

MARCELO SIQUEIRA FRANKLIN

Tecnologia de bioflocos no cultivo e pós-cultivo do camarão de água doce

Macrobrachium rosenbergii

Recife,

Agosto/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
AQUICULTURA

Tecnologia de bioflocos no cultivo e pós-cultivo do camarão de água doce

Macrobrachium rosenbergii

Marcelo Siqueira Franklin

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia

Orientador

Recife,

Agosto/2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

F831t Franklin, Marcelo Siqueira
Tecnologia de bioflocos no cultivo e pós-cultivo do camarão de
água doce *Macrobrachium rosenbergii* / Marcelo Siqueira Franklin. –
2019.
62 f. : il.

Orientador: Eudes de Souza Correia.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e
Aqüicultura, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências e anexo(s).

1. Gigante da Malásia 2. Densidade de estocagem 3. Filé de
camarão I. Correia, Eudes de Souza, orient. II. Título

CDD 636.3

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E
AQUICULTURA

Tecnologia de bioflocos no cultivo e pós-cultivo do camarão de água doce

Macrobrachium rosenbergii

MARCELO SIQUEIRA FRANKLIN

Dissertação julgada adequada para
obtenção do título de Mestre em Recursos
Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e
julgada aprovada em 28/08/2019, pela
seguinte Banca Examinadora.

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia (Orientador)

Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Juliana Ferreira dos Santos

(Membro externo)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho

(Membro interno)
Departamento de Pesca e Aquicultura
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

“Dedico esse trabalho aos meus pais, meu incondicional apoio”.

Agradecimentos

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, em especial aos professores, servidores e funcionários que passaram por mim como forma de suporte: Obrigado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Mestrado e pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

Ao Professor Dr. Eudes de Souza Correia, por sua orientação, confiança e paciência. Grato por sua atenção quando foi requisitado e por seus esforços ao promover a pesquisa em nossa área de trabalho.

Ao Professor Dr. Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho e sua equipe laboratorial por contribuírem com parte desse experimento.

À Professora Dra. Neide Kazue Sakugawa Shinohara e sua equipe laboratorial por contribuírem com parte da pesquisa.

A todos os companheiros do Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola (LAPAQ) que marcaram minha passagem desde a graduação até o presente momento: Maria Gabriela, Fabiana Penalva, Rafael Liano, Eduardo Cesar, Robson Batista, Italo Felipe, Marcele Trajano, Santiago Vega, Douglas Lemos, Lucas Pinheiro, Katariny Abreu, Aguinaldo Pereira, obrigado pelos ensinamentos e pelos momentos de leveza nos momentos de trabalho árduo.

Gostaria de agradecer à Fabiana Penalva de Melo por toda sua atenção, paciência e colaboração para o andamento dessa dissertação.

Aos funcionários da Estação de Piscicultura Continental, Base de Pesca, que por todos esses momentos estiveram trabalhando em conjunto para o bom funcionamento da Base.

Agradecimento especial à minha namorada Camila Gomes, por todo seu apoio, por toda sua segurança, por ser presente nos momentos em que a fizeram necessária ser presente.

Ao meu amigo e colega de graduação e pós-graduação Victor Teruo Goto: com certeza seu apoio foi essencial para o andamento desse Mestrado.

À minha família, por se tornarem meus exemplos e força para a minha caminhada e nunca duvidarem de mim.

Resumo

Macrobrachium rosenbergii é a segunda espécie mais cultivada no mundo entre os camarões de água doce. Sua fácil aclimação a tornou uma espécie alvo para produção no Brasil. A utilização do sistema de bioflocos para o aumento da produção de pescado por menor área de cultivo, além de minimizar as trocas de água durante os ciclos, vêm sendo pesquisada e aplicada nos últimos anos. Entretanto, não há de modo conclusivo um estudo que demonstre a viabilidade de engorda dessa espécie em sistema de biofloco e suas características pós-cultivo. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento do camarão *M. rosenbergii* cultivado em sistemas de bioflocos em diferentes densidades de estocagem além de realizar comparações centesimais, microbiológicas e sensoriais com camarões da mesma espécie vendidos comercialmente para consumo. O cultivo experimental foi conduzido durante 91 dias na Estação de Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. Camarões com peso médio de $4,32 \pm 0,16$ g foram estocados em nove tanques circulares (500 L) em delineamento experimental inteiramente casualizado com três densidades D_{24} , D_{48} e D_{72} , (24, 48 e 72 camarões.m⁻³), em sistema de BFT (tecnologia de biofloco), em triplicata. No decorrer dos 91 dias foram mensuradas as variáveis de qualidade de água. Ao final do experimento foram avaliadas variáveis de desempenho zootécnico. Após análises, foram obtidos camarões da espécie *M. rosenbergii* vendidos comercialmente, tratamento COM (comercial), os quais foram filetados, para comparação de qualidade microbiológica, centesimal e sensorial com o sistema BFT. No cultivo o sistema BFT realizou manutenção de boa qualidade de água em ambas as densidades, sendo mantidas dentro do estabelecido para o cultivo da espécie. O tratamento D_{48} apresentou maior equilíbrio entre as variáveis de desempenho zootécnico com produtividade ($363,32 \text{ g.m}^{-3}$) estatisticamente semelhante ao D_{72} ($440,48 \text{ g.m}^{-3}$) e peso final (10,72g) e taxa de crescimento específico ($1,00 \text{ \%.dia}^{-1}$) sem diferença do tratamento de menor (D_{24}) densidade ($12,54 \text{ g}$ e $1,17 \text{ \%.dia}^{-1}$). À medida que o animal cresce, há um decréscimo no percentual de carne. Ambos os tratamentos mostraram qualidade microbiológica dentro do ideal pela ANVISA, centesimal dentro dos intervalos citados na literatura e sensorial equiparáveis entre si. O camarão produzido no sistema BFT apresenta potencial para comercialização.

Palavras-chave: Gigante da Malásia; Tecnologia de biofloco; densidade de estocagem; qualidade sanitária; filé de camarão.

Abstract

Macrobrachium rosenbergii is the second most farmed freshwater prawn species. It became a targeted species for production in Brazil because of its easy acclimatization. The use of biofloc system for improvement of fisheries production has been researched and applied in the last years. However, there are no conclusive studies to show the grow out and post production viability of this species in biofloc system. Thus, the aim of this experiment was to evaluate the growth of freshwater prawn *M. rosenbergii* cultured in biofloc systems under three stocking densities and to compare proximal, microbiological and sensory quality of this prawn with the one commonly commercialized for consumption. The experiment lasted 91 days and was conducted at Aquaculture Station of the Federal Rural University of Pernambuco, Brazil. Prawns of $4,32 \pm 0,16$ g were stored in nine circular tanks (500 L) in a completely randomized experimental design with three densities D_{24} , D_{48} and D_{72} , (24, 48 and 72 prawns.m⁻³), each one with three replicates, under biofloc system. Water analyzes were performed during 91 experimental days. Growth performance variables were taken at the end of the experiment. Commercial prawns of *M. rosenbergii* were obtained, named COM treatment, for comparative microbiological, proximal and sensory analyzes with BFT treatment of this present study. Biofloc system maintained a good water quality among the density treatments, being inside the range of what is good for this species. D_{48} treatment showed a better equilibrium of zootechnical variables where productivity (363.32 g.m⁻³) had no difference from D_{72} (440,48 g.m⁻³) and final weight (10.72g) and specific growth rate (1,00 %.day⁻¹) with no difference from D_{24} (12,54g and 1,17 %.day⁻¹). It's correctly to affirm that the meat weight yield decrease with the animal total body increase, as well the cephalothorax increase with the animal weight increase. Both treatments BFT and COM shown good microbiological, proximal and sensory analyzes quality. Freshwater prawn farmed in biofloc systems shows to be a potential product for commercial ends.

Palavras-chave: Malaysian prawn; Biofloc Technology; stocking density; sanitary quality; prawn filet.

Lista de figuras

	Página
Figura 1. Variação dos compostos nitrogenados (a – nitrogênio da amônia total; b – nitrogênio do nitrito; c – nitrato), ortofosfato (d) e sólidos sedimentáveis (e) durante 91 dias de cultivo do camarão <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em diferentes densidades no sistema de bioflocos.	27

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) nos 91 dias de engorda de <i>M. rosenbergii</i> submetido a diferentes densidades em sistema de bioflocos.	25
Tabela 2. Variáveis de desempenho zootécnico (média±desvio padrão) após 91 dias de engorda de <i>M. rosenbergii</i> submetido a diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.	30
Tabela 3. Rendimento de filé e cefalotórax (média±desvio padrão) de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> em diferentes faixas de peso.	32
Tabela 4. Composição centesimal dos filés do camarão de água doce <i>Macrobrachium rosenbergii</i> oriundos de diferentes sistemas de cultivo.	32
Tabela 5. Valores médios±desvio padrão da análise sensorial dos filés do camarão de água doce <i>Macrobrachium rosenbergii</i> oriundos de diferentes sistemas de cultivo.	33

Sumário

1. Introdução	12
2. Objetivos	16
2.1. <i>Objetivo geral</i>	16
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
3. Artigo	18
4. Considerações finais	39
5. Referências bibliográficas	40
6. Normas da Revista	46

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2016 a produção mundial de pescado foi de 170,9 milhões de toneladas, do qual 46,81%, aproximadamente, foram proveniente da aquicultura, com 80 milhões de toneladas divididas entre aquicultura continental com 51,4 milhões (30,07%) e aquicultura marítima com 28,7 milhões (16,79%) (FAO, 2018). Segundo dados da FAO (2018), a carcinicultura mundial produziu 7,862 milhões de toneladas em 2016. Já no ano de 2017 essa produção subiu para 8,443 milhões toneladas, um aumento aproximado de 7,39% em relação ao ano anterior (FAO, 2019). Dentro dos diversos setores da aquicultura mundial, o cultivo de camarões de água doce é um dos ramos que apresenta maior crescimento (BALLESTER et al., 2013). A carcinicultura de água doce produziu 3,033 milhões de toneladas no ano de 2016 (FAO, 2018). Atualmente a espécie de camarão de água doce mais cultivada é a *Macrobrachium niponense*, com um total de 273.000 toneladas, sendo que a China é responsável pela totalidade dessa produção (FAO, 2018).

A segunda espécie mais cultivada de camarão de água doce é a *M. rosenbergii*, da qual se obteve uma produção mundial de 234.000 toneladas no ano de 2016, onde, desse total, mais da metade, aproximadamente 54,1% (126.591 toneladas), foi produzido pela China (FAO, 2018). No ano de 2007 a produção mundial de *M. rosenbergii* superou a marca de 200.000 toneladas e desde então essa produção tem se mantido entre 197.000 (2010) e 234.000 toneladas (2016), com um esperado de que esses valores superem a marca de 260.000 toneladas para o ano de 2017 (FAO, 2019).

Dados da FAO (2019) apresentam valores da carcinicultura brasileira para duas espécies de camarão: o camarão marinho *Litopenaeus vannamei* com uma produção aproximada de 60.000 toneladas no ano de 2017 e do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, popularmente conhecida como camarão gigante da Malásia, da qual se obteve os últimos registros de produção no ano de 2007, com um total de 230 toneladas. No Brasil a espécie foi introduzida por volta da década de 1970, com primeira produção relatada aproximada de 15 toneladas no ano de 1972 (FAO, 2019), e foi se desenvolvendo rapidamente durante a década de 1980 (MARQUES et al., 1999), pois esse camarão se adaptou facilmente ao clima característico da Região Sudeste do Brasil tendo o Espírito Santo como maior produtor. Os picos produtivos brasileiros para essa espécie foram atingidos nos anos 1989, 1993 e 1994, com 700 toneladas em cada ano (NEW e KUTTY, 2010; FAO, 2019). Entretanto a produção

dessa espécie apresentou um declive entre as décadas de 1990 e 2000. Um dos vários motivos para esse declínio na produção foi à falta de incentivo do governo que passou a incentivar o cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannameii* (NEW e KUTTY, 2010).

A espécie de camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* é natural do sul e sudeste asiático e é considerada a maior entre as de camarão de água doce, chegando a medir 32 cm e pesar 500 g em seu habitat natural (PINHEIRO e HEBLING, 1998). A espécie *M. rosenbergii* é um camarão pertencente à infraordem Caridea. A característica mais marcante desse grupo é um segundo par de pereiópodos mais desenvolvido, principalmente se comparado aos camarões Peneídeos. Os machos dessa espécie possuem três tipos morfologicamente diferentes, sendo esses, assim, definidos: Quela azul, queela laranja e macho pequeno (PINHEIRO e HEBLING, 1998). O macho pequeno é morfologicamente semelhante à fêmea. É uma espécie de hábito alimentar onívoro que costuma se alimentar de alguns insetos aquáticos, plantas aquáticas, pequenos moluscos e crustáceos, algas, etc. (NEW, 2004). Vive em ambiente de água tropical doce influenciada por locais de água salobra (IGARASHI, 2007). As fêmeas que carregam ovos fecundados migram para o estuário, onde ocorre o processo de eclosão das larvas (BROWN et al., 2010). Em seu estágio larval essa espécie apresenta comportamento planctônico e necessita de águas de mesohalinas para seu desenvolvimento, indo de Zoea I a XI para então metamorfosear em pós-larva.

O cultivo do *M. rosenbergii* ocorre tradicionalmente, em sua maioria, em sistemas semi-intensivos (NEW e KUTTY, 2010) sob renovações constantes de água e densidades variando de 4 a 20 camarões.m⁻². Segundo Valenti et al. (2010), dependendo da intensidade do cultivo o *M. rosenbergii* pode apresentar comportamento de canibalismo, situação recorrente em cultivos com altas densidades de estocagem ou quando não há alimento suficiente no ambiente (PINHEIRO e HEBLING, 1998; BROWN et al., 2010). O aumento da densidade de estocagem em um cultivo tem como finalidade o aumento da produção, entretanto, na contramão a esse resultado podem surgir diversos problemas como o aumento da competitividade por alimento, aumento do estresse animal pelo espaço restrito, acúmulo de compostos nitrogenados tóxicos aos organismos, entre outros que podem ocasionar situações de canibalismo e surgimento de doenças. Entretanto, sabendo dessa condição, vários estudos sobre densidade de estocagem foram realizados com essa espécie (*M. rosenbergii*) a fim de se buscar a

densidade ideal na fase de larvicultura (DAVID et al., 2015), fase berçário (MARQUES e LOMBARDI, 2011), berçário em bioflocos (NEGRINI et al., 2017), engorda (ZIMMERMANN e RAUPP, 1992; SIDDIQUI et al., 1997; PAUL et al., 2016), engorda em populações monosexo (BANU et al., 2016), em policultivo com peixe (HAQUE et al., 2003) e também em plantio de arroz (BOOCK et al., 2015).

Estudos demonstram que o aumento da densidade de estocagem no cultivo de *M. rosenbergii* pode ocasionar em aumento da produtividade. David et al. (2015) estudaram diferentes densidades de estocagem na larvicultura de *M. rosenbergii*, onde, na primeira parte de seu experimento, constatou que não houve diferença na sobrevivência entre seus três tratamentos (50, 70 e 90 larvas.L⁻¹) e houve uma melhora na produtividade com o aumento da densidade. Entretanto, em seu segundo experimento, David et al. (2015) constataram que não houve aumento de produtividade ao se elevar a densidade (80, 100, 120 e 140 larvas.L⁻¹) e a sobrevivência diminuiu com o aumento da densidade, considerando que a produtividade atingira seu limite em densidades entre 80 e 100 larvas.L⁻¹. Negrini et al. (2017) notificaram esse aumento no ganho de biomassa com o aumento da densidade em cultivo do *M. rosenbergii* na fase berçário em bioflocos, testando as densidades de 50, 100, 150, 200 e 250 juvenis.m⁻², ao mesmo tempo em que a sobrevivência e o FCA (fator de conversão alimentar) mostraram uma relação inversamente proporcional ao aumento da densidade. Banu et al. (2016) ao observarem o crescimento de *M. rosenbergii* em fase de engorda, constataram uma similaridade estatística na sobrevivência, maior produtividade no tanque de maior densidade (R₄₀) e maior peso final no tratamento de menor densidade (R₂₀). Com isso nota-se que é possível aumentar a densidade de estocagem no cultivo desta espécie em diferentes fases de desenvolvimento ainda que a mesma apresente comportamento de canibalismo, respeitando o limite de produtividade na capacidade do sistema.

Sistemas de cultivos tradicionais tendem a liberar compostos nitrogenados tóxicos (amônia e nitrito) aos organismos aquáticos no ambiente através de renovações constantes de água (BOYD, 2003) e a tendência é que essas concentrações aumentem com o aumento da densidade de estocagem. Segundo Ribeiro et al. (2014) são poucas as carciniculturas no país que realizam tratamento de efluentes. A partir disso, técnicas que reduzam esse impacto vêm sendo estudadas através dos anos, como a tecnologia de bioflocos (FROÉS et al., 2013).

O cultivo em sistema BFT (*Biofloc Technology*), ou sistema de bioflocos, é um sistema de produção super-intensivo. A composição do bioflocos, ou flocos microbianos, se dá através de um macroagregado de microrganismos, tais como fitoplâncton, zooplâncton e bactérias, além de matéria orgânica como fezes e resto de alimento (KRUMMENAUER et al., 2011; SAMOCHA et al., 2017). A utilização da Tecnologia de Bioflocos inserido na aquicultura objetiva reduzir a grande troca de água durante o ciclo de cultivo, proporcionar maior biossegurança aos organismos, estimular a utilização de altas densidades de estocagem, além de propiciar a reutilização dessa água após o cultivo. A formação de flocos nesse sistema se dá através da adição de uma fonte externa de carbono orgânico (melaço líquido, melaço em pó, açúcar, amido, dextrose, etc.) (CRAB et al., 2012) que estimula o crescimento de bactérias heterotróficas, as quais sintetizam o nitrogênio inorgânico da amônia do sistema e que com o auxílio de uma forte aeração, favorecem a formação dos flocos de biomassa bacteriana (KRUMMENAUER et al., 2012; PÉREZ-ROSTRO et al., 2014), auxiliando na manutenção da qualidade da água (EMERENCIANO et al., 2017).

Estudos indicam a possibilidade de se cultivar o *M. rosenbergii* em sistemas de bioflocos (PÉREZ-FUENTES et al., 2013; BALLESTER et al., 2017; NEGRINI et al., 2017). A sustentabilidade desse sistema está na alta produção de pescado em uma pequena área de cultivo (EMERENCIANO et al., 2017). Como a tendência é de que não haja troca de água no sistema é comum que haja grande acúmulo de matéria orgânica, elevando a DBO (demanda bioquímica de oxigênio), tornando necessário o uso de aeração constante (PÉREZ-ROSTRO et al., 2014). Os flocos microbianos podem servir, durante o cultivo, como uma fonte extra de alimento para algumas espécies de animais aquáticos (CRAB et al., 2012), reduzindo a conversão alimentar e, consequentemente, os custos com ração (EMERENCIANO et al., 2017). Crab et al. (2010) constataram que o biofloco pode ser utilizado como uma fonte de alimento extra para as pós-larvas de *M. rosenbergii*, a depender da fonte de carbono a ser utilizada.

Diferentes fontes externas de carbono refletem diferentes valores de composição centesimal no biofloco (CRAB et al., 2010; LIMA et al., 2018). O animal quando ingere o biofloco oriundo de diferentes fontes de carbono pode diferir sobre suas condições intrínsecas, a depender da composição do biofloco. Lima et al. (2018) identificaram que tilápias cultivadas em bioflocos com diferentes fontes de carbono refletem diferentes resultados de análise sensorial. Alguns estudos de análise sensorial da carne do camarão

de água doce *M. rosenbergii* foram realizados até o presente momento (SILVA et al., 2010; PORTELLA et al., 2011). Pouco se encontra na literatura estudos acerca de análise sensorial da qualidade da carne do camarão de água doce *M. rosenbergii* em sistemas de biofloco.

A carne de pescado tem alto valor nutritivo para o consumo humano. A carne do *Macrobrachium rosenbergii* pronta para o comércio tem teores de proteína bruta variando entre 16% e 22% da composição centesimal do animal (LOBÃO et al., 1988; SILVA et al., 2010; NGUYEN et al., 2019), o que é similar a carne de aves e mamíferos em quantidade de proteína e o posiciona dentro da faixa de pescado de alta qualidade. Entretanto, para que seja comercializado o produto final do pescado deve atender normas regulamentadores. No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) regulamenta a qualidade do alimento. A resolução da ANVISA- RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 indica parâmetros microbiológicos para que o pescado possa ser comercializado em diferentes condições de venda. Para isso, é preciso que as condições do cultivo sejam bem controladas a fim de evitar contaminação do meio. O sistema BFT, por ser um sistema de cultivo fechado, reduz o risco de contaminação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Comparar o desempenho do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* cultivado em diferentes densidades de estocagem na fase de engorda em sistema de bioflocos e avaliar a qualidade da carne desses camarões com o vendido comercialmente.

2.2. Objetivos específicos

2.2.1. Determinar a densidade de estocagem zootecnicamente mais eficiente na fase de engorda do *M. rosenbergii* em sistema BFT.

2.2.2. Avaliar microbiologicamente a qualidade do filé do camarão *M. rosenbergii* cultivado em sistema BFT e dos vendidos comercialmente.

- 2.2.3. Avaliar e comparar a qualidade da carne do camarão cultivado em BFT com camarão vendido comercialmente, nos quesitos cor, odor e aparência geral.
- 2.2.4. Comparar composição centesimal do camarão cultivado em BFT com o vendido comercialmente.
- 2.2.5. Comparar o rendimento de filé do camarão oriundo dos diferentes sistemas de cultivo e diferentes faixas de tamanho.

3. ARTIGO

Parte dos resultados obtidos durante o trabalho experimental desta dissertação está apresentada no artigo intitulado

**“Tecnologia de bioflocos no cultivo e pós-cultivo do camarão de água doce
Macrobrachium rosenbergii”**

Artigo científico a ser submetido à Revista: **Aquaculture International** - <https://link.springer.com/journal/10499> - ISSN 0967-6120 (versão impressa), 1573-143X (versão on-line)

Todas as normas de redação e citação, deste capítulo, atendem as normas estabelecidas pela referida revista (em anexo).

Biofloc Technology in culture and post culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*.

Marcelo Siqueira Franklin, Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho, Neide Kazue Sakugawa Shinohara, Eudes de Souza Correia

Resumo: Este estudo avaliou a Tecnologia de Bioflocos (BFT) no cultivo, em diferentes densidades, e no pós-cultivo do camarão *Macrobrachium rosenbergii* na fase de engorda ($4,32 \pm 0,16$ g). Foram adotados três tratamentos nas densidades de 24, 48 e 72 camarões.m⁻³ (D_{24} , D_{48} e D_{72}), em triplicata, durante 91 dias. Ao final foram analisadas as variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico. Após o cultivo os camarões foram denominados tratamento BFT (Biofloc Technology). Foram obtidos espécimes vendidos comercialmente para a segunda etapa do estudo (tratamento COM). Foi calculado o rendimento do cefalotórax e de filé para quatro faixas de peso (0-15g, 15-30g, 30-40g, >40g). Foram realizadas análises microbiológicas, centesimal e sensorial comparando os tratamentos BFT e COM. O peso final (12,54g) foi maior no tratamento D_{24} , assim como o ganho de peso (8,22 g), ganho de peso diário (0,09 g) e taxa de crescimento específico ($1,17\%.\text{dia}^{-1}$), comparado ao D_{72} . A produtividade foi maior no tratamento D_{72} (440,48 g) comparada a D_{24} . O sistema BFT realizou a manutenção adequada da água em todos os tratamentos. À medida que o animal cresce, diminui o rendimento de filé. Não foram registradas contaminações nos testes microbiológicos. Ambos os tratamentos BFT e COM apresentaram boa qualidade centesimal e sensorial. A densidade de 48 camarões.m⁻³ apresentou maior equilíbrio entre as variáveis de desempenho zootécnico ($P > 0,05$) comparado aos demais tratamentos, sendo recomendada. Camarões cultivados em sistema BFT estão aptos ao consumo, possibilitando sua comercialização.

Palavras chave: Camarão de água doce; densidade de estocagem; qualidade alimentar; rendimento do filé de camarão;

M. S. Franklin

Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Departamento de Pesca e Aquicultura, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Rua Dom Manoel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, 52171-900, Brasil.
E-mail: marcelosifr@gmail.com

E. S. Correia

Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Departamento de Pesca e Aquicultura, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
Rua Dom Manoel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, 52171-900, Brasil.
E-mail: escorreia@uol.com.br

Lista de abreviações

BFT	Biofloc Technology	TCE	Taxa de crescimento específico
NAT	Nitrogênio da amônia total	FCA	Fator de conversão alimentar
NO₂-N	Nitrogênio do nitrito	S	Sobrevivência
NO₃	Nitrato	BF	Biomassa final
O.D.	Oxigênio dissolvido	Pr	Produtividade
PO₄³	Ortofosfato	RC	Rendimento de cefalotórax
SS	Sólidos sedimentáveis	RF	Rendimento de filé

PF	Peso final	COM	Comercial
GPD	Ganho de peso diário	USvol	Umidade e substâncias voláteis
GP	Ganho de peso	H₂S	Gás sulfídrico

Introdução

As principais espécies de camarão de água doce cultivadas no mundo são a *Macrobrachium niponense* e *Macrobrachium rosenbergii* (FAO 2018). No ano de 2016 a produção dessas duas espécies atingiu 507 mil toneladas, um leve acréscimo quando comparada a produção de 472 mil toneladas no ano de 2015 (FAO 2018). Apesar de ser cultivada em vários países, a produção de *M. rosenbergii* gira em torno de 234 mil toneladas, onde somente a China produziu mais da metade (137 mil toneladas, aproximadamente) (FAO 2018; FAO 2019). No Brasil esse camarão é comumente cultivado em viveiros de terra, mas os últimos dados concretos de produção obtidos pela FAO datam de 2007 (230 toneladas) (FAO 2019).

A espécie *Macrobrachium rosenbergii*, também conhecida como Gigante da Malásia, é considerada a maior entre as espécies de água doce podendo chegar a 32 centímetros de comprimento e 500 gramas em seu habitat natural (Pinheiro e Hebling 1998). Esses animais são onívoros, comendo uma grande variedade de plantas e animais estando vivos ou já em decomposição, e também se adaptam a alimentos artificiais (Pérez-Fuentes et al. 2013). Camarões do gênero *Macrobrachium* costumam ser territorialistas, o que acaba dificultando sua produção de modo intensivo, utilizando-se altas densidades de estocagem. Somado a isso a espécie ainda demonstra uma boa adaptação ao clima da região Sudeste, local onde é mais cultivada no país, sendo o Espírito Santo o maior produtor. Seu valor de mercado local varia dependendo do peso médio dos indivíduos, que são comercializados por inteiro, sendo maior o preço quanto maior o peso do camarão.

A principal forma de cultivo do camarão *M. rosenbergii* é em viveiro de terra é o sistema mais utilizado para essa espécie, que por ser territorialista, necessita de grandes áreas de cultivo (Pinheiro e Hebling, 1998; Pérez-Fuentes et al., 2013). Estudos recentes apontam a possibilidade de se cultivar esse camarão em sistema BFT (Biofloc Technology) em diferentes estágios de desenvolvimento (Frezza et al. 2013; Pérez-Fuentes et al. 2013; Ballester et al. 2017; Negrini et al. 2017). Os bioflocos consistem em macro agregados de microorganismos tais como bactérias, fitoplâncton e zooplâncton, além de matéria orgânica como fezes e resto de alimento (Krummenauer et al. 2011; Samocha et al. 2017). O sistema BFT apresenta diversas vantagens para o cultivo de organismos aquáticos como a baixíssima taxa de renovação de água, possibilidade de reutilização da água para cultivo, fonte extra de alimento para o animal, manutenção de baixos níveis de compostos nitrogenados tóxicos aos animais, como amônia total e nitrito (Samocha et al., 2017), além de proporcionar maior biossegurança e possibilitar utilização de altas densidades de estocagem. Segundo Emerenciano et al. (2017), a sustentabilidade desse sistema (BFT) está na alta produção de pescado em uma pequena área de cultivo.

Aumentar a densidade de estocagem em um sistema de cultivo implica não somente em aumento de produção, mas diversos problemas podem surgir como o aumento da competitividade por alimento, de

estresse do animal pelo confinamento, de compostos nitrogenados tóxicos, entre outros que podem ocasionar situações de canibalismo no sistema e surgimento de doenças, levando a altas taxas de mortalidade. Foram testadas diferentes densidades na larvicultura (David et al. 2015) fase berçário (Marques e Lombardi 2011), berçário em bioflocos (Negrini et al. 2017), engorda (Zimmermann e Raupp 1992; Siddiqui et al. 1997; Paul et al. 2016) e até em policultivo (Haque et al. 2003). Estudos apontam que o sistema BFT (Biofloc Technology) suporta altas densidades de estocagem (Krummenauer et al., 2011; Ekasari e Maryam, 2012), propiciando aumento na produtividade de diferentes espécies cultivadas.

Os flocos microbianos podem servir, durante o cultivo, como uma fonte extra de alimento para algumas espécies de animais aquáticos (Crab et al. 2012), reduzindo a conversão alimentar e, consequentemente, os custos com ração (Emerenciano et al. 2017). Crab et al. (2010) constataram que o bioflocos pode ser utilizado como uma fonte de alimento extra para as pós-larvas de *M. rosenbergii*, a depender da fonte de carbono a ser utilizada. Diferentes fontes externas de carbono refletem diferentes valores de composição centesimal no bioflocos (Crab et al., 2010; Lima et al., 2018). O animal quando ingere o bioflocos oriundo de diferentes fontes de carbono pode diferir sobre suas condições intrínsecas, a depender da composição do bioflocos.

A carne do *Macrobrachium rosenbergii* pronta para o consumo apresenta teores de proteína bruta variando entre 16% e 22% da composição centesimal do animal (Lobão et al. 1988; Silva et al. 2010; Nguyen et al. 2019), o que é semelhante ao de aves e mamíferos em quantidade de proteína e o posiciona dentro da faixa de pescado de alta qualidade. No Brasil, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) regulamenta a qualidade do alimento. A resolução da ANVISA- RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 indica parâmetros microbiológicos para que o pescado possa ser comercializado em diferentes condições de venda. Segundo Kirschnik e Viegas (2004) essa espécie só se mantém apta ao consumo até o quarto dia de armazenamento seja em contato direto ou não com o gelo.

Não foi possível encontrar na literatura estudos sobre o cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* na fase de engorda em sistema de BFT, tampouco uma densidade ideal para essas condições de cultivo e se o sistema de bioflocos pode interferir na qualidade e na aceitação da carne desse pescado. Sendo assim, o objetivo do estudo foi realizar um cultivo na fase de engorda do camarão *Macrobrachium rosenbergii* em sistemas de BFT para determinar uma melhor densidade de estocagem para essa condição de cultivo, assim como avaliar a qualidade da carne desse camarão cultivado em BFT e compara-lo aos vendidos comercialmente.

Materiais e métodos

Cultivo

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido na Estação de Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco por um período de 91 dias. Foi adotado um delineamento experimental inteiramente

casualizado com três tratamentos, referentes as densidades de estocagem (densidades de 24, 48 e 72 camarões.m⁻³, respectivas aos tratamentos D_{24} , D_{48} e D_{72}) e três repetições cada. As nove unidades experimentais constaram de tanques de fibra de vidro com volume útil de 1000 L, os quais foram preenchidos com 500 L, com área de fundo aproximada de 1 m². Os tanques foram cobertos com tela a fim de evitar o escape dos animais. O sistema de aeração foi constituído por 70 cm de aerotube para cada unidade experimental, os quais permaneceram aerados com o auxílio de um compressor radial de 2,5 CV.

Maturação do biofoco

Para a maturação foram utilizados três tanques de 250 L, dos quais utilizados 200 L de cada, abastecidos com água doce filtrada com malha de 200 µm e esterilizada com uso de cloro ativo a uma concentração de 10 mg.L⁻¹ e declorada com aeração constante. Em cada tanque foram estocadas 50 juvenis de tilápia nilótica, com peso médio de 2,0 g, totalizando uma biomassa inicial de 500 g.m⁻³. As tilápias foram alimentadas duas vezes ao dia com ração comercial (35% de proteína bruta). Para indução do meio heterotrófico foi utilizado o melaço líquido de cana de açúcar (aproximadamente 30% de carbono orgânico) como fonte extra de carbono, adotando a proporção 6:1 de C/N da ração, conforme metodologia adaptados de Ebeling et al. (2006) e Samocha et al. (2007). O biofoco foi considerado maturado quando os níveis de sólidos sedimentáveis (SS), mensurados por utilização de cones de Imhoff, atingiram 5 ml/L; e após serem observados os picos de NAT (nitrogênio da amônia total) e nitrito (NO₂). Após a maturação do biofoco, as unidades experimentais foram abastecidas com 50 L (10%) da água pré-maturada.

Origem dos animais e povoamento

Foram obtidos camarões com peso médio de 4,32±0,16 gramas de uma carcinicultura comercial, os quais foram estocados nas unidades de cultivo nas densidades de 24, 48 e 72 camarões.m³. Essas densidades correspondem, também, às densidades de 12, 24 e 36 camarões.m². No total foram utilizados 216 camarões para suprir as nove unidades experimentais.

Alimentação

Os animais foram alimentados quatro vezes por dia (08:30, 11:00; 13:00 e 16:30 H) com ração comercial peletizada para camarão marinho com 35% de proteína bruta (umidade – 13%, extrato etéreo – 9%, fibra bruta – 4%, matéria mineral – 12%, cálcio – 2 a 3%, fósforo – 1,6%, vitamina C – 500 mg/Kg). A quantidade de ração ofertada se iniciou em 3% da biomassa de cada tanque, chegando a 1,5% nas últimas semanas de estudo e foi ajustada de acordo com o consumo aparente. O alimento foi dividido em 20% do total por dia para os três primeiros horários (08:30, 11:00 e 13:00 H) e os 40% restantes para o último horário programado (16:30 H).

Qualidade de água

Diariamente foram mensuradas as variáveis temperatura (T °C), oxigênio dissolvido (O.D.) e pH (08:00 e 16:00 H) com auxílio do multiparâmetro AKSO AK88. Duas vezes na semana foram mensurados os valores de NAT (amônia total) e NO₂⁻ (nitrito) por testes colorimétricos Labcon. Amostras

de água para análise de nitrato (NO_3) foram coletadas a cada dez dias. Em intervalos de 13 dias foram coletadas amostras de água para análise de ortofosfato (PO_4^{3-}). Para o nitrato utilizou-se o método de redução de cádmio #8039 e para o ortofosfato foi utilizado o método Phosver 3 – Ácido ascórbico #8048. As amostras foram lidas no espectrofotômetro HACH DR2800. A alcalinidade total (mg.L^{-1} de CaCO_3) foi mensurada semanalmente através de titulação colorimétrica (APHA, 1999) e foi corrigida semanalmente com bicarbonato de sódio (NaHCO_3) a fim de manter os níveis acima de 60 mg.L^{-1} . Duas vezes por semana foram realizadas leituras de sólidos sedimentáveis (SS) com a utilização de cones Imhoff, coletando-se um litro de amostra de água e aguardando por 30 minutos para a sedimentação dos sólidos (Avnimelech, 2009).

Desempenho zootécnico

Semanalmente foram realizadas biometrias com 50% da população inicial para avaliação de crescimento. Ao final do experimento foram analisadas as seguintes variáveis de desempenho zootécnico: peso final (g), biomassa final (g), ganho de peso ($\text{GP} = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$), ganho de peso diário ($\text{GPD} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \cdot \text{tempo de cultivo}^{-1}$), conversão alimentar ($\text{FCA} = \text{Quantidade de alimento fornecido} \cdot \text{ganho de biomassa}^{-1}$), taxa de crescimento específico ($\text{TCE} = 100 \cdot ((\ln \text{peso final} - \ln \text{peso inicial}) \cdot \text{tempo de cultivo}^{-1})$), sobrevivência ($\text{S} = 100 \cdot (\text{população final} \cdot \text{população inicial}^{-1})$) e produtividade ($\text{Pr} (\text{g.m}^{-3}) = \text{biomassa final} \cdot \text{volume útil}^{-1}$).

Pós-cultivo

Abate dos animais e cálculo de rendimento

Após 91 dias de cultivo, os camarões foram submetidos a um processo de depuração durante 36 horas. Após este processo de depuração, os camarões foram abatidos por choque térmico ($\sim 4^\circ \text{C}$) com mistura de água e gelo. Atestado o abatimento dos animais, foi calculado o rendimento do cefalotórax ($\text{R} = (\text{peso do cefalotórax} \cdot \text{peso total}^{-1}) \cdot 100$) e do filé do camarão ($\text{R} = (\text{peso do filé} \cdot \text{peso total}^{-1}) \cdot 100$) sendo primeiramente contabilizado o peso total do indivíduo, seguido pela retirada do cefalotórax, exoesqueleto e intestino para obtenção do filé. Esse processo foi realizado por quatro tratadores não treinados. Os filés foram separados em sacos plásticos, identificados e congelados em freezer para posteriores análises microbiológica, centesimal e sensorial. Para isso esses camarões das distintas densidades foram unidos e nomeados tratamento BFT (tecnologia de bioflocos). Para realizar a comparação, nessa parte do experimento foram obtidos, também, camarões dessa espécie, *M. rosenbergii*, vendidos comercialmente (tratamento COM), dos quais foram calculados o rendimento, como descrito acima, e submetidos a análises microbiológicas, centesimal e sensorial, para comparação com o tratamento BFT. Os camarões desse tratamento (COM) foram cultivados em viveiros de terra e abatidos por choque térmico com mistura de água e gelo.

Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas em triplicata para cada tratamento. Foi realizada contagem de psicotróficos após 3, 5, 7 e 10 dias de monitoramento a 4 °C. Também foram realizadas análises para coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*); *Staphylococcus aureus*; e de presença de *Salmonella*, com utilização de kits Compact Dry, seguindo as recomendações do fabricante, como de acordo com resolução da ANVISA – RDC Nº 12 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) de 02 de Janeiro de 2001 para comercialização desse tipo de produto.

Uma amostra de 25 g foi homogeneizada com uma solução salina peptonada a 0,1% (225 ml) para contagem de coliformes termotolerantes (*E. coli*), psicotróficos e *Staphylococcus aureus*. Outra amostra de 25 g foi homogeneizada em 225 ml de solução peptonada pré-enriquecida para a análise de *Salmonella*. Foram realizadas diluições em série de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} para inoculação nas placas. Todas as condições para a realização dessas análises foram mantidas como de acordo com o fabricante.

Composição centesimal

A composição centesimal foi determinada seguindo a metodologia Instituto Adolfo Lutz (2008). Umidade foi determinada pelo método de perda por dessecação em estufa a 70 °C; Proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl clássico; Os valores de lipídeos foram determinados por extração direta de Soxhlet; Para quantificação das cinzas utilizou-se o método de resíduo por incineração (550-570°C); A quantidade de carboidratos foi determinado através da metodologia por calculo (ASCAR, 1985); O gás sulfídrico foi quantificado pela Reação de Éber; A textura foi determinada como descreve a metodologia do livro para essa variável em análise de pescado.

Análise sensorial

Por fim as amostras de camarão dos dois tratamentos (BFT e COM) foram cozidas em banho maria a uma temperatura aproximada de 90 °C durante 10 minutos e servidas em ordem randômica em copos plásticos de café para realização da análise sensorial. Os testes foram realizados por 50 provadores não treinados com o intuito de avaliar o odor, a cor e a aparência global, utilizando escala hedônica de nove pontos (1 – desgostei muitíssimo a 9 – gostei muitíssimo).

Análise estatística

A análise estatística se deu inicialmente pela realização dos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de homogeneidade de Cochran, para as variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico, e homogeneidade de Levene para a composição centesimal e a análise sensorial, ao nível de significância de 5%. A Análise de Variância (ANOVA) foi aplicada para as variáveis de desempenho zootécnico, de qualidade de água (alcalinidade e ortofosfato) e composição centesimal (proteínas e carboidratos), por apresentarem padrão normal e homogêneo. No caso de diferença estatística, a Análise de Variância (ANOVA) foi complementada pelo teste de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância de 5%. As variáveis que não foram citadas para ANOVA não apresentaram o padrão normal ou homogêneo, sendo assim aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As análises foram realizadas com a utilização do software estatístico SysEAPRO v.2.0.

Resultados e discussão

Cultivo

Qualidade de água

As temperaturas médias de 25,34(D_{72}), 25,52 (D_{48}) e 25,47 °C (D_{24}) não diferenciaram estatisticamente entre si ($P>0,05$) (Tabela 1). Essas médias estão dentro da faixa considerada ideal para o crescimento do camarão *Macrobrachium rosenbergii* por Boyd e Zimmermann (2010), que a descreve como sendo entre 25 e 32 °C. Díaz-Herrera et al. (1993) indicam o intervalo de 29-31 °C como ótimo para o crescimento do camarão. Segundo Manush et al. (2004) a tolerância térmica do camarão *Macrobrachium rosenbergii* vai depender do período e da temperatura de aclimação. O presente estudo foi realizado entre os meses de Junho, Julho e Agosto, período de inverno e com maior incidência pluviométrica na região, o que ocasionou temperaturas médias abaixo da ótima 29-31°C (Díaz-Herrera et al. 1993) para o cultivo de juvenis dessa espécie, entretanto dentro da faixa aceitável (Boyd e Zzzimmermann 2010).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água (média±desvio padrão) nos 91 dias de engorda de *M. rosenbergii* submetido a diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.

Variáveis de Qualidade da água	Tratamentos		
	D_{24}	D_{48}	D_{72}
Temperatura (°C)	25,47±1,26	25,52±1,28	25,34±1,23
O.D. (mg.L ⁻¹)	5,56±1,03	5,46±0,97	5,49±1,04
pH	7,77±0,21 ^b	7,74±0,18 ^b	7,68±0,18 ^a
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ .L ⁻¹)	78,33±9,29 ^b	73,33±7,89 ^{ab}	68,33±10,80 ^a
NAT (mg.L ⁻¹)	0,12±0,14	0,10±0,13	0,13±0,17
NO ₂ ⁻ (mg.L ⁻¹)	0,27±0,51	0,23±0,62	0,25±0,61
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	11,10±7,67 ^a	12,07±6,22 ^a	16,82±7,40 ^b
PO ₄ ³⁻ (mg.L ⁻¹)	1,74±1,74	1,42±1,42	1,66±1,26
SS (mL.L ⁻¹)	1,23±1,56 ^a	2,03±1,48 ^b	2,53±2,03 ^b

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos ($P<0,05$). O.D = Oxigênio Dissolvido; AT = Amônia total; NO₂⁻ = Nitrito; NO₃ = Nitrato; PO₄³⁻ = Ortofosfato; SS = Sólidos sedimentáveis; QA = Qualidade de água.

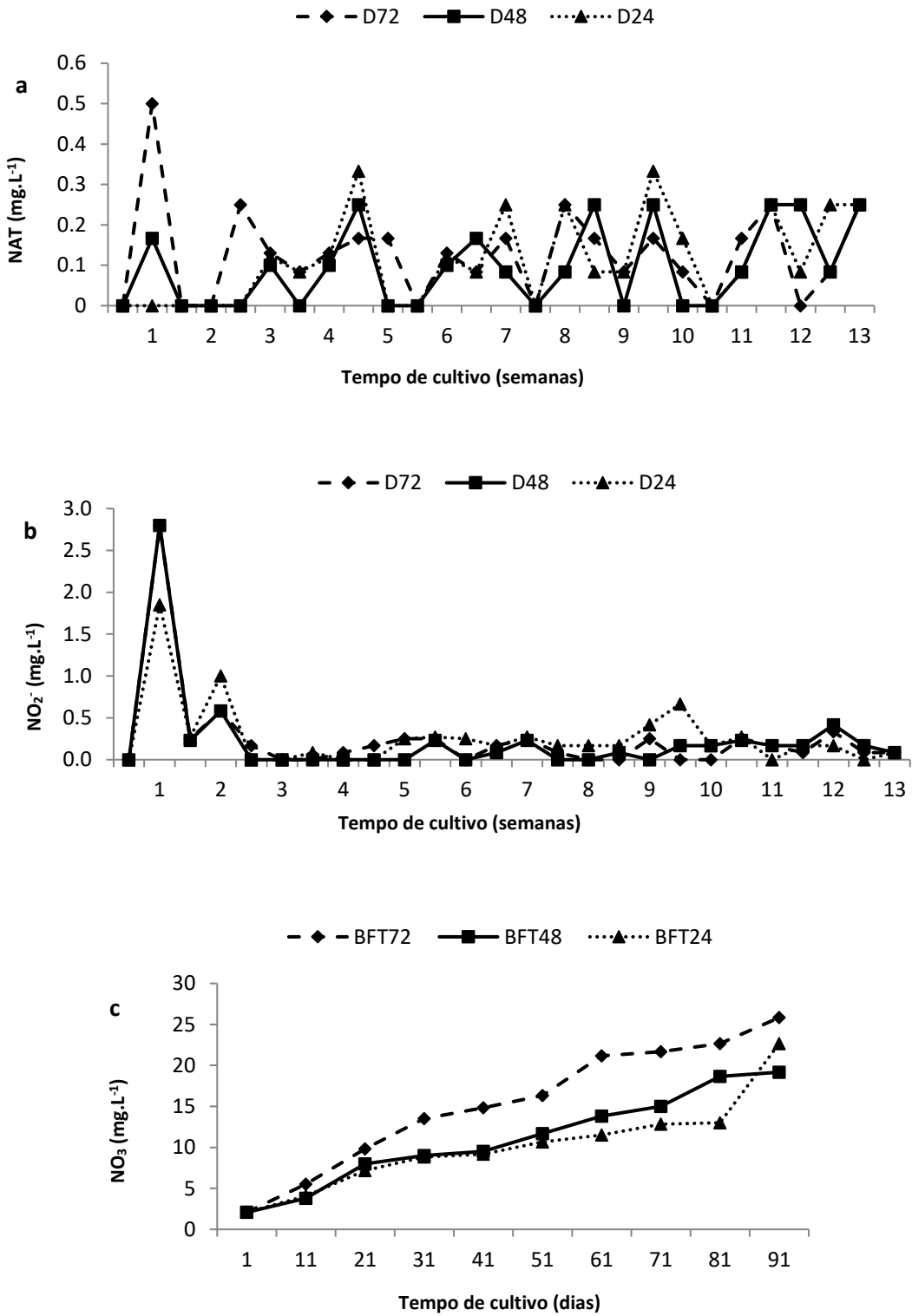
Não foram encontradas diferenças estatísticas para as médias de oxigênio dissolvido ($P>0,05$) (Tabela 1). Os valores médios durante o experimento foram de 5,49, 5,46, 5,56 mg.L⁻¹ para os tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , respectivamente. Em todos os tratamentos esses valores médios encontraram-se acima de 4,00 mg.L⁻¹, citado por Emerenciano et al. (2017) como ideal para cultivo de organismos aquáticos em sistema de bioflocos. Segundo Chen et al (2003) os valores de hipóxia de 2,75 e 1,75 mg.L⁻¹ testados no cultivo dessa espécie acarretaram em diminuições na osmolalidade da hemolinfa do camarão. Em sistemas de bioflocos é necessária a manutenção de altos níveis de oxigênio pois além da demanda do

animal a ser cultivado, há a demanda do sistema pelas comunidades microbianas que consomem o oxigênio a altas taxas (Browdy et al. 2012).

É normal que o pH da água varie ao longo de um dia e durante todo o período de cultivo, mas é preciso manter o controle para atingir as condições que se deseja. No experimento esse pH variou de 6,67 a 9,07 entre todos os tratamentos. O tratamento D_{72} apresentou diferença estatística dos demais tratamentos ($P < 0,05$). Entretanto, observou-se que as médias de 7,68, 7,75 e 7,77, dos tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , respectivamente, foram mantidas dentro do que é considerado ideal para o cultivo dessa espécie, que pode ir de 7 a 8,5 (Boyd e Zimmermann, 2010), e ideal para o crescimento da bactéria oxidante do nitrito (7,2 a 8,2) (Ebeling et al. 2006). É possível que esse pH ligeiramente menor esteja aliado tanto à alcalinidade, quanto aos processos de nitrificação do sistema. Chen e Chen (2003) encontraram que o pH nos níveis 6,2 e 7,4 são os mínimos aceitáveis para essa espécie em termos de crescimento e alimentação, respectivamente. O tratamento D_{72} possivelmente apresentou pH estatisticamente menor por conta de sua maior densidade, o que causou maior produção de matéria orgânica e consequentemente diminuição do pH, no entanto isso não foi suficiente para causar uma desestabilização no sistema.

As médias de alcalinidade diferenciaram estatisticamente apenas entre o tratamento D_{72} (68,33 mg.L⁻¹) e D_{24} (78,33 mg.L⁻¹) ($P < 0,05$). Essa diferença pode ser explicada, com menores valores no tratamento de maior densidade, pelo maior consumo de carbono inorgânico realizado por bactérias heterotróficas (Ebeling et al., 2006), justificado nos baixos níveis de NAT e nitrito e refletidos no menor valor de pH nesse tratamento. Boyd e Zimmerman (2010) citam valores de alcalinidade entre 20 e 60 mg.L⁻¹ como ideal para cultivo dessa espécie em viveiros de engorda. Porém, por se tratar de um sistema BFT, no presente estudo, as médias foram mantidas um pouco acima com finalidade de haver manutenção de uma melhor qualidade de água no sistema. Esses valores estão semelhantes aos 68.13±53.63 mg.L⁻¹ (bioflocos) encontrados por Ballester et al. (2017) ao avaliarem o cultivo berçário dessa espécie.

Não foram apresentadas diferenças estatísticas entre os tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , que apresentaram como média 0,13, 0,10 e 0,12 mg.L⁻¹ de NAT, respectivamente ($P > 0,05$). No presente estudo, as concentrações de nitrogênio da amônia total (NAT) mantiveram-se dentro do recomendado por Naqvi et al. (2007) de 0,5 mg.L⁻¹ de NAT (nitrogênio da amônia total), onde níveis acima disso reduziram a ingestão e o crescimento do animal. Esses baixos níveis indicam uma boa estabilização da comunidade de bactérias oxidantes de amônia tais como *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosolobus* e *Nitrosovibrio* (Emerenciano et al. 2017) no cultivo, apesar do pH um pouco abaixo de sua faixa ideal de 7,8-8 (Samocha et al. 2017). A variação de NAT durante o cultivo é mostrada na Figura 1 (a). É possível observar uma média acima das demais na primeira semana de experimento no tratamento D_{72} . Isso possivelmente ocorreu pelo fato de que o volume inoculado de bioflocos nos tanques foi de apenas 10% do total e esse tratamento tem uma maior densidade, o que sugere maior quantidade de matéria orgânica no sistema e, consequentemente, maior concentração de amônia.



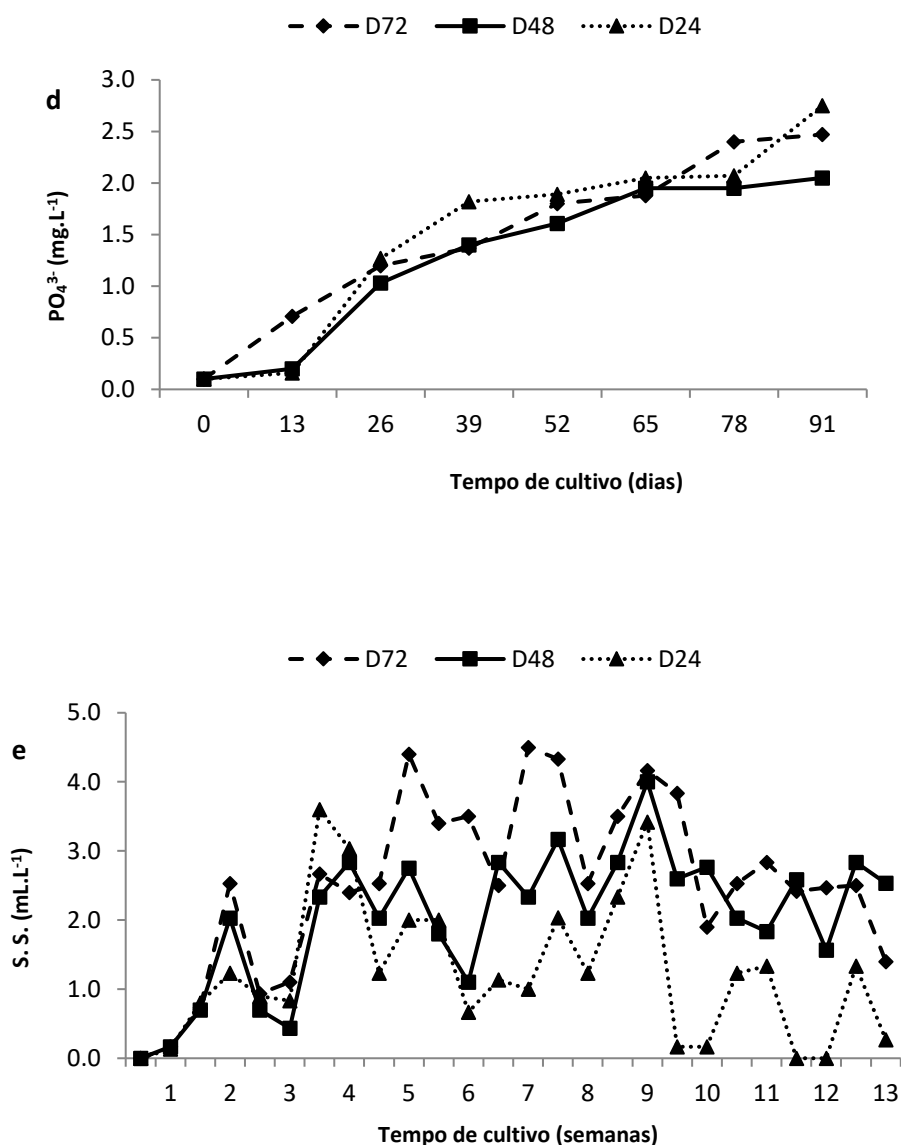


Figura 1. Variação dos compostos nitrogenados (a – amônia total; b – nitrito; c – nitrato), ortofosfato (d) e sólidos sedimentáveis (e) durante 91 dias de cultivo do camarão *Macrobrachium rosenbergii* em diferentes densidades no sistema de bioflocos.

Não foi registrada diferença estatística no nitrito entre os tratamentos ($P > 0,05$). As médias foram de 0,25, 0,23 e 0,27 mg.L⁻¹ de nitrito para os tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , respectivamente, estando abaixo dos níveis considerados seguros, de 0,5 mg.L⁻¹, de acordo com New (2002). Segundo Browdy et al. (2012), a manutenção da temperatura entre 25 e 35 °C e de um pH variando de 7 a 8,5 são ótimas condições para que haja o processo de nitrificação. Nesse sentido, é possível que os baixos níveis de nitrito nos tratamentos deram-se pela alta taxa de nitrificação durante todo o experimento (Figura 2b). Chen e Lee (1997) em estudo sobre toxicidade de nitrito, encontraram como concentração letal os valores entre 8,49-12,87 mg.L⁻¹ após 96h de exposição, o que sugere concentrações de segurança entre 0,85-1,28 mg.L⁻¹.

Foram encontradas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para os valores de nitrato registrados no experimento (Tabela 1). O tratamento D_{72} apresentou a maior média superior ($16,82 \text{ mg.L}^{-1}$) quando comparado aos tratamentos D_{48} ($12,07 \text{ mg.L}^{-1}$) e D_{24} ($11,10 \text{ mg.L}^{-1}$), dentro da faixa considerada segura por Emerenciano et al. (2017) para animais aquáticos em sistemas de cultivo BFT. As médias do tratamento D_{72} se mantiveram acima dos demais tratamentos durante todo o experimento (Figura 2c). É possível que os valores de nitrato estejam ligados a maior quantidade de ração ofertada nessa densidade (D_{72}), aliadas aos processos de nitrificação do nitrito, resultando em um maior acúmulo desse composto (Kuhn et al. 2010; Hargreaves 2013). Dentre os compostos nitrogenados encontrados no cultivo, o nitrato é o que apresenta menor toxicidade para os animais.

As médias de ortofosfato são apresentadas na Tabela 1 e não diferenciaram estatisticamente ($P > 0,05$) entre os tratamentos, sendo de $1,66$, $1,42$ e $1,74 \text{ mg.L}^{-1}$ de PO_4^{3-} , para os tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , respectivamente. Assim como o nitrato, é normal haver acúmulo de ortofosfato no sistema BFT por falta de renovação de água e pelo fato de não haver perda atmosférica desse composto (Da Silva et al. 2013; Correia et al. 2014). É comum a remoção desses compostos através da utilização de tanques de sedimentação como técnica para reduzir sólidos do sistema (Ray et al. 2010; Gaona et al. 2011). Entretanto, no presente estudo não foram utilizados tanques de sedimentação durante o período experimental.

O volume de sólidos sedimentáveis (SS) variou de $0,0 \text{ mL.L}^{-1}$ a $8,0 \text{ mL.L}^{-1}$. Os valores médios entre os tratamentos não superaram $5,0 \text{ mL.L}^{-1}$ (Figura 2e). O tratamento D_{24} ($1,23 \text{ mL.L}^{-1}$) foi inferior estatisticamente ($P < 0,05$) dos demais tratamentos D_{72} e D_{48} ($2,53$ e $2,03 \text{ mL.L}^{-1}$, respectivamente). É possível que o menor volume de sólidos sedimentáveis encontrado no tratamento (D_{24}) possa ter sido influenciado pela menor biomassa do tratamento quando comparado aos demais, o que sugere menor quantidade de ração ofertada e de excreta animal, diminuindo os níveis dessa variável. Os valores encontrados nesse estudo foram superiores ao $0,16 \text{ mL.L}^{-1}$ encontrados por Negrini et al. (2017) em berçário de *M. rosenbergii* ao testarem diferentes densidades de estocagem, pois é comum que na fase de engorda ocorra maior produção de sólidos. Samocha et al. (2007) encontrou volume de tolerância de SS para o cultivo de *Litopenaeus vannamei* de 10 mL.L^{-1} , volume bem acima dos encontrados no estudo, para que não seja prejudicial ao animal. No presente estudo não foram encontrados animais com brânquias obstruídas, comum quando há alto volume de sólidos na água (Hopkins et al. 1993). É possível que os camarões tenham utilizado o biofoco como fonte de alimento, como observado por Crab et al. (2010).

Desempenho zootécnico

O peso médio final foi significativamente inferior no tratamento D_{72} comparado ao tratamento D_{24} , sendo suas médias $10,14$ e $12,54 \text{ g}$, respectivamente ($P < 0,05$) (Tabela 2). Considerando que a espécie em estudo tem comportamento territorialista, é comum afirmar que o aumento da densidade afetou na competitividade alimentar, ocasionando um menor peso médio final. Zimmermann e Raupp (1992) testaram diferentes densidades de estocagem do camarão *M. rosenbergii* cultivado em viveiros no Sul do Brasil, onde foi observado maior peso médio final (40 g) no tratamento de menor densidade (6 m^{-2}). Possivelmente a disponibilidade de alimento natural, aliada a menor densidade e ao maior tempo de

cultivo (quatro meses), influenciaram na diferença entre os resultados, os quais corroboram com os obtidos para outras espécies. Os resultados de Krummenauer et al (2011) corroboram com o presente estudo, onde valores maiores de peso médio final, em experimento com *Litopenaeus vannamei*, foram encontrados em seus tratamentos de menores densidade (15,6 g e 16,8 g para 150 e 300 camarões.m⁻², respectivamente), quando comparado ao de maior densidade (9,0 g em 450 camarões.m⁻²). Em estudo com o camarão de água doce *Macrobrachium tenellum* em sistema de tanques gaiolas, López-Uriostegui et al. (2014) encontrou como valores de peso final 27,0, 21,6, 19,0 e 17,2 g para as densidades 6, 12, 18 e 24 camarões.m⁻², corroborando com os resultados obtidos no estudo onde aumento da densidade de estocagem interfere no peso médio final do camarão.

Tabela 2. Variáveis de desempenho zootécnico (média±desvio padrão) após 91 dias de engorda de *M. rosenbergii* submetido a diferentes densidades de estocagem em sistema de bioflocos.

Variáveis de produção	Tratamentos		
	<i>D</i> ₂₄	<i>D</i> ₄₈	<i>D</i> ₇₂
PF (g)	12,54±1,13 ^b	10,72±0,92 ^{ab}	10,14±0,64 ^a
GPD (g.dia⁻¹)	0,09±0,01 ^b	0,07±0,01 ^{ab}	0,06±0,01 ^a
GP (g)	8,22±1,13 ^b	6,40±0,92 ^{ab}	5,82±0,64 ^a
TCE (%.dia⁻¹)	1,17±0,10 ^b	1,00±0,10 ^{ab}	0,94±0,07 ^a
FCA	2,25±0,66	3,26±1,27	5,17±1,68
S (%)	80,56±17,35	70,83±11,02	60,18±3,21
BF (g)	121,25±27,17 ^a	181,66±27,72 ^{ab}	220,24±25,53 ^b
Pr (g.m⁻³)	242,50±54,35 ^a	363,32±55,45 ^{ab}	440,48±51,05 ^b

*Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos (P<0,05). Pf = Peso médio final; GPD = ganho de peso diário; GP = ganho de peso; TCE = taxa de crescimento específico; FCA = fator de conversão alimentar; S = sobrevivência; Bf = Biomassa final; Pr = produtividade.

Os resultados de ganho de peso e ganho de peso diário, considerando que o peso inicial de cultivo foi o mesmo em todos os tratamentos, refletiu a estatística do peso médio final onde o tratamento de menor densidade apresentou maior ganho de peso (8,22 g – *D*₂₄; 5,82 g – *D*₇₂), assim como ganho de peso diário (0,09 g – *D*₂₄; 0,06 g – *D*₇₂) (P<0,05) (Tabela 2). A taxa de crescimento específico foi de 0,94, 1,00 e 1,17 %.dia⁻¹, para os tratamentos *D*₇₂, *D*₄₈ e *D*₂₄, respectivamente, onde o tratamento *D*₇₂ foi estatisticamente inferior ao tratamento *D*₂₄ (P≤0,05). As relações densidade:TCE corroboram com as encontradas por López-Uriostegui et al. (2014), onde o aumento da densidade acarretou em diminuição da TCE em cultivo de *Macrobrachium tenellum*. Haque et al. (2003), em estudo de policultivo do camarão *M. rosenbergii* com outras espécies de animais em sistemas tradicionais de cultivo, a diferentes densidades, durante 105 dias de estudo, encontrou sua menor TCE (2,84 %.dia⁻¹) em seu tratamento de maior densidade (40 camarões.decimal⁻¹ ~ 1 camarão.m⁻²), corroborando com o presente estudo. Entretanto, esse valor bem acima dos encontrados no presente estudo deve-se não somente ao fato da densidade relativa ser menor do que a menor densidade em questão (*D*₂₄ ~12 camarões.m⁻²), mas também ao fato do sistema de cultivo oferecer maiores fontes de alimento natural ao camarão *M. rosenbergii*. Em estudo com diferentes densidades de estocagem no berçário em sistema de bioflocos do camarão *M. rosenbergii*, Negrini et al. (2017) não observaram essa relação entre aumento de densidade e diminuição de TCE.

O FCA variou de 1,64 a 6,86 entre os tratamentos, sendo as médias de 2,25 (D_{24}), 3,26 (D_{48}) e 5,17 (D_{72}), sem diferenciação estatística ($P>0,05$). No presente estudo não foi possível afirmar se o biofoco influenciou no FCA. Mata (2016) encontrou valores de FCA entre 2,15 e 4,18 na engorda de *M. rosenbergii* comparando diferentes sistemas de cultivo (biofoco e tradicional) e na presença e ausência de substrato artificial. Cuvin-Aralar et al. (2007) encontraram valores semelhantes de FCA (1,9-3,5) ao avaliar diferentes densidades de estocagem em cultivo em gaiolas, entretanto com diferença entre seus tratamentos de menor para maior densidade. Os elevados valores do presente estudo podem ser explicados pela heterogeneidade do crescimento dessa espécie, onde pode ter ocorrido morte de animais com peso elevado no decorrer do cultivo, causando perda considerável na biomassa final, elevando assim os valores de FCA.

A taxa média de sobrevivência registrada no presente estudo foi de 60,18, 70,83 e 80,56%, para os tratamentos D_{72} , D_{48} e D_{24} , respectivamente, sem diferença estatística ($P>0,05$) (Tabela 2). Estudos sobre diferentes densidades de *M. rosenbergii* na fase berçário (Negrini et al., 2017) e diferentes densidades de *L. vannamei* na fase de engorda (Krummenauer et al., 2011) apontam diferença estatística de sobrevivência entre as densidades, onde a menor densidade apresenta média significativamente maior. É possível considerar que nesse estudo o biofoco tenha reduzido os efeitos da densidade de estocagem, equilibrando a sobrevivência entre os tratamentos. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Hossain et al. (2000) (46,6-66,6%) e superiores aos encontrados por Marques et al. (1999) (18,6-24,0%) ao testar o efeito de dois diferentes manejos alimentares. Siddiqui et al. (1997) observaram a relação de diminuição de sobrevivência na engorda de *M. rosenbergii* com o aumento da densidade, onde seus tratamentos de 5 e 20 camarões.m⁻² apresentaram médias de sobrevivência de 93 e 70%, respectivamente, semelhantes às médias do presente estudo.

Os valores de biomassa final e produtividade são apresentados na Tabela 2 e diferenciaram estatisticamente entre si (D_{24} e D_{72}) ($P<0,05$). É fácil entender que tanto a biomassa, quanto a produtividade, apresentaram diferenças entre os tratamentos de menor e maior densidade quando, apesar da diferença de peso médio final (PF), não há diferença significativa na sobrevivência. Negrini et al. (2017) notificou essa diferença no ganho de biomassa ao desenvolver berçário de *M. rosenbergii* em cinco diferentes densidades. Krummenauer et al. (2011) constatou uma maior produção de *L. vannamei* em biofoco em tratamento de maior densidade. Estudando diferentes densidades de estocagem (5, 10, 15 e 20 camarões.m⁻²) na engorda de *M. rosenbergii*, Siddiqui et al. (1997) encontraram maior produtividade em suas duas maiores densidades (261 e 245 g.m⁻² para 15 e 20, $P>0,05$), semelhantes a média do tratamento D_{24} (242,50 g.m⁻²) e inferiores as médias de D_{48} e D_{72} de 363,32 e 440,48 g.m⁻², respectivamente. Considerando as densidades relativas do estudo em questão de 36, 24 e 12 camarões.m⁻², respectivos a D_{72} , D_{48} e D_{24} , pode-se dizer que houve boa produtividade dentro de 91 dias de cultivo. Paul et al. (2016), após 150 dias de cultivo, observaram maior produtividade em seu tratamento de menor densidade (1,4 Kg.decimal⁻¹ em 40 PL.decimal⁻¹) quando comparado ao de maior densidade (0,82 Kg.decimal⁻¹ em 80 PL.decimal⁻¹), provavelmente influenciado pela grande diferença ($P\leq0,001$) na sobrevivência final de 90,83% e 47,92% para 40 e 80 PL.decimal⁻¹ respectivamente.

Pós-cultivo

Rendimento de filé

Os dados de rendimento de cefalotórax e rendimento de filé, discriminando diferentes faixas de peso, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Rendimento de filé e cefalotórax (média±desvio padrão) de *Macrobrachium rosenbergii* em diferentes faixas de peso.

Peso (g)	RC (%)	RF (%)
0-15	47,63±4,50	38,38±4,48
15-30	49,18±5,66	33,72±4,26
30-40	55,61±2,81	33,71±2,94
>40	56,75±3,99	31,77±2,09

*RC = Rendimento de cefalotórax; RF = Rendimento de filé.

Os dados de rendimento mostram uma leve inclinação ao aumento do cefalotórax e consequente diminuição proporcional do filé do camarão assim que o camarão vai aumentando de peso. Estes dados corroboram com os encontrados por Lobão et al. (1988) onde, para diferentes classes de comprimento, foi encontrado um decréscimo da parte comestível do animal (cauda limpa) ao decorrer do crescimento do animal, havendo aumento de resíduo (cefalotórax + carapaça de cauda). Os resultados nesse estudo também corroboram com Lalrinsanga et al. (2014), que afirmam que o rendimento da carne do camarão *Macrobrachium rosenbergii* é variável dependente do tamanho e do sexo do animal, onde espécimes de maior porte apresentam menor percentual de filé.

Análise microbiológica

Nos filés as médias de termotolerantes (*Escherichia coli*) (5×10) e *Staphylococcus aureus* (10^3) estiveram dentro do aceitável para comercialização e consumo do produto como determinado pela ANVISA – RDC Nº 12. Foi constatada ausência de *Salmonella*. Quanto à contagem de psicotróficos, em ambos os tratamentos BFT e COM foi ausente. Sendo assim, os camarões aptos ao comércio e consumo, como de acordo com resolução da ANVISA – RDC Nº 12 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) de 02 de Janeiro de 2001.

Composição centesimal

Os valores de composição centesimal dos tratamentos BFT e COM (comercial) são apresentados na Tabela 3. Apenas os valores de Proteína e Carboidratos não apresentaram diferença estatística ($P > 0,05$).

Tabela 4. Composição centesimal dos filés do camarão de *Macrobrachium rosenbergii* oriundos de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Variáveis						
	USvol	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Carboidratos	Textura	H ₂ S
BFT	79,39±0,40 ^a	17,88±0,27	1,12±0,03 ^b	1,23±0,07 ^b	0,38±0,10	Própria	Negativo
COM	79,77±0,01 ^b	18,33±0,17	0,92±0,01 ^a	0,78±0,01 ^a	0,20±0,15	Própria	Negativo

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística ($P < 0,05$). USvol = Umidade e Substâncias voláteis; H₂S = Gás Sulfídrico; BFT = Sistema de bioflocos; COM = Comercial.

As concentrações de Umidade e Substâncias voláteis, Proteínas, Lipídeos e Cinzas estão próximos aos valores encontrados por Lobão et al. (1988) de 75,08-77,11%, 20,20-21,70%, 0,26-1,18% e 1,10-1,28% para ambos diferentes classes de comprimento, tanto para o BFT quanto para o COM do experimento em questão. Silva et al. (2010) também encontraram valores próximos de Umidade (78,22%), Proteína bruta (16,80%), Lipídeos (0,30%) e Cinzas (0,89%) em seu tratamento *in natura* do camarão *M. rosenbergii*. Portella et al. (2013) encontraram 78,4% de umidade, 18,5% de proteína, 1,2% de lipídeos e 1,3% de cinzas no *M. rosenbergii*. As diferenças encontradas entre os tratamentos (BFT e COM) para as variáveis USvol, Lipídeos e Cinzas ($P \leq 0,05$) possivelmente foram afetados pelo sistema de cultivo de cada tratamento. Os valores de carboidratos estão, para os dois tratamentos, semelhantes aos encontrados por Islam et al. (2017) ao comparar a composição centesimal das espécies *Macrobrachium rosenbergii* e *Penaeus monodon*, tanto selvagens quanto de cultivo, de 0,17% para o selvagem e 0,55% para o cultivado (*M. rosenbergii*). Nguyen et al. (2019) encontrou valores de 78,37% e 77,51 (umidade), 19,91% e 19,56% (proteína), 0,26% e 0,20% (lipídeos) e 1,35% e 1,46% (cinzas), para machos e fêmeas do camarão *M. rosenbergii* vendidos comercialmente em Keelung City, Taiwan.

Em ambos os tratamentos (BFT e COM) foram constatadas uma boa textura do filé e a ausência de Gás Sulfídrico, o que indica frescor do pescado, e a textura do pescado foi avaliada como própria. A presença de gás sulfídrico indica má qualidade do pescado, pois é resultado da decomposição bacteriana, que gera enxofre, aliado a um pH ácido, resultando no gás (Soares e Gonçalves, 2012).

Análise sensorial

Os valores referentes à análise sensorial são mostrados na Tabela 4 e não diferenciaram estatisticamente entre os tratamentos.

Tabela 5. Valores médios±desvio padrão da análise sensorial dos filés do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* oriundos de diferentes sistemas de cultivo.

Tratamentos	Variáveis		
	Cor	Odor	Aparência Global
BFT	6,52±1,52	6,48±1,67	6,65±1,61
COM	6,81±1,64	6,68±2,10	6,39±1,85

*Referente à escala hedônica de 9 pontos (1- desgostei muitíssimo a 9- gostei muitíssimo). BFT = Bioflocos; COM = Comercial.

Dados os valores obtidos na análise sensorial, é possível afirmar que não há alteração das características Cor, Odor e Aparência Global entre o camarão *Macrobrachium rosenbergii* cultivado de forma comercial, em viveiros, daqueles cultivados no experimento em sistema de bioflocos ($P > 0,05$). Isso implica que o produto, em sua forma final, passaria a ter fácil aceitação do mercado consumidor tal qual aqueles oriundos de sistemas convencionais. Lima et al. (2018), ao testar açúcar (SUG), melaço líquido (MOL) e melaço em pó (MOP) como diferentes fontes de carbono no cultivo de tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, não constataram diferenças estatísticas significativas entre seus tratamento MOL e

CTL (controle) em nenhum dos pontos avaliados. Entretanto, seu tratamento SUG apresentou preferência no quesito cor por apresentar um tom de palidez diferente do tom amarronzado dos tratamentos com melaço (Lima et al. 2018).

Conclusão

É possível considerar que a densidade ideal para o cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em sistema de bioflocos é de 48 camarões.m⁻³ por apresentar maior equilíbrio entre todas as variáveis apresentadas durante o cultivo, principalmente no desempenho zootécnico. O sistema BFT manteve uma boa qualidade da água independente de densidade. É possível diminuir as taxas de mortalidade e aumentar o rendimento do cultivo através da realização de despesca parciais e adoção de substratos artificiais. O rendimento do filé do camarão vai depender de sua faixa de peso. Camarões cultivados em sistema BFT apresentam boa qualidade microbiológica e centesimal, sendo semelhantes aos camarões comercialmente vendidos. Além disso, os camarões cultivados em sistema BFT apresentam boa aceitação nos aspectos cor, odor e aparência global, comparáveis aos comercialmente vendidos.

Referências Bibliográficas

- APHA, Water Environment Federation, & American Water Works Association. (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Part 4000-6000). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <https://doi.org/ISBN9780875532356>
- Ascar, JM. (1985) Alimentos: aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual. V. 1, São Leopoldo, 327 p.
- Avnimelech, Y. (2009). Biofloc Technology – A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society (1st ed.). Baton Rouge, TX:World Aquaculture Society.
- Ballester, ELC, Marzarotto, SA, Silva de Castro, C, Frozza, A, Pastore, I, Abreu, PC. (2017). Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. Aquaculture research, 48(9), 4748-4755.
- Boyd, C, Zimmermann, S. (2010). Grow-out Systems – Water Quality and Soil Management. In: New, MB; Valenti, WC; Tidwell, JH; D'Abramo, LR, Kutty, MN (Eds.), Freshwater Prawns. Biology and Farming. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Browdy, CL, Ray, AJ, Leffler, JW, Avnimelech, Y. (2012). Biofloc-based aquaculture systems In: Tidwell, JH (Ed.), Aquaculture Production Systems. US. Wiley Blackwell.
- Chen, JC, Lee, Y. (1997). Effects of nitrite on mortality, ion regulation and acid-base balance of *Macrobrachium rosenbergii* at different external chloride concentrations. Aquatic Toxicology, 39(3-4), 291-305.
- Chen, SM, Chen, JC. (2003). Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, 218 (1-4), 613-623.

- Cheng, W, Liu, C. H, Kuo, CM. (2003). Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Aquaculture*, 220(1-4), 843-856.
- Correia, ES, Wilkenfeld, JS, Morris, TC, Wei, L, Prangnell, DI, Samocha, TM. (2014). Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, 59, 48-54.
- Crab, R, Chielens, B, Willie, M, Bossier, P, Verstraete, W. (2010). The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41 (4), 559-567.
- Crab, R, Defoirdt, T, Bossier, P, Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356.
- Cuvin-Aralar, MLA, Aralar, EV, Laron, M, Rosario, W. (2007). Culture of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) in experimental cages in a freshwater eutrophic lake at different stocking densities. *Aquaculture Research*, 38(3), 288-294.
- Da Silva, KR, Wasielesky Jr, W, Abreu, PC. (2013). Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 44(1), 30-41.
- David, FS, Cohen, F, Valenti, WC. (2015) Intensification of the Giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* hatchery production. *Aquaculture Research*, 47(12), 3747-3752.
- Díaz-Herrera, F, Gutiérrez-Morales, P, Garrido-Mora, A. (1993). Temperatura preferida y óptima para el crecimiento de postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). *Revista de biología tropical*, 153-155.
- Ebeling, JM, Timmons, MB, Bisogni, JJ. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1), 346-358.
- Ekasari, J, Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences*, 19 (2), 73-80.
- Emerenciano, MGC, Martínez-Córdova, LR, Martínez-Porchas, M, Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In: *Water Quality. InTech*, 91-120.
- FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO; 2018. URL disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>
- FAO. Software: FishStatJ (v. 3.5.3). (2019). Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>. Acesso em: 02 ago. 2019.
- Frozza, A, Angheben, AA, Kugelmeier, CL, Marzarotto, SÁ, Ballester, ELC. (2013). Criação do Camarão de Água-doce *Macrobrachium rosenbergii* na Presença de Flocos Microbianos e Sem Renovação de Água. *BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2(3) 122-125.
- Gaona, CAP, Poersch, LH, Krummenauer, D, Foes, GK, Wasielesky, WJ. (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. *International Journal of Recirculating Aquaculture* 12:54–73.

- Haque, MM, Narejo, NT, Salam, MA, Rahmatullah, SM, Islam, MA. (2003). Determination of optimum stocking density of *Macrobrachium rosenbergii* in carp polyculture in earthen pond. Pakistan Journal of Biological Sciences, 16, 898-901.
- Hargreaves, JA. (2013). Biofloc Production System for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Mississippi, US.
- Hopkins, JS, Hamilton, RD, Sandier, PA, Browdy, CL, Stokes, AD. (1993). Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. Journal of the World Aquaculture Society, 24(3), 304-320.
- Islam, A, Mondal, S, Bhowmik, S, Islam, SBM, Begum, M. (2017). A comparative analysis of the proximate composition of wild and cultured prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and shrimp (*Penaeus monodon*). Int J of Fisheries and Aquatic Studies, 5(4), 59-62.
- Kirschnik, PG, Viegas, EMM. Alterações na qualidade do camarão de água doce. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 24, n. 3, p. 407-412, 2004.
- Krummenauer, D, Peixoto, S, Cavalli, RO, Poersch, LH, Wasielesky, W. (2011). Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. Journal of the World Aquaculture Society, 42(5), 726-733. Disponível em: < <https://www.researchgate.net>>. Acesso em: 05 de Junho de 2019.
- Kuhn, D, Smith, SA, Boardman, G. D.; Angier, MW, Marsh, M, Jr Flick, GJ. (2010). Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp. *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival. Growth, antenna length, and pathology. Aquaculture, 309(1-4), 109-114.
- Lalrinsanga, P,L, Pillai, BR, Patra, G, Mohanty, S, Naik, NK, Das, RR, Sahu, S, Nelliyouara, R. (2014). Yield characteristics and morphometric relationships of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879). Aquaculture international, 22(3), 1053-1066.
- Lima, ECRD, Souza, RLD, Girao, PJM, Braga, ÍFM, Correia, EDS. (2018). Culture of Nile tilapia in a biofloc system with different sources of carbon. Revista Ciência Agronômica, 49(3), 458-466.
- Lobão, VL, Rojas, NET, De Barros, HP. (1988). Rendimento e princípios químicos imediatos em carne de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (DECAPODA, PALEMONIDAE). Boletim do Instituto de Pesca, 15 (1), 81-87.
- López-Uriostegui, F, Ponce-Palafox, JT, Arredondo-Figueroa, JL, Benítez-Mandujano, MA, Gómez, M. GU, Vargasmachuca, SC, Esparza-Leal, HM. (2014). Effect of stocking density on growth and survival of the prawn *Macrobrachium tenellum* cultured in a cage-pond system. North American Journal of Aquaculture, 76(2), 164-169.
- Lutz, A. (2008). Instituto Adolfo Lutz. Métodos físicos químicos para análises de alimentos. Procedimentos e determinações gerais. Editora Instituto Adolfo Lutz.
- Manush, SM, Pal, AK, Chatterjee, N, Das T, Mukherjee, SC. (2004). Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. Journal of Thermal Biology, 29(1), 15-19.
- Marques, HLDA, Lombardi, JV, Lobão, VL, Roverso, EA, Hortencio, E, Luzia, LA. (1999). Efeito de dois tipos de manejo alimentar sobre o crescimento do camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) cultivado em viveiros. Ceres, 46(263), 19-27.

- Marques, HL de A, Lombardi, JV. (2011) Compensatory growth of Malaysian prawns reared at high densities during the nursery phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40 (4), 701-70.
- Mata, BSB. (2016). Substratos y bioflocs en el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* en altas densidades durante la etapa de engorde. Dissertação, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Naqvi, AA, Adhikari, S, Pillai, BR, Sarangi, N. (2007). Effect of ammonia-N on growth and feeding of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (De-Man). *Aquaculture research*, 38(8), 847-851.
- Negrini, C, Castro, CSD, Bittencourt-Guimarães, AT, Frozza, A, Ortiz-Kracizy, R, Cupertino-Ballester, EL. (2017). Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. *Latin american journal of aquatic research*, 45(5), 891-899.
- New, MB. (2002). Farming freshwater prawns: a manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fish. Tech. Pap., 428, 212 p.
- Nguyen, TMT, Chen, TY, Shiao, CY, Cheng, YT, Chang, YW. (2019). Study on biochemical divergences of the meat and egg of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). *Food Science & Nutrition*.
- Paul, P, Rahman, A, Hossain, MM, Islam, S, Mondal, S, Haq, M. (2016). Effect of stocking density on the growth and production of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, 6(1), 77-86.
- Pérez-Fuentes, JÁ, Pérez-Rostro, CI, Hernández-Vergara, MP. (2013). Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. *Aquaculture*, 400, 105-110.
- Pinheiro, MAA, Hebling, NJ. (1998). Biologia de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). In: VALENTI, W. C. Carcinicultura de água doce: Tecnologia para produção de camarões, 21-46.
- Portella, CDG, Sant'Ana, LS, Valenti, WC. (2013). Chemical composition and fatty acid contents in farmed freshwater prawns. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(8), 1115-1118.
- Ray, AJ, Lewis, BL, Browdy, CL, Leffler, JW. (2010). Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299: 89-98.
- Samocha, TM, Patnaik, S, Speed, M, Ali, AM, Burger, JM, Almeida, RV, Ayub, Z, Harisanto, M, Horowitz, A, Brock, DL. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36(2), 184-191.
- Samocha, TM, Prangnell, DI, Hanson, TR, Treece, GD, Morris, TC, Castro, LF, Staresinic, N. (2017). Design and Operation of Super Intensive. Biofloc-Dominated Systems for Indoor Production of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* – The Texas A&M AgriLife Research Experience. (161th) Baton Rouge. Louisiana. USA, 368. TX: The World Aquaculture Society.
- Siddiqui, AQ, Al-Hafedh, YS, Al-Harbi, AH, Ali, SA. (1997). Effects of stocking density and monosex culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* on growth and production in concrete tanks in Saudi Arabia. *Journal of the World Aquaculture Society*, 28(1), 106-112.
- Silva, AF, Godoy, LC, Franco, MLRS, Assis, MF, Visentainer, JV, Souza, NE. (2010). Avaliação sensorial e composição proximal de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* defumados. *Ciência Animal Brasileira*, 11(4), 770-774.

Soares, KM De P, Gonçalves, AA. (2012). Qualidade e segurança do pescado. Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso), 71 (1), 1-10.

Zimmermann, S, Raupp, AB. (1992). Cultivo do camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (de man), em viveiros no sul do Brasil, sob diferentes densidades e taxas de estocagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27(1), 87-90.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema bioflocos foi capaz, através da reposição de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e da aplicação de melaço, manter a qualidade de água em ótimo estado de cultivo para ambos os tratamentos. A densidade D_{72} apresentou maior produtividade, porém menor peso médio final. O tratamento D_{24} apresentou maior peso médio final. O tratamento D_{48} apresentou maior equilíbrio em termos de desempenho zootécnico. O sistema bioflocos provou ser biosseguro para os animais cultivados e para o consumidor final do pescado quando não acusou, por meio de testes microbiológicos, agentes prejudiciais à saúde do consumidor (*Escherichia coli*; *Staphylococcus aureus*; *Salmonella*; psicotróficos). O bioflocos manteve o pescado em níveis de alta qualidade. Os resultados da análise sensorial validam o camarão oriundo de cultivo em BFT para comércio.

Faz-se necessário estudo com diferentes densidades e despescas parciais para diminuir as taxas de mortalidade e tirar maior proveito da produtividade do sistema, além de um estudo que compare se há uma relação entre a composição centesimal desse pescado com o sistema BFT onde foi cultivado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, Water Environment Federation, & American Water Works Association. (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Part 4000-6000). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <https://doi.org/ISBN9780875532356>

ASCAR, J.M. Alimentos: aspectos bromatológicos e legais. Análise percentual. V. 1, São Leopoldo, 1985. 327p.

AVNIMELECH, Y.. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society (1st ed.). Baton Rouge, TX:World Aquaculture Society, 2009.

BALLESTER, E. L. C.; HELDT, A.; HOPE, A. I.; NEGRINI, C.; DUTRA, F. M.; CAGOL, L.; LUCAS, M.; GIUSTINA, R. D.; SILVA, R. F da; MARZAROTTO, S. A.; PIOVESAN, V.. Desenvolvimento da Carcinicultura na Região Oeste do Paraná. In: 31º SEURS - Seminário de Extensão Universitária da Região Sul, 31. Florianópolis, SC, 2013. Anais... Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

BALLESTER, E. L. C.; MARZAROTTO, S. A.; SILVA DE CASTRO, C.; FROZZA, A.; PASTORE, I.; ABREU, P. C.. Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. Aquaculture research, 48(9), 4748-4755, 2017.

BOYD, C. E. Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level. Aquaculture, v. 226, n. 1, p. 101-112, 2003.

BOYD, C; ZIMMERMANN, S.. Grow-out Systems – Water Quality and Soil Management. In: New, MB; Valenti, WC; Tidwell, JH; D'Abramo, LR, Kutty, MN (Eds.), Freshwater Prawns. Biology and Farming. Blackwell Science, Oxford, UK, 2010.

BROWDY, C. L.; RAY, A. J.; LEFFLER, J. W.; AVNIMELECH, Y.. Biofloc-based aquaculture systems. Aquaculture Production Systems. US. Willey Blackwell, 2012.

CHEN, J. C.; LEE, Y.. Effects of nitrite on mortality, ion regulation and acid-base balance of *Macrobrachium rosenbergii* at different external chloride concentrations. Aquatic Toxicology, v. 39, n. 3-4, p. 291-305, 1997.

CHEN, S. M.; CHEN, J. C.. Effects of pH on survival, growth, molting and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture, v. 218, n. 1-4, p. 613-623, 2003.

CHENG, W.; LIU, C. H.; KUO, C. M.. Effects of dissolved oxygen on hemolymph parameters of freshwater giant prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Aquaculture, v. 220, n. 1-4, p. 843-856, 2003.

CORREIA, E. S.; WILKENFELD, J. S.; MORRIS, T. C.; WEI, L.; PRANGNELL, D. I.; SAMOCHA, T. M.. Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, v. 59, p. 48-54, 2014.

CRAB, R.; CHIELENS, B.; WILLIE, M.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W.. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, v. 41, n. 4, p. 559-567, 2010.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W.. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, v. 356, p. 351-356, 2012.

CUVIN-ARALAR, M. L. A.; ARALAR, E. V.; LARON, M.; ROSARIO, W.. Culture of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879) in experimental cages in a freshwater eutrophic lake at different stocking densities. *Aquaculture Research*, v. 38, n. 3, p. 288-294, 2007.

DA SILVA, K. R.; WASIELESKY JR, W.; ABREU, P. C.. Nitrogen and phosphorus dynamics in the biofloc production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 44, n. 1, p. 30-41, 2013.

DAVID, F. S.; COHEN, F.; VALENTI, W. C. Intensification of the Giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* hatchery production. *Aquaculture Research*, v. 47, n. 12, p. 3747-3752, 2015.

DÍAZ-HERRERA, F.; GUTIÉRREZ-MORALES, P.; GARRIDO-MORA, A.. Temperatura preferida y óptima para el crecimiento de postlarvas y juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Palaemonidae). *Revista de biología tropical*, p. 153-155, 1993.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 257, n. 1, p. 346-358, 2006.

EKASARI, J. & MARYAM, S.. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati journal of Biosciences*, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A.. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In: *Water Quality*. InTech, p. 91-120, 2017.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 – Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO; 2018. URL disponível em: <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>

FAO. Software: FishStatJ (v. 3.03.3). 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

FROZZA, A.; ANGHEBEN, A. A.; KUGELMEIER, C. L.; MARZAROTTO, S. Á.; BALLESTER, E. L. C.. Criação do Camarão de Água-doce *Macrobrachium rosenbergii* na Presença de Flocos Microbianos e Sem Renovação de Água. BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports, v. 2, n. 3esp, p. 122-125, 2013.

GAONA, C. A. P.; POERSCH, L. H.; KRUMMENAUER, D.; FOES, G. K.; WASIELESKY, W. J.. The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. International Journal of Recirculating Aquaculture, v. 12, p. 54–73, 2011.

HAQUE, M. M.; NAREJO, N. T.; SALAM, M. A.; RAHMATULLAH, S. M.; ISLAM, M. A.. Determination of optimum stocking density of *Macrobrachium rosenbergii* in carp polyculture in earthen pond. Pakistan Journal of Biological Sciences, v. 16, p. 898-901, 2003.

HARGREAVES, J. A.. Biofloc Production System for Aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC). Mississippi, US, 2013.

HOPKINS, J. S.; HAMILTON, R. D.; SANDIER, P. A.; BROWDY, C. L.; STOKES, A. D.. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. Journal of the World Aquaculture Society, v. 24, n. 3, p. 304-320, 1993.

IGARASHI, M. A. Aspectos técnicos e econômicos da carcinicultura de água doce e perspectivas de desenvolvimento da atividade no Brasil. UNIMAR Ciências, v. 16, n. 1-2, p. 41-48, 2007.

ISLAM, A.; MONDAL, S.; BHOWMIK, S.; ISLAM, S. B. M.; BEGUM, M.. A comparative analysis of the proximate composition of wild and cultured prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) and shrimp (*Penaeus monodon*). Int J of Fisheries and Aquatic Studies, v. 5, n. 4, p. 59-62, 2017.

KIRSCHNIK, P. G.; VIEGAS, E. M. M.. Alterações na qualidade do camarão de água doce. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 24, n. 3, p. 407-412, 2004.

KRUMMENAUER, D.; PEIXOTO, S.; CAVALLI, R. O.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W.. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. Journal of the World Aquaculture Society, v. 42, n. 5, p. 726-733, 2011. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em: 05 de Junho de 2019.

KRUMMENAUER, D.; SEIFERT JUNIOR, C. A.; POERSCH, L. H. D. S.; FOES, G. K.; LARA, G. R. D.; WASIELESKY JUNIOR, W.. Cultivo de camarões marinhos em

sistema de bioflocos: análise da reutilização da água. *Atlântica*. v. 34, n. 2, p. 103-111, 2012.

KUHN, D.; SMITH, S. A.; BOARDMAN, G. D.; ANGIER, M. W.; MARSH, M.; JR FLICK, G. J.. Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp. *Litopenaeus vannamei*: impacts on survival. Growth, antenna length, and pathology. *Aquaculture*, v. 309, n. 1-4, p. 109-114, 2010.

LALRINSANGA, P. L.; PILLAI, B. R.; PATRA, G.; MOHANTY, S.; NAIK, N. K.; DAS, R. R.; SAHU, S.; NELLIYOURA, R.. Yield characteristics and morphometric relationships of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879). *Aquaculture international*, v. 22, n. 3, p. 1053-1066, 2014.

LIMA, E. C. R. D.; SOUZA, R. L. D.; GIRAO, P. J. M.; BRAGA, Í. F. M.; CORREIA, E. D. S.. Culture of Nile tilapia in a biofloc system with different sources of carbon. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, n. 3, p. 458-466, 2018.

LOBÃO, V. L.; ROJAS, N. E. T.; DE BARROS, H. P.. Rendimento e princípios químicos imediatos em carne de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (DECAPODA, PALEMONIDAE). *Boletim do Instituto de Pesca*, v. 15, n. 1, p. 81-87, 1988.

LÓPEZ-URIOSTEGUI, F.; PONCE-PALAFOX, J. T.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L.; BENÍTEZ-MANDUJANO, M. A.; GÓMEZ, M. G. U.; VARGASMACHUCA, S. C.; ESPARZA-LEAL, H. M.. Effect of stocking density on growth and survival of the prawn *Macrobrachium tenellum* cultured in a cage-pond system. *North American Journal of Aquaculture*, v. 76, n. 2, p. 164-169, 2014.

LUTZ, A. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físicos químicos para análises de alimentos. Procedimentos e determinações gerais. Editora Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MANUSH, S. M.; PAL, A. K.; CHATTERJEE, N.; DAS T.; MUKHERJEE, S. C.. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *Journal of Thermal Biology*, v. 29, n. 1, p. 15-19, 2004.

MARQUES, H. L. de A.; LOMBARDI, J. V.; LOBÃO, V. L.; ROVERSO, E. A.; HORTENCIO, E.; LUZIA, L. A.. Efeito de dois tipos de manejo alimentar sobre o crescimento do camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) cultivado em viveiros. *Ceres*, v. 46, n. 263, 1999.

MARQUES, H. L. de A.; LOMBARDI, J. V. Compensatory growth of Malaysian prawns reared at high densities during the nursery phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 4, p. 701-707, 2011.

MATA, B. S. B.. Substratos y bioflocs en el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* en altas densidades durante la etapa de engorde. 2016.

NAQVI, A. A.; ADHIKARI, S.; PILLAI, B. R.; SARANGI, N.. Effect of ammonia-N on growth and feeding of juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (De-Man). *Aquaculture research*, v. 38, n. 8, p. 847-851, 2007.

NEGRINI, C.; CASTRO, C. S. D.; BITTENCOURT-GUIMARÃES, A. T.; FROZZA, A.; ORTIZ-KRACIZY, R.; CUPERTINO-BALLESTER, E. L.. Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. *Latin american journal of aquatic research*, v. 45, n. 5, p. 891-899, 2017.

NEW, M. B.. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *FAO Fish. Tech. Pap.*, n 428, 212 p, 2002.

NEW, M. B.. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Macrobrachium rosenbergii*. Cultured Aquatic Species Information Programme. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Rome. January 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Macrobrachium_rosenbergii/en#tcNA008C>

NEW, M. B.; KUTTY, M. N.. Commercial Freshwater Prawn Farming and Enhancement around the World. In: NEW, M. B.; VALENTI W. C.; TIDWELL J. H.; ABRAMO L. R. D.; KUTTY M. N.. *Freshwater prawns: biology and farming*. Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, 2010.

NEW, M. B.; VALENTI W. C.; TIDWELL J. H.; ABRAMO L. R. D.; KUTTY M. N.. *Freshwater prawns: biology and farming*. Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, 2010.

NGUYEN, T. M. T.; CHEN, T. Y.; SHIAU, C. Y.; CHENG, Y. T.; CHANG, Y. W.. Study on biochemical divergences of the meat and egg of freshwater prawns (*Macrobrachium rosenbergii*). *Food Science & Nutrition*, 2019.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.. Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. *Aquaculture*, v. 400, p. 105-110, 2013.

PINHEIRO, M. A. A.; HEBLING, N. J.. *Biologia de Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879). In: VALENTI, W. C. *Carcinicultura de água doce: Tecnologia para produção de camarões*, p. 21-46, 1998.

PORTELLA, C. G.; SANT'ANA, L. S.; VALENTI, W. C.. Chemical composition and fatty acid contents in farmed freshwater prawns. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 8, p. 1115-1118, 2013.

PORTELLA, C. G.; SANT'ANA, L. S.; VALENTI, W. C.. Sensory aspects of liquid smoking of giant river prawn: comparison with traditional smoking. *International journal of food science & technology*, v. 46, n. 4, p. 834-839, 2011.

RAY, A. J.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L.; LEFFLER, J. W.. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a

plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture*, v. 299, n. 1-4 p. 89-98, 2010.

RIBEIRO, L. F.; DE SOUZA, M. M.; BARROS, F.; HATJE, V.. Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 14, n. 3, 2014.

SAMOCHA, T. M.; PATNAIK, S.; SPEED, M.; ALI, A. M.; BURGER, J. M.; ALMEIDA, R. V.; AYUB, Z.; HARISANTO, M.; HOROWITZ, A.; BROCK, D. L.. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, v. 36, n. 2, p. 184-191, 2007.

SAMOCHA, T. M.; PRANGNELL, D. I.; HANSON, T. R.; TREECE, G. D.; MORRIS, T. C.; CASTRO, L. F.; STARESINIC, N.. Design and Operation of Super Intensive. Biofloc-Dominated Systems for Indoor Production of the Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* – The Texas A&M AgriLife Research Experience. (161th) Baton Rouge. Louisiana. USA, 368. TX: The World Aquaculture Society, 2017.

SIDDIQUI, A. Q.; AL-HAFEDH, Y. S.; AL-HARBI, A. H.; ALI, S. A.. Effects of stocking density and monosex culture of freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* on growth and production in concrete tanks in Saudi Arabia. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 28, n. 1, p. 106-112, 1997.

SILVA, A. F.; GODOY, L. C.; FRANCO, M. L. R. S.; ASSIS, M. F.; VISENTAINER, J. V.; SOUZA, N. E.. Avaliação sensorial e composição proximal de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* defumados. *Ciência Animal Brasileira*, v. 11, n. 4, p. 770-774, 2010.

SOARES, K. M. de P.; GONÇALVES, A. A.. Qualidade e segurança do pescado. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012.

VALENTI, W. C.; NEW, M. B.; SALIN, K. R.; YE, J.. Grow-out Systems – Monoculture. In: New, MB; Valenti, WC; Tidwell, JH; D'Abramo, LR, Kutty, MN (Eds.), *Freshwater Prawns. Biology and Farming*. Blackwell Science, Oxford, UK, 2010.

ZIMMERMANN, S.; RAUPP, A. B.. Cultivo do camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii* (de man), em viveiros no sul do Brasil, sob diferentes densidades e taxas de estocagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 27, n. 1, p.87-90, 1992.

6. NORMAS DA REVISTA

Dessa dissertação será produzido um artigo a ser publicado na revista **Aquaculture International** (ISSN: 0967-6120), fator de impacto 1,455 (2018). Segue as normas da revista abaixo.

MANUSCRIPT SUBMISSION

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Please ensure you provide all relevant editable source files. Failing to submit these source files might cause unnecessary delays in the review and production process.

Additional Information

All manuscript files should be formatted to contain continuous line numbers.

Upon submission in Editorial Manager authors must complete key words from the Classifications for the journal (TYPE OF CULTURE, and SPECIALIST SUBJECT)

- editorial manager

TITLE PAGE

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

TEXT

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- LaTeX macro package (zip, 183 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

REFERENCES

Citation

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).
- This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author. Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- Journal article

Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. *Eur J Appl Physiol* 105:731-738. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0955-8>

Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author lists will also be accepted:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 341:325–329

- Article by DOI

Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. *J Mol Med*. <https://doi.org/10.1007/s001090000086>

- Book

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

- Book chapter

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- Online document

Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb. <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- Dissertation

Trent JW (1975) *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California

Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word Abbreviations, see

- ISSN LTWA

If you are unsure, please use the full journal title.

For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text citations and reference list.

- EndNote style (zip, 2 kB)

TABLES

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.

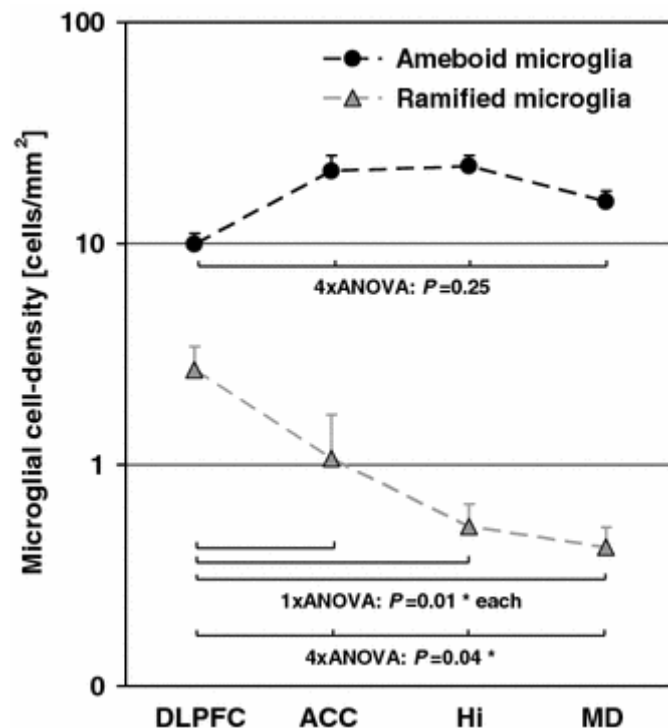
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES

Electronic Figure Submission

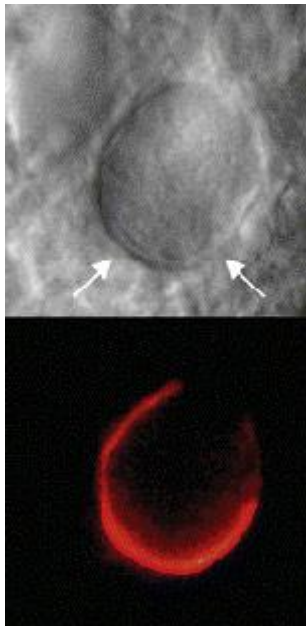
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



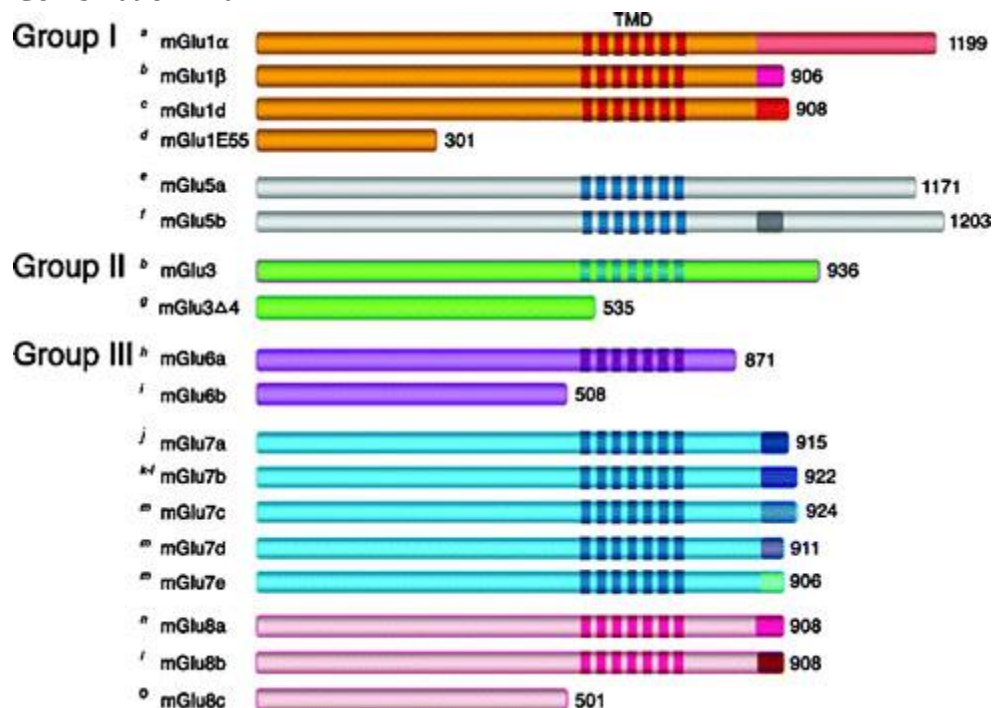
- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.

- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term **Fig.** in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For large-sized journals the figures should be 84 mm (for double-column text areas), or 174 mm (for single-column text areas) wide and not higher than 234 mm.
- For small-sized journals, the figures should be 119 mm wide and not higher than 195 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., “... as shown in the animation (Online Resource 3)”, “... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

OPEN CHOICE

Open Choice allows you to publish open access in more than 1850 Springer Nature journals, making your research more visible and accessible immediately on publication.

Article processing charges (APCs) vary by journal – [view the full list](#)

Benefits:

- Increased researcher engagement: Open Choice enables access by anyone with an internet connection, immediately on publication.
- Higher visibility and impact: In Springer hybrid journals, OA articles are accessed 4 times more often on average, and cited 1.7 more times on average*.
- Easy compliance with funder and institutional mandates: Many funders require open access publishing, and some take compliance into account when assessing future grant applications.

It is easy to find funding to support open access – please see our funding and support pages for more information.

*) Within the first three years of publication. Springer Nature hybrid journal OA impact analysis, 2018.

- Open Choice
- Funding and Support pages

Copyright and license term – CC BY

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

- Find more about the license agreement

Support for Research Data Sharing

Many journals and funding agencies encourage or require data sharing in repositories. If you need help organising and sharing your research data (including code, text, raw and processed data, video and images) you should consider:

- Finding a suitable data repository for your data
- Uploading your data to Springer Nature Research Data Support
- Contacting Springer Nature's Research Data Support Helpdesk for advice
 - List of recommended data repositories
 - Access Research Data Support
 - More information on Research Data Support
- Contact the Research Data Helpdesk

Research Data Support is an optional Springer Nature service available to all researchers who have datasets they want to make easier to cite, share and find. The service provides a secure portal for data upload, and data and metadata are curated and improved by professional Research Data Editors. The publication of datasets is coordinated by our Research Data Editors in consultation with the researcher, and a DOI is provided to allow the dataset to be cited and shared.

Checks are carried out as part of a submission screening process to ensure that researchers who should use a specific community-endorsed repository are advised of the best option for sharing and archiving their data. Use of Research Data Support is optional and does not imply or guarantee that a manuscript will be accepted.

ENGLISH LANGUAGE EDITING

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

- Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.
- Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.
- Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of these services, simply follow the links below.
 - English language tutorial
 - Nature Research Editing Service
 - American Journal Experts

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before publication.

ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation is helped by following the rules of good scientific practice, which include*:

- The manuscript should not be submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The submitted work should be original and should not have been published elsewhere in any form or language (partially or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work. (Please provide transparency on the re-use of material to avoid the concerns about text-recycling ('self-plagiarism').)
- A single study should not be split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (i.e. 'salami-slicing/publishing').
- Concurrent or secondary publication is sometimes justifiable, provided certain conditions are met. Examples include: translations or a manuscript that is intended for a different group of readers.
- Results should be presented clearly, honestly, and without fabrication, falsification or inappropriate data manipulation (including image based manipulation). Authors should adhere to discipline-specific rules for acquiring, selecting and processing data.
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author's own ('plagiarism'). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks (to indicate words taken from another source) are used for verbatim copying of material, and permissions secured for material that is copyrighted.

Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.

- Authors should make sure they have permissions for the use of software, questionnaires/(web) surveys and scales in their studies (if appropriate).
- Authors should avoid untrue statements about an entity (who can be an individual person or a company) or descriptions of their behavior or actions that could potentially be seen as personal attacks or allegations about that person.
- Research that may be misapplied to pose a threat to public health or national security should be clearly identified in the manuscript (e.g. dual use of research). Examples include creation of harmful consequences of biological agents or

toxins, disruption of immunity of vaccines, unusual hazards in the use of chemicals, weaponization of research/technology (amongst others).

- Authors are strongly advised to ensure the author group, the Corresponding Author, and the order of authors are all correct at submission. Adding and/or deleting authors during the revision stages is generally not permitted, but in some cases may be warranted. Reasons for changes in authorship should be explained in detail. Please note that changes to authorship cannot be made after acceptance of a manuscript.

*All of the above are guidelines and authors need to make sure to respect third parties rights such as copyright and/or moral rights.

Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results presented. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential or proprietary data is excluded.

If there is suspicion of misbehavior or alleged fraud the Journal and/or Publisher will carry out an investigation following COPE guidelines. If, after investigation, there are valid concerns, the author(s) concerned will be contacted under their given e-mail address and given an opportunity to address the issue. Depending on the situation, this may result in the Journal's and/or Publisher's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the manuscript is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction:
 - an erratum/correction may be placed with the article
 - an expression of concern may be placed with the article
 - or in severe cases retraction of the article may occur.

The reason will be given in the published erratum/correction, expression of concern or retraction note. Please note that retraction means that the article is **maintained on the platform**, watermarked "retracted" and the explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.

- The author's institution may be informed
- A notice of suspected transgression of ethical standards in the peer review system may be included as part of the author's and article's bibliographic record.

Fundamental errors

Authors have an obligation to correct mistakes once they discover a significant error or inaccuracy in their published article. The author(s) is/are requested to contact the journal and explain in what sense the error is impacting the article. A decision on how to correct the literature will depend on the nature of the error. This may be a correction or retraction. The retraction note should provide transparency which parts of the article are impacted by the error.

Suggesting / excluding reviewers

Authors are welcome to suggest suitable reviewers and/or request the exclusion of certain individuals when they submit their manuscripts. When suggesting reviewers,

authors should make sure they are totally independent and not connected to the work in any way. It is strongly recommended to suggest a mix of reviewers from different countries and different institutions. When suggesting reviewers, the Corresponding Author must provide an institutional email address for each suggested reviewer, or, if this is not possible to include other means of verifying the identity such as a link to a personal homepage, a link to the publication record or a researcher or author ID in the submission letter. Please note that the Journal may not use the suggestions, but suggestions are appreciated and may help facilitate the peer review process.

AUTHORSHIP PRINCIPLES

These guidelines describe authorship principles and good authorship practices to which prospective authors should adhere to.

Authorship clarified

The Journal and Publisher assume all authors agreed with the content and that all gave explicit consent to submit and that they obtained consent from the responsible authorities at the institute/organization where the work has been carried out, **before** the work is submitted.

The Publisher does not prescribe the kinds of contributions that warrant authorship. It is recommended that authors adhere to the guidelines for authorship that are applicable in their specific research field. In absence of specific guidelines it is recommended to adhere to the following guidelines*:

All authors whose names appear on the submission

- 1) made substantial contributions to the conception or design of the work; or the acquisition, analysis, or interpretation of data; or the creation of new software used in the work;
- 2) drafted the work or revised it critically for important intellectual content;
- 3) approved the version to be published; and
- 4) agree to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

* Based on/adapted from:

- ICMJE, Defining the Role of Authors and Contributors,
- Transparency in authors' contributions and responsibilities to promote integrity in scientific publication, McNutt at all, PNAS February 27, 2018

Disclosures and declarations

All authors are requested to include information regarding sources of funding, financial or non-financial interests, study-specific approval by the appropriate ethics committee for research involving humans and/or animals, informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals (as appropriate).

The decision whether such information should be included is not only dependent on the scope of the journal, but also the scope of the article. Work submitted for publication

may have implications for public health or general welfare and in those cases it is the responsibility of all authors to include the appropriate disclosures and declarations.

Data transparency

All authors are requested to make sure that all data and materials as well as software application or custom code support their published claims and comply with field standards. Please note that journals may have individual policies on (sharing) research data in concordance with disciplinary norms and expectations. Please check the Instructions for Authors of the Journal that you are submitting to for specific instructions.

Role of the Corresponding Author

One author is assigned as Corresponding Author and acts on behalf of all co-authors and ensures that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately addressed.

The Corresponding Author is responsible for the following requirements:

- ensuring that all listed authors have approved the manuscript before submission, including the names and order of authors;
- managing all communication between the Journal and all co-authors, before and after publication;*
- providing transparency on re-use of material and mention any unpublished material (for example manuscripts in press) included in the manuscript in a cover letter to the Editor;
- making sure disclosures, declarations and transparency on data statements from all authors are included in the manuscript as appropriate (see above).

* The requirement of managing all communication between the journal and all co-authors during submission and proofing may be delegated to a Contact or Submitting Author. In this case please make sure the Corresponding Author is clearly indicated in the manuscript.

Author contributions

Please check the Instructions for Authors of the Journal that you are submitting to for specific instructions regarding contribution statements.

In absence of specific instructions and in research fields where it is possible to describe discrete efforts, the Publisher recommends authors to include contribution statements in the work that specifies the contribution of every author in order to promote transparency. These contributions should be listed at the end of the submission.

Examples of such statement(s) are shown below:

- Free text:

All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection and analysis were performed by [full name], [full name] and [full name]. The first draft of the manuscript was written by [full name] and all authors commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

- Example: CRediT taxonomy:
 - Conceptualization: [full name], ...; Methodology: [full name], ...; Formal analysis and investigation: [full name], ...; Writing - original draft preparation: [full name, ...];

Writing - review and editing: [full name], ...; Funding acquisition: [full name], ...; Resources: [full name], ...; Supervision: [full name],....

For **review articles** where discrete statements are less applicable a statement should be included who had the idea for the article, who performed the literature search and data analysis, and who drafted and/or critically revised the work.

For articles that are based primarily on the **student's dissertation or thesis**, it is recommended that the student is usually listed as principal author:

- A Graduate Student's Guide to Determining Authorship Credit and Authorship Order, APA Science Student Council 2006

Affiliation

The primary affiliation for each author should be the institution where the majority of their work was done. If an author has subsequently moved, the current address may additionally be stated. Addresses will not be updated or changed after publication of the article.

Changes to authorship

Authors are strongly advised to ensure the correct author group, the Corresponding Author, and the order of authors at submission. Changes of authorship by adding or deleting authors, and/or changes in Corresponding Author, and/or changes in the sequence of authors are **not** accepted **after acceptance** of a manuscript.

- **Please note that author names will be published exactly as they appear on the accepted submission!**

Please make sure that the names of all authors are present and correctly spelled, and that addresses and affiliations are current.

Adding and/or deleting authors at revision stage are generally not permitted, but in some cases it may be warranted. Reasons for these changes in authorship should be explained. Approval of the change during revision is at the discretion of the Editor-in-Chief. Please note that journals may have individual policies on adding and/or deleting authors during revision stage.

Author identification

Authors are recommended to use their ORCID ID when submitting an article for consideration or acquire an ORCID ID via the submission process.

Deceased or incapacitated authors

For cases in which a co-author dies or is incapacitated during the writing, submission, or peer-review process, and the co-authors feel it is appropriate to include the author, co-authors should obtain approval from a (legal) representative which could be a direct relative.

Authorship issues or disputes

In the case of an authorship dispute during peer review or after acceptance and publication, the Journal will not be in a position to investigate or adjudicate. Authors will be asked to resolve the dispute themselves. If they are unable the Journal reserves the right to withdraw a manuscript from the editorial process or in case of a published paper raise the issue with the authors' institution(s) and abide by its guidelines.

Confidentiality

Authors should treat all communication with the Journal as confidential which includes correspondence with direct representatives from the Journal such as Editors-in-Chief and/or Handling Editors and reviewers' reports unless explicit consent has been received to share information.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals
- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships

- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- here:
The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

AFTER ACCEPTANCE

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proof reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.