



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

**EFEITO DE DIFERENTES DENSIDADES DE ESTOCAGEM NO CULTIVO DE
CAMARÃO MARINHO *LITOPENAEUS VANNAMEI* (BOONE, 1931) EM ÁGUA
OLIGOHALINA EM SISTEMA DE BIOFLOCOS**

Ivanilson de Lima Santos

SERRA TALHADA-PE

2020



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

Efeito de diferentes densidades de estocagem no cultivo de camarão marinho
***Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em água oligohalina em sistema de bioflocos**

Ivanilson de Lima Santos

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada como requisito para obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Prof. Dr. Ugo Lima Silva

Orientador

SERRA TALHADA, PE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

- S237e Santos, Ivanilson de Lima
Efeito de diferentes densidades de estocagem no cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em água oligohalina em sistema de bioflocos / Ivanilson de Lima Santos. - 2020.
50 f.: il.
Orientador: Ugo Lima Silva.
Inclui referências e anexo(s).
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Pesca, Serra Talhada, 2020.
1. Desempenho zootécnico. 2. Baixa salinidade. 3. Qualidade de água. 4. Flocos microbianos. I. Silva, Ugo Lima, orient. II. Título.

CDD 639



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

Parecer da banca examinadora da defesa de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação Bacharelado em Engenharia de Pesca de Ivanilson de Lima Santos.

Título: Efeito de diferentes densidades de estocagem no cultivo de camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) em água oligohalina em sistema de bioflocos.

Orientador: Prof. Dr. Ugo Lima Silva

A banca examinadora composta pelos membros abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o aluno, Ivanilson de Lima Santos, do Curso de Engenharia de Pesca, da Universidade Federal Rural de Pernambuco da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como APROVADO.

Serra Talhada, 31 de março de 2020

Banca examinadora:

Prof. Dr. Ugo Lima Silva - Orientador
[Unidade Acadêmica de Serra Talhada/ Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. MSc. Tiago Hilário Pedrosa Campello – Membro Interno
[Unidade Acadêmica de Serra Talhada/ Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. Dr. Wilson Treger Zydowicz de Sousa – Membro Interno
[Unidade Acadêmica de Serra Talhada/ Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Prof. MSc. Elton Jose de Franca - Membro Interno (suplente)
[Unidade Acadêmica de Serra Talhada/ Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Dedico esse trabalho ao meu pai – Sebastião Santos (in memóriam) – o Sr. está no meu coração, mesmo não estando presente diante de nós para compartilhar esse momento ímpar. À minha mãe, Sebastiana Santos, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, por me permitir todas estas conquistas, sendo sempre minha base em todos os momentos difíceis e felizes na busca dos meus sonhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ugo Lima Silva, por ter acreditado, confiado e me orientado, sem medir esforços, para meu crescimento e desenvolvimento na área. Pelo grande exemplo pessoal e profissional que é. Meu muitíssimo OBRIGADO!

Aos docentes, discentes e técnicos da Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco que contribuíram de forma direta ou indireta com a minha formação, em especial aos professores Maurício Pessôa, Dario Falcon, José Carlos Pacheco, Tiago Hilário, Danielli Matias e Juliana Santos, por todo conhecimento, paciência e vivências ao longo da graduação. Aos laboratórios de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos Continentais, Biotecnologia de Microalgas (LABIM) e de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA). Em especial ao professor Wilson Sousa por toda inspiração e ACOLHIMENTO!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro com uma bolsa de Iniciação Científica dentro do Programa (PIBIC) no início da graduação.

Ao Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia de Pesca aos companheiros de grupo que conheci ao longo destes anos, pela contribuição para minha evolução pessoal e profissional. E claro, à tutora, professora e amiga Renata Shinozaki, um ser iluminado que inspira e cativa as coisas boas que a vida tem a oferecer.

Às pessoas mais importantes da minha vida: minha mãe Sebastiana, pela criação e ensinamento dos princípios básicos da vida e por todo amor incondicional, ao meu pai Sebastião Santos (*in memoriam*), por sempre ser uma fonte inesgotável de inspiração na minha vida, aos meus irmãos Roberto, Gilberto e Ivanildo por todo apoio e incentivo ao longo desses anos; ao meu tio Cícero Lima e ao meu primo Arnaldo Soares, porque eles foram uma das bases mais importantes dessa caminhada; e à toda minha família. Muito obrigado por vocês estarem presentes em minha vida!

À minha namorada, Júlia Lopes, por todo amor, carinho, paciência e companheirismo. Aos meus amigos de graduação, em especial à Ayanne Almeida, Bruno Lima, Diego Oliveira, Gabrielli Renata, Gustavo Lima, Itanael Silva, Júlio Moraes, Magna Silva, Marisa Pereira e Marcus Mello. Independe de perto ou longe, vocês foram, e são fundamentais na minha jornada.

RESUMO

O presente trabalho avaliou efeito de diferentes densidades de estocagem no cultivo de camarão marinho em águas de baixa salinidade usando sistema de bioflocos. O experimento foi realizado no Laboratório de Experimentação de Organismos Aquáticos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), entre junho a setembro de 2020. Adotou-se um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos: D80: 80 camarões. m⁻³; D160: 160 camarões. m⁻³; D320: 320 camarões. m⁻³, com quatro repetições cada. Foram utilizados 12 tanques com volume útil de 800 L de água. Os camarões, com peso inicial 0,038 ± 0,001 g, foram alimentados com ração comercial contendo 35% de proteína bruta, com uma frequência de 3 vezes ao dia, a uma taxa inicial de 10% da biomassa dos animais e ajustada de acordo com o consumo. Foram realizadas fertilizações com açúcar diariamente para manutenção da relação 15:1 (C:N). Durante o cultivo foram monitoradas as variáveis físico-químicas de qualidade da água temperatura, oxigênio dissolvido, salinidade, pH, nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato, fosfato inorgânico, dureza total, alcalinidade, turbidez, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais. O desempenho zootécnico dos juvenis de camarão foi avaliado através das variáveis de peso final, fator de conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico, biomassa final, produção, produtividade e sobrevivência. Não foram encontradas diferenças estatísticas (p>0,05) nos valores médios das variáveis de qualidade da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade) observadas diariamente, bem como nas variáveis semanais (nitrogênio total de amônio, nitrito, nitrato, fosfato inorgânico, alcalinidade, dureza, sólidos suspensos totais). No entanto, a turbidez de D320 foi significativamente maior que D80 e D160 (p<0,05); sólidos sedimentares de D320 e D160 maiores que D80 (p<0,05). A maioria das variáveis estava dentro dos valores ideais, exceto sólidos suspensos totais (265-2645mg.L⁻¹) e temperatura (22-24°C). A densidade de 320 camarões.m⁻³ apresentou biomassa final (205,63±100,83g.m⁻³), produção (178,4±39,10camarões.m⁻³) e produtividade (258,67±126,01g.m⁻³) significativamente maior que D80 e D160 (p<0,05). Apesar da baixa temperatura da água e do alto acúmulo de sólidos suspensos totais, os tratamentos apresentaram sobrevivência acima de 50% e baixa conversão alimentar. A produção de *L. vannamei* em água de poço usando bioflocos é uma alternativa sustentável e promissora. No entanto, mais estudos devem ser realizados para uma melhor compreensão desse sistema.

Palavras-chave: desempenho zootécnico; baixa salinidade; qualidade de água; flocos microbianos.

ABSTRACT

The present study aimed at evaluating the production of marine shrimp *Litopenaeus vannamei* in oligohaline waters in a biofloc system under different stocking densities. The experiment was carried out in Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA/UAST) of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) for 90 days. The experimental design was completely randomized implemented with three stocking densities, 80, 160, and 320 shrimp.m⁻³, with four replications. A total of 12 tanks were used, supplied with 800 L of water. The shrimp, with an initial weight of 0.038±0.001 g, were fed daily with commercial feed containing 35% of crude protein, with a frequency of 3 times a day and feeding at an initial rate of 10% of shrimp biomass and was adjusted according to consumption. Sugar was added to provide a daily maintain the 15:1 ratio (C: N). During the cultivation, the physicochemical variables of water quality such as temperature, dissolved oxygen, salinity, pH, total ammoniacal nitrogen, nitrite, nitrate, inorganic phosphate, total hardness, alkalinity, turbidity, settling solids, total suspended solids were measured. The zootechnical performance of juvenile shrimp was evaluated using the variables of final weight, feed conversion ratio, specific growth rate, final biomass, production, productivity, and survival. No statistical differences (p>0.05) were found in the means values of water quality variables (temperature, dissolved oxygen, pH, salinity) observed daily, as well as in the weekly variables (total ammonium nitrogen, nitrite, nitrate, phosphate, alkalinity, hardness, total suspended solids). However, turbidity from D320 was significantly higher than D80 and D160 (p<0.05); settled solids from D320 and D160 were higher than D80 (p<0.05). Most variables were within ideal values, except total suspended solids (265-2645mg.L⁻¹) and temperature (22-24°C). The density of 320 shrimp.m⁻³ recorded final biomass (205.63±100.83g.m⁻³), production (178.4±39.10shrimp.m⁻³), and productivity (258.67±126.01g.m⁻³) significantly higher than D80 and D160 (p<0,05). Although the low water temperature and high accumulation of total suspended solids, all treatments recorded survival above 50% and low feed conversion. The production of *L. vannamei* in well water using biofloc is a promising sustainable alternative. However, further studies should be carried out for a better understanding of this system.

Keywords: zootechnical performance; microbial flocs; low salinity; water quality.

LISTA DE FIGURAS

Artigo I

- Figure 1.** Daily variation of water quality after 90 days of juvenile shrimp production under different stocking densities (D80: 80 shrimp. m⁻³, D160: 160 shrimp. m⁻³, D320: 320 shrimp. m⁻³) in a low-salinity biofloc system. A – Dissolved oxygen (mg. L⁻¹), B – Temperature (°C), C – pH, D – Salinity (g. L⁻¹)..... 34
- Figure 2.** Weekly variation of water quality after 90 days of juvenile shrimp production under different densities (D80: 80 shrimp. m⁻³, D160: 160 shrimp. m⁻³, D320: 320 shrimp. m⁻³) in a low-salinity biofloc system. A – Total ammonium nitrogen (mg. L⁻¹), B – NO₂-N (mg. L⁻¹), C – Alkalinity (mg CaCO₃. L⁻¹), D – Turbidity (NTU), E – Settled solids (mL. L⁻¹), F – Total suspended solids (mg. L⁻¹)..... 35

LISTA DE TABELAS

Artigo I

- Table 1.** Physical-chemical variables of water quality (mean values \pm standard deviation) monitored daily for 90 days of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m⁻³; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system (maximum-minimum in parentheses). There were no statistical differences among treatments ($p>0.05$)..... 31
- Table 2.** Physical-chemical variables of water quality (mean values \pm standard deviation) monitored weekly for 90 days of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m⁻³; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system (minimum-maximum in parentheses). Different letters between treatments for a same water variable means significant statistical difference ($p<0.05$)..... 32
- Table 3.** Performance parameters (mean values \pm standard deviation) of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m⁻³; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system for 90 days. Different letters between treatments for a same performance means significant statistical difference ($p<0.05$)..... 33

SUMÁRIO

Página

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 APRESENTAÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Carcinicultura Mundial e Brasileira.....	11
2.2 Sistemas de Cultivo.....	12
2.3 Tecnologia de Biofoco (BFT).....	13
2.4 Águas Oligohalinas.....	15
3 ARTIGO CIENTÍFICO.....	16
3.1 Artigo científico I.....	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
5 REFERÊNCIAS.....	36
ANEXOS.....	41

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso (TCC) de Engenharia de Pesca é composto por um artigo científico visando contribuir para o enriquecimento do conhecimento sobre o cultivo de camarão marinho. O artigo teve como objetivo avaliar o cultivo do *Litopenaeus vannamei vannamei* (Boone, 1931) em água oligohalina com tecnologia de biofloco sob diferentes densidades de estocagem. Pretende-se submetê-lo à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira. O artigo encontra-se nas normas de publicação da revista a ser submetido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Carcinicultura Mundial e Brasileira

A aquicultura, trata-se de uma atividade praticada desde a antiguidade, há pelo menos 4000 anos na China. Apesar de sua existência nos tempos antigos, a aquicultura tornou-se mais amplamente explorada a partir de meados do século XX (LUIS et al., 2017).

Esta atividade continua a crescer mais rapidamente do que outros setores importantes de produção de alimentos e é um dos setores de produção alimentar mais diversificado do mundo. Embora já não se veja mais as altas taxas de aumento (ou de crescimento) da produção anual das décadas de 1980 e 1990 (11,3% e 10,0%, excluindo plantas aquáticas). O crescimento médio anual caiu para 5,8% de 2000 a 2016 (FAO, 2018).

De acordo com a FAO (2018), a produção global de produtos provenientes da aquicultura em 2016 foi de 80 milhões de toneladas (t) de pescado no valor de US\$ 231,6 bilhões, 30,1 milhões de t de plantas aquáticas com um valor estimado de produção US\$ 11,7 bilhões e 37.900 t de produtos não alimentícios no valor de US\$ 213,6 milhões. A produção incluía 54,1 milhões de t de peixes, 17,1 milhões de moluscos, 7,89 milhões de t de crustáceos e 938.500 t de outros organismos aquáticos (FAO, 2018).

O cultivo desses organismos aquáticos surge como uma das alternativas mais promissoras à pesca extrativista devido à grande demanda por recursos pesqueiros (SILVA et al., 2013). Outro aspecto importante dessa atividade é proporcionar inúmeros benefícios, como a produção de alimentos acessíveis e de alta qualidade para a crescente população mundial, a geração de muitos empregos e contribuições para o desenvolvimento econômico de muitos países (LUIS et al., 2017).

Diante disso, a aquicultura tem despertado um interesse mundial. A China é o maior produtor no mundo desde 1991. Porém, diminuiu gradualmente sua participação na produção global de 65% em 1995 para menos de 62% em 2016. Outros produtores importantes de principais grupos de espécies entre 2001 a 2016 (excluindo as plantas aquáticas) foram Índia (5,7 milhões de t), Indonésia (5 milhões de t), Vietnã (3,6 milhões de t), Bangladesh (2,2 milhões de t), Egito (1,4 milhões de t), Noruega (1,3 milhões de t), Chile (1 milhões de t), Myanmar (1 milhões de t), Tailândia (1 milhões de t), Filipinas

(0,8 milhões de t), Japão (0,7 milhões de t), Brasil (0,6 milhões de t), República da Coreia (0,5 milhões de t) e outros (6 milhões de t) (FAO, 2018).

Em termos de valor, o segundo maior grupo produzido mundialmente foram os crustáceos, com mais de 7,86 milhões de t relatados (6,9% a mais que no ano anterior) de mais de 27 espécies diferentes de crustáceos, equivalente à mais de 57,1 bilhões de dólares. O camarão marinho, *Litopenaeus vannamei*, representou 53% da produção total, o que equivale a mais de 4,15 milhões de t (FAO, 2018).

A produção de camarão no Brasil, principalmente na região Nordeste, é fundamentada no cultivo de *L. vannamei*, por ser uma das atividades com maior rentabilidade do agronegócio, assim como uma importante fonte de receita cambial para o país (RODRIGUES, 2005). A espécie foi introduzida no país por volta de 1970 e somente a partir da década de 1990, os laboratórios passaram a ter domínio da produção de sua pós-larva, fazendo com que os produtores brasileiros passassem a produzir a espécie. O cultivo dessa espécie se destacou no país devido a características inerente a espécie, tais como rusticidade, fácil adaptação às condições de cultivo, desempenho zootécnico satisfatório, ampla aceitação nos mercados internacionais e ao seu alto valor econômico no mercado (PESSÔA et al., 2016).

Por tratar-se de uma espécie eurihalina, o *L. vannamei* possui a capacidade de se adaptar a águas com salinidades diferentes (MAICÁ et al., 2012; PESSÔA et al., 2016; FAO, 2018) e despertou o interesse em todo mundo, sugerindo boas perspectivas de expansão dessa atividade em todo o mundo a décadas em países como EUA, China e Egito (ROY et al., 2010). No Brasil, a produção de camarão marinho em águas de baixa salinidade é considerada um segmento recente (NUNES & ROCHA, 2015; PESSÔA et al., 2016). Segundo dados da Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCCAM, 2013), cerca de 28% das fazendas brasileiras tem captação de água utilizando poços ou corpos de água que apresentam baixa salinidade (RIBEIRO et al., 2014).

2.2 Sistemas de Cultivo

A partir do crescimento mundial da aquicultura, diversos sistemas de produção surgiram, sendo classificados de acordo com a sua intensificação (densidade de estocagem), tais como extensivo, semi-intensivo, intensivo e hiper intensivo. A implementação de algum desses sistemas está relacionada ao tipo de investimento, à

tecnologia, ao local disponível, à produtividade desejada, à espécie que se deseja cultivar, entre outros pontos importantes (RIBEIRO et al., 2014).

Dentre esses sistemas, o extensivo foi o primeiro sistema a ser desenvolvido (bastante aplicado na década de 1980), sendo caracterizado pela a baixa densidade de animais estocados em corpos de água naturais ou artificiais (WASIELESKY et al., 2006).

Sistemas semi-intensivo, intensivo e hiper intensivo só começam a ser desenvolvidos a partir da década de 1990. Porém, tais metodologias de cultivos que apresentam altas densidades podem acarretar, principalmente, o acúmulo de compostos nitrogenados no meio de cultivo, consequentemente prejudicando a qualidade da água (FRÓES et al., 2012). Neste sentido, são meios de produção que apresentam altos custos, como a utilização de elevadas quantidades de rações balanceadas e uso diário de aeradores, monitoramento constante dos parâmetros de qualidade da água e, em alguns casos, é necessário o uso de antibióticos e probióticos no cultivo (RIBEIRO et al., 2014). Dentre os sistemas supracitados, o semi-intensivo é o que apresenta retorno financeiro mais acelerado, necessitando de um menor investimento para sua implantação (NUNES, 2001).

No Brasil, produção de camarão marinho é dividida em quatro etapas, a larvicultura, berçário, engorda e despesca. A partir desse aspecto, a produção é caracterizada em três fases, são elas: mono, bi e trifásica. A fase bifásica é a mais aplicada por apresentar um menor custo, sendo composta por a estocagem das pós-larvas em berçários e em seguida transferidas para viveiros de engorda. A monofásica caracteriza-se por estocar as pós larvas diretamente nos viveiros de engorda até a despesca final dos animais. Já a trifásica possui as etapas de larvicultura, berçário e engorda e é seguida em grandes fazendas de camarão (NUNES, 2001; RIBEIRO et al., 2014).

2.3 Tecnologia de Bioflocos (BFT)

Um dos maiores desafios da aquicultura atual é produzir organismos saudáveis e nutricionalmente adequados ao menor custo econômico e ecológico (BECERRA-DORAME et al., 2014). A intensidade dessa atividade aumenta a carga de matéria orgânica na água e terá riscos ambientais a longo prazo (SHARIFINIA et al., 2018, 2019). Assim, novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas nas últimas décadas,

como a produção de organismos aquáticos em bioflocos (Biofloc Technology System - BFT).

Este sistema visa desenvolver uma atividade econômica, sustentável e ambientalmente amigável (como é basicamente a troca zero de água e a taxa de alimentação artificial reduzidas) que melhora a qualidade da água (AVNIMELECH e KOCHBA, 2009; SGNAULIN et al., 2018; DINDA et al., 2019). A principal característica do Sistema BFT é a reutilização da água por vários ciclos consecutivos para minimizar a necessidade de captação de água (WASIELESKY et al., 2006). Essa técnica consiste na adição de fontes de carbono (e.g., melão, farinha de trigo, amido) para produzir flocos microbianos (e.g., bactérias, protozoários, microalgas, metazoários, exoesqueletos), através do alto nível de aeração, no sistema (KRUMMENAUER et al., 2011; CRAB et al., 2012; AHMAD et al., 2017; KHANJANI et al., 2017, 2019a). As bactérias heterotróficas presentes no sistema garantem a assimilação de compostos nitrogenados, mantendo a qualidade da água, além de servir como fonte de proteína na dieta para camarões (CRAB et al., 2012).

Ademais, esse sistema tem sido amplamente estudado e aplicado em cultivo de camarão e tem apresentado várias vantagens em comparação com as práticas de aquicultura convencionais (EMERENCIANO et al., 2011, 2012a, 2013a; XU & PAN, 2012; KHANJANI et al., 2016, 2017, 2019a; ABBASZADEH et al., 2019a, b) devido reduzir os custos e elevar a produtividade (WASIELESKY et al., 2006; KHANJANI et al., 2019a). Estudos mostraram que o camarão pode ser cultivado com sucesso em sistemas que utilizam troca de água limitada ou nenhuma troca de água (WASIELESKY et al., 2006; DE SCHRYVER et al., 2008; MISHRA et al., 2008; AVNIMELECH & KOCHBA, 2009).

Hopkins et al. (1993), relataram o alto volume de água necessário (20 a 64 m³) para produzir 1 kg de camarão sob as práticas tradicionais de produção. Já o Sistema BFT é capaz de produzir 1 kg de camarão com menos de 0,2 m³ variando de 0,098 a 0,126 m³. kg⁻¹ (SAMOCHA et al., 2010). Um nível de uso da água similarmente baixo (0,169 m³. kg⁻¹ de camarão produzido) foi registrado por Krummenauer et al. (2011) em vias de 35 m³. Além disso, Samocha et al. (2010), em um sistema super intensivo experimental de troca zero, relataram o uso de apenas 0,098 m³ de água para produzir 1 kg de camarão. Sendo assim, o sistema BFT possibilita o aumento da densidade de estocagem. No entanto, altas densidades de estocagem exigem uma maior concentração de oxigênio dissolvido no sistema, dessa forma torna-se necessário um sistema de aeração capaz de

manter uma certa circulação e revolvimento da coluna água para que não ocorra formação de zonas anóxicas (SAMOCHA et al., 2010).

2.4 Águas Oligohalinas

A capacidade de tolerar uma ampla faixa de salinidade (0,5 a 40 g L⁻¹), juntamente com excelentes características de desempenho zootécnico, faz com que *L. vannamei* seja uma espécie atraente para o cultivo em baixas salinidades em muitas regiões do mundo (SAOUD et al., 2003; PESSÔA et al., 2016; FAO, 2018).

No Brasil, a produção de camarão marinho em águas de baixa salinidade proveniente de corpos d'água artificiais e poços artesianos, construídos para minimizar os problemas das secas sazonais no Brasil, principalmente na região semiárida, é considerada uma atividade recente (NUNES & ROCHA, 2015; PESSÔA et al., 2016). A salinização da água é comum nesses ambientes devido à composição rochosa do solo nessa região, que é rica em sais que se acumulam nesses corpos hídricos por lixiviação e escoamento e, em alguns casos, esses ambientes possuem baixa qualidade para o consumo humano (COSTA & CIRILO, 2010; CPRM, 2005).

No entanto, em alguns casos, por serem adequadas ao consumo humano, as águas oligohalinas tem sido determinada por muitos como “água doce”. De acordo com Esteves (1998), águas oligohalinas possuem salinidade entre 0,5 a 5 g. L⁻¹. A salinidade consiste em uma medida expressa em partes por mil (ppt) ou gramas por litro (g. L⁻¹) e mede a quantidade total de sais inorgânicos na água, tais como cloretos (Cl⁻), sódio (Na⁺), sulfato (SO₄²⁻), magnésio (Mg²⁺), cálcio (Ca⁺) e potássio (K⁺). A água doce possui uma concentração muito baixa destes sais quando comparada a água oligohalina. Ademais, valores elevados de alcalinidade e dureza são mais comuns em água oligohalina do que em água doce (NUNES, 2001).

Pesquisas sobre *L. vannamei* em baixa salinidade com a tecnologia bioflocos ainda são limitadas (ESPARZA-LEAL et al., 2016) e para alcançar o sucesso desse setor é necessário ter o domínio do manejo a ser aplicado (FONSECA et al., 2009). Além disso, o estudo sobre o processo de aclimação do camarão marinho é importante, a fim de se controlar a salinidade da água nos tanques ou viveiros a serem povoados pelas pós-larvas comercializadas (SPANGHERO et al., 2008; FAO, 2018).

3 ARTIGO CIENTÍFICO

3.1 Artigo I

Production of juvenile shrimp in a low-salinity biofloc system under different densities

Ivanilson de Lima Santos^{(1)*}, Itanael Sousa da Silva⁽¹⁾, Magna dos Santos Silva⁽¹⁾, Marcus Vinícius Lourenço de Mello⁽²⁾ and Ugo Lima Silva⁽¹⁾

⁽²⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA/UAST). Avenida Gregório Ferraz Nogueira, s/n°, José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535 Serra Talhada-PE, Brasil. E-mail: ivanilsonhp@gmail.com, itanael60@gmail.com, magnas.s.st@gmail.com, ugolimas@gmail.com.

⁽²⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n°, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE. E-mail: marvinmello@hotmail.com

*Corresponding author

Abstract – This study aimed at evaluating the effect of different stocking densities on the production of juveniles *Litopenaeus vannamei* in a low-salinity biofloc system. The experiment was carried out from June to September 2019 (90 days) and designed with three treatments: 80 shrimp.m⁻³ (D80), 160 shrimp.m⁻³ (D160), 320 shrimp.m⁻³ (D320), with four replicates. No statistical differences ($p>0.05$) were found in the means values of water quality variables (temperature, dissolved oxygen, pH, salinity) observed daily, as well as in the weekly variables (total ammonium nitrogen, nitrite, nitrate, phosphate, alkalinity, hardness, total suspended solids). However, turbidity from D320 was significantly higher than D80 and D160 ($p<0.05$); settled solids from D320 and D160 were higher than D80 ($p<0.05$). Most variables were within ideal values, except total suspended solids (265-2645mg.L⁻¹) and temperature (22-24°C). The density of 320 shrimp.m⁻³ recorded final biomass (205.63±100.83g.m⁻³), production

(178.4 ± 39.10 shrimp.m⁻³), and productivity (258.67 ± 126.01 g.m⁻³) significantly higher than D80 and D160 ($p < 0,05$). Although the low water temperature and high accumulation of total suspended solids, all treatments recorded survival above 50% and low feed conversion. The production of *L. vannamei* in well water using biofloc is a promising sustainable alternative. However, further studies should be carried out for a better understanding of this system.

Index terms: *Litopenaeus vannamei*, zootechnical performance, water quality, low salinity.

Produção de juvenis de camarão em sistema de biofloc de baixa salinidade submetido diferentes densidades

Resumo – Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da densidade de estocagem na produção de juvenis de *Litopenaeus vannamei* em um sistema de biofloc de baixa salinidade. O experimento foi realizado no período de junho a setembro de 2019 (90 dias) e projetado com três tratamentos: 80 camarões.m⁻³ (D80), 160 camarões.m⁻³ (D160), 320 camarões.m⁻³ (D320), com quatro repetições. Não foram encontradas diferenças estatísticas ($p > 0,05$) nos valores médios das variáveis de qualidade da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade) observadas diariamente, bem como nas variáveis semanais (nitrogênio total de amônio, nitrito, nitrato, fosfato inorgânico, alcalinidade, dureza, sólidos suspensos totais). No entanto, a turbidez de D320 foi significativamente maior que D80 e D160 ($p < 0,05$); sólidos sedimentares de D320 e D160 maiores que D80 ($p < 0,05$). A maioria das variáveis estava dentro dos valores ideais, exceto sólidos suspensos totais ($265-2645$ mg.L⁻¹) e temperatura ($22-24^{\circ}\text{C}$). A densidade de 320 camarões.m⁻³ apresentou biomassa final ($205,63 \pm 100,83$ g.m⁻³), produção ($178,4 \pm 39,10$ camarões.m⁻³) e produtividade ($258,67 \pm 126,01$ g.m⁻³) significativamente maior que D80 e D160 ($p < 0,05$). Apesar da baixa temperatura da água e do alto acúmulo de sólidos suspensos totais, os tratamentos apresentaram sobrevivência acima de 50% e baixa conversão alimentar. A produção de *L. vannamei* em água de poço usando biofloc é uma alternativa

sustentável e promissora. No entanto, mais estudos devem ser realizados para uma melhor compreensão desse sistema.

Termos para indexação: *Litopenaeus vannamei*, desempenho zootécnico, qualidade de água, baixa salinidade.

Introduction

The worldwide shrimp production has increased substantially over the years and has become one of the most productive aquaculture sectors, representing the second main group of exported species in terms of value, at over USD 57.1 billion, with over 7.86 million tons. The Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* represented 53% of the total world crustacean production, with over 4.15 million tons in 2016 (FAO, 2018). Due to this growth and the rapid growth of population worldwide, the food production industries such as shrimp farming need to develop low-cost, sustainable and environmentally friendly technologies, including biofloc technology system (BFT) (Gao et al., 2019).

The heart of BFT System is the formation of microbial aggregates which are initiated by heterotrophic bacterial colonization stimulated by the addition of an external carbon source (e.g., wheat flour, starch, molasses, dextrose, rice flour) (Serra, 2015; Khanjani et al., 2017).

The main principle of this system is recycling nutrient by maintaining a high carbon/nitrogen (C/N) ratio (essentially above 10) in the water in order to stimulate heterotrophic bacterial growth (Khanjani et al., 2017, 2019) that contribute to removal of total ammonia nitrogen and nitrite and, consequently, improving the water quality, protection against diseases and reducing water exchange and waste generation (Brito et al., 2016). Furthermore, Khatoon et al. (2016) and Reis et al. (2019) reported that enhance of growth performance in a BFT system could be attributed to the presence of microbial floc (can be used as a food source for the reared organisms) and maintaining water quality by this system. In additional, BFT affords to the intensification of Pacific white shrimp production, using high stocking densities, with

minimum, or zero, water exchange, which considerably reduce the environmental impact and the area used for rearing and also the water resources, in comparison with semi-intensive systems (Samocha et al., 2012).

The BFT System is beginning commercially in Brazil, because the deployment method costs more than traditional systems, due to the construction of structures and equipment acquisition (Costa et al., 2018). However, the advantages of BFT can result in a decrease of production costs (Sontakke & Haridas, 2018). Also, the increase in the cost can be offset by the higher productivity achieved in this system due to the high densities (Rego et al., 2017).

The shrimp *L. vannamei* ability to adapt to waters with different salinity (Maicá et al., 2012) ranges aroused the interest of several entrepreneurs suggesting good prospects for expansion of this activity around the world (Roy et al., 2012). However, countries like the USA, China and Egypt are studying and applying this concept for decades (Roy et al., 2010). In Brazil, especially in the Northeast region, the production of marine shrimp in well water and low salinity is considered a recent segment (Nunes & Rocha, 2015) and researches on juveniles *L. vannamei* rearing in low salinity BFT system is still limited (Esparza-Leal et al., 2016).

Thus, this study aimed at evaluating the effect of different stocking densities on the production of juveniles *Litopenaeus vannamei* in a low-salinity BFT system.

Material and methods

The *L. vannamei* juveniles were obtained from a commercial laboratory in Rio Grande do Norte State, Brazil and transferred to the Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA), Serra Talhada city (7.9822° S, 38.2894° W), Pernambuco, Brazil belonging to the Federal Rural University of Pernambuco, Academic Unit of Serra Talhada (UFRPE-UAST), where the experiment was carried. Before the beginning of the experiment, the shrimp were maintained in a nursery fiberglass tank (1000 L) for 20 days. Artesian well water was pre-

filtered using a sand filter. The juveniles were fed to apparent satiation four times daily (at 7:00a.m., 11:00a.m., 3:00p.m. and 7:00p.m.) with a commercial feed (42% of crude protein).

After acclimation process, selected healthy shrimp (average weight $0.038 \pm 0.001\text{g}$) were transferred to 12 grow fiberglass tanks (1000 L), filled with 800 L of water, to start the experiment. The experiment was conducted from June 14 to September 13, 2019. The experimental design was completely randomized implemented with three stocking densities, $D_{80}=80$, $D_{160}=160$ and $D_{320}=320$ shrimp. m^{-3} , with four replications. All tanks were submitted to natural photoperiod, under constant aeration, and covered with screens protection. The tanks were supplied with water from a low-salinity BFT system from a tilapia culture developed at the laboratory of the unit and, during the study, 5% water renewal occurred on alternate days to control the concentrations of solids suspended in the water. Pre-filtered artesian well water, of the university, was added to compensate for evaporation losses in the systems. The assimilation of ammonia by heterotrophic bacteria was encouraged by adding sugar as carbon sources. The sugar with a total organic carbon concentration of 40% was diluted in tanks and splashed uniformly into the tanks every day to each tank as a source of carbohydrates to promote the growth of heterotrophic bacteria. The amount of sugar added was calculated based on the formula proposed by Avnimelech (1999).

The physical-chemical variables of water such as temperature ($^{\circ}\text{C}$), dissolved oxygen (mg. L^{-1}), salinity and pH were measured daily using a multiparameter probe (YSI ProPlus). The water samples were collected weekly for analysis of total ammonia nitrogen (TA-N) (mg. L^{-1} N - ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$), nitrite (mg. L^{-1} $\text{NO}_2\text{-N}$), nitrate (mg. L^{-1} $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg. L^{-1}), inorganic phosphate (mg. L^{-1} $\text{PO}_4\text{-P}$), total alkalinity (mg. L^{-1} CaCO_3), total hardness (mg. L^{-1} CaCO_3), turbidity (NTU), settled solids (mL. L^{-1} SS) and total suspended solids (mg. L^{-1} TSS). TA-N, $\text{NO}_2\text{-N}$ and the total hardness were measured with test solutions. The $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ and alkalinity were measured by photometer (YSI 9500). The turbidity was measured through a turbidimeter

Alfakit. The settled solids were measured using Imhoff cones and were based on the volume of the bioflocs in 1 L after 15 min of sedimentation (Avnimelech, 2009). The total suspended solids were determined following a methodology adapted from Strickland & Parsons (1972).

Shrimp were fed three times a day (at 7:00a.m., 12:00p.m. and 5:00p.m.) with a commercial diet (42% of crude protein for the first 20 days and 35% of crude protein for the rest of the study). The diet was offered in feeding trays (15cm of diameter), to monitor the feed consumption, at an initial rate of 10% of shrimp biomass and was adjusted according to consumption.

At the end of the experiment (90 days), tanks were drained and shrimp were harvested. Shrimp from each tank were counted and wet weight was determined to evaluate the shrimp performance, according to the following variables: final weight (g); feed conversion ratio (FCR = total weight of feed offered/total shrimp weight gained); survival (%) = ((final number of live shrimp / initial stocking shrimp count) x 100); production (shrimp. m⁻³); productivity (g. m⁻³), final biomass (g. m⁻³) and specific growth rate (SGR = ((ln final weight - ln initial weight)/number of days)).

The data were submitted to homoscedasticity of the variances and normality of the data distribution analyses. When the assumptions were not met, data were submitted to statistical transformations. Subsequently, a one-way analysis of variance (ANOVA) was applied followed by a post hoc Tukey's test when significant differences were found, at the level of significance of 5% (Zar, 2013). Data are presented as mean ± standard deviation.

Results and discussion

Variables of water quality measured daily (temperature, dissolved oxygen, pH and salinity) did not show statistical differences among treatments ($p > 0.05$) (Table 1). Variations of physicochemical daily parameters of water are presented in Figure 1.

The *L. vannamei* can tolerate a temperature range from 15 to 35 °C. The ideal temperature range for this species of shrimp is 28 to 32°C (Van Wyk and Scarpa, 1999). These water temperatures determine the most favorable conditions for metabolism, oxygen consumption, growth and survival. The average temperature in this study was 22 °C, being within the tolerance range (Table 1 and Figure 1-A). However, Guo et al. (2010), Gaona et al. (2011) and Costa et al. (2018) state that temperatures below 23 °C represent suboptimal conditions for the growth and survival because the shrimp consume less food. In this research, the means values of temperature may have contributed to the low values of juvenile performance (Table 3). Gaona et al. (2011) found similar results, but they recommend the use of a greenhouse to maintain the water temperature higher than the temperature outside.

Generally, the values of dissolved oxygen in *L. vannamei* production should be over than 4.0 mg. L⁻¹ (Van Wyk & Scarpa, 1999). Based on this value, the aeration system provided an adequate oxygen level in the water, as well as the distribution of suspended flocs inside the tanks (Lara et al., 2016) and the concentrations found throughout the study are in the recommended ranges (Table 1 and Figure 1-B).

As described by Van Wyk & Scarpa (1999), the pH values influence almost all chemical reactions that occur in water, in addition to interfering in the physiological processes of shrimp, however, the means values and the oscillations of pH tended to alkaline and remained within the acceptable range, from 7.0 to 9.0 (Table 1 and Figure 1-C).

Maicá et al. (2012) state that *L. vannamei* is typically euryhaline because it has the ability to tolerate a wide range of salinity (0.5-40 g. L⁻¹). Salinity is an important factor for growth, however taking into account this wide range of variation, white shrimp, even in salinity ranges of 0.5 g. L⁻¹, have their survival and adequate growth. In this experiment, the salinity means values remained around 1.7 g. L⁻¹ with a low oscillation, being within the values indicated for the species (Table 1 and Figure 1-D).

The results of physical-chemical variables of water quality measured weekly such as total ammonium nitrogen, nitrite, nitrate, inorganic phosphate, alkalinity, total hardness, and total dissolved solids did not differ significantly among treatments ($p > 0.05$) (Table 2). Although turbidity from D320 was significantly higher than D80 and D160 ($p < 0.05$); and the settled solids from D320 and D160 were significantly higher than D80 ($p < 0.05$). Variations of physicochemical weekly parameters of water are presented in Figure 2.

The values of total ammonium nitrogen, nitrite and nitrate concentration did not exceed the safe range for the juvenile *L. vannamei* shrimp (Table 2 and Figure 2) (Van Wyk & Scarpa, 1999). The total ammonium nitrogen kept at low levels during the experiments, most likely resulting from the development of the microbial community that was established in the culture water. Due to the addition of sugar as a carbon source and the adjustment of the C/N ratio, the bacterial community was able to use the dissolved nitrogen to form biomass (Avnimelech, 2009; Serra et al., 2015; Khanjani et al., 2017).

The alkalinity is related to important factors in shrimp rearing as a buffer effect on daily variation of pH in the water and in ecdysis (molting) and growth of the shrimp. According to Ebeling et al. (2006), the values of alkalinity in the biofloc system should be maintained between 100 and 150 mg. $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$. In this study, water alkalinity presented high concentrations, however, the values were in the recommended range by Maicá et al. (2017), from 100 to 200 mg L^{-1} . (Table 2 and Figure 2-C). Furthermore, Maicá et al. (2017) report that the weight gain and specific growth rate are affected positively by the highest concentrations of alkalinity in biofloc system. Nevertheless, the possibility of exposure to inappropriate alkalinity concentrations over long periods of time can adversely affect the animals, thus emphasizing the importance of maintaining appropriate levels of alkalinity to the cultivated species.

The accumulation of total suspended solids can reach over 1000 mg. L⁻¹ in BFT system production (Avnimelech, 2009), although according to Gaona et al. (2011) the concentrations should not exceed the 500 mg L⁻¹. In this study, the means values recorded were higher than recommended (Table 2). All treatments recorded high values throughout the experimental period, especially in the first thirty-five days, associated with an increase of flocs and probably may have contributed to the low values of the juvenile performance (Figure 2-F and Table 3). After this period, the water renewal controlled the high concentration. But the use of a clarification system, as described by Gaona et al. (2011), is a viable alternative to control the concentrations of the solids and provide a better performance of shrimp. Avnimelech (2009) and Gaona et al. (2011) report that excessive total suspended solids rates are not favorable because contribute to oxygen consumption. Furthermore, if the concentration exceeds the system capacity, solid particles may form and accumulate, generating anaerobic layers and, consequently, leading to animal mortality. In this study, the high concentration of solids could be due to the particles originating from feed, feces, and not from the microbial flocs.

A similar increase of turbidity and settled solids concentration was also observed (Figure 1-D, E). Avnimelech (2009), reports that high levels of particulate matter reduce light penetration in the biofloc system and therefore limit the algae growth. However, the means values of turbidity and settled solids were within these ranges according to Van Wyk & Scarpa (1999), Ebeling et al. (2006) and Avnimelech (2009).

Costa et al. (2018) and Samocha et al. (2012) report that the stocking density is a factor that presents an inverse relationship between increased density and shrimp performance, which determines the growth, survival, and productivity. The densities tested in this study did not present this relationship, since the highest density showed the highest means values of final biomass, production, and productivity resulting in a significant difference among the treatments ($p < 0.05$) (Table 3). However, the final weight, the feed conversion rate, survival, and specific

growth rate did not show significant differences ($p > 0.05$). Although the biofloc system supports higher densities than presented here these have been the highest densities tested in this region until the moment.

The means values of the shrimp performance in this research are considered low as reported by Rego et al. (2017) because animals rearing in biofloc system often have high production, productivity (Khatoon et al., 2016) and high survival (Serra et al., 2015; Brito et al., 2016; Costa et al., 2018; Khanjani et al., 2017, 2019). However, all treatments showed a low feed conversion ratio, which was similar to the values reported by Gaona et al. (2011) and Costa et al. (2018). It can be attributed to the consumption of microbial flocs by the shrimp (Khatoon et al., 2016; Reis et al., 2019). Gaona et al. (2011), rearing *L. vannamei* with no clarification of the water, recorded lower results of survival than those found here and higher survival rearing shrimp with clarification of the water.

Conclusions

1. The higher density (320 shrimp. m^{-3}) had higher values of production (final biomass, production, and productivity) of juvenile white shrimp.
2. The low values of temperature and the high accumulation of total suspended solids should be taken into account because they may have resulted in low production of juvenile white shrimp. However, further studies should be carried out for a better understanding of the influence of these variables on the performance of marine shrimp in well water using biofloc system.
3. The production of marine shrimp, *L. vannamei*, in well water using biofloc system is a promising sustainable alternative, particularly in a semiarid tropical region, coupling high shrimp yields with low rates of water consumption.

Acknowledgements

We would like to thank all colleagues at Unit Academic of Serra Talhada, Federal Rural University of Pernambuco, Programa de Educação Tutorial (FNDE) and Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA) for their kindly assistance and cooperation.

References

- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p.227-235, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-x](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-x).
- AVNIMELECH Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States, 2009.
- BRITO, L.O.; CHAGAS, A.M.; DA SILVA, E.P.; SOARES, R.B.; SEVERI, W.; GÁLVEZ, A.O. Water quality, Vibrio density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). **Aquaculture Research**, v.47, p.940-950, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12552>.
- COSTA, C.; FÓES, G.; WASIELESKY, W.; POERSCH, L. Different densities in whiteleg shrimp culture using bioflocs and well water in subtropical climate. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.44(4), p.267-279, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.44.4.324>.
- 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, p.346-358, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>.
- ESPARZA-LEAL, H.M.; AMARAL XAVIER, J.A.; WASIELESKY, W. Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at

different salinities and zero-water exchange. **Aquaculture International**, v.24, p.1435-1447, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0001-5>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. **The State of World Fisheries and Aquaculture – Meeting the Sustainable Development Goals**. Available at: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>>. Accessed on: Jan. 15 2020.

GAO, F.; LIAO, S.; LIU S.; BAI, H.; WANG, A.; YE, J. The combination use of *Candida tropicalis* HH8 and *Pseudomonas stutzeri* LZX301 on nitrogen removal, biofloc formation and microbial communities in aquaculture. **Aquaculture**, v.500, p.50-56, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.041>.

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. DOI: <http://doi.org/10.21061/ijra.v12i1.1354>.

GUO, B.; WANG, F.; DONG, S.; DONG, Y.; TIAN, X. The effects of cyclical temperature changes on growth and physiological status of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v.18, p.921-932, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-009-9314-y>.

KHANJANI, M.H.; SAJJADI, M.M.; ALIZADEH, M.; SOURINEJAD, I. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. **Aquaculture Research**, v.48, p.1491-1501, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.12985>.

KHANJANI, M.H.; ALIZADEH, M.; SHARIFINIA, M. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: the effects of different food sources and salinity levels. **Aquaculture Nutrition**, v.26, p.328-337, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/anu.12994>.

KHATOON, H.; BANERJEE, S.; GUAN YUAN, G.T.; HARIS, N.; IKHWANUDDIN, M.; AMBAK, M.A.; ENDUT, A. Biofloc as a potential natural feed for shrimp postlarvae. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.113, p.304-309, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.04.006>.

LARA, G.; KRUMMENAUER, D.; ABREU, P.C.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. JR. The use of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system: effects on water quality, shrimp growth and biofloc composition. **Aquaculture International**, v.25, p.1-9, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0019-8>.

MAICÁ, P.F.; BORBA, M.R.; WASIELESKY, W. JR. Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. **Aquaculture Research**, v.43, p.361-370, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02838.x>.

MAICÁ, P.F.; FURTADO, P.S.; MARTINS, A.C.S.; MIRANDA FILHO, K.C.; WASIELESKY JUNIOR, W. Effect of alkalinity on food consumption of juvenile pacific white shrimp reared in clear water and biofloc system. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.44, p.1678-2305, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.222>.

NUNES, A. J. P.; ROCHA, I. P. **Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil**. *World Aquaculture*, v.6, p.10-17, 2015. Available at: <https://www.was.org/articles/Developments-Shrimp-Tilapia-Aquaculture-in-Northeast-Brazil.aspx#.Xm6ArKhKjIU>>. Accessed on: Jan 15 2020.

PESSÔA, M.N.C.; VIDAL, J.M.A; SILVA, U.L.; MENDES, P.P. Cultivo do camarão marinho, sob diferentes densidades de estocagem e alimentação, em águas oligohalinas. **Caatinga**, v.29, p.9. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n321rc>.

REGO, M.A.S.; SABBAG, O.J.; SOARES, R.; PEIXOTO, S. Risk analysis of the insertion of biofloc technology in a marine shrimp *Litopenaeus vannamei* production in a farm in

Pernambuco, Brazil: a case study. **Aquaculture**, v.469, p.67-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.006>.

REIS, W.G; WASIELESKY, W.; ABREU, P.C.; BRANDÃO, H.; KRUMMENAUER, D. Rearing of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in BFT system with different photoperiods: Effects on the microbial community, water quality and zootechnical performance. **Aquaculture**, v.508, p.19-29, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.067>.

ROY, L.A.; DAVIS, D.A.; SAOUD, I.P.; BOYD, C.A.; PINE, H.J.; BOYD, C.E. Shrimp culture in inland low salinity waters. **Reviews in Aquaculture**, v.2, p.191-208, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2010.01036.x>.

ROY, L.A.; DAVIS, D.A.; WHITIS, G.N. Effect of feeding rate and pond primary productivity on growth of *Litopenaeus vannamei* reared in inland saline waters of West Alabama. **North American Journal of Aquaculture**, v.74, p.20-26, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/15222055.2011.638416>.

SAMOCHA, T.M.; SCHVEITZER, R.; KRUMMENAUER, D.; MORRIS, T.C. Recent advances in super-intensive, zero exchange shrimp raceway systems. **Global Aquaculture Advocate**, v.15, p.70-71, 2012. Available at: https://www.researchgate.net/publication/284418853_Recent_advances_in_super-intensive_zero-exchange_shrimp_raceway_systems. Accessed on: Jan 15 2020.

SERRA, F.P.; GAONA, C.A., FURTADO P.S.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY, W. Use of different carbon sources for the biofloc system adopted during the nursery and grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture International**, v.23, p.1325-1339, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9887-6>.

SONTAKKE, R.; HARIDAS, H. Economic viability of biofloc based system for the nursery rearing of milkfish (*Chanos chanos*). **International Journal of Current Microbiology and**

Applied Sciences, v.7, p.2960-2970, 2018. DOI:

<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.708.314>.

STRICKLAND, J.D.H.; PARSONS, T.R. **A practical handbook of seawater analysis**.

Ottawa: Fishery Research Board Canada, 1972. 310 p.

VAN WYK, P.; SCARPA, J. Water quality and management. In: Van Wyk, P et al. (Eds.).

Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems. Tallahassee: Florida

Department of Agriculture and Consumer Services. v. 6, p. 128-138, 1999.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis – Pearson new international edition**. 5th edn. Pearson

Higher Ed, Englewood Cliffs, 2013.

Tables

Table 1. Physical-chemical variables of water quality (mean values \pm standard deviation) monitored daily for 90 days of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m⁻³; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system (maximum-minimum in parentheses). There were no statistical differences among treatments ($p > 0,05$).

Variables	Treatments		
	D80	D160	D320
Temperature (°C)	22.2 \pm 0.3	22.1 \pm 0.3	22.3 \pm 0.1
	(23.8-21.1)	(23.7-21.1)	(23.8-21.1)
DO (mg. L ⁻¹)	6.4 \pm 0.3	6.4 \pm 0.1	6.3 \pm 0.1
	(8.2-4.1)	(8.1-4.1)	(7.9-4.2)
Salinity (g. L ⁻¹)	1.7 \pm 0.0	1.7 \pm 0.1	1.7 \pm 0.0
	(1.8-1.6)	(1.8-1.6)	(1.8-1.6)
pH	7.6 \pm 0.0	7.6 \pm 0.0	7.6 \pm 0.0
	(7.9-6.9)	(7.9-7.0)	(8.4-7.0)

OD – Dissolved oxygen.

Table 2. Physical-chemical variables of water quality (mean values \pm standard deviation) monitored weekly for 90 days of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m^{-3} ; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system (minimum-maximum in parentheses). Different letters between treatments for a same water variable means significant statistical difference ($p < 0.05$).

Variables	Treatments		
	D80	D160	D320
TA-N (mg. L^{-1})	0.26 \pm 0.01 (0.25-0.31)	0.28 \pm 0.04 (0.25-0.50)	0.44 \pm 0.16 (0.25-0.94)
NO ₂ ⁻ N (mg. L^{-1})	0.05 \pm 0.02 (0.00-0.13)	0.01 \pm 0.01 (0.00-0.08)	0.06 \pm 0.02 (0.00-10)
NO ₃ ⁻ N (mg. L^{-1})	138.45 \pm 8.13 (83.25-199.00)	134.44 \pm 6.80 (91.35-168.75)	136.22 \pm 7.62 (89.50-167.25)
PO ₄ ³⁻ P (mg. L^{-1})	20.88 \pm 1.98 (13.40-30.58)	21.88 \pm 2.91 (14.90-29.80)	20.72 \pm 1.29 (14.38-28.33)
Total alkalinity (mg CaCO ₃ . L^{-1})	173.85 \pm 4.11 (130.00-203.75)	169.21 \pm 5.60 (137.57-201.25)	171.83 \pm 5.82 (140.00-198.75)
Total hardness (mg CaCO ₃ . L^{-1})	471.15 \pm 9.16 (362.50-525.00)	456.73 \pm 11.48 (350.00-512.50)	463.46 \pm 28.18 (387.50-525.00)
Turbidity (NTU)	30.21 \pm 3.47 ^a (15.29-56.34)	35.24 \pm 3.63 ^a (22.20-63.90)	43.01 \pm 3.73 ^b (18.78-99.03)
SS (mL. L^{-1})	14.52 \pm 3.15 ^a (5.8-31.75)	21.25 \pm 2.12 ^b (9-36.25)	20.53 \pm 2.88 ^b (8.75-39.25)
TSS (mg. L^{-1})	724.91 \pm 65.57 (264.90-2644.93)	760.91 \pm 128.40 (168.35-2788.10)	835.40 \pm 185.27 (303.03-2380.95)

TA-N – Total ammonium nitrogen; TSS – Total suspended solids; SS – Settled solids.

Table 3. Performance parameters (mean values \pm standard deviation) of juvenile *Litopenaeus vannamei* production under different stocking densities (80, 160, and 320 shrimp. m⁻³; D80, D160 and D320, respectively) in a low-salinity biofloc system for 90 days. Different letters between treatments for a same performance means significant statistical difference ($p < 0.05$).

Juvenile Performance	Treatments		
	D80	D160	D320
Final Weight (g)	2.09 \pm 0.67	1.46 \pm 0.29	1.43 \pm 0.37
Final biomass (g. m ⁻³)	86.96 \pm 17.25 ^a	71.06 \pm 21.58 ^a	205.63 \pm 100.83 ^b
FCR	1.85 \pm 0.42	2.82 \pm 0.80	2.10 \pm 0.82
Survival (%)	69.53 \pm 21.06	57.23 \pm 13.29	55.76 \pm 12.22
Production (shrimp. m ⁻³)	55,63 \pm 16,85 ^a	91.56 \pm 21.26 ^a	178.44 \pm 39.10 ^b
Productivity (g. m ⁻³)	108.70 \pm 21.56 ^a	90.92 \pm 26.23 ^a	258.67 \pm 126.01 ^b
SGR (%. day ⁻¹)	4.41 \pm 0.35	4.04 \pm 0.26	4,01 \pm 0.27

FCR – feed conversion ratio; SGR – Specific growth rate.

Figures

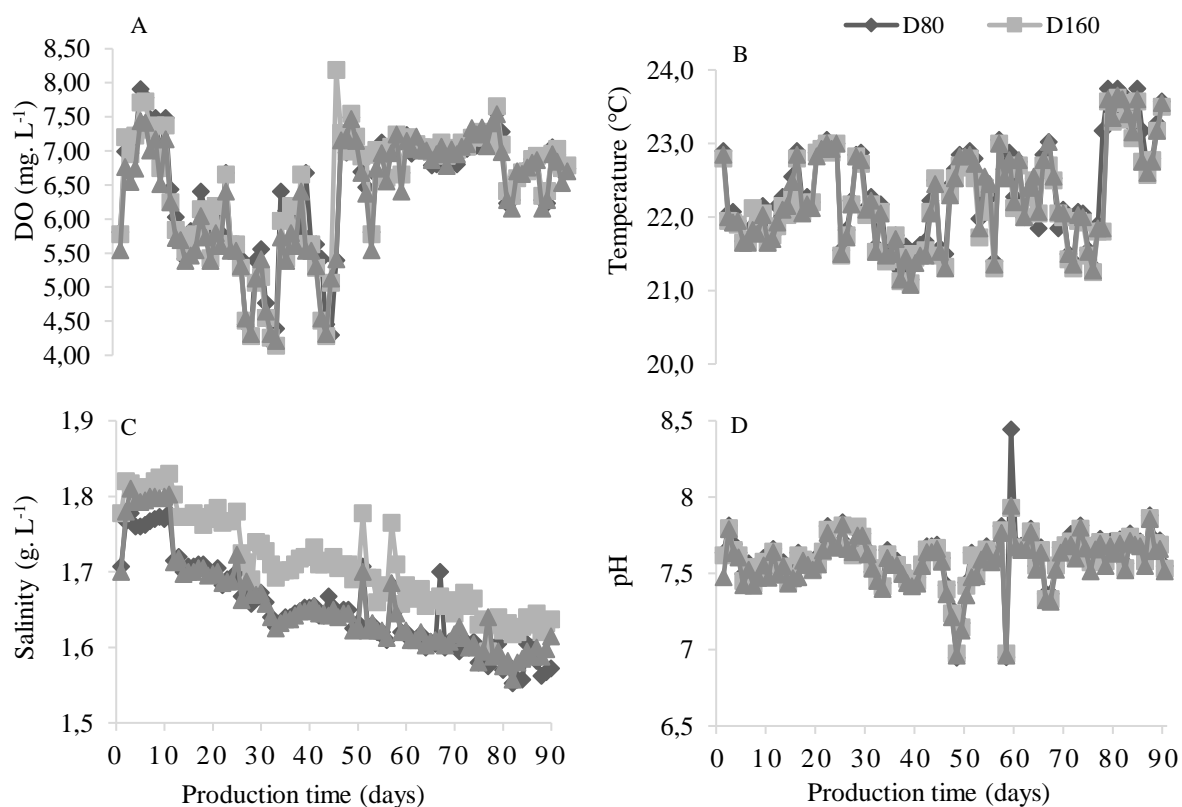


Figure 1. Daily variation of water quality after 90 days of juvenile shrimp production under different stocking densities in a low-salinity biofloc system. A – Dissolved oxygen (mg. L⁻¹), B – Temperature (°C), C – pH, D – Salinity (g. L⁻¹). D80 – 80 shrimp. m⁻³, D160 – 160 shrimp. m⁻³, D320 – 320 shrimp. m⁻³.

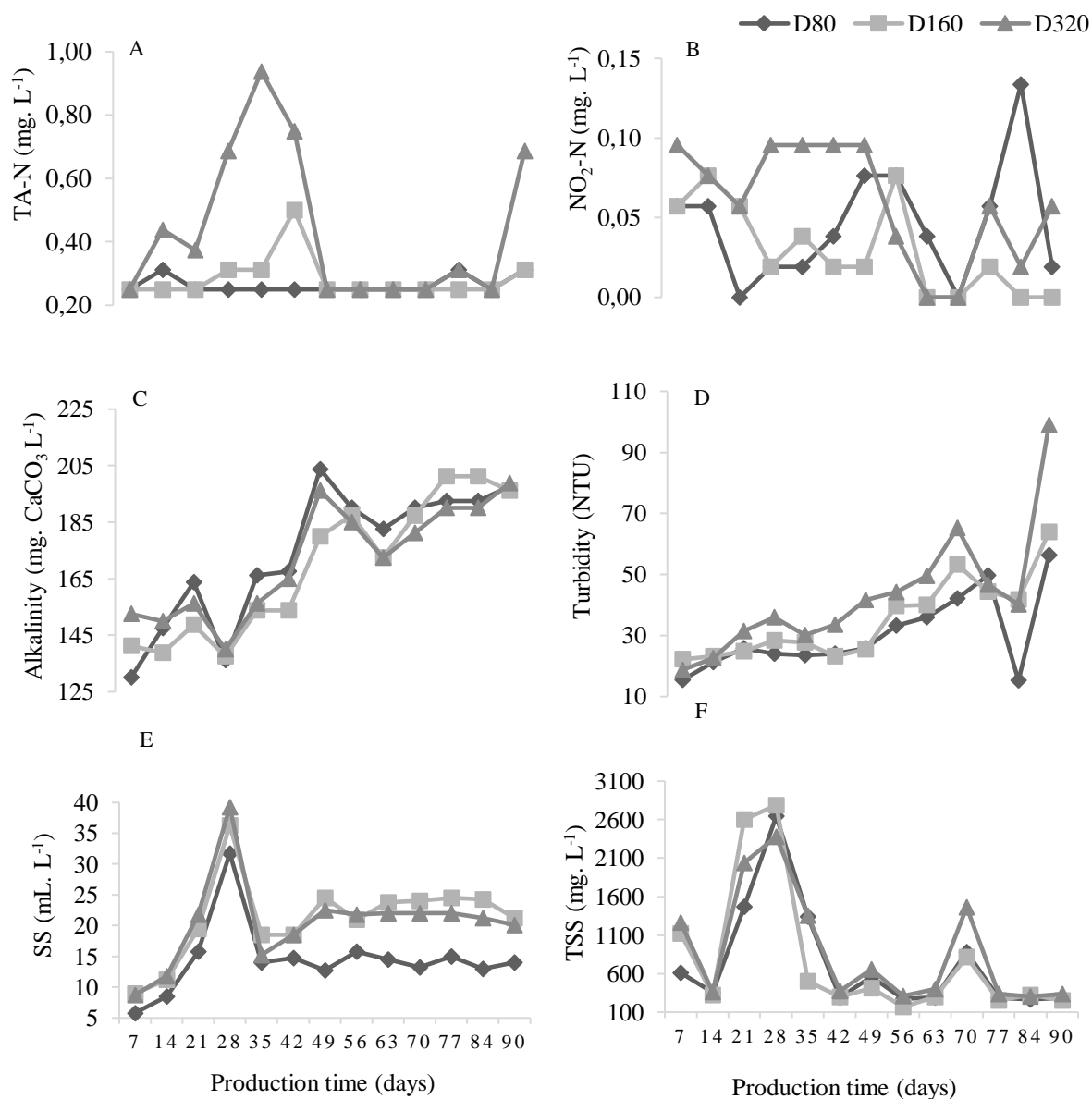


Figure 2. Weekly variation of water quality after 90 days of juvenile shrimp production under different densities (D80: 80 shrimp. m⁻³, D160: 160 shrimp. m⁻³, D320: 320 shrimp. m⁻³) in a low-salinity biofloc system. A – Total ammonium nitrogen (mg. L⁻¹), B – NO₂-N (mg. L⁻¹), C – Alkalinity (mg CaCO₃. L⁻¹), D – Turbidity (NTU), E – Settled solids (mL. L⁻¹), F – Total suspended solids (mg. L⁻¹).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de camarão marinho, *L. vannamei*, em água de poço usando tecnologia de bioflocos é uma alternativa sustentável e promissora, particularmente em uma região tropical semiárida, acoplando altos rendimentos de camarão com baixos índices de consumo de água.

A maior densidade (320 camarões.m⁻³) apresentou maiores valores de produção (biomassa final, produção e produtividade) de juvenis de camarão marinho.

Os baixos valores de temperatura e o alto acúmulo de sólidos suspensos totais devem ser levados em consideração, pois podem resultar em baixa produção de *L. vannamei*. No entanto, novos estudos devem ser realizados para uma melhor compreensão da influência dessas variáveis no desempenho do camarão marinho em água de poço usando o sistema bioflocos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbaszadeh, A.; Keyvanshokoo, S.; Yavari, V.; Naderi, M. (2019a). Proteome modifications of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) muscle under biofloc system. *Aquaculture Nutrition*, 25: 358-366.

Abbaszadeh, A.; Yavari, V.; Hoseini, S.J.; Nafisi, M.; Mozanzadeh M.T. (2019b). Effects of different carbon sources and dietary protein levels in a biofloc system on growth performance, immune response against white spot syndrome virus infection and cathepsin L gene expression of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 50: 1162-1176.

ABCC. Associação Brasileira de Criadores de Camarão. O censo da carcinicultura nacional em 2011. *Revista da Associação Brasileira de Criadores de Camarão*, Natal, v. 15, n. 1, p. 24-28, 2013.

Ahmad, I.; Babitha Rani A.M., Verma, A.K.; Maqsood, M. (2017). Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition. *Aquaculture International*, 25: 1215-1226.

Avnimelech Y, Kochba M (2009) Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in biofloc tanks, using 15N tracing. *Aquaculture*, 287: 163-168.

Becerra-Dorame, M.J.; Martinez-Cordova, L.R.; Martínez-Porchas, M.; Hernández-López, J.; López-Elías, J.A.; Mendoza-Cano, F. (2014). Effect of using autotrophic and

heterotrophic microbial-based systems for the pre-grown of *Litopenaeus vannamei*, on the production performance and selected haemolymph parameters. *Aquaculture Research*, Oxford, v.45, n.5, p.944-948.

Campos, K.C.; Campos, R.T. (2006). Alternativa econômica para o novo rural do Nordeste brasileiro: O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em água doce. *Revista Gepec*, v.10, n.2, p. 40-53.

CPRM, *Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea*, Pernambuco. out. 2005.

Costa, M.R.; Cirilo, J.A. (2010). Análise do Potencial de Uso das Águas Subterrâneas nas Bacias da Região Semiárida. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços*, 16., 17., 2010, São Luis. Anais...São Luis: ABAS, 2010. p. 1-13.

Crab, R.; Defoirdt, T.; Bossier, P., Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356: 35-356.

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W. (2008). The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137.

Dinda, R.; Mandal, A.; Das, S.K. (2019). Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)-supplemented biofloc medium as alternative feed in common carp (*Cyprinus carpio* var. *communis* Linnaeus) culture. *Journal of Applied Aquaculture*, 1-19.

Emerenciano, M., Ballester, E.L., Cavalli, R.O., Wasielesky, W. (2011). Effect of biofloc technology (BFT) on the early post larval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19: 891-901.

Emerenciano, M.; Ballester, E.L.; Cavalli, R.O.; Wasielesky, W. (2012a). Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43: 447-457.

Emerenciano, M.; Cuzon, G.; Arévalo, M.; Miquelajauregui, M.M.; Gaxiola, G. (2013a). Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture International*, 21: 987-1007.

Esparza-Leal, H.M.; Amaral Xavier, J.A.; Wasielesky, W. (2016). Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc conditions at different salinities and zero-water exchange. *Aquaculture International*, v.24, p.1435-1447.

Esteves, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

Fonseca, S.B.; Mendes, P.P.; Albertim, C. J. L.; Bittencourt, C. F.; Silva, J.H.V. (2009). Camarão marinho em água doce em diferentes densidades de estocagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p. 1352-1358.

Food and Agriculture Organization, *The State of World Fisheries and Aquaculture—Meeting the Sustainable Development Goals* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2018).

Fróes, C.; Fóes, G.; Krummenauer, D.; Ballester, E.; Poersch, L.H.; Wasielesky, W.J. (2012). Fertilização orgânica com carbono no cultivo intensivo em viveiros com sistema de bioflocos do camarão branco *Litopenaeus vannamei*. *Atlântica*, 34(1): 31-39.

Hopkins JS, Hamilton RD, Sandifer PA, Browdy LC. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budget of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. 1993; 24:304-320.

Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.; Alizadeh, M.; Sourinejad, I. (2016). Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15: 1465-1484.

Khanjani, M.H.; Sajjadi, M.M.; Alizadeh, M.; Sourinejad, I. (2017). Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*, 48: 1491-1501.

Khanjani, M.H., Alizadeh M., Sharifinia M. (2019a). Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: the effects of different food sources and salinity levels. *Aquaculture Nutrition*.

Krummenauer, D.; Peixoto, S.; Cavalli, R.O.; Poersch, L.; Wasielesky Junior, 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*, v.42, p.726-733.

Luis, A.I.S.; Campos, E.V.R.; De Oliveira, J.L.; Fraceto, L.F. (2017). Trends in aquaculture sciences: from now to use of nanotechnology for disease control. *Reviews in Aquaculture*, v.1, p. 1-14.

Maicá, P.F.; Borba, M.R.; Wasielesky, W. JR. (2012). Effect of low salinity on microbial floc composition and performance of *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles reared in a zero-water-exchange super-intensive system. *Aquaculture Research*, v.43, p.361-370.

Mishra, J.K.; Samocha, T.M.; Patnaik, S.; Speed, M.; Gandy, R.L.; Ali, A.M. (2008). Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural Engineering*, v. 38, p. 2-15.

Nunes, A. (2001). O cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* em águas oligohalinas. *Panorama da Aquicultura*, v. 11, n. 66, p. 26-35.

Nunes, A.J.P.; Rocha, I.P. (2015). Overview and latest developments in shrimp and tilapia aquaculture in Northeast Brazil. *The World Aquaculture Society*, June 2015. p. 10-17.

Pessôa, M.N.C. (2016). Cultivo do camarão marinho, sob diferentes densidades de estocagem e alimentação, em águas oligohalinas. *Caatinga*, v.29, p.9.

Ribeiro, L.F.; De Souza, M.M.; BARROS, F.; HATJE, V. (2014). Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v. 14, p. 365-383.

Rodrigues, J. (2005). A carcinicultura marinha - Desempenho em 2004. *Revista da ABCC*, v. 7, n. 2, p.38-44.

Roy, L.A.; Davis, D.A.; Saoud, I.P.; Boyd, C.A.; Pine, H.J.; Boyd, C.E. (2010) Shrimp culture in inland low salinity waters. *Reviews in Aquaculture*, 2(4): 191-208.

Samocha, T. M.; Morris, T. C.; Hanson, T. (2010). Intensive raceways without water exchange analyzed for white shrimp culture. *Global Aquaculture Advocate*, v.13, p.22-24.

Saoud, I.P.; Davis, D.A., Rouse, D.B. (2003). Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, v.217, p.373-383.

Sgnaulin, T.; De Mello, G.L.; Thomas, M.C., Garcia, J.R.E.; De Oca G.A.R.M.; Emerenciano, M.G.C. (2018). Biofloc technology (BFT): an alternative aquaculture system for piracanjuba *Brycon orbignyanus*? *Aquaculture*, 485: 119-123.

Sharifinia, M.; Taherizadeh, M.; Namin, J.I.; Kamrani, E. (2018). Ecological risk assessment of trace metals in the surface sediments of the Persian Gulf and Gulf of Oman:

evidence from subtropical estuaries of the Iranian coastal waters. *Chemosphere* 191: 485– 493.

Sharifinia, M., Afshari Bahmanbeigloo, Z., Smith, W.O. Jr; Yap, C.K., Keshavarzifard, M. (2019). Prevention is better than cure: Persian Gulf biodiversity vulnerability to the impacts of desalination plants. *Global Change Biology*, 25: 4022-4033.

Silva, M.S.G.M.; Losekann, M.E.; Hisano, H. *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013. 39 p. il. color. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 95).

Spanghero, D.B.N.; Silva, U.L.; Pessoa, M.N.C.; Medeiros, E.C.A.; Oliveira, I.R.; Mendes, P.P. (2008). Utilização de modelos estatísticos para avaliar dados de produção do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivados em águas oligohalina e salgada. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.30, n.4, p.451-458, Maringá.

Wasielesky, W.; Atwood, H.; Stokes, A.; Browdy, C.L. (2006). Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403.

Xu, W-J.; Pan, L-Q. (2012). Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, 356: 147-152.

ANEXOS

Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

Diretrizes para Autores

Escopo e política editorial

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

As submissões de artigos científicos, notas científicas e revisões (a convite do editor) **devem ser encaminhadas via eletrônica e em inglês**, a partir do dia primeiro de março de 2018.

Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise inicial dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos resultados observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, os trabalhos submetidos poderão, então, seguir para a avaliação dos pares, se em concordância com todos os itens considerados, ou serem rejeitados e devolvidos aos autores.

A PAB não aceita resubmissão de artigos rejeitados na seleção inicial ou após a avaliação por revisores.

Forma e preparação de manuscritos

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

- São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

- Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

- O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

Informações necessárias na submissão on-line de trabalhos

No passo 1 da submissão (Início), em “comentários ao editor”, informar a relevância e o aspecto inédito do trabalho.

No passo 2 da submissão (Transferência do manuscrito), carregar o trabalho completo em arquivo Microsoft Word.

No passo 3 da submissão (Inclusão de metadados), em “resumo da biografia” de cada autor, informar o link do sistema de currículos lattes (ex.: <http://lattes.cnpq.br/0577680271652459>). Clicar em “incluir autor” para inserir todos os coautores do trabalho, na ordem de autoria.

Ainda no passo 3, copiar e colar o título, resumo e termos para indexação (keywords) do trabalho nos respectivos campos do sistema.

No passo 4 da submissão (Transferência de documentos suplementares), carregar, no sistema on-line da revista PAB, um arquivo Word com todas as cartas (mensagens) de concordância dos coautores coladas conforme as explicações abaixo:

- Colar um e-mail no arquivo word de cada coautor de concordância com o seguinte conteúdo:

“Eu, ..., concordo com o conteúdo do trabalho intitulado “.....” e com a submissão para a publicação na revista PAB.

Como fazer:

Peça ao coautor que lhe envie um e-mail de concordância, encaminhe-o para o seu próprio e-mail (assim gerará os dados da mensagem original: assunto, data, de e para), marque todo o e-mail e copie e depois cole no arquivo word. Assim, teremos todas as cartas de concordâncias dos coautores num mesmo arquivo.

Organização do Artigo Científico

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

- Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

- O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em espanhol.

- O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

Título

- Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

- Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

- Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.

- Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

- Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

- As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores

- Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção “and”.

- O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

- Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

- Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Abstract/Resumo

- O termo Abstract, ou Resumo, deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.
- Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

- A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- Não devem conter palavras que componham o título.
- Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.
- Devem, preferencialmente, ser termos contidos no [AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus](#) ou no [Índice de Assuntos da base SciELO](#).

Introdução

- A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

- A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

Resultados e Discussão

- A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- As tabelas e figuras são citadas sequencialmente.
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.
- Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.

- Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

- O termo **Conclusões** deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.
- Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- Não podem consistir no resumo dos resultados.
- Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

- A palavra **Agradecimentos** deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser breves e diretos, iniciando-se com “Ao, Aos, À ou Às” (pessoas ou instituições).
- Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

- A palavra *Referências* deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.
- Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

- Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)
SOUSA, A.B.O. de; SOUZA NETO, O.N. de; SOUZA, A.C.M. de; SAMPAIO, P.R.F.; DUARTE, S.N. Trocas gasosas e desenvolvimento inicial de mini melancia sob estresse salino. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2., Fortaleza, 2014. **Anais**. Fortaleza: Inovagri, 2014. p.3813-3819. DOI: 10.12702/ii.inovagri.2014-a510.
- Artigos de periódicos
SILVA, T. P. da; VIDAL NETO, F. das C.; DOVALE, J.C. Prediction of genetic gains with selection between and within S2 progenies of papaya using the REML/Blup analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, p.1167-1177, 2017. DOI: 10.1590/s0100-204x2017001200005
- Capítulos de livros

SHAHZAD, A.; PARVEEN, S.; SHARMA, S.; SHAHEEN, A.; SAEED, T.; YADAV, V.; AKHTAR, R.; AHMAD, Z.; UPADHYAY, A. Plant tissue culture: applications in plant improvement and conservation. In: ABDIN, M.Z.; KIRAN, U.; KAMALUDDIN, ALI, A. (Ed.). **Plant Biotechnology: principles and applications**. Singapore: Springer, 2017. p.37-72. DOI: 10.1007/978-981-10-2961-5_2.

- Livros

SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

- Teses

SAMUEL-ROSA, A. **Análise de fontes de incerteza na modelagem espacial do solo**. 2016. 278p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

- Fontes eletrônicas

EMBRAPA. **Zoneamento agroecológico**. Available at: <<https://www.embrapa.br/tema-zoneamento-agroecologico>>. Accessed on: Apr. 10 2018.

Citações

- Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados. - A autocitação deve ser evitada. - Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

- Redação das citações dentro de parênteses

- Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

- Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

- Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

- Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

- Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

- Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

- Redação das citações fora de parênteses

- Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

- Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

- Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

Tabelas

- As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.

- Devem ser auto-explicativas.

- Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.
- Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.
- O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.
- No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.
- Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.
- As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.
- Notas de rodapé das tabelas
- Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.
- Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.
- Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

- São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.
- Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.
- O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.
- Devem ser auto explicativas.
- A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.
- Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

- O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.
- As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- Não usar negrito nas figuras.
- As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

Notas Científicas

- Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

Apresentação de Notas Científicas

- A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.
- As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:
 - Resumo com 100 palavras, no máximo.
 - Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
 - Deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

Outras informações

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos pelo telefone (61)3448-2461 ou via e-mail sct.pab@embrapa.br

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

O manuscrito deve ser inédito e não pode ter sido submetido, simultaneamente, a outro periódico, e seus dados (tabelas e figuras) não podem ter sido publicados parcial ou totalmente em outros meio de publicação técnicos ou científicos (boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas, etc.).

O texto deve ser submetido no formato do Microsoft Word, em espaço duplo, escrito na fonte Times New Roman 12, tamanho de papel A4, com páginas e linhas numeradas; e o arquivo não deve ultrapassar o tamanho de 20 MB.

O artigo deve ter, no máximo, 20 páginas e tem que estar organizado na seguinte ordem: Título; nome completo dos autores, seguido de endereço institucional e eletrônico; Resumo; Termos para indexação; Title, Abstract; Index terms; Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões; Agradecimentos; Referências; tabelas e figuras.

Os padrões de texto e de referências bibliográficas devem ser apresentados de acordo com as orientações, para a apresentação de manuscritos, estabelecidas nas Diretrizes aos autores, as quais se encontram na página web da revista PAB.

Mensagens de concordância dos coautores com o conteúdo do manuscrito e sua submissão à revista devem ser compiladas pelo autor correspondente em um arquivo do Microsoft Word e carregadas no sistema como um documento suplementar, no quarto passo do processo de submissão.

Os trabalhos são analisados pela Comissão Editorial, antes de serem submetidos à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se os seguintes aspectos, entre outros: escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia, com uma repetição de cada experimento, ao menos, para garantia de reproducibilidade; discussão dos resultados observados em relação aos descritos na literatura; resultados com contribuição significativa; qualidade das tabelas e figuras; e, finalmente, originalidade e consistência das conclusões.

Após a aplicação desses critérios, os trabalhos submetidos poderão, então, seguir para a avaliação dos pares, se em concordância com todos os itens considerados, ou serem rejeitados e devolvidos aos autores.

A PAB não aceita ressubmissão de artigos rejeitados na seleção inicial ou após a avaliação por revisores.