of the lot. It observed increased heterogeneity of the batch concomitant with increased storage density. The re-storage of the pre-larvae maintained at high density (40 larvae.L<sup>-1</sup>) at low density (5 larvae.L<sup>-1</sup>) generated a partial compensatory growth, with an increase of specific growth rate but not enough for final length reached the mean value observed for larvae maintained throughout the cultivation density in larvae.L<sup>-1</sup>. The increase in density caused by increase in productivity density of 25 larvae.L<sup>-1</sup>, from this, there were no significant differences ( $P > 0.05$ ). The cost of production decreases with increased storage density to the density of 25 larvae.L<sup>-1</sup> from this point was observed increased cost generated by the increased cost of hand labor. The density of 25 larvae.L<sup>-1</sup> to be used for production aimed large quantities of fish produced without the need for restocking during hatchery.

Keywords: production cost; productivity; baby brine shrimp; production system; uniformity of the lot.

### 1. Introdução

A larvicultura da carpa ornamental (*C. carpio*) segue o padrão de cultivo utilizado na produção de larvas de peixes nativos da América do Sul, o sistema semi-intensivo em viveiros escavados, onde a nutrição das larvas (já com boca aberta) é baseada na ingestão de alimento natural obtido através da fertilização da água dos viveiros de cultivo (PORTELLA *et al*, 2014). Com este padrão tecnológico adotado atualmente, as perdas na fase inicial são estimadas em 50-90% até que os peixes atinjam 1 g (JELKIĆ *et al.*, 2012).

Ao longo do ano, as variações da qualidade de água nos viveiros escavados situados ao ar livre, estão diretamente relacionada com as estações do ano. Tais variações afetam diretamente o ambiente aquático e a nutrição das larvas, e segundo Feldite e Milstein (1999) influenciam no desempenho zootécnico e na sobrevivência das mesmas.

A produção intensiva das larvas em laboratório é uma alternativa para melhorar a sobrevivência (JOMORI, 2005), principalmente nos meses com condições climáticas desfavoráveis. O sistema de recirculação de água é atualmente um dos sistemas de produção mais interessantes para a aquicultura, por proporcionar amplo controle dos parâmetros ambientais e agregar sustentabilidade à produção, diminuindo a necessidade de área e água (TIDWELL, 2012).

Os sistemas de recirculação de água devem trabalhar sempre no limite máximo da produção, para que se possa diluir o alto custo. Para se obter o limite máximo da produção é necessário entender os efeitos da densidade de estocagem sobre o desempenho zootécnico, criar alternativas para combinar o melhor desempenho com a maior produtividade viável e analisar os custos implicados com essas estratégias.

A densidade de estocagem é fator biológico fundamental na produção de organismos aquáticos e tem influência direta sobre questões comportamentais e zootécnicas dos peixes (DAMBO & RANA, 1992; SAMMOUTH *et al.*, 2009; JOAQUIM *et al.*, 2014).

A metodologia abaixo descrita foi realizada com o objetivo de analisar as implicações de diferentes níveis de densidade de estocagem sobre o desempenho zootécnico, crescimento compensatório, produtividade e custo de produção na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Local, sistema de cultivo, manutenção e qualidade de água

O experimento foi conduzido nos meses de Julho a Agosto de 2013, na Fazenda Mario Porto Piscicultura Ornamental, situada no município de Cachoeiras de Macacú, no Estado do Rio de Janeiro. Foi utilizado estufa climatizada com 12 m de comprimento e 7 m de largura, com paredes e cobertura de alvenaria revestidos por isopor. No interior da estufa, cinco estantes de larvicultura foram montadas para produção de espécies ornamentais e cada estante apresentava um sistema de recirculação de água independente. Cada sistema de recirculação de água foi composto por 32 tanques plásticos retangulares com volume útil de 25 L e saída de água por sistema de sifão. O sistema de filtragem destes tanques era feito por filtro mecânico (acrilon e argila expandida) e filtro biológico (anéis de fibra de vidro), que juntos somavam 300 L, totalizando assim um sistema de 1100 L. A bomba utilizada no sistema possuía capacidade de 4900 L.h<sup>-1</sup>, e a vazão nos tanques de cultivo foi acertada para aproximadamente 0,35 L.min<sup>-1</sup>, de forma que no período de 24 h, toda o volume do tanque foi trocado, aproximadamente, 20 vezes. O sistema possuía filtragem ultravioleta com lâmpada de 36 W para eliminação de parasitas. Para

iluminação da área onde foi conduzido o experimento foram utilizadas 5 lâmpadas de 5 w, que ficavam ligadas 12 h por dia.

Diariamente os tanques foram sifonados para retirada de restos de comida e fezes, de modo a manter a qualidade de água. Com o mesmo propósito, o filtro mecânico foi sifonado para retirada de partículas sólidas. A troca de água foi calculada de forma a não exceder 10% do volume total do sistema. As larvas mortas foram retiradas diariamente com auxílio de pipeta plástica; no primeiro dia foram substituídas por larvas da mesma desova e mantidas até o momento em tanques em condições idênticas, pois assumimos que a mortalidade ocorrida foi em decorrência do estresse do manejo da contagem individual e não por efeito do tratamento. A partir do segundo dia, as larvas mortas retiradas não foram mais substituídas, e foram apenas contadas para correção da quantidade de alimento ofertado e do volume de água da caixa através da redução da altura do cano de escoamento (tipo sifão), de forma a manter a densidade o mais próximo possível do proposto para o tratamento.

Os parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido e temperatura foram monitorados diariamente; pH três vezes na semana; amônia e condutividade elétrica semanalmente; dureza quinzenalmente. Foram utilizados oxímetro digital (YSI 550A  $\pm$  0,01) para medir oxigênio dissolvido e temperatura, pHmetro digital (pHtek PHS-3E  $\pm$  0,02) para medir o pH, espectrofotômetro para medir a amônia, condutivímetro digital (Bernauer  $\pm$  0,01) para medir a condutividade e a dureza foi medida por método de titulação.

## 2.2 Larvas e delineamento

Para realização do experimento foram utilizadas 18000 larvas de carpa ornamental, obtidas de desova natural e mantidas em incubadoras no laboratório de reprodução até o momento do início da natação que no presente experimento foi observado com quatro dias após a fecundação.

Para obtenção dos valores de peso úmido inicial e comprimento total inicial, 20 larvas foram medidas e pesadas no momento em que começaram a nadar. Os valores obtidos foram 1,30 mg  $\pm$  0,03 mg e 6,0 mm  $\pm$  0,10 mm para peso úmido inicial e comprimento total inicial, respectivamente.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 8 tratamentos e 4 repetições, cada tanque considerado como uma unidade experimental. Os tratamentos foram 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>.

### 2.3 Alimentação

A alimentação das larvas de carpa foi realizada em quatro horários (7 h, 10 h, 13 h, 16 h) e foi composta de náuplios de artêmia e ração em pó comercial (36% de proteína bruta, triturada e peneirada para atingir o tamanho entre 200-400 $\mu$ m). Nos primeiros quatro dias o único alimento fornecido foram náuplios de artêmia, na proporção de 150 náuplios.larva<sup>-1</sup>. A partir do quarto dia, 0,3 gramas de ração foi fornecido 30 minutos após cada alimentação com artêmia em todas as repetições, a quantidade de ração não variou de acordo com a densidade de estocagem, pois assumiu-se que o alimento principal das larvas foram os náuplios de artêmia, e a ração foi utilizada apenas como complemento nutricional. No sétimo dia, a quantidade de náuplios de artêmia por larva foi dobrado, e tal procedimento se repetiu a cada sete dias até o término do experimento.

Para eclosão da artêmia, 9,8g de cistos de artêmia foram incubados em incubadoras plásticas com volume médio de 1,5L, salinidade de 20 e aeração constante. Após 24 h a aeração foi cessada e os náuplios de artêmia sifonados para um recipiente plástico de 1,5 L. Para contagem dos náuplios de artêmia, 1 mL foi retirado do recipiente plástico e colocado num becker de 100 mL, em seguida, adicionava-se 49mL de água. Do novo alimento pastoso de 50 mL, retirava-se 1 mL e contava-se o número de náuplios de artêmia presentes, retornava-se o volume retirado para o Becker, e repetia-se o processo por mais duas vezes. A média obtida das três amostragens foi considerada como o valor médio de náuplios de artêmia em 1 mL da amostra. A média então foi multiplicada por 50, e o valor obtido foi considerado como o valor médio de náuplios de artêmia presentes em 1 mL do recipiente. Esse processo foi realizado sempre que uma nova incubação de artêmia foi realizada, garantindo o controle da quantidade de náuplios de artêmia ofertado.

### 2.4 Parâmetros zootécnicos

Após 30 dias, todos os animais foram contados para obtenção dos dados de sobrevivência. Para os dados de comprimento final, crescimento, peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, dez animais de cada unidade experimental foram medidos, utilizando paquímetro digital ( $\pm$  0,01mm) e pesados em balança analítica ( $\pm$  0,001g).

Para obtenção dos valores de sobrevivência (S), ganho de peso (GP), crescimento (C) e taxa de crescimento específico para comprimento (TCE), foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$S(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de peixes final}}{N^{\circ} \text{ de peixes inicial}} \times 100$$

$$GP = \text{peso úmido final médio} - \text{peso úmido inicial médio}$$

$$C = \text{comprimento final médio} - \text{comprimento inicial médio}$$

$$TCE = \frac{(\ln \text{ comprimento total final} - \ln \text{ comprimento total inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

## 2.5 Produtividade e custo de produção

O cálculo da produtividade foi realizado a partir da quantidade total de peixes produzidos nos tanques de 25L e o valor obtido foi o número médio de larvas produzidas por litro nos diferentes tratamentos.

O custo de produção foi calculado analisando-se as seguintes variáveis: mão-de-obra, energia elétrica e alimentação. Para o cálculo do custo com a mão-de-obra, considerou-se o tempo gasto por dois funcionários, um com custo mensal de R\$ 3057,78 e outro com custo mensal de R\$ 1106,92 (o custo por funcionário foi calculado com todos os encargos e impostos). A partir do tempo gasto com as atividades rotineiras (alimentação, limpeza e manutenção), foi possível calcular quanto o custo dos funcionários estava sendo empregado na produção de larvas de carpa. A energia elétrica foi utilizada na iluminação da estufa (5 lâmpadas de 5w), na bomba d'água (55 w), na lâmpada do filtro ultra-violeta (36 w) e no soprador de ar 1/2cv (120 w). O custo do uso do soprador foi dividido em cinco partes, já que um soprador de 1/2cv foi responsável pela aeração de cinco estantes diferentes, e uma única estante foi utilizada para o presente experimento. O valor do Kw.h<sup>-1</sup> utilizado foi de R\$ 0,53298, esse valor é referente ao custo do Kw.h<sup>-1</sup> no Estado do RJ, no mês de Julho de 2013, sem desconto para produtor rural. No presente experimento, o custo de energia elétrica não variou nos diferentes tratamentos, já que todos os tratamentos estavam no mesmo ambiente. Para o custo da alimentação, considerou-se a ração como ofertada sempre na mesma quantidade para todos os tratamentos a partir do quarto dia. O preço da artêmia utilizado para o cálculo do custo foi o de R\$ 110,00 o quilograma do cisto de artêmia, e para o custo do sal foi utilizado o valor de R\$ 0,28 o quilograma do sal. O cálculo do custo de artêmia e do sal foram corrigidos junto ao controle de mortalidade de larvas, pois a quantidade de náuplios de artêmia ofertados sempre esteve relacionado ao número de larvas vivas, sendo assim, houve variação em função da densidade de estocagem, assim como o custo do sal utilizado para eclosão dos cistos de artêmia.

## 2.6 Crescimento compensatório

Após o término da fase de densidade de estocagem, uma segunda fase foi desenvolvida para avaliar o crescimento compensatório. Foram realizados dois tratamentos sendo um deles considerado como tratamento controle e o outro considerado como tratamento de re-estocagem. No tratamento controle 397 larvas sobreviventes do tratamento de 5 larvas.L<sup>-1</sup> do experimento de densidade de estocagem, foram medidas e selecionadas por tamanho. Dessas, 240 com tamanho médio de 19,61 mm ± 0,7 mm (valor adotado como comprimento médio inicial para o tratamento controle) foram estocadas em dois tanques de 25 L cada, novamente na densidade de 5 larvas L<sup>-1</sup>. No tratamento de re-estocagem, 2263 larvas provenientes do tratamento de 40 larvas L<sup>-1</sup> do experimento de densidade de estocagem, foram medidas e selecionadas por tamanho. Dessas, 240 larvas com tamanho médio inicial de 14,84 mm ± 0,75 mm (valor adotado como comprimento médio inicial para o tratamento re-estocagem) foram re-estocadas em dois tanques de 25 L cada, na densidade de 5 larvas L<sup>-1</sup>. O sistema de cultivo adotado foi o mesmo utilizado na fase de densidade de estocagem.

A segunda fase teve duração de 15 dias e nela manteve-se a alimentação em quatro horários (7 h, 10 h, 13 h, 16 h), na primeira semana foi ofertado náuplios de artêmia na proporção de 1200 náuplios.larva<sup>-1</sup>, e na segunda semana dobrou-se o valor. A ração comercial com 36% de proteína bruta (tabela 1) foi triturada e peneirada para atingir o tamanho entre 200-400 µm e foi ofertada 30 min após cada alimentação com artêmia.

| Composição química     | %    |
|------------------------|------|
| Umidade                | 10,0 |
| Proteína Bruta (min.)  | 36,0 |
| Extrato etéreo (min.)  | 8,0  |
| Matéria fibrosa (máx.) | 6,5  |
| Matéria mineral (máx.) | 10,0 |
| Cálcio (máx.)          | 10,0 |
| Fósforo (min.)         | 1,6  |

Tabela 1-1: Composição química da ração comercial utilizada no presente experimento.

## 2.7 Estatística

As variáveis medidas diretamente nos animais, isto é, crescimento, ganho de peso, comprimento final e peso final, e também a produtividade e o custo de produção, foram analisadas segundo a metodologia de modelos mistos com base no seguinte modelo estatístico (LITTELL *et al.*, 1998):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_{j(i)} + e_{k(ij)} \quad (1)$$

Na qual  $Y_{ijk}$  corresponde à medição realizada na  $k$ -ésima larva, dentro do  $j$ -ésimo aquário que recebeu o  $i$ -ésimo tratamento,  $\alpha_i$  representa o efeito fixo do  $i$ -ésimo tratamento,  $a_{j(i)}$  representa o efeito aleatório do  $j$ -ésimo aquário dentro do  $i$ -ésimo tratamento, efeito este suposto normalmente distribuído com média 0 e variância  $\sigma_a^2$ . O termo  $e_{k(ij)}$  representa o erro aleatório suposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância  $\sigma^2$ . O efeito de tratamentos foi testado tendo como denominador a estimativa da variância de  $\sigma_a^2$ . A pressuposição de homocedasticidade para a  $\sigma_a^2$  foi verificada usando-se um modelo simples contendo apenas uma variância para os diferentes tratamentos e um modelo contendo variâncias heterogêneas para os diferentes tratamentos. Foi então calculado o critério de Akaike (1974), corrigido para amostras finitas ou AICc (SUGIURA, 1978) conforme as recomendações de Burnham & Anderson (2004), tomando-se como melhor modelo aquele que apresentou a maior probabilidade de verossimilhança e o critério de parcimônia para o grau de parametrização dos modelos. As variáveis que envolviam concentrações, isto é, a taxa de crescimento específico e a sobrevivência, foram transformadas para que se enquadrassem no critério de normalidade. A variável transformada, isto é,  $Y'_{ijk} = 2 \arcsin \sqrt{Y_{ijk}}$ , foi então submetida ao mesmo modelo descrito na Eq. (1). Nas tabelas, as concentrações foram apresentadas na escala original, efetuando-se a operação  $\hat{Y}_{i..} = 100[\sin(\hat{Y}'_{i..}/2)]^2$ . Em ambos os casos foi empregado o procedimento MIXED do programa estatístico SAS (Version 9, SAS System Inc., Cary, NC, USA).

### 3. Resultados

#### 3.1 Qualidade de água

Não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), e os desvios padrão observados foram baixos, indicando pouca variação dos parâmetros ao longo do cultivo (Tabela 2).

| Parâmetro                            | Tratamento |            |            |            |            |            |            |            | p-value |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------|
|                                      | 5          | 10         | 15         | 20         | 25         | 30         | 35         | 40         |         |
| pH                                   | 6.31±0.03  | 6.3±0.03   | 6.3±0.03   | 6.3±0.03   | 6.29±0.03  | 6.3±0.03   | 6.31±0.03  | 6.31±0.03  | 0,9998  |
| O <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> ) | 6.23±0.04  | 6.24±0.04  | 6.16±0.04  | 6.17±0.04  | 6.16±0.04  | 6.15±0.04  | 6.12±0.04  | 6.12±0.04  | 0,3078  |
| Temperatura(°C)                      | 28.04±0.04 | 28.05±0.04 | 28.05±0.04 | 28.04±0.04 | 28.04±0.04 | 28.04±0.04 | 28.01±0.04 | 28.05±0.04 | 0,9982  |
| Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )         | 0.8±0.1    | 0.8±0.1    | 0.8±0.1    | 0.9±0.1    | 0.8±0.1    | 0.9±0.1    | 0.9±0.1    | 0.9±0.1    | 0,9364  |
| Condutividade(μS/cm <sup>2</sup> )   | 519±42     | 514±42     | 529±42     | 528±42     | 523±42     | 529±42     | 542±42     | 538±42     | 0,9998  |

Tabela 1-2: Parâmetros de qualidade de água dos tanques de cultivo das larvas de carpa ornamental. Média ± erro padrão.

### 3.2 Comprimento final e peso final

As diferentes densidades de estocagem influenciaram os índices zootécnicos das larvas. A média do comprimento final observado para o tratamento com 5 larvas.L<sup>-1</sup>, foi superior aos tratamentos 10, 15, 20, 25 e 30 larvas.L<sup>-1</sup>, mas não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para as médias dos tratamentos com 5, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>. Houve heterogeneidade das larvas nos tratamentos com maior densidade (35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>), o que fez aumentar o intervalo de confiança desses tratamentos (Tabela 3).

Nos tratamentos com maiores densidades, principalmente 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, foram observadas larvas com grande diferença de peso dentro da mesma unidade experimental, fator que influenciou na significância dos tratamentos. De maneira que tais tratamentos, apesar de terem apresentado as maiores médias para peso final, não obtiveram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para nenhum outro tratamento. Já para o tratamento com 5 larvas.L<sup>-1</sup>, foi observado diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os tratamentos com 15, 20 e 25 larvas.L<sup>-1</sup> (Tabela 3).

| Tratamento (Larvas.L <sup>-1</sup> ) | Comprimento final (mm) |                        |          | Peso final (mg) |                        |          |
|--------------------------------------|------------------------|------------------------|----------|-----------------|------------------------|----------|
|                                      | Média                  | Intervalo de confiança |          | Média           | Intervalo de confiança |          |
|                                      |                        | Inferior               | Superior |                 | Inferior               | Superior |
| 5                                    | 22,96                  | 21,94                  | 23,97    | 142,46          | 120,62                 | 164,30   |
| 10                                   | 20,55                  | 19,33                  | 21,76    | 102,57          | 79,55                  | 125,58   |
| 15                                   | 19,70                  | 18,53                  | 20,88    | 92,31           | 71,52                  | 113,09   |
| 20                                   | 18,89                  | 17,52                  | 20,26    | 80,67           | 57,30                  | 104,04   |
| 25                                   | 19,26                  | 17,76                  | 20,75    | 80,63           | 57,22                  | 104,04   |
| 30                                   | 19,55                  | 17,95                  | 21,15    | 97,28           | 58,79                  | 135,77   |
| 35                                   | 21,84                  | 19,52                  | 24,16    | 162,46          | 82,46                  | 242,47   |
| 40                                   | 21,20                  | 18,72                  | 23,69    | 162,20          | 62,64                  | 261,76   |

Tabela 1-3: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.

### 3.3 Crescimento, ganho de peso e taxa de crescimento específico

As larvas cultivadas na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram crescimento superior às larvas cultivadas nas densidade de 10, 15, 20, 25 e 30 larvas.L<sup>-1</sup>, mas não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os tratamentos com 5, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 1).

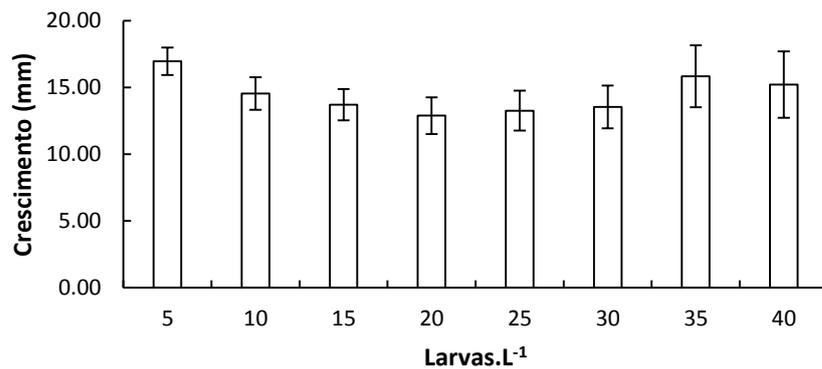


Figura 1-1: Média e intervalo de confiança do crescimento de larvas de carpa ornamental mantidas em diferentes densidades em sistema de recirculação de água.

O ganho de peso também foi influenciado pela densidade de cultivo. As larvas mantidas na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram ganho de peso médio superior aos tratamentos com 10, 15, 20 e 25 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 2). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os tratamentos 5, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, mas a diferença entre o peso individual das larvas para esses tratamentos foi superior ao observado no tratamento de 5 larvas.L<sup>-1</sup>, indicando desuniformidade do lote.

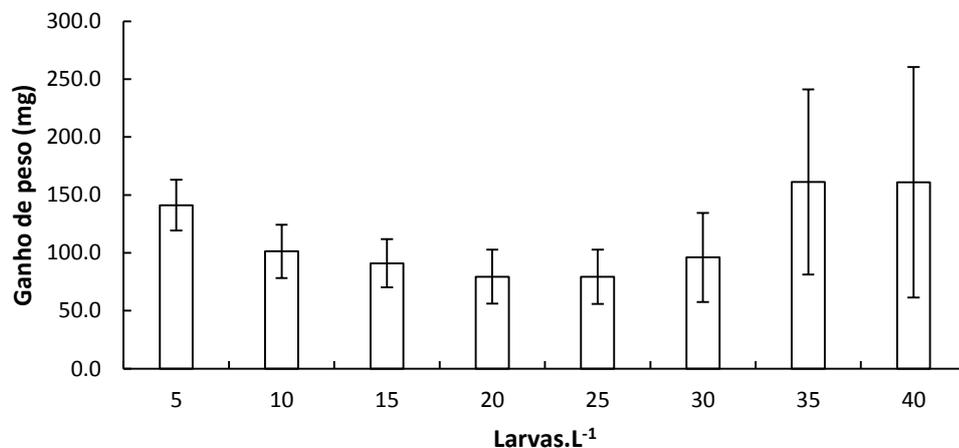


Figura 1-2: Média e intervalo de confiança do ganho de peso de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem.

Pelos resultados observados das médias da taxa de crescimento específico, é possível perceber que as larvas mantidas na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram o melhor crescimento diário, havendo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) para os tratamentos de 10, 15, 20 25 e 30 larvas.L<sup>-1</sup>, mas não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os tratamentos com maior densidade 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>. Nos tratamentos com maiores densidades foi observado um aumento no intervalo de confiança, e por isso não houve diferença desses tratamentos com o tratamento de 5 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 3).

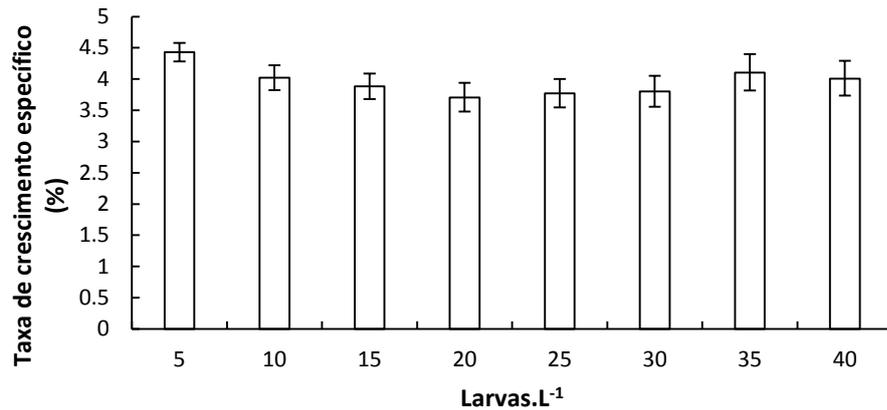


Figura 1-3: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.

### 3.4 Sobrevivência, produtividade e custo de produção

Houve influência do efeito da densidade sobre a sobrevivência das larvas de carpa ornamental. O tratamento com 5 larvas.L<sup>-1</sup> apresentou resultado superior aos tratamentos com 20, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, mas não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os tratamentos com 10, 15 e 25 larvas.L<sup>-1</sup> (Figura 4).

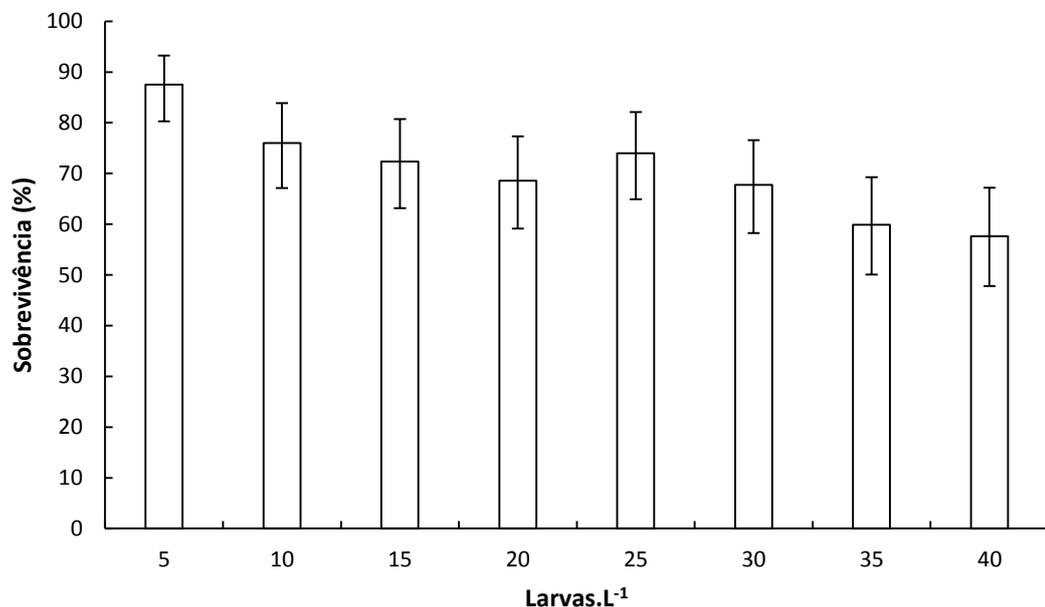


Figura 1-4: Média e intervalo de confiança da sobrevivência de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.

O padrão de mortalidade ao longo do cultivo foi similar em todos os tratamentos, havendo aumento na mortalidade a partir do 9º dia de cultivo (Figura 5).

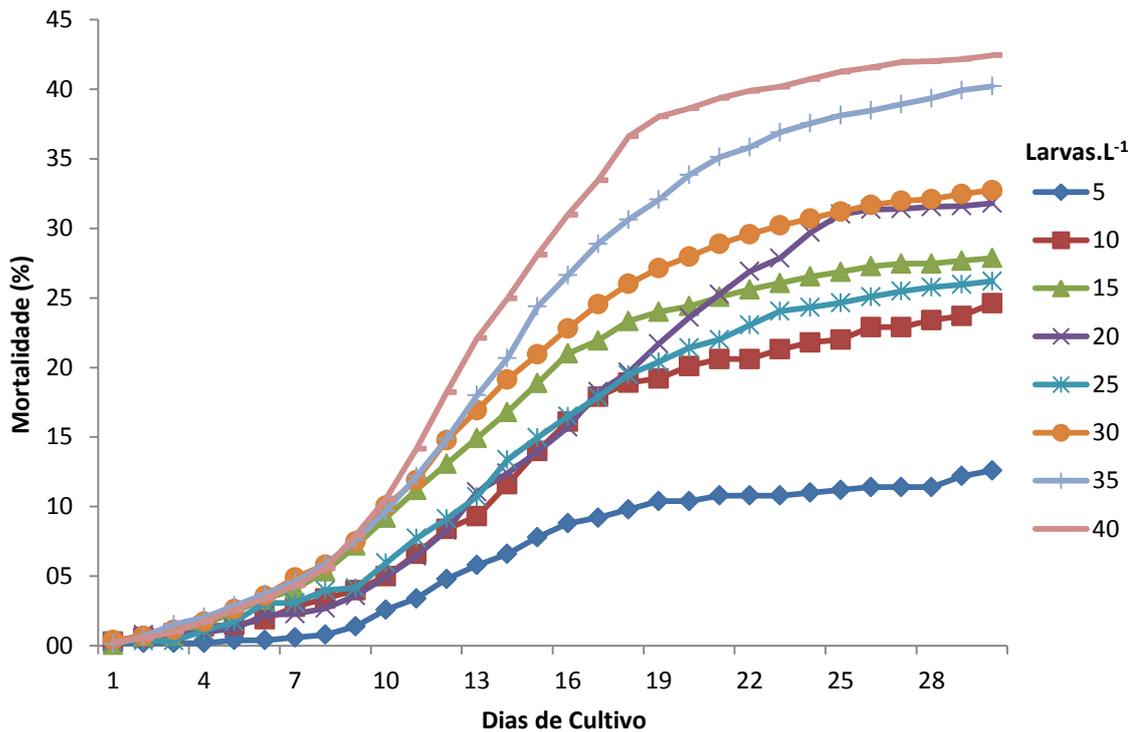


Figura 1-5: Mortalidade de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.

Apesar do melhor desenvolvimento zootécnico das larvas observado para o tratamento com 5 larvas.L<sup>-1</sup>, a produtividade apresentou resultado contrário, aumentando significativamente com o aumento da densidade de estocagem até o valor de 25 larvas.L<sup>-1</sup>. A partir deste não foi observado aumento significativo ( $P > 0,05$ ) na produtividade em relação aos demais tratamentos (Figura 6).

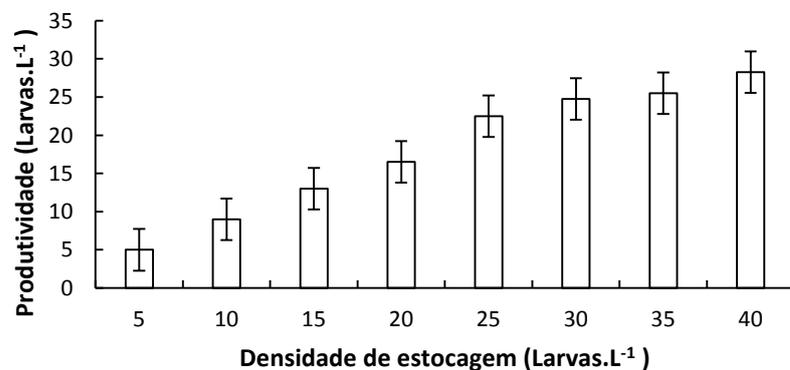


Figura 1-6: Produtividade de larvas de carpa ornamental cultivadas em diferentes densidades de estocagem em sistema de recirculação de água.

O custo de produção foi maior no tratamento de 5 larvas.L<sup>-1</sup> sendo que em média cada larva apresentou um custo final de aproximadamente R\$ 0,43, enquanto no tratamento

com 25 larvas.L<sup>-1</sup>, foi observado o menor custo de produção por larva, com média aproximada de R\$ 0,19 por larva. Apesar do tratamento com 25 larvas.L<sup>-1</sup> ter apresentado o menor custo de produção por larva não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) desse tratamento para os tratamentos com 15, 20, 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>. Apesar de não haver diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos com maiores densidades, observou-se uma tendência de aumento da média do custo de produção por larva para os tratamentos com 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, indicado por uma curva quadrática (Figura 7).

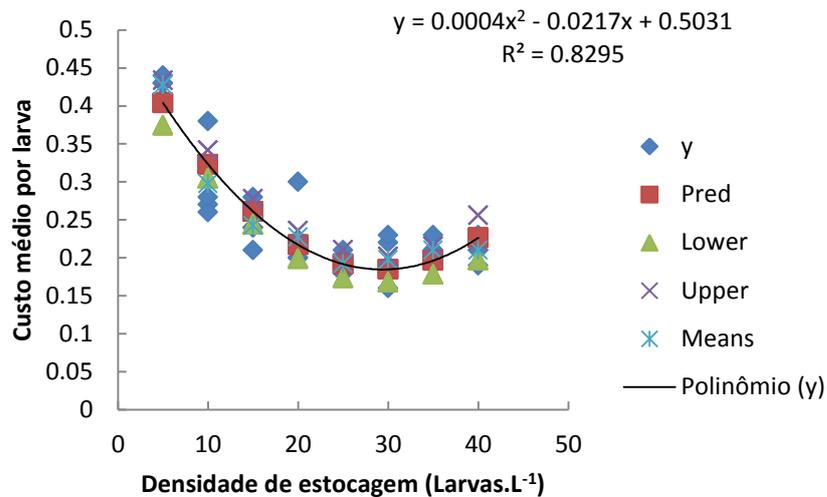


Figura 1-7: Custo de produção de larvas de carpa ornamental mantidas em diferentes densidades de estocagem.

### 3.5 Crescimento compensatório

As larvas previamente mantidas em alta densidade (40 larvas.L<sup>-1</sup>) apresentaram taxa de crescimento específico superior ( $P < 0,05$ ) à observada para as larvas previamente mantidas em baixa densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>), quando ambas foram re-estocadas em baixa densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>) (Figura 8).

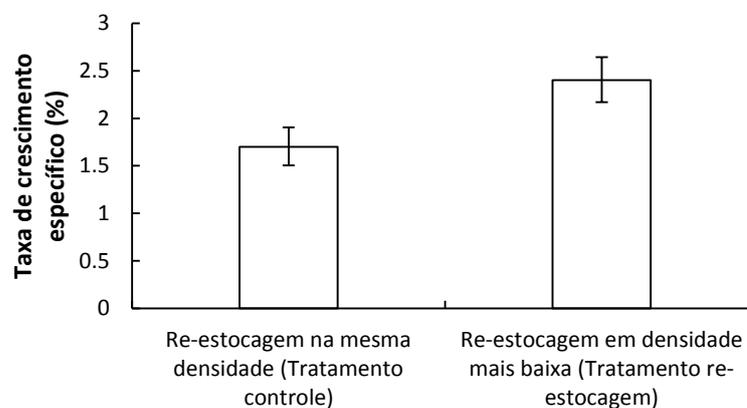


Figura 1-8: Taxa de crescimento específico em comprimento de larvas de carpa ornamental mantidas previamente em diferentes densidades de estocagem, e posteriormente re-estocadas em densidades iguais.

Foi observado ganho compensatório parcial, onde mesmo havendo diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre o crescimento diário das larvas do tratamento de re-estocagem e do tratamento controle, este, não foi suficiente para que os peixes de ambos os tratamentos se equiparassem no comprimento final (Figura 9).

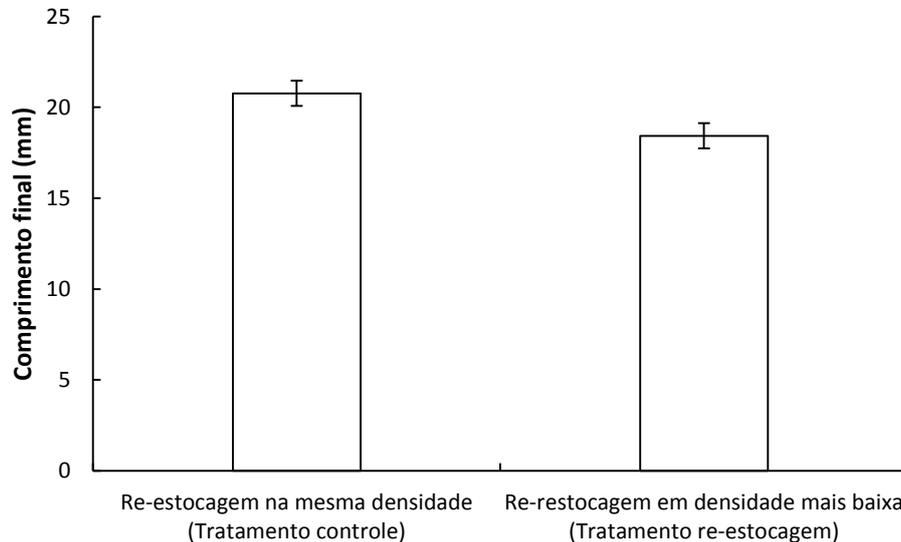


Figura 1-9: Comprimento final das larvas de carpa ornamental previamente mantidas em diferentes densidades de estocagem e re-estocadas em densidades iguais.

A sobrevivência não foi afetada pelos tratamentos no presente experimento (94% tratamento controle e 92,5% tratamento re-estocagem), de forma que não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos.

#### 4. Discussão

Os valores obtidos para os parâmetros de qualidade de água nos presentes experimentos estão dentro dos mencionados como aceitáveis para o cultivo de carpas (ARANA, 2004). O sistema de recirculação de água adotado nos presentes experimentos mostrou-se eficiente em manter os parâmetros de qualidade de água dentro da faixa tolerável durante o tempo de cultivo. A literatura mostra que o sistema de cultivo adotado pode influenciar negativamente a qualidade de água durante o cultivo. Moreira *et al* (2011) observaram aumento dos níveis de amônia total e nitrito em cultivos de goldfish (*Carassius auratus*) quando cultivados em sistema sem renovação de água. Os mesmos autores não observaram alterações nos padrões de qualidade de água em cultivos da mesma espécie em sistema de recirculação de água.

No presente experimento não foi observado influência das diferentes densidades sobre a qualidade de água, portanto, a diferença no desempenho zootécnico das larvas ocorrida nos diferentes tratamentos não pode ser correlacionada com a qualidade de água.

Nesse aspecto alguns autores observaram resultados diferentes aos observados no presente experimento, como Copeland *et al* (2003) que relataram moderada queda da qualidade da água em cultivos de black sea bass selvagens (*Centropristis striata*) mantidos em sistemas de recirculação de água quando aumentou-se a densidade de estocagem. Ruane e Komen (2003) trabalhando com diferentes densidades (1 peixe.L<sup>-1</sup> e 5 peixes.L<sup>-1</sup>, respectivamente baixa e alta densidade) no cultivo de juvenis de carpa comum em sistema de recirculação de água, observaram que em alta densidade de estocagem os níveis de amônia e de O<sub>2</sub> da água do cultivo mantiveram-se acima e abaixo, respectivamente, dos níveis observados em baixas densidades.

Relatos sobre a influência da densidade de estocagem sobre o desenvolvimento dos peixes variam com as espécies, com a fase de vida e muitas vezes são controversos (KHAN, 1994; BALDISSEROTTO 2009). Assim como no presente experimento (com exceção da produtividade), vários autores relataram influência inversamente proporcional do aumento da densidade de estocagem sobre o desempenho dos peixes (SOARES *et al* 2002; SHARMA e CHAKRABARTI 1999; FELDLITE e MILSTEIN 1999; JELKIĆ *et al.* 2012; JOAQUIM *et al.* 2014).

Ao contrário do observado no presente experimento, alguns autores não relataram diferenças significativas no desempenho de peixes cultivados em diferentes densidades (SALAS-LEITON *et al.* 2008; NORTH *et al* 2006; WEBB Jr. *et al.* 2007). Na grande maioria, os autores que não relataram diferenças no desempenho zootécnico dos peixes cultivados em diferentes densidades de estocagem, trabalharam com peixes na fase juvenil ou adulto, enquanto no presente experimento trabalhou-se com larvas. Sabe-se que em peixes a taxa de crescimento específico é geralmente superior em larvas do que nas suas formas juvenis e adultas. O tecido muscular axial dentre todos os tecidos apresenta o crescimento mais rápido durante a fase larval (HOLT, 2011), e o desenvolvimento rápido das fibras musculares (hiperplasia e hipertrofia) garante uma maior chance de sobrevivência para as larvas, aumentando sua capacidade de fuga e de apreensão de alimento.

Diferentes conclusões sobre como o efeito da densidade de estocagem influencia no desenvolvimento dos peixes são discutidas por diversos autores. Alguns acreditam que o efeito de aglomeração interfere diretamente nos fatores ambientais: pH, O<sub>2</sub>, amônia e nitrito, principalmente (SAMPAIO *et al.*, 2001). Outra linha de raciocínio é que a competição por espaço e alimento seja a principal causa do efeito da densidade de estocagem sobre o desenvolvimento dos peixes, limitando o acesso ao alimento, havendo ocorrência de canibalismo e/ou desenvolvimento de quadros de infecções. No presente experimento, o efeito da densidade de estocagem sobre o desenvolvimento zootécnico das larvas foi resultado da competição intra-específica.

Neste contexto, os resultados das médias de comprimento final indicam diminuição dos valores dessa variável na densidade de 5 larvas.L<sup>-1</sup> até a densidade de 20 larvas.L<sup>-1</sup>. Com relação às densidades foi possível observar que com 25 larvas.L<sup>-1</sup> as médias começam a aumentar, e com 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, as médias de comprimento final e peso final não são significativamente diferentes à observada com 5 larvas.L<sup>-1</sup>. Concomitante com o aumento das médias observado a partir do tratamento com 25 larvas.L<sup>-1</sup>, observou-se aumento do intervalo de confiança nas médias de comprimento final e peso final (Tabela 3) nos tratamentos com maiores densidades, principalmente com 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, o que demonstra heterogeneidade do lote.

Possivelmente o aumento da densidade de estocagem diminuiu a eficiência como um todo da utilização do alimento, o fato da alimentação ser calculada para atender individualmente cada larva, não assegura, entretanto que cada indivíduo se alimentará da quantidade de alimento calculada, pois este aspecto depende principalmente da competição dentro da unidade de cultivo. Provavelmente o aumento da densidade acarretou um aumento da competição por alimento e influenciou diretamente na homogeneidade do lote em termos de comprimento final e peso final. Gonçalves Júnior *et al* (2014), trabalhando com larvas de kingiuo (*C. auratus*), também observaram aumento da desuniformidade do lote relativo ao aumento da densidade de estocagem.

A desuniformidade dentro dos cardumes foi relatada por Vilizzi & Walker (1999), os autores mencionaram que nos cardumes de larvas de carpa é comum o fenômeno chamado de “shooting” em que um ou algumas poucas larvas, crescem muito mais que o resto do cardume. Estes autores comentaram que o fenômeno em questão ocorre quando há competição exacerbada por alimento dentro do cardume e também relatam casos de canibalismo quando a competição intra-específica está exagerada.

A competição pelo alimento pode ter afetado a uniformidade do lote nos tratamentos com maiores densidades, principalmente 30, 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup>, mudanças comportamentais diretamente ligadas com o aumento da densidade também foram relatadas por Khan (1994), o autor mencionou que em altas densidades os peixes apresentaram comportamento agressivo e de dominância.

Alguns autores relataram mudanças comportamentais inclusive no hábito alimentar da espécie trabalhada devido ao aumento da densidade. Paspatis *et al.* (2003) por exemplo, trabalhando com sea bass (*Dicentrarchus labrax*), observaram que com o aumento da densidade, alguns peixes passaram a ter atividade noturna, enquanto animais mantidos em baixas densidades mantiveram atividades apenas diurnas, a qual é o hábito natural da espécie. Os autores acima acreditam que com o aumento da densidade, houve crescente competição pelo acesso aos comedouros, por isso alguns indivíduos para ter acesso a alimentação, passaram a ter atividade noturna.

Apesar da densidade de estocagem ter afetado significativamente o desenvolvimento das larvas de carpa ornamental, as médias de comprimento final observadas no presente experimento estão próximas ao obtido por outros autores em cultivos intensivos de larva de carpa comum, como Alami-Durante *et al.* (1991) trabalhando com diferentes dietas para larvas de carpa (*C. carpio*) durante 31 dias, na densidade de 77,78 larvas.L<sup>-1</sup>, obtiveram no seu melhor tratamento, larvas com comprimento final médio de 34 mm e variação de 23 mm a 39 mm. Estes autores observaram variações amplas para esta variável (assim como no presente experimento) em alguns tratamentos, possivelmente devido à alta densidade de estocagem utilizada.

A queda da sobrevivência correlacionada com o aumento da densidade de estocagem observada no presente experimento provavelmente está relacionada com a competição intra-específica. Diversos autores mencionaram problemas de sobrevivência no cultivo quando ocorreram aumentos dos níveis de densidade, Fairchild e Howell (2001) na busca pela densidade ótima no cultivo de juvenis de Winter Flounder *Pseudopleuronectes americanus*, concluíram que altas densidades (200% e 300% da área do fundo do viveiro) não afetaram o crescimento, mas afetaram a sobrevivência. Estes autores acreditam que a baixa da sobrevivência correlacionada com o aumento da densidade, assim como no presente experimento, também está relacionado com o estresse da competição intra-específica.

No presente trabalho a produtividade aumentou gradativamente com o aumento da densidade, mas a partir da densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup>, não mais foi observado diferença entre os tratamentos com densidade superior a este, provavelmente, fato que se deu pelos altos índices de mortalidade observados nos tratamentos com densidades superiores ao de 25 larvas.L<sup>-1</sup>. Foi observado que o aumento da produtividade está diretamente ligado com o aumento da densidade de estocagem, mas inversamente proporcional ao desenvolvimento zootécnico das larvas, fato também observado por Gonçalves Júnior *et al* (2014), que relataram aumento da produção correlacionado com o aumento da densidade de estocagem, mas queda nos índices de desenvolvimento zootécnicos.

O aumento observado no custo médio de produção a partir do tratamento com 30 larvas.L<sup>-1</sup> foi consequência, principalmente, do aumento do custo com a mão-de-obra. O tempo gasto com as tarefas rotineiras, como limpeza e manutenção do sistema, aumentou proporcionalmente com o número de larvas no tanque. Assim como no presente experimento, Beerli (2009) trabalhando com diferentes densidades no cultivo do acará disco (*Symphysodon sp.*), um ciclídeo amazônico, observou aumento do custo operacional parcial e da receita bruta com o aumento da densidade. Porém o autor considerou como variáveis de custo, apenas: ração e preço para aquisição dos peixes, não foi considerado a maior demanda de tempo dos funcionários que cultivos com altas densidades requerem.

A estratégia de re-estocagem foi testada no presente experimento e foi observado que as larvas do tratamento de re-estocagem apesar de apresentarem maior taxa de crescimento diário, não foram capazes de se igualar em comprimento final às larvas do tratamento controle, o que caracteriza um crescimento compensatório parcial. Possivelmente não foi observado crescimento compensatório total (que é quando os animais previamente mantidos em estresse alimentar se equiparam a animais mantidos com fornecimento de alimento *ad libitum*, logo que a normalidade na alimentação é retomada) devido ao curto tempo de cultivo nessa fase (15 dias).

Heide *et al.* (2006) trabalhando com juvenis de Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*), também observou crescimento compensatório parcial. Outros autores observaram ganho compensatório total, como Zhu *et al.* (2005) que trabalhando com juvenis de Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris*), observaram crescimento compensatório total depois de uma ou duas semanas de privação alimentar seguidas por quatro semanas de alimentação, provavelmente o crescimento compensatório total foi observado devido ao maior tempo de cultivo.

A re-estocagem baseada na diferença de tamanho das larvas com a finalidade de diminuir a mortalidade por interações não-benéficas durante o cultivo que foi empregada no tratamento de re-estocagem na segunda fase do presente experimento, também foi adotada no cultivo da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (SMITH, 1989) e turbot *Scophthalmus maximus* (SMITH, 1979). A estratégia de re-estocagem não é utilizada apenas para solucionar problemas de competição por alimento, alguns autores mencionam essa técnica como de grande importância para a larvicultura de determinadas espécies, como Kotani *et al.* (2011) que para solucionar problemas de canibalismo na larvicultura de *Takifugu rubripes* e melhorar a sobrevivência ao longo do cultivo, sugerem re-estocagem das larvas após 21 dias, diminuindo a densidade de estocagem de 5 larvas.L<sup>-1</sup> para 2 larvas.L<sup>-1</sup>.

Com os resultados obtidos no presente experimento é possível concluir que a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup> pode ser utilizada para projetos que visem grandes quantidades de peixes produzidos, pois apresentou o menor custo de produção e alta produtividade, além de bons índices de desempenho zootécnico e baixa heterogeneidade do lote.

A menor densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>) apresentou o maior custo de produção, mas também apresentou os melhores índices de desenvolvimento zootécnico e uniformidade do lote, essa densidade de estocagem pode ser utilizada para animais com alto valor unitário, como proles de peixes de alto padrão genético. As densidades de 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram maior produtividade, mas para que estas densidades possam ser utilizadas, o problema de heterogeneidade do lote, assim como os altos níveis de mortalidade observados a partir do 9º dia cultivo, devem ser resolvidos. Para tal, a estratégia de re-estocagem apresentou bons resultados de crescimento compensatório, e pode ser adotada

para cultivos em altas densidades de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

#### 5. Referências bibliográficas

AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19, 716-723.

ALAMI-DURANTE, H., CHARLON, N., ESCAFFRE, A.M., BERGOT, P. 1991. Supplementation of artificial diets for common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. Aquaculture, 93, 161-175.

ARANA, L. V. 2004. **Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. UFSC. 231p.

BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura (2<sup>o</sup> ed.). Editora Da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

BEERLI, E.L. 2009. Estratégia alimentar e densidade de estocagem para acará-disco (*Symphysodon aequifasciata*). Tese de doutorado. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil.

BURNHAM, K.P., ANDERSON, D.R. 2004. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. Sociological Methods & Research, 33, 261-304.

COPELAND, K.A., WATANABE, W.O., CARROL, P.M., WHEATLEY, K.S. 2003. Growth and feed utilization of captive wild Black Sea Bass *Centropristis striata* at four different densities in a recirculating tank system. Journal of The World Aquaculture Society, 34 (3), 300-307.

DAMBO, W.B. and RANA, K.J. 1992. Effect of stocking density on growth and survival of *Oreochromis niloticus* (L.) fry in the hatchery. Aquaculture and Fisheries Management, 23, 71-80.

FAIRCHILD, E.A. and HOWELL, W.H. 2001. Optimal stocking density for juvenile Winter Flounder *Pseudopleuronectes americanus*. Journal of The World Aquaculture Society, 32 (3), 300-308.

FELDLITE, M. and MILSTEIN, A. 1999. Effect of density on survival and growth of cyprinid fish fry. Aquaculture International, 7, 399-411.

GONÇALVES JÚNIOR, L.P., MENDONÇA, P.P., PEREIRA, S.L., MATIELO, M.D., AMORIM, I.R.F. 2014. Densidade de estocagem durante a larvicultura do kinguio. Boletim do Instituto de Pesca, 40 (4), 597-604.

HEIDE, A., FOSS, A., STEFANSSON, S.O., MAYER, I., NORBERG, B., ROTH, B., JENSSEN, M.D., NORTVEDT, R., IMSLAND, A.K. 2006. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. Aquaculture, 261, 109-117.

HOLT, G.J. 2011. Larval fish nutrition. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK.

JELKIĆ, D., OPAČAK, A., STEVIĆ, I., OZIMEC, S., JUG-DUJAKOVIĆ, J., SAFNER, R. 2012. Rearing common carp larvae (*Cyprinus carpio*) in closed recirculating aquaculture system (RAS). *Ribarstvo*, 70, (1), 9-17.

JOAQUIM, S., MATIAS, D., MATIAS, A.M., LEITÃO, A., SOARES, F., CABRAL, M., CHÍCHARO, L., GASPAS, M.B. 2014. The effect of density in larval rearing of the pullet carpet shell *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791) in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 1-12.

JOMORI, R.K. 2005. Organismos vivos e dietas secas na larvicultura do pacu *Piaractus mesopotamicus* e o uso dos isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênico ( $\delta^{15}\text{N}$ ) como indicadores naturais da incorporação do alimento no tecido larval. Tese de doutorado. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

KHAN, M.S. 1994. Effect of population density on the growth, feed and protein conversion efficiency and biochemical composition of a tropical freshwater catfish, *Mystus nemurus* (Cuvier & Valenciennes). *Aquaculture and Fisheries Management*, 25, 753-760.

KOTANI, T., WAKIWAYA, Y., IMOTO, T., FUSHIMI, H. 2011. Improved larviculture of ocellate puffer Takifugu rubripes through control of stocking density. *Aquaculture*, 312, 95-101.

LITTELL, R. C., HENRY, P. R., AMMERMAN, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76, 1216-1231.

MOREIRA, R.L., Da COSTA, J.M., TEIXEIRA, E.G., MOREIRA, A.G.L., De MOURA, P.S., ROCHA, R.S., VIEIRA, R.H.S.F. 2011. Performance of *Carassius auratus* with different food strategies in water recirculating system. *Archivos de Zootecnia*, 60 (232), 1203-1212.

NORTH, B.P., TURNBULL, J.F., ELLIS, T., PORTER, M.J., MIGAUD, H., BRON, J., BROMAGE, N.R. 2006. The impact of stocking density on the welfare of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 255, 466-479.

PASPATIS, M., BOUJARD, T., MARAGOUDAKI, D., BLANCHARD, G., KENTOURI, M. 2003. Do stocking density and feed reward level affect growth and feeding of self-fed juvenile European sea bass? *Aquaculture*, 216, 103-113.

PORTELLA, M.C., JOMORI, R.K., LEITÃO, N.J., MENOSSI, O.C.C., FREITAS, T.M., KOJIMA, J.T., LOPES, T.S., CLAVIJO-AYALA, J.A., CARNEIRO, D.J. 2014. Larval development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture*, 432, 402-417.

RUANE, N.M. and KOMEN, H. 2003. Measuring cortisol in the water as an indicator of stress caused by increased loading density in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 218, 685-693.

SALAS-LEITON, E., ANGUIS, V., MACHADO, M., CAÑAVATE, J.P. 2008. Growth, feeding and oxygen consumption of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles stocked at different densities. *Aquaculture*, 285, 84-89.

SAMMOUTH, S., d'ORBCASTEL, E.R., GASSET, E., LEMARIÉ, G., BREUIL, G., MARINO, G., COEURDACIER, J.L., FIVELSTAD, S., BLANCHETON, J.P. 2009. The effect of density on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) performance in a tank-based recirculating system. *Aquaculture Engineering*, 40, 72-78.

- SAMPAIO, L.A., FERREIRA, A.H., TESSER, M.B. 2001. Effect of stocking density on laboratory rearing of mullet fingerlings, *Mugil platanus* (Günther, 1880). *Maringá*, 23, (2), 471-475.
- SHARMA, J. G., and CHAKRABARTI, R. 1999. Larval rearing of common carp *Cyprinus carpio*: a comparison between natural and artificial diets under three stocking densities. *Journal of the world aquaculture society*, 30, (4), 490-495.
- SMITH, C. 1989. An investigation into the problem of conspecific predation among the fry of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) in an intensive culture system. Master's thesis. Plymouth Polytechnic, Plymouth, UK.
- SMITH, P.L. 1979. The development of a nursery technique for rearing turbot *Scophthalmus maximus*, from the metamorphosis to on-growing size-progress since 1970 by British White Fish Authority, Pages 143-149 in T. V. R. Pillay and W. A. Dill, editors. *Advances in aquaculture*. Fishing News Books, Surrey, UK.
- SOARES, C.M.; HAYASHI, C.; MEURER, F.; SCHAMBER, C.R. 2002. Efeito da densidade de estocagem do quinguio, *Carassius auratus* L., 1758 (Osteichthyes, Cyprinidae), em suas fases iniciais de desenvolvimento. *Acta Scientiarum*, 24(2): 527-532.
- SUGIURA, N. 1978. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics, Theory and Methods*, A7, 13-26.
- TIDWELL, J. 2012. *Aquaculture production systems*. 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014-8300, USA.
- VILIZZI, L. and WALKER, K. 1999. The onset of the juvenile period in carp, *Cyprinus carpio*: a literature survey. *Environmental Biology of Fishes*, 56, 93-102.
- WEBB Jr., K.A., HITZFELDER, G.M., FAULK, C.K., HOLT, G.J. 2007. Growth of juvenile coho, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 264, 223-227.
- ZHU, X., XIE, S., LEI, W., CUI, Y., YANG, Y., WOOTTON, R.J. 2005. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Aquaculture*, 248, 307-314.

## Capítulo 2

## **Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental (*Cyprinus carpio*) em sistema de recirculação de água**

Motta, J. H. S., Vidal Jr., M. V., Andrade, D. R., Vieira, R. A. M., Glória, L. S. e Silveira, L. S.

### Resumo

Com o objetivo de otimizar o desempenho zootécnico na larvicultura da carpa ornamental (*C. carpio*) em sistema de recirculação de água foram testadas diferentes estratégias alimentares. Para tal, dois experimentos foram desenvolvidos, ambos em estufa climatizada e em sistema de recirculação de água, com filtragem de partículas físicas e filtro biológico além de filtragem por irradiação ultra-violeta. No primeiro experimento, foram testados quantificações de náuplios de artêmia na alimentação exógena inicial das larvas, nas concentrações de 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 náuplios de artêmia por larva. No segundo, foram testados diferentes protocolos alimentares para primeira alimentação exógena das larvas. Para tal, foram utilizados: alimento vivo (náuplios de artêmia) e inerte (ração em pó), usados separadamente e simultaneamente, além de aumentos da quantidade de náuplios de artêmia ofertados em diferentes períodos do cultivo. No primeiro experimento, a quantidade de 600 náuplios de artêmia por larva demonstrou ser a melhor opção, pois gerou um crescimento ótimo e o custo foi menor do que aquele observado com a utilização de 800 e 1000 náuplios de artêmia por larva. O segundo experimento demonstrou que a estratégia alimentar com alimento vivo (náuplios de artêmia) mais ração comercial proporcionou o melhor desempenho zootécnico para larvas de carpa ornamental. Também ficou evidente a necessidade da correção da quantidade de alimento vivo ao longo do cultivo, provavelmente devido às altas taxas de crescimento específico observadas durante a fase larval.

Palavras-chave: larvicultura; estratégias alimentares; carpa ornamental; sistemas de produção.

### Abstract

In order to improve the growth performance in larval rearing of ornamental carp (*C. carpio*) in recirculation aquaculture systems, different feeding strategies were tested. To this end, two experiments were developed, the first testing measurements of artemia nauplii in feeding larvae, and the second, testing different feeds (live and inert food, used separately and simultaneously, and increases the amount of artemia nauplii offered in different periods of cultivation). In the first experiment, the amount of 600 artemia nauplii larvae demonstrated to

be the best option as it generated a great growth and the cost was less than that observed with the use of 800 and 1.000 artemia nauplii for larva. The second experiment demonstrated that the feeding strategy with live food (artemia nauplii) plus commercial feed provided the best growth performance for ornamental carp larvae. The need to fix the amount of live food during the cultivation, probably due to the high specific growth rates observed during the larval stage was also evident.

Keywords: hatchery; feeding strategies; ornamental carp; aquaculture production systems.

## 1. Introdução

Dentre as famílias de peixes, os ciprinídeos respondem pela maior parte da produção mundial, sendo caracterizados como a família de maior importância econômica (FAO, 2014). As espécies pertencentes a esta família são de grande interesse tanto como fonte de alimento, como no âmbito ornamental. A carpa comum (*Cyprinus carpio*) é a espécie mais popular dentre as espécies ornamentais cultivadas em lagos, devido à sua ampla variedade de cores e marcas (XU *et al.*, 2014).

Um dos gargalos na produção da carpa ornamental é a fase de larvicultura. Durante essa fase, as larvas são cultivadas em tanques escavados previamente adubados, ficando expostas a ataques de predadores e a variações climáticas, problemas que podem reduzir a sobrevivência no cultivo. Chabalin *et al.*, (1989) trabalhando com larvas da carpa comum (*C. carpio*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), utilizando o sistema semi-intensivo em viveiros escavados, obtiveram sobrevivências próximas de 35%, 30% e 20%, respectivamente.

A prática da larvicultura indoor de peixes (suas implicações e necessidades) é motivo de estudo há anos (DABROWSKI *et al.*, 1978; PORTELLA *et al.*, 2014), e pode ser uma alternativa para aumentar a sobrevivência do cultivo. Segundo Jomori *et al.* (2003), a adoção de um período de larvicultura mantendo-se as larvas em sistema indoor durante um curto período de tempo, têm-se mostrado mais eficiente do que a estocagem direta das larvas em viveiros.

A utilização de um período de larvicultura indoor requer conhecimento sobre diversas questões relacionadas à alimentação e nutrição das larvas, uma vez que a alimentação das larvas será exclusivamente oriunda do alimento fornecido pelo homem. Ao longo dos anos, diversos autores desenvolveram e testaram diferentes estratégias alimentares na fase de larvicultura (CHARLON e BERGOT, 1984; FOSSE *et al.*, 2013; KAMASZEWSKI *et al.*, 2014).

Estratégias alimentares utilizando alimento vivo (CAHU *et al.*, 1998), inerte (CARVALHO *et al.*, 1997) ou ambos (FOSSE, 2013), mostraram-se eficazes na larvicultura de diferentes espécies. Mas de maneira geral, pouca atenção tem se dado para as correções da quantidade total de alimento, necessárias ao longo do cultivo.

Estratégias alimentares foram testadas neste trabalho com o objetivo de otimizar o desempenho zootécnico na larvicultura da carpa ornamental (*C. carpio*) em sistema de recirculação de água.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Local, sistema de cultivo, manutenção e qualidade de água

A metodologia descrita a seguir foi comum para os dois experimentos realizados.

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Mario Porto Piscicultura Ornamental, situada no município de Cachoeira de Macacú, Estado do Rio de Janeiro, nos meses de Agosto a Setembro. O sistema de cultivo foi desenvolvido em estufa climatizada com 12 m de comprimento e 7 m de largura, com paredes e cobertura de alvenaria revestidas por isopor. No interior da estufa, cinco estantes com tanques de larvicultura foram montadas para produção de espécies ornamentais, e cada estante apresentava um sistema de recirculação de água independente. Cada sistema de recirculação de água foi composto por 24 tanques plásticos retangulares com volume útil de 20 L e saída de água por sistema de sifão. O sistema de filtragem destes tanques era feito por filtro mecânico (acrilon e argila expandida) e filtro biológico (anéis de fibra de vidro), que juntos somavam 300 L, totalizando assim um sistema de 780 L. A bomba utilizada no sistema possuía capacidade de  $4900 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ , e a vazão nos tanques de cultivo foi acertada para aproximadamente  $0,35 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ , de forma que no período de 24 h, toda o volume do tanque foi trocado, aproximadamente, 25 vezes. O sistema possuía filtragem ultravioleta com lâmpada de 36 W para eliminação de parasitas. Para iluminação da área onde foi conduzido os experimentos foram utilizadas 5 lâmpadas de 5 w, que ficavam ligadas 12h por dia (7 h às 19 h).

Diariamente os tanques foram sifonados para retirada de restos de comida e fezes, de modo a manter a estabilidade da qualidade de água. Com o mesmo propósito, o filtro mecânico foi sifonado para retirada de partículas sólidas. A troca de água foi calculada de forma a não exceder 10% do volume total do sistema. As larvas mortas foram retiradas diariamente com auxílio de pipeta plástica, e apenas no primeiro dia foram substituídas por larvas da mesma desova, larvas estas, oriundas de tanques em condições idênticas daqueles do experimento. Tal procedimento foi adotado pois assumimos que até o primeiro dia a morte de larvas se deu em decorrência do estresse do manejo da contagem individual

e não por efeito do tratamento. A partir do segundo dia, as larvas mortas retiradas não foram mais substituídas, e foram apenas contadas para correção da quantidade de alimento ofertado.

Os parâmetros de qualidade de água: oxigênio dissolvido e temperatura foram monitorados diariamente: pH três vezes na semana; amônia e condutividade elétrica semanalmente; dureza quinzenalmente. Foram utilizados oxímetro digital (YSI 550A  $\pm$  0,01) para medir oxigênio dissolvido e temperatura, pHmetro digital (pHtek PHS-3E  $\pm$  0,02) para medir o pH, espectrofotômetro para medir a amônia, condutivímetro digital (Bernauer  $\pm$  0,01) para medir a condutividade e a dureza foi medida por método de titulação.

2.2 Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água.

#### 2.2.1 Delineamento e biometria inicial

Para realização do experimento 1 foram utilizadas 9600 larvas de carpa ornamental, obtidas de desova natural e mantidas em incubadoras no laboratório de reprodução até o momento do início da natação que no presente experimento foi observado com quatro dias após a fecundação.

Para obtenção dos valores de peso úmido inicial e comprimento total inicial, 20 larvas foram medidas e pesadas no momento em que começaram a nadar. Foram utilizadas larvas com  $1,30 \text{ mg} \pm 0,03 \text{ mg}$  e  $6,0 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$  para peso úmido inicial e comprimento total inicial, respectivamente.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições, cada tanque foi considerado como uma unidade experimental e recebeu 400 larvas de carpa ornamental ( $20 \text{ larvas} \cdot \text{L}^{-1}$ ). Os tratamentos foram: T100 (100 náuplios de artêmia por larva/dia), T200 (200 náuplios de artêmia por larva/dia), T400 (400 náuplios de artêmia por larva/dia), T600 (600 náuplios de artêmia por larva/dia), T800 (800 náuplios de artêmia por larva/dia) e T1000 (1000 náuplios de artêmia por larva/dia).

#### 2.2.2 Alimentação

A alimentação das larvas de carpa foi realizada em quatro horários (7 h, 10 h, 13 h, 16 h) e foi composta exclusivamente de náuplios de artêmia, variando a quantidade diária de náuplios de artêmia ofertados de acordo com o proposto para cada tratamento.

Para eclosão da artêmia, 9,8 g de cistos de artêmia foram incubados em incubadoras plásticas com volume médio de 1,5 L, salinidade de 20 e aeração constante. Após 24 h a aeração foi cessada e os náuplios de artêmia sifonados para um recipiente plástico de 1,5 L. Para contagem dos náuplios de artêmia, 1mL foi retirado do recipiente plástico e colocado em becker de 100 mL, em seguida, adicionava-se 49mL de água. Da nova alimento pastoso de 50 mL, retirava-se 1 mL e contava-se o número de náuplios de artêmia presentes, retornava-se o volume retirado para o becker, e repetia-se o processo por mais duas vezes. A média obtida das três amostragens foi considerada como o valor médio de náuplios de artêmia em 1 mL da amostra. A média então foi multiplicada por 50, e o valor obtido foi considerado como o valor médio de náuplios de artêmia presentes em 1 mL do recipiente. Esse processo ocorreu sempre que uma nova incubação de artêmia foi realizada, garantindo o controle da quantidade de náuplios de artêmia ofertado.

### 2.2.3 Parâmetros zootécnicos

Após 7 dias de cultivo, todos os animais foram contados para obtenção dos dados de sobrevivência. Para os dados de comprimento final, crescimento, peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, dez animais de cada unidade experimental foram medidos, utilizando paquímetro digital ( $\pm 0,01\text{mm}$ ) e pesados em balança analítica ( $\pm 0,001\text{g}$ ).

Para obtenção dos valores de sobrevivência (S), ganho de peso (GP), crescimento(C) e taxa de crescimento específico para comprimento (TCEc) e taxa de crescimento específico para peso (TCEp), foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$S(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de peixes final}}{N^{\circ} \text{ de peixes inicial}} \times 100$$

$$GP = \text{peso úmido final médio} - \text{peso úmido inicial médio}$$

$$C = \text{comprimento final médio} - \text{comprimento inicial médio}$$

$$TCEc = \frac{(\ln \text{ comprimento total final} - \ln \text{ comprimento total inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

$$TCEp = \frac{(\ln \text{ peso úmido final} - \ln \text{ peso úmido inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

#### 2.2.4 Custo com artêmia

O preço da artêmia utilizado para o cálculo do custo foi o de R\$ 110,00 o quilograma do cisto de artêmia (preço referente ao quilograma da artêmia foi o observado na época da realização do experimento). Para o cálculo do custo de artêmia foram feitas as correções relacionadas ao controle de mortalidade de larvas, pois a quantidade de náuplios de artêmia ofertados sempre esteve relacionado ao número de larvas vivas, sendo assim, houve variação com o efeito do tratamento.

### 2.3 Experimento 2: Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água

#### 2.3.1 Delineamento e biometria inicial

Para realização do experimento 2 foram utilizadas 2400 larvas de carpa ornamental, obtidas de desova natural, e mantidas em incubadoras no laboratório de reprodução até o momento do início da natação, que no presente experimento foi observado com quatro dias após a fecundação.

Para obtenção dos valores de peso úmido inicial e comprimento total inicial, 20 larvas foram medidas e pesadas no momento em que começaram a nadar. Foram utilizadas larvas com  $1,30 \text{ mg} \pm 0,03 \text{ mg}$  e  $6,0 \text{ mm} \pm 0,10 \text{ mm}$  para peso úmido inicial e comprimento total inicial, respectivamente.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições, cada tanque foi considerado como uma unidade experimental, e recebeu 100 larvas de carpa ornamental ( $5 \text{ larvas.L}^{-1}$ ).

#### 2.3.2 Alimentação

Cada tratamento representou uma estratégia alimentar: T1 (ração), T2 (ração + náuplios de artêmia), T3 (“alimento pastoso”), T4 (náuplios de artêmia com aumento diário de 10% da quantidade inicial), T5 (náuplios de artêmia com aumento a cada três dias de 10% da quantidade inicial) e T6 (náuplios de artêmia).

A alimentação das larvas de carpa foi realizada em quatro horários (7 h, 10 h, 13 h, 16 h) e foi composta do proposto para cada tratamento. Os tratamentos onde foram utilizados náuplios de artêmia, a quantidade inicial utilizada foi de 600 náuplios de artêmia por larva.dia<sup>-1</sup>, e os protocolos adotados nos tratamentos 4, 5 e 6 (tratamentos que utilizaram exclusivamente náuplios) estão ilustrados na tabela 1. E para os tratamentos onde foi

utilizado ração, a quantidade foi de 1g de ração comercial em pó (200-400  $\mu\text{m}$ ) com 36% de proteína bruta (tabela 2) por alimentação.

Para eclosão dos cistos de artêmia, seguiu-se o mesmo procedimento utilizado no experimento 1.

Para o preparo do “alimento pastoso” do tratamento 3, o volume de artêmia necessário para cada alimentação foi retirado da incubadora, depois coado em malha (<100  $\mu\text{m}$ ), de modo que os náuplios formassem um tipo de pasta no coador. Essa pasta foi alimento pastosoda com a ração em pó com auxílio de colheres plásticas até que se formasse uma bola, essa alimento pastoso obtida foi chamada de “alimento pastoso”.

| Dia | Nº de náuplios de artêmia por larva.dia <sup>-1</sup> |     |     |      |     |     |
|-----|---|-----|-----|------|-----|-----|
|     | T1*   | T2* | T3* | T4   | T5  | T6  |
| 1   | 0   | 600 | 600 | 600  | 600 | 600 |
| 2   | 0   | 600 | 600 | 660  | 600 | 600 |
| 3   | 0   | 600 | 600 | 720  | 600 | 600 |
| 4   | 0   | 600 | 600 | 780  | 660 | 600 |
| 5   | 0   | 600 | 600 | 840  | 660 | 600 |
| 6   | 0   | 600 | 600 | 900  | 660 | 600 |
| 7   | 0   | 600 | 600 | 960  | 720 | 600 |
| 8   | 0   | 600 | 600 | 1020 | 720 | 600 |
| 9   | 0   | 600 | 600 | 1080 | 720 | 600 |
| 10  | 0   | 600 | 600 | 1140 | 780 | 600 |
| 11  | 0   | 600 | 600 | 1200 | 780 | 600 |
| 12  | 0   | 600 | 600 | 1260 | 780 | 600 |
| 13  | 0   | 600 | 600 | 1320 | 840 | 600 |

Tabela 2-1: Nº de náuplios de artêmia ofertados diariamente por larva durante os 13 dias de cultivo (tratamentos onde foi ofertado 4 g de ração em pó comercial diariamente).

A ração ofertada para os tratamento 1 e 2 foi umedecida em água para que a consistência da ração não diferisse da obtida na “alimento pastoso” utilizada no tratamento 3. Sendo que, no tratamento 2 a ração foi ofertada simultaneamente com os náuplios de artêmia.

| Composição química     | %    |
|------------------------|------|
| Umidade                | 10,0 |
| Proteína Bruta (min.)  | 36,0 |
| Extrato etéreo (min.)  | 8,0  |
| Matéria fibrosa (máx.) | 6,5  |
| Matéria mineral (máx.) | 10,0 |
| Cálcio (máx.)          | 10,0 |
| Fósforo (min.)         | 1,6  |

Tabela 2-2: Composição química da ração comercial utilizada no presente experimento.

### 2.3.3 Parâmetros zootécnicos

Após 13 dias de cultivo, todos os animais foram contados para obtenção dos dados de sobrevivência. Para os dados de comprimento final, crescimento, peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico, dez animais de cada unidade experimental foram medidos, utilizando paquímetro digital (Western  $\pm 0,01\text{mm}$ ) e pesados em balança analítica ( $\pm 0,001\text{g}$ ).

Para obtenção dos valores de sobrevivência (S), ganho de peso (GP), crescimento (C) e taxa de crescimento específico para comprimento (TCEc) e taxa de crescimento específico para peso (TCEp), foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$S(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de peixes final}}{N^{\circ} \text{ de peixes inicial}} \times 100$$

$$GP = \text{peso úmido final médio} - \text{peso úmido inicial médio}$$

$$C = \text{comprimento final médio} - \text{comprimento inicial médio}$$

$$TCEc = \frac{(\ln \text{ comprimento total final} - \ln \text{ comprimento total inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

$$TCEp = \frac{(\ln \text{ peso úmido final} - \ln \text{ peso úmido inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

### 2.4 Estatística

As variáveis medidas diretamente nos animais, isto é, crescimento, ganho de peso, comprimento final e peso final, foram analisadas segundo a metodologia de modelos mistos com base no seguinte modelo estatístico (LITTELL *et al.*, 1998):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + a_{j(i)} + e_{k(ij)} \quad (1)$$

Na qual  $Y_{ijk}$  corresponde à medição realizada na  $k$ -ésima larva, dentro do  $j$ -ésimo aquário que recebeu o  $i$ -ésimo tratamento,  $\alpha_i$  representa o efeito fixo do  $i$ -ésimo tratamento,  $a_{j(i)}$  representa o efeito aleatório do  $j$ -ésimo aquário dentro do  $i$ -ésimo tratamento, efeito este suposto normalmente distribuído com média 0 e variância  $\sigma_a^2$ . O termo  $e_{k(ij)}$  representa o erro aleatório suposto normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância  $\sigma^2$ .

O efeito de tratamentos foi testado tendo como denominador a estimativa da variância de  $\sigma_a^2$ . A pressuposição de homocedasticidade para a  $\sigma_a^2$  foi verificada usando-se um modelo simples contendo apenas uma variância para os diferentes tratamentos e um modelo contendo variâncias heterogêneas para os diferentes tratamentos. Foi então calculado o critério de Akaike (1974), corrigido para amostras finitas ou AICc (SUGIURA, 1978) conforme as recomendações de Burnham & Anderson (2004), tomando-se como melhor modelo aquele que apresentou a maior probabilidade de verossimilhança e o critério de parcimônia para o grau de parametrização dos modelos. As variáveis que envolviam concentrações, isto é, a taxa de crescimento específico e a sobrevivência, foram transformadas para que se enquadrassem no critério de normalidade. A variável transformada, isto é,  $Y'_{ijk} = 2 \arcsin \sqrt{Y_{ijk}}$ , foi então submetida ao mesmo modelo descrito na Eq. (1). Nas tabelas, as concentrações foram apresentadas na escala original, efetuando-se a operação  $\hat{Y}_{i..} = 100[\sin(\hat{Y}'_{i..}/2)]^2$ . Em ambos os casos foi empregado o procedimento MIXED do programa estatístico SAS (Version 9, SAS System Inc., Cary, NC, USA).

### 3. Resultados

3.1 Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água.

#### 3.1.1 Qualidade de água

Os valores obtidos para os parâmetros de qualidade de água no presente experimento estão dentro dos mencionados como aceitáveis para o cultivo de peixes (ARANA, 2004). Não houve diferença estatística entre os tratamentos ( $P > 0,05$ ), e os erros padrão observados foram baixos (Tabela 3), indicando pouca variação dos parâmetros ao longo do cultivo.

| Parâmetro                                 | Tratamento |            |            |               |            |            | p-value |
|---|------------|------------|------------|---------------|------------|------------|---------|
|   | 1          | 2          | 3          | 4             | 5          | 6          |         |
| pH  | 6.75±0.06  | 6.75±0.06  | 6.89±0.08  | 6.70±0.08     | 6.74±0.06  | 6.74±0.06  | 0,5657  |
| Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ) | 6.74±0.05  | 6.72±0.05  | 6.67±0.05  | 6.68±0.05     | 6.65±0.05  | 6.69±0.05  | 0,8298  |
| Temperatura (°C)                          | 28.75±3.77 | 28.54±3.77 | 28.56±3.77 | 28.53±3.77    | 28.49±3.77 | 28.39±3.77 | 0,4171  |
| Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )              | 0.0029±1.0 | 0.0029±1.0 | 0.0045±1.3 | 0.0040±0.0013 | 0.0031±1.0 | 0.0027±1.0 | 0,3831  |
| Condutividade (µS.cm <sup>-2</sup> )      | 580±112    | 578±112    | 461±137    | 424±137       | 575±112    | 567±112    | 0,9174  |

Tabela 2-3: Parâmetros de qualidade de água (média ± erro padrão) do cultivo de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

### 3.1.2 Comprimento final e peso final

Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis comprimento final (mm) e peso final (mg). Os tratamentos 4, 5 e 6 não foram significativamente diferentes entre si ( $P > 0,05$ ), mas apresentaram resultados superiores aos tratamentos 1, 2 e 3. Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos 1, 2 e 3 (Tabela 4).

| Tratamento | Comprimento final (mm) |                        |          | Peso final (mg) |                        |          |
|------------|------------------------|------------------------|----------|-----------------|------------------------|----------|
|            | Média                  | Intervalo de confiança |          | Média           | Intervalo de confiança |          |
|            |                        | Inferior               | Superior |                 | Inferior               | Superior |
| T1         | 9,75                   | 9,30                   | 10,19    | 11,30           | 8,82                   | 13,77    |
| T2         | 9,76                   | 9,31                   | 10,20    | 10,11           | 8,70                   | 11,51    |
| T3         | 9,92                   | 9,48                   | 10,37    | 11,21           | 9,30                   | 13,11    |
| T4         | 11,28                  | 10,83                  | 11,73    | 17,57           | 14,64                  | 20,50    |
| T5         | 11,52                  | 11,07                  | 11,96    | 20,46           | 17,78                  | 23,13    |
| T6         | 11,13                  | 10,68                  | 11,57    | 16,37           | 14,06                  | 18,69    |

Tabela 2-4: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água.

### 3.1.3 Crescimento, ganho de peso e sobrevivência

Houve efeito dos tratamentos para as variáveis crescimento, ganho de peso e sobrevivência. O crescimento observado para os tratamentos 4, 5 e 6, foi significativamente superior ( $P < 0,05$ ) aos valores observados para os tratamentos 1, 2 e 3 (Figura 1).

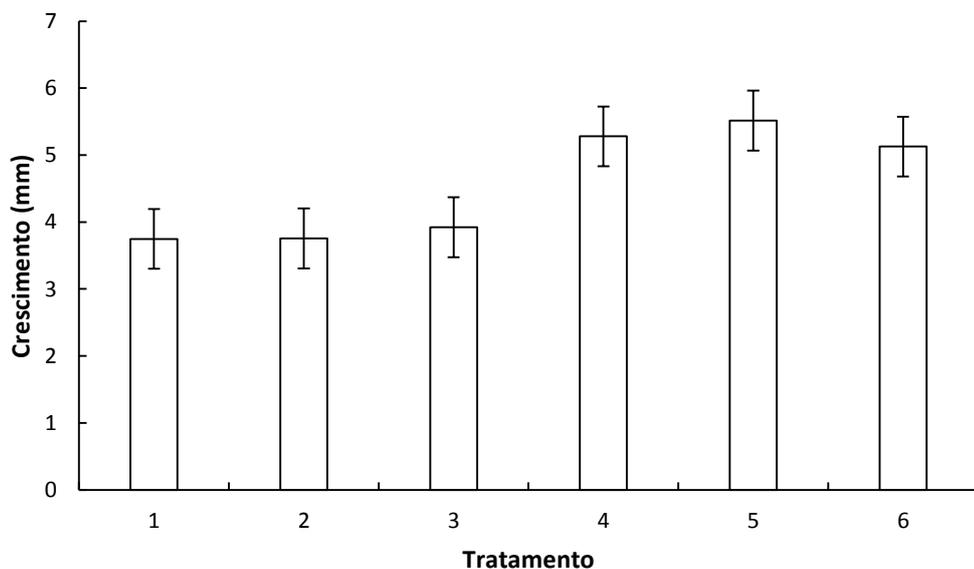


Figura 2-1: Média e intervalo de confiança do crescimento de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água.

Para a variável ganho de peso, os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram as melhores médias, e foram estatisticamente superiores ( $P < 0,05$ ) às dos tratamentos 2 e 3. Não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) do tratamento 1 para os tratamentos 2, 3 e 4, mas este apresentou resultado inferior aos tratamentos 5 e 6 (Figura 2).

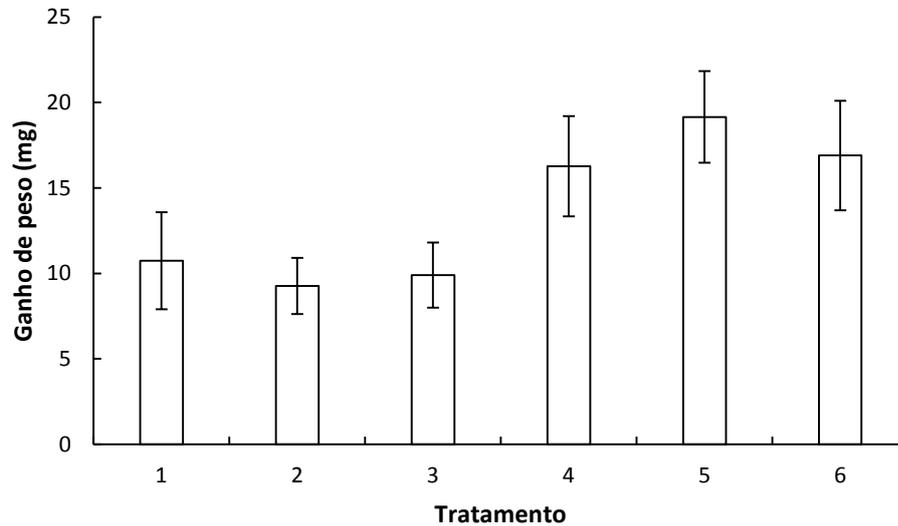


Figura 2-2: Média e intervalo de confiança do ganho de peso de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água.

A sobrevivência média das larvas foi influenciada pela quantidade de náuplios de artêmia oferecida. Para o tratamento 1 foi observado a menor média ( $8,75\% \pm 1,67$ ), mas não diferindo significativamente ( $P > 0,05$ ) do tratamento 2. O tratamento 4 apresentou a média mais alta de sobrevivência ( $68,62\% \pm 9,71$ ), mas não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) desse para os tratamentos 3, 5 e 6 (Figura 3).

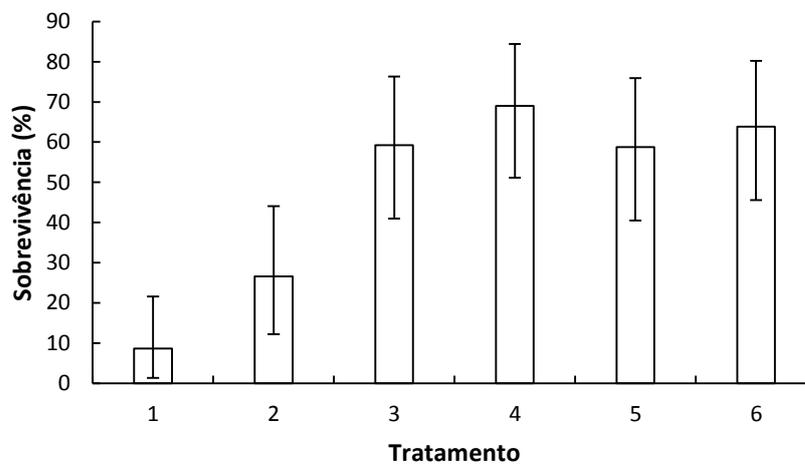


Figura 2-3: Média e intervalo de confiança da sobrevivência de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água.

### 3.1.4 Taxa de crescimento específico

As larvas mantidas com a alimentação proposta para o tratamento 5 apresentaram a média mais alta de crescimento diário ( $9,27\%.\text{dia}^{-1} \pm 1,65$ ), mas não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) desse tratamento para os tratamentos 4 e 6. Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos 1, 2 e 3, para os tratamentos 4, 5 e 6. Não foi observado diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos 1, 2 e 3 (Figura 4).

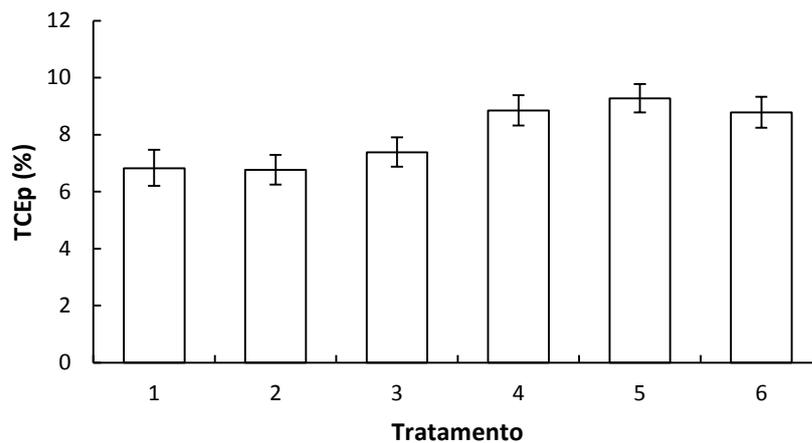


Figura 2-4: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico para comprimento de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água.

O tratamento 5 apresentou a maior média de ganho de peso diário ( $38,05\%.\text{dia}^{-1} \pm 6,05$ ), porém não diferiu significativamente ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos 4 ( $35,48\%.\text{dia}^{-1} \pm 7,58$ ) e 6 ( $35,93\%.\text{dia}^{-1} \pm 9,24$ ). Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) das larvas mantidas sobre influência dos tratamentos 4, 5 e 6 para as larvas mantidas nos tratamentos 2 e 3 (Figura 5). Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) das larvas mantidas no tratamento 1 para as larvas mantidas no tratamento 2, 3, 4 e 6.

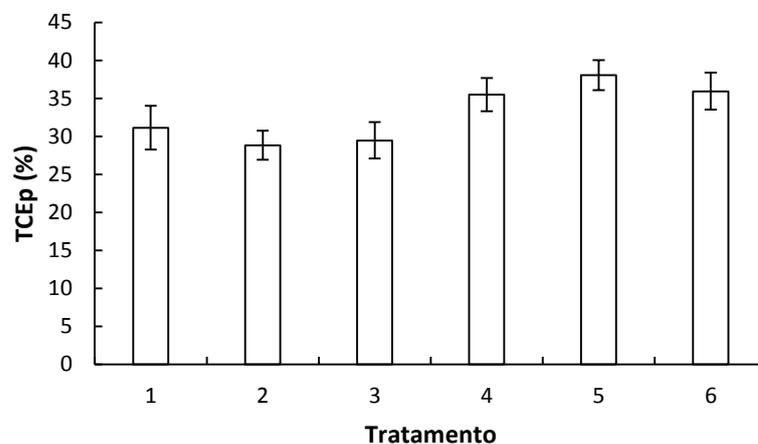


Figura 2-5: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água.

### 3.1.5 Custo com artêmia

Não houve diferença estatística entre os tratamentos para a variável custo com artêmia. Foi observado uma regressão polinomial do tipo quadrática (Figura 6), e a partir da equação da polinomial, foi possível obter o valor de 421 náuplios de artêmia ofertados por larva como sendo a quantidade para se obter o custo mínimo.

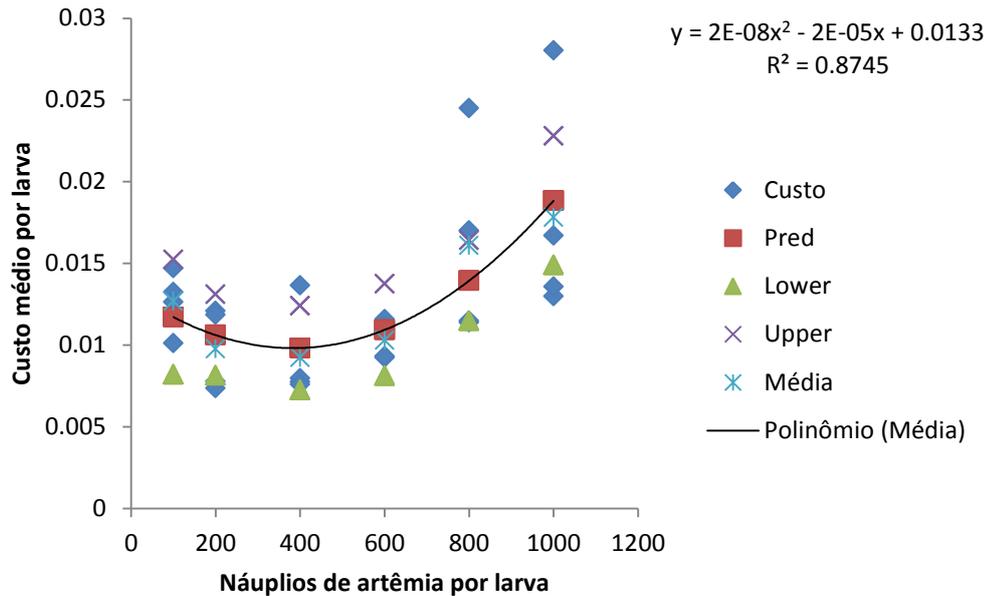


Figura 2-6: Custo com artêmia durante os sete dias de cultivo

## 3.2 Experimento 2: Estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

### 3.2.1 Qualidade de água

Todas as variáveis ficaram dentro do aceitável para a espécie. Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para a variável oxigênio dissolvido. O valor obtido para esta variável em T2 foi levemente inferior aos observados nos demais tratamentos (tabela 5).

Não houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) nos valores observados para os demais parâmetros de qualidade de água.

| Parâmetro                                 | Tratamento             |                        |                        |                        |                        |                        | p-value |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|
|   | 1                      | 2                      | 3                      | 4                      | 5                      | 6                      |         |
| pH  | 6.6±0.09               | 6.59±0.09              | 6.59±0.09              | 6.59±0.09              | 6.59±0.09              | 6.59±0.09              | 1       |
| Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> ) | 6.54±0.03 <sup>a</sup> | 6.44±0.03 <sup>b</sup> | 6.52±0.03 <sup>a</sup> | 6.57±0.03 <sup>a</sup> | 6.57±0.03 <sup>a</sup> | 6.57±0.03 <sup>a</sup> | 0,0162  |
| Temperatura (°C)                          | 28.41±0.04             | 28.42±0.04             | 28.38±0.04             | 28.38±0.04             | 28.37±0.04             | 28.39±0.04             | 0,9708  |
| Amônia (mg.L <sup>-1</sup> )              | 0.5±0.1                | 0.5±0.1                | 0.5±0.1                | 0.5±0.1                | 0.5±0.1                | 0.5±0.1                | 0,9477  |
| Condutividade (µS.cm <sup>-2</sup> )      | 162.81±25.14           | 163.25±25.14           | 160.81±25.14           | 164.31±25.14           | 163.06±25.14           | 163.12±25.14           | 1       |

Tabela 2-5: Parâmetros de qualidade de água (média ± erro padrão) do cultivo de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água. Letras diferentes na mesma linha significam diferença significativa ( $P < 0,05$ ).

### 3.2.2 Comprimento final e peso final

Houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) da estratégia alimentar adotada para as variáveis comprimento final (mm) e peso final (mg). As larvas submetidas ao regime alimentar do tratamento 1 foram significativamente inferiores ( $P < 0,01$ ) as larvas de todos os outros tratamentos. As larvas do tratamento 3 apresentaram melhores médias de comprimento final e peso final, houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) dessas para as larvas dos tratamentos 4, 5 e 6. Também houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) das larvas submetidas ao tratamento 2 para as larvas submetidas aos tratamentos 5 e 6. Assim como houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) das larvas do tratamento 4 para as larvas do tratamento 6 (Tabela 6).

| Tratamento | Comprimento final (mm) |                        |          | Peso final (mg) |                        |          |
|------------|------------------------|------------------------|----------|-----------------|------------------------|----------|
|            | Média                  | Intervalo de confiança |          | Média           | Intervalo de confiança |          |
|            |                        | Inferior               | Superior |                 | Inferior               | Superior |
| T1         | 12,36                  | 11,70                  | 13,02    | 13,83           | 11,11                  | 16,54    |
| T2         | 17,64                  | 16,98                  | 18,30    | 55,43           | 47,30                  | 63,55    |
| T3         | 18,15                  | 17,49                  | 18,80    | 61,63           | 52,45                  | 70,80    |
| T4         | 16,50                  | 15,84                  | 17,15    | 43,10           | 36,61                  | 49,59    |
| T5         | 15,36                  | 14,70                  | 16,02    | 31,48           | 26,58                  | 36,37    |
| T6         | 14,88                  | 14,22                  | 15,53    | 28,60           | 24,23                  | 32,97    |

Tabela 2-6: Comprimento final e peso final (com seus respectivos intervalos de confiança) para larvas de carpa ornamental cultivadas com diferentes estratégias alimentares em sistema de recirculação de água.

### 3.2.3 Crescimento, ganho de peso e sobrevivência

As larvas submetidas ao regime alimentar do tratamento 1 foram significativamente inferiores ( $P < 0,01$ ) às larvas de todos os outros tratamentos. A estratégia adotada no tratamento 3 proporcionou a média mais alta de crescimento ( $12,14 \pm 1,69$ cm), mas não foi observado diferença significativa ( $P > 0,01$ ) para o tratamento 2. Porém, houve diferença estatística ( $P < 0,01$ ) das larvas do tratamento 3 para os tratamentos 4, 5 e 6. As larvas

mantidas sob influência do tratamento 2 e 4 foram significativamente superiores ( $P < 0,01$ ) às larvas mantidas sob os regimes alimentares propostos para os tratamentos 5 e 6 (Figura 7).

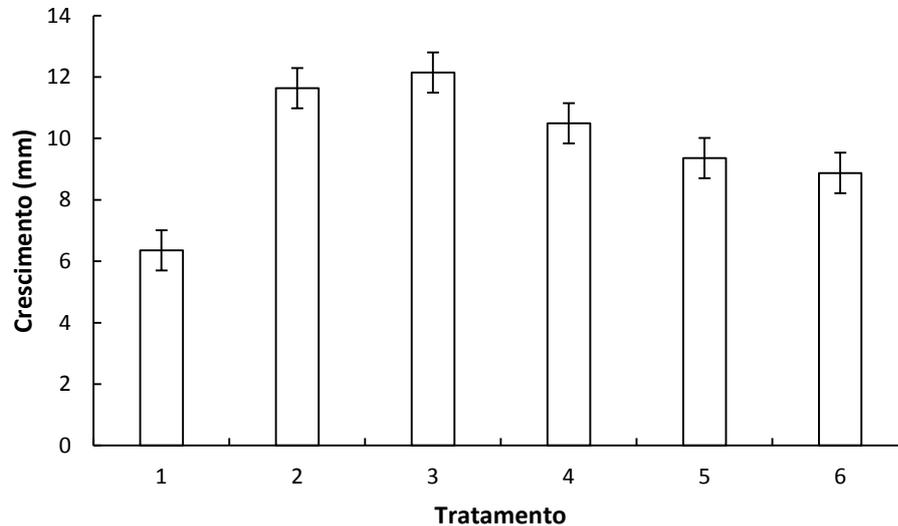


Figura 2-7: Média e intervalo de confiança do crescimento (mm) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.

Foi observado a menor média de ganho de peso ( $12,53 \pm 6,26\text{mg}$ ) nas larvas submetidas ao tratamento 1, diferindo significativamente ( $P < 0,01$ ) de todos os outros tratamentos. O tratamento 3 obteve a média mais alta de ganho de peso ( $60,23 \pm 21,16\text{mg}$ ), mas não houve diferença significativa para o tratamento 2. Porém, houve diferença estatística ( $P < 0,01$ ) das larvas do tratamento 3 para os tratamentos 4, 5 e 6. As larvas mantidas sob influência do tratamento 2 e 4 apresentaram ganho de peso significativamente superiores ( $P < 0,01$ ) às larvas mantidas sob os regimes alimentares propostos para os tratamentos 5 e 6 (Figura 8).

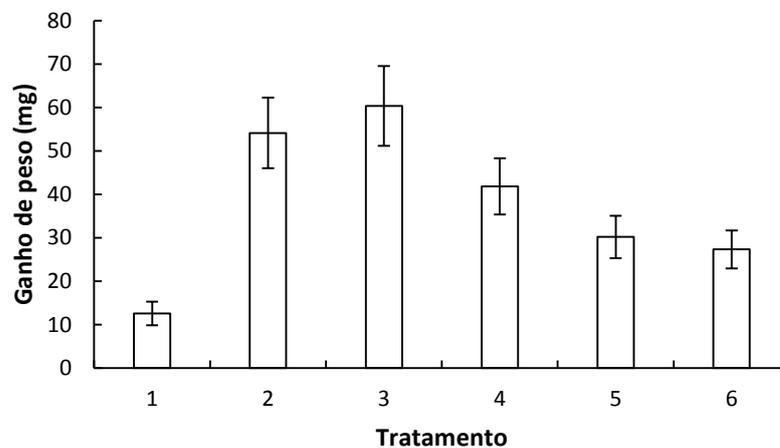


Figura 2-8: Média e intervalo de confiança do ganho de peso (mg) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes.

Não houve diferença significativa ( $P > 0,01$ ) da influência da estratégia alimentar adotada sobre a sobrevivência (Figura 9). A maior média de sobrevivência foi observada no tratamento 3 ( $79,71\% \pm 4,72$ ), e a menor foi observada no tratamento 1 ( $64,52\% \pm 10,15$ ).

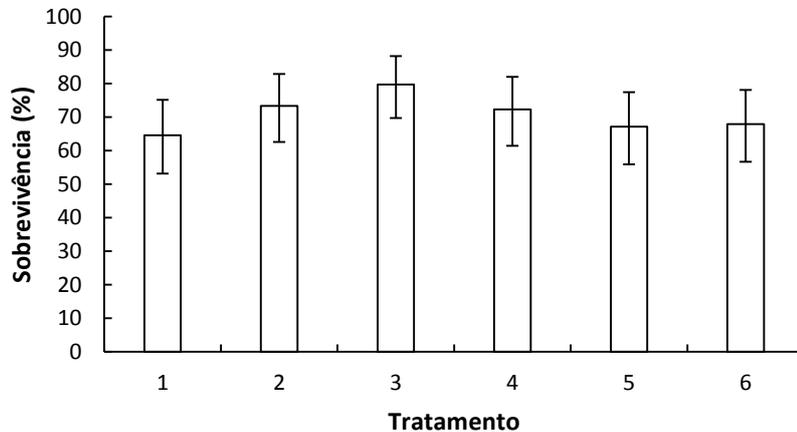


Figura 2-9: Média e intervalo de confiança da sobrevivência (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.

### 3.2.4 Taxa de crescimento específico

O crescimento diário das larvas mantidas sobre o regime alimentar proposto no tratamento 1 foi significativamente ( $P < 0,01$ ) inferior quando comparado com os demais tratamentos. O tratamento 3 foi significativamente ( $P < 0,01$ ) superior aos tratamentos 4, 5 e 6, mas não foi observado diferença significativa ( $P > 0,01$ ) deste para tratamento 2. Não houve diferença significativa ( $P > 0,01$ ) do tratamento 2 para tratamento 4, mas foi observado diferença significativa ( $P < 0,01$ ) do tratamento 2 para os tratamentos 5 e 6 (Figura 10).

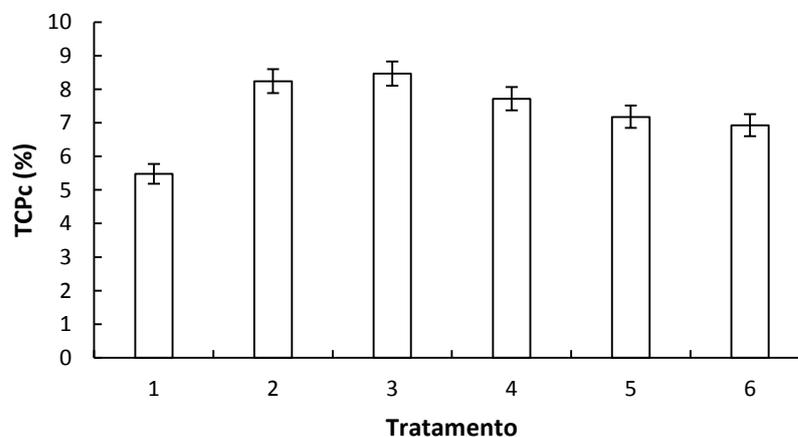


Figura 2-10: Média e intervalo de confiança da taxa de crescimento específico para comprimento (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.

Para a variável ganho de peso diário, houve influência das diferentes estratégias alimentares ( $P < 0,01$ ). Os tratamentos 5 e 6, que foram significativamente ( $P < 0,01$ ) superiores ao tratamento 1, foram inferiores ao tratamento 3, que apresentou a média mais alta. O tratamento 2 foi significativamente ( $P < 0,01$ ) superior aos tratamentos 1, 5 e 6, mas não foi significativamente diferente ( $P > 0,01$ ) dos tratamentos 3 e 4. E o tratamento 4 foi significativamente ( $P < 0,01$ ) inferior ao tratamento 3, e superior aos tratamentos 1, 5 e 6 (Figura 11).

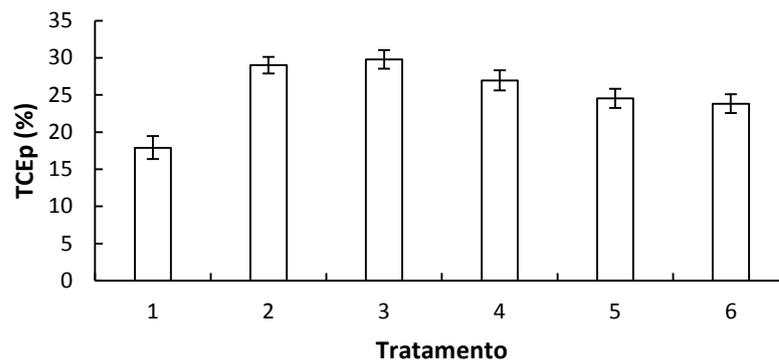


Figura 2-11: Média e intervalo de confiança do ganho de peso diário (%) de larvas de carpa ornamental mantidas em sistema de recirculação de água sob diferentes regimes alimentares.

#### 4. Discussão

4.1 Experimento 1: Avaliação da concentração ideal de artêmia na forma de náuplios recém eclodidos, na alimentação de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água.

O sistema de recirculação de água adotado no presente experimento mostrou-se eficiente em manter os parâmetros de qualidade de água dentro da faixa tolerável para a espécie, durante o tempo de cultivo (ARANA, 2004). Não foi observado diferença significativa ( $P > 0,05$ ) dos parâmetros de qualidade de água entre os tratamentos.

A pior média de sobrevivência observada no presente experimento foi no T1 ( $8,68\% \pm 1,93$ ). O tratamento T2 também apresentou média de sobrevivência ( $26,59\% \pm 10,26$ ) abaixo do esperado para a espécie em cultivos de recirculação de água. As baixas médias de sobrevivência observadas nesses dois tratamentos provavelmente estão relacionadas com a quantidade de alimento fornecido para as larvas, fato que provavelmente aumentou a competição intra-específica, gerando aumento da mortalidade. Contrariamente ao observado no presente experimento, Fosse (2013), observou sobrevivência de  $97,86 \pm 1,84\%$  no cultivo de larvas de carpa ornamental, utilizando apenas 150 náuplios de artêmia por larva, mas este autor adotou a densidade de 7 larvas.L<sup>-1</sup>, e não deixa claro se foi realizada

correção proporcional à mortalidade referente a quantidade de náuplios ofertada. Enquanto que no presente experimento foi utilizada a densidade de 20 larvas.L<sup>-1</sup>, e foi realizada correção da quantidade de náuplios ofertados de acordo com a mortalidade observada. Nenhum dado foi encontrado na literatura fazendo referência a influência da competição intra-específica sobre a proporção ofertada de náuplios de artêmia por larva. Em geral, nos experimentos com densidades de estocagem, o aumento da quantidade de alimento oferecido é proporcional à biomassa da unidade experimental, de modo que os autores não consideram o fator competição intra-específica, e provavelmente, este fator influenciou de forma negativa a sobrevivência em T1 e T2 no presente experimento.

Os valores observados no presente experimento para as variáveis de desempenho zootécnico indicam que o aumento da quantidade de náuplios de artêmia oferecidos influenciou no desenvolvimento das larvas. O aumento do número de náuplios de artêmia até a quantidade de 600 náuplios.larva<sup>-1</sup> (T4), melhorou o desempenho das larvas. Assim como no presente experimento, Bryant e Matty (1980) observaram este mesmo aspecto no desempenho zootécnico de larvas de carpa comum.

As larvas submetidas aos tratamentos T5 e T6 (800 e 1000 náuplios.larva<sup>-1</sup>, respectivamente), não apresentaram diferença significativa no desempenho zootécnico para as larvas do T4 (600 náuplios.larva<sup>-1</sup>), mas foi observado que a partir de 421 náuplios.larva<sup>-1</sup>, há aumento do custo médio por larva com artêmia. Diversos autores mencionam que o custo com alimento vivo nas fases iniciais da produção de peixes é um dos grandes problemas enfrentados pelos produtores (FOSSE *et al.*, 2013; AYRES, 2006; JOMORI *et al.*, 2005) e o uso desta fonte de alimento deve ser minimizado no cultivo sempre que possível.

No presente experimento, as larvas submetidas aos tratamentos T4, T5 e T6 apresentaram peso final superior ao observado por Fosse (2013). Apesar deste autor ter utilizado densidade de estocagem menor (7 larvas.L<sup>-1</sup>) e período de biometria maior (10 dias) do que no presente experimento, neste as larvas dos tratamentos T4, T5 e T6 tiveram desempenho superior. Este fato pode ser explicado devido à maior quantidade de náuplios de artêmia oferecidos por larva no presente experimento nos tratamentos citados.

Foi observado no presente experimento que os peixes de T1 não apresentaram diferença significativa para os peixes de T4 para as variáveis ganho de peso e taxa de crescimento específico para peso. Provavelmente, este fato se deu devido à alta mortalidade em T1, e conseqüente baixa da densidade de estocagem e da competição intra-específica pelo alimento fornecido nesse tratamento. Diversos autores citam que a baixa da densidade de estocagem influencia o desempenho de larvas (GONÇALVES JR. *et al.*, 2014; JOAQUIM *et al.*, 2014; JELKIĆ *et al.*, 2012).

No tratamento T4 do presente experimento, foi observado sobra de náuplios de artêmia até o terceiro dia de cultivo, enquanto que para os tratamentos T5 e T6, foi

observado sobra de alimento durante todo o período experimental. Observações que indicam que nos períodos mencionados foi ofertado mais alimento do que as larvas conseguiram ingerir. Para solucionar tal problema Bryant e Matty (1980) realizando experimentos de quantificação de náuplios de artêmia com larvas de carpa comum, fizeram correções diárias da quantidade de alimento fornecido, com base no crescimento diário das larvas. No presente experimento, não foi adotado nenhuma aumento na alimentação, pois o objetivo era avaliar os efeitos de níveis de quantidade de náuplios de artêmia ofertados por larva na fase inicial do cultivo. Em cultivos comerciais, para solucionar tal problema o mais indicado seria a utilização de estratégias alimentares, como sugeridos por diversos autores (LIU *et al.*, 2012; AGH *et al.*, 2013; PRADHAN *et al.*, 2014).

Os resultados do presente experimento demonstram que o aumento da quantidade de náuplios de artêmia ofertados influencia no desenvolvimento de larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação. E que nas condições utilizadas no presente experimento a quantidade adequada é a de 600 náuplios.larva<sup>-1</sup>, já que oferece os melhores índices de desenvolvimento, com o menor custo de produção.

#### 4.2 Estratégias alimentares para larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

As médias dos parâmetros de qualidade de água de todos os tratamentos estiveram dentro dos padrões aceitáveis para o cultivo de peixes (ARANA, 2004; DESAI e SINGH, 2009). Apesar da diferença significativa na variável oxigênio dissolvido no tratamento T2, o oxigênio sempre se manteve dentro da faixa ideal para a espécie (MUSTAFA *et al.*, 2011), e não afetou no desenvolvimento das larvas.

Nenhuma das estratégias alimentares adotadas afetou a sobrevivência das larvas no presente experimento. Mas as larvas submetidas à estratégia alimentar proposta pelo tratamento 1, apresentavam-se bem debilitadas, fato que pode ser observado no baixo peso final. Diferentemente do observado neste experimento, diversos autores mencionaram diminuição da sobrevivência quando a primeira alimentação exógena das larvas foi constituída de ração comercial (AGH *et al.*, 2013; PRADHAN *et al.*, 2014). Possivelmente, a sobrevivência não foi afetada pelas estratégias alimentares no presente experimento, devido ao curto tempo de cultivo adotado. Diversos autores mencionam aumento da mortalidade das larvas quando submetidas a jejum e/ou alimentadas exclusivamente com alimento inerte, apenas a partir do 18º dia após eclosão (TESSER e PORTELLA, 2006; LEITÃO *et al.*, 2011; MENOSSI *et al.*, 2012), e Carvalho *et al.* (1997) observaram mortalidade total das larvas de carpa comum mantidas em jejum no 12º dia após eclosão. Observando o desenvolvimento zootécnico e o estado físico das larvas submetidas ao tratamento 1, pode-

se presumir que se o cultivo fosse mais longo, a sobrevivência do referido tratamento seria inferior ao que foi observado.

No presente experimento foi observado que as larvas de carpa submetidas ao protocolo alimentar proposto para o tratamento 1 foram capazes de se alimentar de ração desde o primeiro dia de alimentação exógena, assim como observado por outros autores (BRYANT e MATTY, 1981; FOSSE, 2013), mas apresentaram resultados de desenvolvimento zootécnico inferiores aos observados para os demais tratamentos. Diferindo do observado no presente experimento, alguns autores trabalhando com outras formulações de ração na larvicultura da carpa comum, conseguiram bons resultados de desempenho zootécnico utilizando alguns ingredientes base, como fermento e caseína (CARVALHO *et al.*, 1997; CAHU *et al.*, 1998).

Provavelmente o baixo rendimento das larvas alimentadas com ração comercial desde o primeiro dia de alimentação exógena no presente experimento, esteve relacionado com a limitada capacidade de digestão das larvas aliada à qualidade da ração fornecida para a fase larval da espécie, assim como observado por Tesser *et al.* (2006). Fosse (2013) trabalhando com diferentes estratégias alimentares na larvicultura da carpa ornamental, também não observou bom desempenho das larvas alimentadas exclusivamente com ração comercial.

Apesar do baixo rendimento zootécnico observado nas larvas alimentadas exclusivamente com ração no presente experimento, os tratamentos 2 e 3 que utilizaram na alimentação, simultaneamente, náuplios de artêmia e ração, apresentaram resultados superiores às demais estratégias alimentares. A melhora na digestão do alimento inerte devido à presença do alimento vivo também foi observado por Tesser e Portella (2003), que observaram que os grânulos da dieta microencapsulada coletados no trato digestório de larvas de pacu (*P. mesopotamicus*) coalimentadas com náuplios de artêmia apresentavam maiores áreas de degradação do que os retirados dos tratos de larvas alimentadas exclusivamente com alimento inerte. Provavelmente, o resultado obtido no tratamento 1 do presente experimento foi consequência da baixa capacidade da ração comercial em estimular a produção de enzimas digestivas, fato que pode ter sido corrigido nos tratamentos 2 e 3 em virtude da presença do alimento vivo, tal mecanismo foi observado por Cahu e Zambonino-Infante (2001).

Estratégias similares às utilizadas no presente experimento, utilizando como fonte de alimento tanto o alimento inerte como o alimento vivo durante a fase de larvicultura, já haviam sido testadas com sucesso para diferentes espécies por diversos autores (LIU *et al.*, 2012; FOSSE *et al.*, 2013; PRADHAN, *et al.*, 2014), muitas vezes sendo chamada de co - alimentação.

Diferentemente do que foi testado no presente experimento, Dabrowski (1984) testou a estratégia do uso do alimento inerte e do alimento vivo na fase de larvicultura de forma não simultânea. O autor mencionado observou que larvas de carpa alimentadas exclusivamente com alimento vivo apresentaram índices de desenvolvimento zootécnico superiores às larvas alimentadas com alimento vivo e posteriormente com alimento inerte. Possivelmente os resultados obtidos pelo autor citado acima foram consequência da mudança brusca do alimento vivo pelo alimento inerte, fato que não ocorreu no presente experimento já que não houve substituição de componentes da alimentação durante toda a fase de larvicultura. Fosse (2013) observou que larvas de carpa ornamental alimentadas simultaneamente com alimento vivo e inerte apresentaram comprimento final e peso final superiores às larvas mantidas apenas com alimento vivo, fato que corrobora com os resultados obtidos no presente experimento.

Os tratamentos 2 e 3 do presente experimento não diferiram significativamente entre eles, de modo que, a forma como a ração e os náuplios de artêmia foram ofertados não influenciou no desenvolvimento das larvas de carpa. Mas, foi observado que nos tanques de cultivo referentes ao tratamento 3, onde foi ofertado o “alimento pastoso”, os restos de comida estavam concentrados num único ponto, fato que facilitou a limpeza dos tanques. Estratégias alimentares que facilitem o manejo dos cultivos são de grande interesse, pois minimizam o custo com mão-de-obra, que na larvicultura de peixes ornamentais, representa um dos maiores custos de produção. Assim como na piscicultura ornamental, o custo com mão-de-obra representa grande parte do custo total na produção de outras espécies aquícolas como no cultivo da ostra do Pacífico, *Crassostrea gigas*, (Huang *et al.*, 2013), e na produção de cobia (*Rachycentron canadum*) em gaiolas (HUANG *et al.*, 2011).

Não foi observado diferença significativa para os índices de desenvolvimento zootécnico entre os tratamentos 2 e 4, evidenciando que a oferta de ração desde o primeiro dia de alimentação exógena, pode substituir o aumento diário da quantidade de náuplios de artêmia ofertados. A diminuição do uso do alimento vivo nas larviculturas também foi observada com grande interesse por Bryant e Matty, 1980, principalmente do ponto de vista econômico. A possibilidade do uso do alimento inerte na fase de larvicultura através de um período de coalimentação, sem que haja danos no crescimento e na sobrevivência, também foi relatado por outros autores (ROSENLUND *et al.*, 1997; CAÑAVATE e FERNÁNDEZ-DÍAZ, 1999).

Os resultados obtidos no presente experimento nos tratamentos que utilizaram exclusivamente náuplios de artêmia como fonte de alimento (tratamento 4, 5 e 6), mostraram a necessidade da correção da quantidade de alimento ofertado ao longo do cultivo de larvas. Provavelmente, tais correções sejam necessárias devido ao intenso processo de crescimento demonstrado pelas larvas, que pode ser observado através dos

dados de taxa de crescimento específico. Diversos autores (OSSE et al., 1997; TESSER e PORTELLA, 2006) correlacionam o aumento da taxa de ingestão com o crescimento em comprimento e a necessidade de suprir a demanda de energia para o crescimento da larva, fato que corrobora com os resultados observados no presente experimento em relação à necessidade de aumento da quantidade de alimento fornecido ao longo do cultivo.

Assim como no presente experimento, Bryant e Matty (1980) observaram a necessidade da correção da quantidade de náuplios de artêmia ofertados durante a fase de larvicultura da carpa. Para os autores mencionados, nos primeiros cinco dias de cultivo, uma quantidade de 200-250% do peso corporal das larvas deve ser ofertada e essa quantidade deve ser reduzida para 100-150% a partir do décimo dia. Apesar do termo utilizado pelos autores ser “redução”, há um aumento da quantidade total de náuplios de artêmia ofertados, já que o valor está relacionado com a porcentagem do peso das larvas.

Os resultados do presente experimento revelaram que o fornecimento de uma ração comercial e do alimento vivo, simultaneamente, desde o primeiro dia de alimentação exógena, proporcionou crescimento significativamente superior às larvas cultivadas exclusivamente com alimento vivo, e deve ser adotada como a melhor estratégia alimentar para larvas de carpa ornamental cultivadas em sistema de recirculação de água. Também foi constatado que aumentos diários de 10% da quantidade de náuplios de artêmia ofertados, rendem melhores índices zootécnicos na larvicultura da carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

## 5. Referências bibliográficas

AGH, N., ASGARI, R., NOORI, F. 2013. Optimizing the Co-feeding strategy of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae using *Artemia* nauplii and formulated diet. International Journal of Aquatic Biology, 1(4), 158-166.

AKAIKE, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19, 716-723.

ARANA, L. V. 2004. Princípios químicos de qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Ed. UFSC. 231p.

AYRES, T. J. S. 2006. Produção de juvenis de *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829) com dietas vivas e formuladas. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

BRYANT, P. L., MATTY, A. J. 1980. Optimisation of artemia feeding rate for carp larvae (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture, 21, 203-212.

BRYANT, P. L., MATTY, A. J. 1981. Adaptation of carp (*Cyprinus carpio*) larvae to artificial diets. 1. Optimum feeding rate and adaptation age for a commercial diet. Aquaculture, 23, 275-286.

- BURNHAM, K.P., ANDERSON, D.R. 2004. Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, 33, 261-304.
- CAHU, C. L., ZAMBONINO-INFANTE, J. L. 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture*, 200, 161-180.
- CAHU, C L., ZAMBONINO-INFANTE, J. L., ESCAFFRE, A. M., BERGOT, P., KAUSHIK, S. 1998. Preliminary results on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing with compound diet from first feeding. Comparison with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, 169, 1-7.
- CAÑAVATE, J. P., FERNÁNDEZ-DÍAZ, C. 1999. Influence of co-feeding larvae with live and inert diets on weaning the sole *Solea senegalensis* onto commercial dry feeds. *Aquaculture*, 174, 255-263.
- CARVALHO, A. P., ESCAFFRE, A. M., OLIVA TELES, A., BERGOT, P. 1997. First feeding of common carp larvae on diets with high levels of protein hydrolysates. *Aquaculture International*, 5, 361-367.
- CHABALIN, E., SENHORINI, J. A., FERRAZ De LIMA, J. A. 1989. Estimativa de custo de produção de larvas e alevinos. *Boletim Técnico do CEPTA*, 2, 61-74.
- CHARLON, N., BERGOT, P. 1984. Rearing system for feeding fish larvae on dry diets trial with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. *Aquaculture*, 41, 1-9.
- DABROWSKI, K. 1984. Influence of initial weight during the change from live to compound feed on the survival and growth of four cyprinids. *Aquaculture*, 40, 27-40.
- DABROWSKI, K., DABROWSKA, H., GRUDNIEWSKI, C. 1978. A study of the feeding of common carp larvae with artificial food. *Aquaculture*, 13, 257-264.
- DESAI, A. S., SINGH, R. K. 2009. The effects of water temperature and ration size on growth and body composition of fry of common carp, *Cyprinus carpio*. *Journal of Thermal Biology*, 34, 276-280.
- FAO, 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. 223 pp. (also available at <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>).
- FOSSE, P. J. 2013. Estratégias de alimentação na larvicultura de três espécies de peixes ornamentais. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.
- FOSSE, P. J., MATTOS, D. C., CARDOSO, L. D., MOTTA, J. H. S., JASPER, A. P. S., RADAEL, M. C., ANDRADE, D. R., VIDAL JÚNIOR., M. V. 2013. Estratégia de alimentação na sobrevivência e no crescimento de larvas de *Betta splendens* durante a transição alimentar. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(6), 1801-1807.
- GONÇALVES JÚNIOR, L.P., MENDONÇA, P.P., PEREIRA, S.L., MATIELO, M.D., AMORIM, I.R.F. 2014. Densidade de estocagem durante a larvicultura do kinguio. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40 (4), 597-604.
- HUANG, C-T., MIAO, S., NAN, F-H., JUNG, S-M. 2011. Study on regional production and economy of cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture. *Aquaculture International*, 19, 649-664.

- HUANG, J-F., LEE, J-M., SUN, P-C. 2013. Prolonged culture period on production cost and factor input: a case from the Pacific Oyster, *Crassostrea gigas*, farming industry in Yunlin County, Taiwan. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44 (6), 795-804.
- JELKIĆ, D., OPAČAK, A., STEVIĆ, I., OZIMEC, S., JUG-DUJAKOVIĆ, J., SAFNER, R. 2012. Rearing common carp larvae (*Cyprinus carpio*) in closed recirculating aquaculture system (RAS). *Ribarstvo*, 70, (1), 9-17.
- JOAQUIM, S., MATIAS, D., MATIAS, A.M., LEITÃO, A., SOARES, F., CABRAL, M., CHÍCHARO, L., GASPAR, M.B. 2014. The effect of density in larval rearing of the pullet carpet shell *Venerupis corrugata* (Gmelin, 1791) in a recirculating aquaculture system. *Aquaculture Research*, 1-12.
- JOMORI, R. K., CARNEIRO, D. J., GERALDO-MARTINS, M. I. E., PORTELLA, M. C. 2005. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems, *Aquaculture*, 243 (1-4), 175-183.
- JOMORI, R. K., CARNEIRO, D. J., MALHEIROS, E. B., PORTELLA, M. C. 2003. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at diferente initial larviculture periods indoors. *Aquaculture*, 221, 277-287.
- JOMORI, R.K. 2005. Organismos vivos e dietas secas na larvicultura do pacu *Piaractus mesopotamicus* e o uso dos isótopos estáveis de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) como indicadores naturais da incorporação do alimento no tecido larval. Tese de doutorado. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- KAMASZEWSKI, M., PRASEK, M., OSTASZEWSKA, T., DABROWSKI, K. 2014. The influence of feeding diets containing wheat gluten supplemented with dipeptides or free amino acids on structure and development of the skeletal muscle of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture International*, 22, 259-271.
- LEITÃO, N. J., PAI-SILVA, M. D., ALMEIDA, F. L. A., PORTELLA, M. C. 2011. The influence of initial feeding on muscle development and growth in pacu *Piaractus mesopotamicus* larvae. *Aquaculture*, 315, 78-85.
- LITTELL, R. C., HENRY, P. R., AMMERMAN, C. B. 1998. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. *Journal of Animal Science*, 76, 1216-1231.
- LIU, B., ZHU, X., LEI, W., YANG, Y., HAN, D., JIN, J., XIE, S. 2012. Effects of different weaning strategies on survival and growth in Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Günther) larvae. *Aquaculture*, 363-365, 13-18.
- MENOSSE, O. C., TAKATA, R., SÁNCHEZ-AMAYA, M. I., FREITAS, T. M., YÚFERA, M., PORTELLA, M. C. 2012. Crescimento e estruturas do sistema digestório de larvas de pacu alimentadas com dieta microencapsulada produzida experimentalmente. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(1), 1-10.
- MUSTAFA, S. A., AL-SUBIAI, S. N., DAVIES, S. J., JHA, A. N. 2011. Hypoxia-induced oxidative DNA damage links with higher level biological effects including specific growth rate in common carp, *Cyprinus carpio* L. *Ecotoxicology*, 20, 1455-1466.
- OSSE, J. W. M., van der BOOGAART, J. G. M., van SNIK, G. M.J., *et al.* 1997. Priorities during early growth of fish. *Aquaculture*, 155, 249-258.
- PORTELLA, M.C., JOMORI, R.K., LEITÃO, N.J., MENOSSE, O.C.C., FREITAS, T.M., KOJIMA, J.T., LOPES, T.S., CLAVIJO-AYALA, J.A., CARNEIRO, D.J. 2014. Larval

development of indigenous South American freshwater fish species, with particular reference to pacu (*Piaractus mesopotamicus*): A review. *Aquaculture*, 432, 402-417.

PRADHAN, P. K., JENA, J., MITRA, G., SOOD, N., GISBERT, E. 2014. Effects of different weaning strategies on survival, growth and digestive system development in butter catfish *Ompok bimaculatus* (Bloch) larvae. *Aquaculture*, 424-425, 120-130.

ROSENLUND, G., STOSS, J., TALBOT, C. 1997. Co-feeding marine fish larvae with inert and live diets. *Aquaculture*, 155, 183-191.

SUGIURA, N. 1978. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. *Communications in Statistics, Theory and Methods*, A7, 13-26.

TESSER, M. B., PORTELLA, M. C. 2003. Degradation analysis of microencapsulated diet in pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg, 1887) larvae intestine through scanning electron microscopy. *Acta Scientiarum*, 25, 49-52.

TESSER, M. B., PORTELLA, M. C. 2006. Ingestão de ração e comportamento de larvas de pacu em resposta a estímulos químicos e visuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35 (5), 1887-1892.

TESSER, M. B., FLORES-QUINTANA, C. I., CARNEIRO, D. J., PIZAURO JUNIOR, J. M., PORTELLA, M. C. 2006. Suplementação de enzimas exógenas em dieta microparticulada para larvicultura do pacu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(6), 2211-2218.

XU, P., ZHANG, X., WANG, X., LI, J., LIU, G., KUANG, Y., *et al.*, 2014. Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nature Genetics*, 46 (11), 1212-1221.

## CONCLUSÃO

O cultivo intensivo de larvas de carpa ornamental pode ser realizado em sistemas de recirculação de água como forma de aumentar a sobrevivência durante a larvicultura, principalmente, nos meses em que os fatores ambientais influenciam de forma negativa o tradicional sistema semi-intensivo de cultivo em tanques escavados.

Ficou evidenciado que diferentes densidades de estocagem podem ser utilizadas na larvicultura da carpa em sistema de recirculação de água, dependendo de qual variável tenha maior importância para o projeto de produção em vigência. Foi possível observar que a densidade de 25 larvas.L<sup>-1</sup> pode ser utilizada para projetos que visem grandes quantidades de peixes produzidos, pois apresentou o menor custo de produção e alta produtividade, além de bons índices de desempenho zootécnico e baixa heterogeneidade do lote.

A menor densidade (5 larvas.L<sup>-1</sup>) apresentou o maior custo de produção, mas também apresentou os melhores índices de desenvolvimento zootécnico e uniformidade do lote, essa densidade de estocagem pode ser utilizada para animais com alto valor unitário, como proles de peixes de alto padrão genético. As densidades de 35 e 40 larvas.L<sup>-1</sup> apresentaram maior produtividade, mas para que estas densidades possam ser utilizadas, o problema de heterogeneidade do lote, assim como os altos níveis de mortalidade observados a partir do 9º dia cultivo, devem ser resolvidos. Para tal, a estratégia de re-estocagem apresentou bons resultados de crescimento compensatório e pode ser adotada para cultivos em altas densidades de larvas de carpa ornamental em sistema de recirculação de água.

Protocolos alimentares também foram testados e segundo os resultados, a quantidade de 600 náuplios de artêmia por larva demonstrou ser a melhor estratégia, pois gerou um crescimento ótimo e o custo foi menor do que aquele observado com a utilização de 800 e 1000 náuplios de artêmia por larva. Também foi observado que a estratégia alimentar com alimento vivo (náuplios de artêmia) mais ração comercial proporcionou o melhor desempenho zootécnico para larvas de carpa ornamental. Ficou evidente a necessidade da correção da quantidade de alimento vivo ao longo do cultivo, provavelmente devido às altas taxas de crescimento específico observadas durante a fase larval.