

RAFAEL LIANO DE SOUZA

**CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM DIFERENTES
SALINIDADES UTILIZANDO SISTEMA DE BIOFLOCO**

RECIFE, PE

Julho de 2015



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

**CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM DIFERENTES
SALINIDADES UTILIZANDO SISTEMA DE BIOFLOCO**

Rafael Liano de Souza

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

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia
Orientador

Recife, PE
Julho de 2015

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

**CULTIVO DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM DIFERENTES
SALINIDADES UTILIZANDO SISTEMA DE BIOFLOCO**

Rafael Liano de Souza

Dissertação julgada aprovada para obtenção do título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Defendida e julgada aprovada em 20/07/2015 pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eudes de Souza Correia – Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Athiê Jorge Guerra Santos – Membro externo

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Suzianny M^a Bezerra Cabral da Silva – Membro externo suplente

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Alfredo Oliveira Gálvez – Membro interno

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. William Severi – Membro interno suplente

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedicatória

Aos meus pais, José Liano de Souza e Jacenã Dias de Souza. Pessoas que traduzem a minha existência e apoiam incondicionalmente meus objetivos, dando-me força para levá-los adiante.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por está no controle da minha vida, concedendo-me saúde e paz.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em especial ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) e a Estação de Aquicultura Continental Professor Johei Koike, em nome de todos os professores, técnicos e demais funcionários.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro para execução da pesquisa.

Ao professor Dr. Eudes de Souza Correia pela oportunidade de adquirir ensinamentos profissionais e éticos, além de estabelecer uma excelente parceria no decorrer da orientação para conquista do título de mestre. Sua confiança em mim depositada foi determinante para execução deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola (LAPAq), por todos os momentos de descontração e dedicação ao trabalho. A toda equipe “Lapaquiana”: Fabiana Penalva, Maria Gabriela Ferreira, Eduardo César Rodrigues, Bruno Lúcio, Ítalo Felipe Braga, Marcelo Siqueira e Pedro Vinícius, por terem sido grandes pilares no decorrer dessa pesquisa.

Ao Laboratório de Limnologia da UFRPE, especialmente ao Prof. Dr. William Severi e a Engenheira Química Tereza Cristina Santos, por executar e disponibilizar resultados de análises de variáveis de qualidade da água que complementaram este trabalho.

Ao grande amigo Engenheiro de Pesca Severino Adriano de Oliveira. Sua ajuda para decifrar os mistérios de alguns índices estatísticos foi essencial.

As amigas Engenheiras de Pesca Leilane Bruna Gomes, Suzana Silva e Yllana Marinho, por se mostrarem sempre disponíveis nos momentos de dúvidas e compartilhamento de artigos científicos.

Aos meus pais, José Liano e Jacenã Dias, pela paciência durante todo período de realização desta pesquisa, sempre com palavras de apoio e encorajamento. Da mesma forma, agradeço a minha irmã Suellen D. S. Albuquerque e minhas lindas sobrinhas, Larissa Souza e Milena Souza, por compartilharem comigo momentos de descontração e alegrias.

À Natália Amaro, por me acompanhar e dedicar afeto, paciência, cumplicidade e assim podermos desfrutar, com satisfação, a realização dos nossos objetivos.

Registro também que retribuirei o grande favor prestado pelo amigo Israel Francelino.

Por fim, a todos os familiares e amigos que não foram diretamente citados, mas que transmitiram apoio e acreditaram neste plano, acompanhando de perto esta caminhada para conquista de mais uma etapa de grande importância na minha vida.

RESUMO

A utilização de sistemas de cultivo que possibilitem a reutilização da água com peixes que toleram à salinidade é uma alternativa para dar condições de uso às águas salobras. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da salinidade nas variáveis de qualidade da água, desempenho zootécnico e indicadores de bem-estar no cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com sistema de biofoco. Foram adotados cinco tratamentos, envolvendo as salinidades de 0, 4, 8, 12 e 16 g/L, com três repetições. Os peixes foram estocados em tanques de fibra de vidro (800L) e cultivados por 90 dias, numa densidade de 30 peixes/m³ e peso médio inicial de 93,8 g. Foi utilizado melaço como fonte de carbono orgânico para controlar os níveis do nitrogênio da amônia total (NAT) e induzir o desenvolvimento de bactérias heterotróficas durante o ciclo produtivo. No decorrer do estudo foram avaliadas as variáveis de qualidade da água, índices de desempenho e indicadores hematológicos relacionados ao bem-estar dos peixes. A temperatura da água, clorofila-*a*, sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos totais não diferiram entre as salinidades ($p \geq 0,05$). Os níveis médios de NAT (3,94 mg/L) e nitrogênio do nitrito (0,82 mg/L) foram menores na salinidade 0 g/L. Quanto ao desempenho zootécnico, o peso final variou de 256 a 280 g, com fator de conversão alimentar entre 1,4 e 1,6. O ganho de peso diário não diferiu entre as salinidades 0, 4 e 16 g/L (2,1, 1,9 e 1,9 g/dia, respectivamente) ($p \geq 0,05$). As maiores produtividades foram obtidas nas salinidades 0 (8,4 Kg/m³) e 16 g/L (8,0 Kg/m³) e as salinidades 4, 8 e 12 g/L (7,9, 7,4 e 7,6 Kg/m³, respectivamente) diferiram apenas da menor salinidade proposta (0 g/L). A sobrevivência, que variou entre 97 e 100% sem diferença estatística entre os tratamentos ($p \geq 0,05$), não foi prejudicada com o aumento da salinidade. Com relação ao bem estar animal, a glicose mostrou-se mais elevada em peixes submetidos ao tratamento 16 g/L (76,0 mg/dL) e esteve acima do valor de referência para o estado basal em peixes (<60,0 mg/dL). Contudo, as concentrações de hemoglobina e hematócrito não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos ($p \geq 0,05$). Os dados de peso e comprimento indicaram menores dispersões no tratamento 4 g/L. Os coeficientes de crescimento (*b*) demonstraram diferenças no grau de alometria nos tratamentos 0 (2,967), 4 (2,969) e 16 g/L (2,796), em relação aos tratamentos 8 (3,020) e 12 g/L (3,020). Com estes resultados, conclui-se que salinidades acima de 4 g/L podem interferir no controle das variáveis de qualidade da água; salinidades de 8 e 12 g/L podem prejudicar o desempenho zootécnico e, o bem estar dos peixes pode ser comprometido na salinidade 16 g/L.

Palavras-chave: Piscicultura, água salobra, salinidade, biofoco, *Oreochromis niloticus*

ABSTRACT

Aquaculture water reuse system can be applied to saline tolerant species as an alternative for brackish water ponds. Therefore, the aim of this study was to evaluate the influence of salinity on the variables of water quality, the performance and welfare indicators on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture with biofloc system. Five treatments were performed involving the salinities of 0, 4, 8, 12 and 16 g/L with three replicates. The fishes were stocked in fiberglass tanks (800L) and cultured for 90 days at a density of 30 fishes/m³ and average initial weight of 93,8 g. Molasses was used as an organic carbon source for controlling the total ammonia nitrogen levels (NAT) and induce the development of heterotrophic bacteria during the production cycle. During the study were evaluate variables of the water quality, performance ratios and hematological indicators, related to welfare of fishes. The temperature, chlorophyll-*a*, settleable solids and total suspended solids showed no statistical difference between salinities ($p \geq 0,05$). The average levels of NAT (3.94 mg/L) and nitrite nitrogen (0.82 mg/L) were lower in salinity 0 g/L. As the zootechnical performance, the final weight ranged 256-280 g with feed conversion rate between 1.4 and 1.6. The daily weight gain did not differ between salinity 0, 4 and 16 g/L (2.1, 1.9 and 1.9 g/day, respectively) ($p \geq 0,05$). Highest yields were obtained in salinities 0 (8.4 Kg/m³) and 16 g/L (8.0 Kg/m³) and the salinities 4, 8 and 12 g/L (7.9, 7.4 and 7.6 Kg/m³, respectively) differed only the lower salinity proposal (0 g/L). Survival, which ranged between 97 and 100% without statistical difference between treatments ($p \geq 0,05$), was not impaired with increasing salinity. In relation to animal welfare, glucose was shown to be higher in fish undergoing treatment 16 g/L (76.0 mg/dL) and above the reference values for the baseline on fish (<60.0 mg/dL). However, hemoglobin and hematocrit concentrations were not significantly different between treatments ($p \geq 0,05$). The weight and length data indicated smaller dispersion in the treatment 4 g/L. Growth coefficients (*b*) show differences in the degree of allometry in the treatment 0 (2,967), 4 (2,969) and 16 g/L (2,796), relative to treatment 8 (3,020) and 12 g/L (3,020). With these results, it is concluded that salinities above 4 g/L can interfere in the control of water quality variables; salinities of 8 and 12 g/L can adversely affect the growth performance and, fish welfare can be compromised in salinity 16 g/L.

Key words: Fish culture, brackish water, salinity, biofloc, *Oreochromis niloticus*

LISTA DE FIGURAS

	Página
Revisão de literatura	
Figura 1 - Produção mundial de tilápia (<i>Oreochromis</i> sp.) em água salobra ao longo de onze anos (FAO, 2014).....	18
Artigo	
Figura 1 - Variação semanal da qualidade da água durante 90 dias de cultivo da tilápia do Nilo, em diferentes salinidades com tecnologia de bioflocos.	37

LISTA DE TABELAS

Artigo	Página
Tabela 1- Variáveis de qualidade da água (média \pm desvio padrão; variação entre parênteses) no cultivo da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>), durante 90 dias, em diferentes salinidades com sistema de biofloco.....	37
Tabela 2- Variáveis (média \pm desvio padrão) do desempenho zootécnico da tilápia do Nilo cultivada em diferentes salinidades com sistema de biofloco.....	45
Tabela 3- Variáveis hematológicas (média \pm desvio padrão) da tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) cultivada em diferentes salinidades com sistema de biofloco após 90 dias.....	47

SUMÁRIO

	Página
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	ix
1- INTRODUÇÃO	11
2- REVISÃO DE LITERATURA	14
3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
4- ARTIGO CIENTÍFICO.....	29
5- NORMAS DA REVISTA	49

1- INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), espécie mundialmente utilizada na aquicultura, tem apresentado um incremento produtivo contínuo ao longo dos anos. Para isto, os sistemas de produção adotados no cultivo deste peixe acontece de forma extensiva, semi-intensiva, intensiva e super-intensiva (FAO, 2014), onde as principais diferenças estão na maneira de utilização da água, com ou sem renovações ao longo de um ciclo de cultivo, e na densidade de estocagem adotada (CREPALDI et al., 2006).

A adaptação às diversas formas de cultivo e a ampla utilização da espécie *O. niloticus* na piscicultura pode ser justificada por sua habilidade para suportar ambientes hostis e estressantes, pelo seu rápido crescimento, por sua capacidade de se alimentar em diferentes níveis tróficos e também de adaptar-se a uma ampla faixa de condições ambientais (EL-SAYED, 2006).

Entre os fatores ambientais, Cnaani e Hulata (2011) citaram que algumas espécies de tilápia podem suportar diferentes concentrações de salinidade. Estes autores, afirmaram que a espécie *Oreochromis mossambicus* possui tolerância a amplas faixas dessa variável ambiental. No entanto, a espécie *O. niloticus* tem seu crescimento reduzido em 60% quando cultivada em água marinha, com salinidade superior a 30 g/L (CNAANI e HULATA, 2011), mas desenvolvem-se bem em salinidades de 0 a 10 g/L (SURESH e LIN, 1992). Em outro estudo, Schofield et al. (2011), afirmaram que a tilápia do Nilo resiste a salinidades de 15 g/L sem prejuízos à sobrevivência. Isto faz desta espécie uma importante candidata para aquicultura em água com baixa salinidade (KAMAL e MAIR, 2005).

O cultivo da tilápia em águas salobras já é uma realidade em países como Taiwan, Filipinas e Malásia, os quais são os maiores produtores da tilápia neste ambiente (FAO, 2014). Ainda conforme a Organização das Nações Unidas para

Alimentação e Agricultura (FAO), foi produzida mundialmente mais de 22.229 toneladas de tilápia no ano de 2012 exclusivamente em ambiente com água salobra. Entretanto, o ano de 2011 apresentou a maior produção a nível mundial com aproximadamente 25.756 toneladas (FAO, 2014). No Brasil, não há registros de produção referentes ao cultivo desta espécie com água salina (FAO, 2014)

Algumas alternativas estão sendo adotadas para dar condições de uso a águas salobras, que por sua vez possuem baixo potencial para o consumo humano e têm emprego limitado na agricultura. Neste contexto, cita-se a inserção da tilápia em viveiros de cultivo de camarão marinho visando melhores produtividades (KAMAL e MAIR, 2005) e a exploração de águas residuais advindas do processo de dessalinização. Contudo, existe a necessidade de ampliar as possibilidades de aproveitamento deste recurso. Portanto, aliar um sistema de cultivo que possibilite a reutilização da água com peixes que resistam ao cultivo em baixas salinidades é uma alternativa interessante para regiões com águas subterrâneas salinizadas, com baixos índices de pluviosidade e para diversificação de culturas, quando se refere à carcinicultura marinha.

A tecnologia de biofloc (Biofloc Technology ou BFT) apresenta-se como um método apropriado e se enquadra a este contexto, por permitir que sejam realizadas mínimas ou nenhuma troca de água ao longo de um ciclo de cultivo (CRAB et al., 2012). Esta técnica envolve a manutenção de uma relação entre fontes de carbono e nitrogênio para estimular o crescimento de bactérias heterotróficas e autotróficas, favorecendo a formação de flocos microbianos ou bioflocos (AVNIMELECH, 2012). Os microorganismos presentes no biofloc são utilizados como alimento de elevado nível proteico e, além disso, também são capazes de manter a qualidade da água, removendo os compostos nitrogenados tóxicos presentes no meio de cultivo (AZIM e LITTLE, 2008).

Alguns estudos realizados com espécies de tilápia demonstraram que este método de cultivo é uma alternativa viável para sua produção. Como exemplo, Widanarni et al. (2012) avaliaram o desempenho da tilápia vermelha *Oreochromis* sp., sob diferentes densidades (25, 50 e 100 peixes/m³) e obtiveram os melhores índices de sobrevivência utilizando o sistema de bioflocos, quando comparado a um tratamento controle (sem a manutenção de uma relação entre carbono e nitrogênio). Nesse mesmo estudo, ressalta-se que os peixes foram cultivados em água doce e que as variáveis de qualidade da água mantiveram-se em conformidade aos limites aceitáveis para o cultivo da tilápia.

Azim e Little (2008), também confirmaram que há benefícios na utilização de bioflocos no cultivo da tilápia. Estes autores obtiveram uma produção 45% maior em relação a um cultivo sem a presença de bioflocos e também confirmaram que os flocos microbianos podem servir como alimento nutricionalmente adequado (com cerca de 38% de proteína bruta) para os peixes cultivados com densidade de 12 Kg/m³. Em conformidade com esta informação, Avnimelech (2007), observou que o bioflocos pode contribuir com aproximadamente 50% da necessidade protéica para a espécie *Oreochromis mossambicus*, havendo a possibilidade de redução nos níveis de proteína bruta (20% PB) nas rações formuladas para este peixe.

Embora existam importantes informações a respeito do desempenho produtivo da tilápia em sistema de bioflocos, seu cultivo em água com baixa salinidade associado a esse método precisa ser melhor avaliado, tendo-se a necessidade de verificar sua viabilidade, quanto aos aspectos de qualidade da água, desempenho zootécnico e condições de bem estar animal.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- O bioflocos e sua utilização no cultivo da tilápia

A tecnologia do bioflocos (Biofloc Technology ou BFT) foi inicialmente desenvolvida para o cultivo de tilápias (AVNIMELECH et al., 1995), cujo principal objetivo está na utilização mais eficiente dos aportes de nutrientes com mínima ou nenhuma troca de água ao longo de um ciclo de produção (CRAB et al., 2012).

O sistema BFT envolve a manutenção de uma relação entre fontes de carbono e nitrogênio (C:N) para estimular o crescimento de bactérias heterotróficas e autotróficas, favorecendo a formação de flocos microbianos ou bioflocos (AVNIMELECH, 2012; CRAB et al., 2012). O bioflocos formado ao longo de um ciclo de cultivo possui elevado teor protéico (39 - 48% de proteína bruta) que pode servir de alimento para os organismos aquáticos (WIDANARNI et al., 2012). Este alimento natural pode contribuir positivamente para obtenção de melhores taxas de crescimento, conversão alimentar e ganho de peso (AVNIMELECH, 2007; AZIM e LITTLE, 2008; CRAB et al., 2009).

Alguns estudos reportam sobre os benefícios do cultivo de tilápia com a utilização de bioflocos, entre estes, Avnimelech (2007), quando citou que é possível obter produções de 200 a 300 toneladas/hectare em água doce quando há um manejo rigoroso no ambiente de cultivo. Ao cultivarem a tilápia híbrida (*O. niloticus* x *O. aureus*) no período de inverno com uma densidade de 20 Kg/m³ e alimentação contendo 30 e 23% de proteína, Crab et al. (2009) obtiveram uma taxa média de crescimento diário de 0,27 a 0,29 g, para peixes estocados com peso inicial de 50 e 100 g, respectivamente, com sobrevivência acima de 80%.

Ainda neste contexto, Azim e Little (2008) observaram melhores respostas nos índices de desempenho zootécnico de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) ao

avaliarem rações com diferentes níveis de proteína bruta, adotando o sistema de bioflocos. Estes autores apontaram índices de produção 45% maiores para os peixes cultivados em bioflocos, quando comparados aos resultados obtidos para o tratamento controle. As variáveis de desempenho para os peixes alimentados com rações de 35 e 24% PB na presença de bioflocos não apresentaram diferença estatística.

Em estudos mais recentes, Widanarni et al. (2012) estabeleceram uma comparação entre dois sistemas, controle e BFT, no cultivo de tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*) submetidas a diferentes densidades de estocagem (25, 50 e 100 peixes/m³) em tanques de 3 m³. Os autores verificaram que a utilização do bioflocos contribuiu positivamente nos índices de sobrevivência (93-97%) quando comparados aos índices obtidos no tratamento controle (87-97%). No entanto, observaram melhores resultados finais de produção para o tratamento controle nas diferentes densidades avaliadas. Por outro lado, Luo et al. (2014), ao avaliarem o uso do bioflocos em relação a um sistema de recirculação (RAS), obtiveram os melhores resultados com a utilização do BFT, onde foram observadas diferenças estatísticas para o peso médio final, taxa de crescimento específico, ganho de peso e fator de conversão alimentar.

Os benefícios do cultivo com bioflocos são atribuídos, na maioria dos estudos, aos microrganismos presentes no flocos (AVINIMELECH, 2007; AZIM e LITTLE, 2008). No sistema de bioflocos, o alimento perdido na forma de excreção, é convertido em biomassa microbiana, melhorando a conversão alimentar e reduzindo os custos com alimentação (AVNIMELECH, 1999). Além da sua ampla composição nutricional, os flocos microbianos também são capazes de assimilar compostos nitrogenados como a amônia, que é tóxica para os organismos cultivados, devido à presença das bactérias heterotróficas, sendo mantida a boa qualidade da água para cultivo (EBELING et al., 2006).

Para estabelecer este equilíbrio no sistema, se faz necessária a correta manutenção da relação carbono:nitrogênio (C:N). Esta relação poderá ser mantida pela utilização de fontes ricas em carboidratos, como exemplo o açúcar, glicose, amido de mandioca, melaço da cana-de-açúcar, entre outros. Quanto às fontes de nitrogênio, considera-se o nitrogênio da amônia total (NAT) (AVNIMELECH, 1999; EBELING et al., 2006) ou o nitrogênio contido na ração (cerca de 16%) (ASADUZZAMAN, 2008).

A retenção do nitrogênio inorgânico e o desenvolvimento bacteriano, com predominância das bactérias heterotróficas, poderão ser alcançados por meio de condições específicas (ASADUZZAMAN et al., 2008). Também, em cultivos que operam com bioflocos, a qualidade da água está diretamente relacionada ao desenvolvimento bacteriano (LUO et al., 2014; EKASARI et al., 2015). Assim, Schneider et al. (2006) sugeriram que a relação C:N esteja entre 12 e 15:1; enquanto Chamberlain et al. (2001) concluíram que 20:1 seria uma proporção mais adequada para o desenvolvimento bacteriano. No entanto, Ebeling et al. (2006) afirmaram que 6 g de carbono orgânico são suficientes para converter 1 g de nitrogênio da amônia total (NAT). Essas relações poderão levar à síntese de proteína bacteriana em novas células, disponibilizando alimento de alto potencial nutritivo para os organismos cultivados (AZIM et al., 2008).

O desenvolvimento do floco microbiano traz exigências em avaliações durante todo ciclo de produção. Entre estas, está o monitoramento do volume dos sólidos sedimentáveis e dos níveis de alcalinidade no ambiente de cultivo. Segundo Avnimelech (2012) o nível máximo de sólidos sedimentáveis para produção de peixes é de 100 mL/L. Quanto a alcalinidade, Ebeling et al. (2006) enfatizaram que há consumo da alcalinidade por bactérias heterotróficas, como fonte de carbono (3,57 g/g Nitrogênio Amoniacal), sendo necessário a adição de carbonatos para manter a alcalinidade em

níveis aceitáveis. Ressalta-se que, estas são algumas premissas que podem ser levadas em consideração para manter o bem-estar dos animais e o desenvolvimento bacteriano no ambiente de cultivo.

Segundo Crab et al. (2012) o sistema BFT apresenta uma variedade de características positivas, desde o controle da água à produção do alimento *in situ*. Em concordância, Avnimelech (2012) enfatizou que esta técnica visa o desenvolvimento de um sistema sustentável e rentável para produção de alimentos mais saudáveis destinados à população mundial. No entanto, para fazer desta técnica uma das bases para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável, necessita-se de mais investigações e aplicações em sistemas aquícolas a níveis industriais (CRAB et al., 2012).

2.2- Cultivo e tolerância da tilápia à salinidade

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem sido amplamente utilizada na aquicultura mundial e sua produção apresenta um incremento produtivo contínuo ao longo dos anos (FAO, 2014). O crescente interesse e a utilização desta espécie na piscicultura estão bastante atrelados à sua capacidade de suportar ambientes hostis e estressantes, ao seu rápido crescimento, a capacidade de se alimentar em diferentes níveis tróficos e também de adaptar-se a diferentes métodos de produção e a uma ampla faixa de condições ambientais (EL-SAYED, 2006).

Os sistemas de produção empregados no cultivo deste peixe acontece de forma extensiva, semi-intensiva, intensiva e super-intensiva, onde as principais diferenças estão na maneira de utilização da água, com ou sem renovações ao longo de um ciclo de produção, e na densidade de estocagem adotada (CREPALDI et al., 2006). No que se refere à condição ambiental, restringindo-se a salinidade, Kamal e Mair (2005) afirmaram que este peixe é um excelente candidato para o cultivo em águas salobras e

apresenta incrementos produtivos significativos quando expostos a este parâmetro. Assim, a expansão de sua produção tem atraído a atenção de piscicultores ao longo dos anos (EL-SAYED et al., 2005).

Países como Taiwan, Filipinas e Malásia estão entre os maiores produtores da tilápia em ambiente com águas salobras. Segundo a FAO (2014), especificamente em água salobra, foram produzidas mundialmente aproximadamente 22.229 toneladas de tilápia em 2012. Ainda conforme

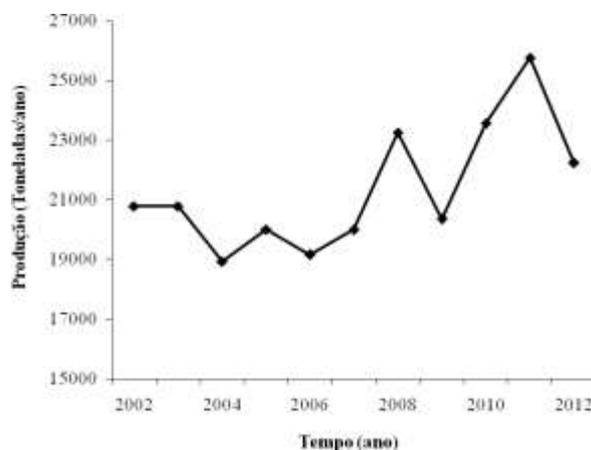


Figura 1. Produção mundial de tilápia (*Oreochromis* sp.) em água salobra ao longo de onze anos (FAO, 2014).

a FAO, comparando-se produções dos anos de 2002 e 2012, houve um incremento produtivo de aproximadamente 1.453 toneladas. Em destaque, no ano de 2011 obteve-se a maior produção a nível mundial com aproximadamente 25.756 toneladas (FAO, 2014) (Figura1).

A inserção da tilápia em ambiente salino e sua tolerância a amplas faixas de salinidade podem ser explicadas por sua ligação com espécies primitivas que habitaram águas marinhas (VILLEGAS, 1990). Esta adaptação também está diretamente relacionada a características genéticas da espécie (VILLEGAS, 1990; SOUSA et al., 2010), a idade ou o tamanho do peixe (WATANABE, 1990; BOEUF e PAYAN, 2001) e ainda aos métodos de aclimatação utilizados na estocagem dos animais, se realizados por transferência direta ou gradativos à salinidade desejada (AL-AMOUDI, 1987). Entre estes fatores, há ainda o mecanismo de osmorregulação, que é a regulação da concentração osmótica e iônica dos fluidos corporais a fim de garantir a homeostase e é

um processo fisiológico indispensável na adaptação dos peixes às condições de cultivo e variações ambientais (BOEUF e PAYAN, 2001).

Há diversos estudos que abordam a resistência de espécies de tilápia em ambiente salino. Segundo Al-Amoudi (1987) a espécie *Oreochromis mossambicus* é capaz de suportar transferência direta de um ambiente de água doce para água salina com 27 g/L, sendo mencionada por este autor como a espécie mais resistente a esta variável ambiental. Esta mesma espécie, conforme citaram Whitefield e Blaber (1979), ao serem aclimatadas gradualmente suportam salinidades que chegam a 120 g/L. Estes mesmos autores citaram que, assim como a *O. mossambicus*, as espécies *Oreochromis aureus* e *Tilapia zillii* estão entre as mais resistentes à salinidade.

Ao referir-se especificamente a espécie *O. niloticus*, observa-se que sua tolerância ao meio salino é menor em relação as espécies citadas anteriormente. Al-Amoudi (1987) mencionou que a tilápia do Nilo pode suportar uma transferência de água doce para um ambiente com salinidade máxima de 18 g/L e se realizados procedimentos de aclimação, resistem à salinidades de até 36 g/L, chegando, portanto, a suportar ambientes marinhos.

Mais recentemente, Schofield et al. (2011) utilizaram a tilápia do Nilo em um estudo para avaliar a tolerância aguda à salinidade e observaram que esse peixe resiste a transferência para água com salinidade de 15 g/L sem prejuízos à sobrevivência. Neste mesmo estudo, apresentaram sobrevivência de aproximadamente 90% para transferências a ambientes com salinidade de 20 g/L. Os autores ainda observaram que há uma relação direta entre a temperatura e salinidade, ressaltando que houve mortalidade total dos peixes aclimatados à salinidade de 20 g/L a uma temperatura de 14°C após 25 dias de exposição, ao avaliarem o efeito crônico da salinidade.

Desta forma, estes estudos trazem informações importantes para futuros delineamentos experimentais. Contudo, resultados que abordem com clareza a influência da salinidade no cultivo da tilápia do Nilo de uma forma mais ampla são escassos, como por exemplo enfatizando os parâmetros de desempenho zootécnico, condições de qualidade da água e de bem estar animal.

Ao aprofundar-se nesta temática, verifica-se que não há resultados que correlacionem os parâmetros mencionados acima com o cultivo da espécie *O. niloticus* em água salobra utilizando o sistema de biofloco. Neste sentido, avaliar estas condições e propor estratégias de cultivo para regiões que apresentam mananciais e aquíferos salinizados ou ainda para produtores que desejam otimizar produções adotando o policultivo, podem ser alternativas para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável.

2.3- Bem-estar e avaliações de estresse em peixes

O bem-estar animal é um conceito que surge por meio da relação entre o homem com outros animais, e que emerge da atribuição de um estatuto moral aos animais (OLIVEIRA e GALHARDO, 2007). Ainda segundo esses autores, os peixes são perceptíveis à dor (senciência), apresentam respostas psicológicas a agentes estressores e da sua complexidade cognitiva, o que valida à aplicação do conceito de bem-estar em peixes.

A piscicultura praticada de forma intensiva implica em sistemas planejados para obter uma produção máxima ao menor custo possível. Nestas condições, variações nos parâmetros de qualidade da água, elevadas densidades de estocagem e restrições na alimentação têm um maior impacto no bem-estar dos animais cultivados (OLIVEIRA e GALHARDO, 2007).

O estresse em peixes pode ser uma consequência de vários tipos de agentes, como exemplo, de natureza física, como o transporte, o confinamento ou manejo; de natureza química, como os compostos nitrogenados, o baixo teor de oxigênio ou às variações de pH; e os perceptíveis pelos animais, como a presença de predadores (BARTON, 2002). A ocorrência de oscilações no pH e elevadas concentrações de amônia (MORAES et al., 2004), nitrito (COSTA et al., 2004) e fatores decorrentes da degradação da matéria orgânica, que conseqüentemente resultam em poluentes orgânicos e inorgânicos (CASTRO e FERNANDES, 2009), são fatores determinantes para ocorrência do estresse em peixes.

A teoria mais aceita em relação a esta temática foi proposta por Moberg (1985). Este autor dividiu a resposta ao estresse em três fases: primeiramente com o desequilíbrio na homeostase; em seguida, o organismo reage em resposta ao estresse e, por último, ocorrem as consequências fisiológicas e comportamentais. A reação a agentes estressores nos peixes também pode ser dividida em dois momentos: primeiro os efeitos que ameaçam ou perturbam o equilíbrio homeostático e, em seguida, o desencadeamento de diversas respostas fisiológicas compensatórias e adaptativas, visando à superação das ameaças (SILVA et al., 2012).

Sob condições de aquicultura, os desafios naturais se somam aqueles impostos pela atividade aquícola (OBA et al., 2009). O ambiente aquático é extremamente dinâmico e os animais que vivem nesse ambiente encaram alterações ambientais dificilmente enfrentadas pelos animais terrestres, como mudanças rápidas ou extremas na salinidade, pH e concentração de oxigênio dissolvido, o que pode ocasionar estresse e reduzir a habilidade de manter a homeostase (WENDERLAAR BONGA, 1997).

Reflexos na condição de bem-estar podem ser observados através de parâmetros hematológicos como em níveis de cortisol, hematócrito, hemoglobina e glicose, caso

encontrem-se divergindo de níveis basais, assim podem causar influências negativas no crescimento do animal. As variáveis sanguíneas dos peixes auxiliam na avaliação dos efeitos da contaminação ambiental, disfunções alimentares, interações medicamentosas e ação de fatores ambientais estressores (OLIVEIRA-RIBEIRO et al., 2000).

Assim, a glicose tem sido empregada rotineiramente para diagnosticar a ocorrência de estresse fisiológico em peixes teleósteos (OBA et al., 2009). Este parâmetro é um bom indicador, pois suas alterações são facilmente detectadas e a avaliação pode ser realizada com medidores de glicose de simples utilização (SIMÕES e GOMES, 2009). Portanto, a concentração considerada basal deve ser menor que 60 mg/dL conforme proposto por Vijayan et al. (1997).

Níveis de hemoglobina e de hematócrito também são bons indicadores para determinar o estado de saúde em peixes e podem ser utilizados para interpretar a capacidade de transporte de oxigênio dos peixes (VOSYLIENÉ, 1999; TAVARES-DIAS e FAUSTINO, 1998). As mudanças no hematócrito durante respostas de estresse indicam hemoconcentração ou hemodiluição devido a distúrbios osmorregulatórios (MORGAN e IWAMA, 1997).

O crescimento dos peixes também traz informações importantes para inferir sobre o bem-estar dos animais quando expostos a condições de estresse. A análise de dados de peso-comprimento é bastante utilizada em estudos de ecologia e é uma ferramenta indicadora de bem-estar e condicionamento (LIMA-JUNIOR et al., 2002). Através da relação entre estes parâmetros (peso e comprimento) é estabelecida uma equação e, por meio desta, torna-se possível realizar inferências a cerca do crescimento dos animais. Comumente, esta equação é denotada da seguinte forma: $W=aL^b$, onde W corresponde ao peso, L ao comprimento, a e b são estimativas dos parâmetros de correlação.

Assim, por meio dos valores observados no coeficiente b , há a possibilidade de descrever como se dá o crescimento da espécie estudada. Logo, quando b é igual a 3 o crescimento pode ser considerado isométrico, com aumento de peso proporcional ao comprimento. No entanto, quando b é menor que 3 o crescimento é alométrico negativo, o incremento maior se dá no peso, e quando b é maior que 3 o crescimento é alométrico positivo, o incremento em comprimento é mais acentuado que em peso (FROESE, 2006). Le Cren (1951) afirma que os valores de b para peixes podem variar entre 2,5 e 4, mas geralmente encontram-se em torno de 3 (crescimento isométrico).

A utilização do sistema de biofoco no cultivo da tilápia do Nilo vem sendo estudada, mas há poucas abordagens sobre a condição de bem estar deste peixe quando submetido a este método. Azim e Little (2008), ao avaliarem indicadores de bem estar no cultivo da tilápia do Nilo (*O. niloticus*) utilizando um sistema de recirculação (RAS) e outro com biofoco, verificaram que não houve danos na pele, nadadeiras e brânquias dos peixes em ambos os sistemas de cultivo. Estes mesmos autores também comprovaram que os níveis de hematócrito sanguíneo e cortisol plasmático não apresentaram diferença estatística em relação ao RAS. Mais recentemente, Luo et al. (2014) avaliaram a condição de bem estar da tilápia do Nilo cultivada em RAS e com biofocos. Neste estudo, os autores perceberam que o cultivo com biofocos pode melhorar o sistema imune dos peixes e afirmaram que este fato está diretamente associado às características nutricionais do foco microbiano.

Sobre a influência da salinidade no bem-estar da tilápia do Nilo quando cultivada em biofocos, não há relatos. Portanto, faz-se necessário averiguar se parâmetros hematológicos como glicose, hemoglobina e hematócrito podem ser utilizados para inferir sobre a condição deste peixe ao adotar esta promissora técnica de cultivo (BFT), com diferentes salinidades.

3- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AMOUDI, M.M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to seawater- an experimental study. **Aquaculture**, v.65, p.333-342, 1987.
- ASADUZZAMAN, M.; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J.; HUQUE, S.; SALAM, M.A.; AZIM, M.E. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. **Aquaculture**, v.280, p.117–123, 2008.
- AVNIMELECH, Y. Biofloc Technology - A Practical Guide Book, 2^d Edition. **The World Aquaculture Society**. Baton Rouge, Louisiana, United States. 2012, 271p.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, v.176, p.227-235, 1999.
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, p. 140-147, 2007.
- AVNIMELECH, Y.; MOZES, N.; DIAB, S.; KOCHBA, M. Rates of organic carbon and nitrogen degradation in intensive fish ponds. **Aquaculture**, v.134, p. 211-216, 1995.
- AZIM, M.E.; LITTLE, D.C.; BRON, J.E. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. **Bioresource Technology**, v.99, p.3590–3599, 2008.
- AZIM, M.E; LITTLE, D.C. The biofloc tecnologia (BFT) in indoor tanks water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.283, p.29-35, 2008.
- BARTON, B.A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, v.42, p.517-525, 2002.
- BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.130, p.411-423, 2001.

- CASTRO, F.J.; FERNANDES, M.N. Effect of temperature on copper toxicity and hematological responses in the neotropical fish *Prochilodus scrofa* at low and high pH. **Aquaculture**, v. 251, p. 109-117, 2009.
- CHAMBERLAIN, G.; AVNIMELECH, Y.; MCINTOSH, R.; VELASCO, M. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C:N. III: Practical Applications. **The global Aquaculture Advocate**, v.4, p.50-54, 2001.
- CNAANI, A.; HULATA, G. Improving Salinity Tolerance in Tilapias: Past Experience and Future Prospects. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.63, p.1-21, 2011.
- COSTA, O.F.T.; FERREIRA, D.J.S.; MENDONÇA, F.L.P.; FERNANDES, M.N. Susceptibility of the amazonian fish, *Colossoma macrospomun* (Serrasalminae) to short-term exposure to nitrite. **Aquaculture**, Atlantic, v. 232, p.627-636, 2004.
- CRAB, R., DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v.356-357, p.351-356, 2012.
- CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, v.40, p.105-112, 2009.
- CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA, E.A.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A.B.; SATURNINO, H.M. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30, p.86-99, 2006.
- 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.
- EKASARI, J.; RIVANDI, D.R.; FIRDAUSI, A.P.; SURAWIDJAJA, E.H.; ZAIRIN JR, M.; BOSSIER, P.; SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, v.441, p.72-77, 2015.
- EL-SAYED, A.-F.M. Tilapia Culture. **CABI publishing**, Wallingford, Oxfordshire, United Kingdom, 2006. 277p.

- EL-SAYED, A.-F.M.; MANSOUR, C.R.; EZZAT, A.A. Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, v.248, p.187-196, 2005.
- FAO. Fishery Information, Data and Statistics Unit. FishStat J: Universal software for fishery statistical time series. Version 2.1.0. Rome, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>
- FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**, v.22, p.241-253, 2006.
- KAMAL, A.H.M.M.; MAIR, G.C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**, v.247, p.189-201, 2005.
- LE CREN, E. D. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch. (*Perca fluviatilis*). **Journal of Animal Ecology**, v. 20, p. 201-219, 1951.
- LIMA-JUNIOR, S.E.; CARDONE, I.B.; GOITEIN, R. Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. **Acta Scientiarum**, v.24,p.397-400, 2002.
- LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. **Aquaculture**, v.422-423, p.1-7, 2014.
- MOBERG, G.P. Biological response to stress: Key to assessment of well-being? In: MOBERG, G.P. (ed.). **Animal Stress**. Bethesda: American Physiological Society, 1985, p. 27-29.
- MORAES, G.; POLEZ, V.L.P.; IWAMA, G.K. Biochemical responses of two erythrinidae fish to environmental ammonia. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 95-102, 2004.

- MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. Measurements of stressed states in the field. In: IWAMA, G.W. et al. (Edt) **Fish Stress and Health in Aquaculture**, Cambridge University Press, p.247-270, 1997.
- OBA, E.T.; MARIANO, W.S.; SANTOS, L.R.B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. TAVARES-DIAS, M. (Org). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009, cap.8, p. 226-247.
- OLIVEIRA, R.F.; GALHARDO, L. Sobre a aplicação do conceito de bem-estar a peixes teleósteos e implicações para a piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.77-86, 2007.
- OLIVEIRA-RIBEIRO, C.A.; PELLETIER, E.; PFEIFFER, W.C. Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and Nordic freshwater fish. **Environmental Research**, v.83, p.286-292, 2000.
- SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. Molasses as C source for heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, v.261, p.1239-1248, 2006.
- SCHOFIELD, P.J., PETERSON, M. S.; LOWE, M. R.; BROWN-PETERSON, N. J.; SLACK W.T. Survival, growth and reproduction of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758). I. Physiological capabilities in various temperatures and salinities. **Marine and Freshwater Research**. v.62, p.439-449, 2011.
- SILVA, R.D.; ROCHA, L.O.; FORTES, B.D.A.; VIEIRA, D.; FIORAVANTI, M.C.S. Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.32, p.99-107, 2012.
- SIMÕES, L.N.; GOMES, L.C. Eficácia do mentol como anestésico para juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.61, p.613- 620, 2009.
- SURESH, A.V.; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. **Aquaculture**, v.106, p.201-226, 1992.

- SOUSA, T.R.P.; SANTOS, C.J.A.; SANTOS, D.L.; QUEIROZ, A.C.S.; MENDES, P.P. Desempenho zootécnico da tilápia Nilótica linhagem chitralada sob influência da salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v.5, p.10-18, 2010.
- TAVARES-DIAS, M.; FAUSTINO, C.D. Parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) em cultivo extensivo. **Ars Veterinária**, v.14, p.254-263, 1998.
- VIJAYAN, M.M.; PEREIRA, C.; GRAU, E.G.; IWAMA, G.K. Metabolic Responses Associated with Confinement Stress in Tilapia: The Role of Cortisol. **Comparative Biochemistry and Physiology**. v.116, p.89-95, 1997.
- VILLEGAS, C.T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus* and their F₁ hybrids. **Aquaculture**, v.85, p.281-292, 1990.
- VOSYLIENĖ, M. Z. The effects of heavy metals on haematological indices of fish (Survey). **Acta Zoologica Lituanica**, v.9, p.76-82, 1999.
- WATANABE, W.O.; CLARK, J.H.; DUNHAM, J.B.; WICKLUND, R.I.; OLLA, R.I. Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effect of stocking density and dietary protein on growth. **Aquaculture**, v.90, p.123-134, 1990.
- WENDERLAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological Reviews**, v. 77, p. 591-625, 1997.
- WHITFIELD, A.K.; BLABER, S.J.M. The distribution of the freshwater cichlid *Sarotherodon mossambicus* in estuarine systems. **Environmental Biology of Fishes**, v.4, p.77-81, 1979.
- WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. **HAYATI Journal of Biosciences**, v.19, n.2, p.73-80, 2012.

4- ARTIGO CIENTÍFICO

Artigo científico a ser submetido à Revista: **Revista Ciência Agronômica** - <http://www.ccarevista.ufc.br> - ISSN (on line) **1806-6690**

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

1 **Cultivo da tilápia do Nilo em diferentes salinidades utilizando o sistema de bioflocos¹**

2 *Nile tilapia culture in different salinities using biofloc system*

3 Rafael Liano de Souza^{2*}, Eduardo Cesar Rodrigues de Lima³, Fabiana Penalva de Melo³,

4 Maria Gabriela Padilha Ferreira³ e Eudes de Souza Correia³

5 **RESUMO** - Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da salinidade da água no
6 cultivo da tilápia do Nilo com bioflocos foi avaliada por meio de indicadores de qualidade da
7 água, desempenho zootécnico e bem-estar animal. Foram adotados cinco tratamentos,
8 envolvendo salinidades (0, 4, 8, 12 e 16 g.L⁻¹) com três repetições. As tilápias foram
9 cultivadas por 90 dias e estocadas em tanques de fibra de vidro (800L), numa densidade de 30
10 peixes.m⁻³ e peso médio inicial de 93,8 g. A temperatura da água, clorofila-*a*, sólidos
11 sedimentáveis e sólidos suspensos totais não diferiram entre as salinidades ($p>0,05$). Os
12 níveis de nitrogênio da amônia total (3,94 mg.L⁻¹) e do nitrito (0,82 mg.L⁻¹) foram menores na
13 salinidade 0 g.L⁻¹, em comparação à maior salinidade (16 g.L⁻¹) ($p\leq 0,05$). O peso final variou
14 de 256 a 280 g, com uma sobrevivência de 97 a 100% ($p>0,05$), que resultou em
15 produtividades entre 7,4 e 8,4 Kg.m⁻³ ($p\leq 0,05$). A glicose esteve acima do valor indicado
16 como basal (≤ 60 mg.dL⁻¹) no tratamento 16 g.L⁻¹ (76 mg.dL⁻¹) e o crescimento dos peixes nas
17 salinidades 8 e 12 g.L⁻¹ indicou alometria positiva (3,020), comparando-se aos demais
18 tratamentos. Desta forma, constatou-se a possibilidade de cultivar a tilápia do Nilo em
19 salinidades de até 16 g.L⁻¹, sem comprometer o desempenho do cultivo.

20 **Palavras-chave:** Piscicultura. Água salobra. Floco microbiano. *Oreochromis niloticus*.

21 **SUMMARY** – This work aimed evaluated the influence of salinity on Nile tilapia culture
22 using biofloc system through the water quality, growth performance and animal welfare

¹ Parte da dissertação de mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura do primeiro autor.

^{2*} Autor para correspondência. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. e-mail: rafaelliano@hotmail.com.

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Pesca e Aquicultura, Laboratório de Sistemas de Produção Aquícola, Av. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil.

23 indicators. Were performed five treatments, involving salinities (0, 4, 8, 12 and 16 g.L⁻¹), in
24 three replicates. Were cultured tilapias for 90 days and stocked in circular fiberglass tanks
25 (800L) at a density of 30 fishes.m⁻³ and initial weight averaging 93.8 g. The water
26 temperature, chlorophyll-*a*, settleable solids and total suspended solids did not differ among
27 salinities ($p > 0,05$). Total ammonia nitrogen (3.94 mg.L⁻¹) and nitrite nitrogen (0.82 mg.L⁻¹)
28 levels were lower in salinity 0 g.L⁻¹, compared to the higher salinity (16 g.L⁻¹) ($p \leq 0,05$). The
29 final weight ranged from 256 to 280 g, with a survival of 97 to 100% ($p > 0,05$), which
30 resulted in yields between 7.4 and 8.4 Kg.m⁻³ ($p \leq 0,05$). Glucose was above the indicate value
31 as baseline (≤ 60 mg.dL⁻¹) in the treatment 16 g.L⁻¹ (76 mg.dL⁻¹) and the fish growth in
32 salinities 8 and 12 g.L⁻¹ indicated positive allometry (3.020), comparing to the others
33 treatments. Therefore, it was found the possibility to culture Nile tilapia in salinities up to 16
34 g.L⁻¹, without compromising the crop performance.

35 **Key words:** Fish culture. Brackish water. Microbial floc. *Oreochromis niloticus*

36 INTRODUÇÃO

37 A adaptação às diversas formas de cultivo e a resistência à variações ambientais estão
38 entre as características que justificam a ampla utilização da tilápia do Nilo na piscicultura
39 (EL-SAYED, 2006). Por ser um excelente candidato para o cultivo em água com baixa
40 salinidade (LAWSON e ANETEKAI, 2011), a produção da tilápia em ambiente salino é uma
41 realidade em países como Taiwan, Filipinas e Malásia, os quais estão entre os maiores
42 produtores a nível mundial (FAO, 2014).

43 A espécie *Oreochromis niloticus* apresenta um bom desenvolvimento em salinidades de
44 0 a 18 g.L⁻¹ sem prejuízos à sua sobrevivência (AL-AMOUDI, 1987; SCHOFIELD *et al.*,
45 2011). Contudo, quando esta espécie é cultivada em água marinha (>30 g.L⁻¹) seu crescimento
46 é reduzido em 60% (CNAANI e HULATA, 2011). Neste sentido, a inserção de peixes que
47 toleram o cultivo em baixas salinidades em sistemas de cultivo que possibilitam a reutilização

48 da água, é uma alternativa viável para regiões com águas salinizadas e baixos índices de
49 pluviosidade, bem como para o policultivo e diversificação de culturas, quando se refere à
50 carcinicultura.

51 A tecnologia de bioflocos (BFT) se enquadra neste contexto, por permitir o reuso da
52 água ao longo dos ciclos de cultivo, exigindo mínima ou nenhuma troca de água. Os
53 benefícios desta tecnologia estão relacionados, principalmente, ao elevado conteúdo proteico
54 e nutricional do bioflocos produzido *in situ* (AVNIMELECH, 2007). Além disso, o cultivo
55 com bioflocos apresenta uma variedade de aspectos positivos, entre os quais está o
56 incremento nos índices de produção (AZIM e LITTLE, 2008); os elevados índices de
57 sobrevivência (WIDANARNI *et al.*, 2012) e o bem-estar dos animais, por garantir o bom
58 aspecto físico e níveis aceitáveis dos parâmetros hematológicos (AZIM e LITTLE, 2008).
59 Outros estudos também fazem referência às boas condições de qualidade da água
60 proporcionada por bactérias que colonizam o bioflocos no sistema de produção (AZIM e
61 LITTLE, 2008; LUO *et al.*, 2014; WIDANARNI *et al.*, 2012).

62 Apesar disso, não há relatos sobre os efeitos da água salobra no cultivo da tilápia do
63 Nilo associado ao método de cultivo com bioflocos. Tendo em vista a necessidade de
64 tecnologias que minimizem os impactos ambientais e a crescente demanda por proteína de
65 origem animal, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da salinidade no cultivo da
66 tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com sistema de bioflocos.

67 **MATERIAL E MÉTODOS**

68 O cultivo experimental foi conduzido na Estação de Aquicultura Continental da
69 Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Os alevinos de tilápia, sexualmente
70 revertidos, foram oriundos da Companhia de Desenvolvimento do Vale de São Francisco e do
71 Parnaíba (CODEVASF/SE). Estes peixes foram mantidos em tanques de concreto (30 m³) e
72 alimentados com ração comercial contendo 45% de proteína bruta, até a fase juvenil.

73 Para executar o estudo foi adotado um delineamento experimental inteiramente
74 casualizado, com cinco tratamentos, envolvendo cinco níveis de salinidade (0, 4, 8, 12 e 16
75 g.L⁻¹) com três repetições. O cultivo foi conduzido em tanques circulares de fibra de vidro de
76 1000 L, abastecidos com 800L, sendo complementados com 6% de bioflocos previamente
77 maturado (sólidos sedimentáveis de 15 mL.L⁻¹ e salinidade de 2 g.L⁻¹). As unidades
78 experimentais foram mantidas sob aeração constante, numa área externa e expostas à
79 iluminação natural, cobertas com telas para evitar o escape dos animais.

80 As tilápias foram cultivadas por 90 dias e estocadas em uma densidade de 30 peixes.m⁻³
81 com peso médio inicial de 93,8 ± 0,89 g. Durante a estocagem, os animais foram transferidos
82 diretamente para as salinidades propostas, sem a necessidade de aclimação prévia. De
83 acordo com Schofield *et al.* (2011) e Al-amoudi (1987), a tilápia do Nilo tolera níveis de 15 e
84 18 g.L⁻¹ para transferência direta ao ambiente de cultivo sem prejuízos à sobrevivência.

85 Após a estocagem dos peixes, a manutenção do biofoco foi realizada com aplicação
86 diária de melão como fonte de carbono orgânico. Durante a primeira semana de cultivo
87 adotou-se uma relação C:N de 20:1, com base no nitrogênio da ração, para estimular o
88 desenvolvimento microbiano no ambiente experimental (AVINIMELECH, 2007) e após este
89 período, a relação C:N foi mantida em 6:1, correlacionada com os níveis de nitrogênio da
90 amônia total disponível na água de cultivo (EBELING *et al.*, 2006).

91 O monitoramento das variáveis de qualidade da água, como temperatura, oxigênio
92 dissolvido e pH, foi realizado diariamente, duas vezes ao dia (08:00 e 16:00 h), utilizando
93 equipamentos eletrônicos. O nitrogênio da amônia total (NAT) e o nitrito (N-NO₂) foram
94 avaliados semanalmente, enquanto o nitrato (NO₃) e o ortofosfato (PO₄) foram analisados
95 quinzenalmente. As amostras, após serem coletadas, foram analisadas através de
96 espectrofotômetro digital Hach DR 2800 (Hach Company, Colorado, USA).

97 A concentração de clorofila-*a* foi analisada quinzenalmente, conforme Nusch (1988). A
98 alcalinidade foi determinada com frequência semanal, através de titulação volumétrica, por
99 meio de kits colorimétricos, visando mantê-la a uma concentração em torno de 150 mg.L⁻¹ de
100 CaCO₃, devido ao consumo do carbono inorgânico por parte das bactérias autotróficas
101 (EBELING *et al.*, 2006). As correções na alcalinidade foram efetuadas com adição de
102 bicarbonato de sódio.

103 O incremento dos sólidos sedimentáveis (SS) foi registrado uma vez por semana,
104 através de cones Imhoff, enquanto os sólidos suspensos totais (SST) foram acompanhados
105 quinzenalmente pelo método simplificado descrito em APHA (1995). O volume de 100 mL.L⁻¹
106 e 1000 mg.L⁻¹ foram adotados, respectivamente, como níveis máximos aceitáveis de sólidos
107 sedimentáveis e sólidos suspensos totais (AVNIMELECH, 2012). Ao se aproximarem desses
108 níveis, foram instalados tanques de decantação para controle dos sólidos. Além destes
109 parâmetros, também foi acompanhado o volume de água perdido por evaporação, sendo
110 realizadas as reposições necessárias.

111 As avaliações biométricas foram realizadas semanalmente com aproximadamente 30%
112 da população de cada unidade experimental, com o uso de balança digital ($\pm 0,01$ g) e de uma
113 régua graduada para obtenção do comprimento total. Essa avaliação foi utilizada para realizar
114 ajustes na quantidade de ração a ser fornecida e também obter resultados estimados do
115 crescimento das tilápias.

116 Quanto à alimentação, foi utilizada ração comercial com 36% de proteína bruta,
117 ofertada três vezes ao dia (08:00, 13:00 e 17:00h) mediante uma taxa de alimentação de 3%
118 da biomassa total, ajustada de acordo com as biometrias semanais. A influência da salinidade
119 no desempenho produtivo foi avaliada considerando variáveis como ganho de peso, ganho de
120 peso diário, taxa de crescimento específico, fator de conversão alimentar, sobrevivência e
121 produtividade.

122 Por meio dos dados de peso e comprimento, determinou-se o grau de alometria para
123 descrever o crescimento dos peixes (FROESE, 2006). Através da relação peso-comprimento,
124 obtêm-se a equação $W=aL^b$, onde W corresponde ao peso, L ao comprimento e, a e b são
125 estimativas dos parâmetros de correlação. Os valores obtidos no coeficiente b determinam o
126 grau de alometria. Logo, se $b = 3$, o crescimento é isométrico, com aumento de peso
127 proporcional ao comprimento. Quando $b \leq 3$, há alometria negativa e maior incremento em
128 peso e, se $b > 3$, há alometria positiva, com incremento mais acentuado em comprimento do
129 que em peso (FROESE, 2006).

130 Ao final do estudo, foram realizadas análises hematológicas utilizando-se dois peixes
131 por unidade experimental (6 peixes/tratamento), com peso médio de $290,12 \pm 17,9$ g. Para
132 isto, empregou-se o óleo de cravo como anestésico ($1,5 \text{ mL.L}^{-1}$ de água) e coleta de sangue
133 por punção da veia caudal, com seringa de 1 mL e anticoagulante EDTA a 3%. Assim,
134 avaliou-se a concentração de hemoglobina, com uso do kit comercial Hemoglobina Labtest®.
135 O percentual de hematócrito foi avaliado por meio do método microhematócrito
136 (GOLDENFARB *et al.*, 1971), com heparina como anticoagulante. Do sangue coletado,
137 também foi analisada a concentração de glicose por meio do aparelho Accu-Chec Activek®.

138 Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e
139 de homocedasticidade de Bartlett. A análise de variância (ANOVA) complementada pelo
140 Teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) foi usada para comparar resultados de desempenho, qualidade de
141 água e índices hematológicos. Não atendendo aos princípios iniciais, aplicou-se o teste não-
142 paramétrico de Kruskal-Wallis. Os dados de sobrevivência e níveis de hematócrito foram
143 transformados para $\arcsen x^{0,5}$ antes das análises (ZAR, 1996).

144 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

145 A salinidade média final foi $0,66 (\pm 0,04)$; $4,18 (\pm 0,03)$; $8,11 (\pm 0,10)$; $11,94 (\pm 0,05)$ e
146 $15,91 (\pm 0,15) \text{ g.L}^{-1}$, para os tratamentos 0, 4, 8, 12, e 16 g.L^{-1} , respectivamente. Entre as

147 salinidades avaliadas, a temperatura, os sólidos sedimentáveis, os sólidos suspensos totais e a
 148 clorofila-*a* não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$), enquanto o oxigênio dissolvido,
 149 pH, amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e ortofosfato diferiram entre os tratamentos ($p\leq 0,05$)
 150 (Tabela 1). De forma geral, essas variáveis foram mantidas em conformidade com os limites
 151 indicados para o cultivo de tilápia (LUO *et al.*, 2014; WIDANARNI *et al.*, 2012).

152 **Tabela 1** - Variáveis de qualidade da água (média \pm desvio padrão; variação entre parênteses)
 153 no cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante 90 dias, em diferentes
 154 salinidades com sistema de bioflocos

Variáveis	Salinidades (g.L ⁻¹)					ANOVA (Valores de F)
	0	4	8	12	16	
Temperatura (°C)	27,65 \pm 1,44 ^a (23,8 - 31,5)	27,77 \pm 1,40 ^a (23,8 - 31,0)	27,57 \pm 1,34 ^a (23,7 - 30,8)	27,65 \pm 1,35 ^a (23,9 - 31,0)	27,61 \pm 1,53 ^a (23,6 - 30,9)	1.0628 ns
OD (mg.L ⁻¹)	4,70 \pm 1,06 ^a (2,24 - 7,62)	5,03 \pm 1,03 ^b (2,46 - 7,68)	5,15 \pm 1,04 ^b (2,17 - 7,73)	5,10 \pm 1,05 ^b (2,20 - 7,55)	5,11 \pm 1,09 ^b (2,32 - 7,83)	45.2714 *
pH	7,60 \pm 0,23 ^a (6,58 - 8,29)	7,54 \pm 0,23 ^b (6,60 - 8,11)	7,50 \pm 0,23 ^b (6,52 - 8,13)	7,45 \pm 0,20 ^c (6,70 - 7,95)	7,40 \pm 0,22 ^c (6,95 - 7,98)	41.5595 **
NAT (mg.L ⁻¹)	3,94 \pm 1,56 ^a (0,61 - 7,30)	4,56 \pm 1,66 ^{ab} (0,47 - 10,60)	4,48 \pm 1,78 ^{ab} (0,50 - 10,05)	5,27 \pm 2,27 ^b (0,57 - 14,50)	5,84 \pm 2,78 ^b (1,58 - 21,30)	12.8046 *
N-NO ₂ (mg.L ⁻¹)	0,82 \pm 0,83 ^a (0,001 - 3,84)	4,91 \pm 7,97 ^{ab} (0,002 - 47,50)	7,14 \pm 13,23 ^{ab} (0,001 - 43,50)	7,77 \pm 15,48 ^{ab} (0,001 - 47,20)	8,89 \pm 14,45 ^b (0,002 - 46,90)	2.7515 *
NO ₃ (mg.L ⁻¹)	65,58 \pm 34,95 ^a (1,30 - 121,6)	49,40 \pm 29,38 ^{ab} (1,00 - 126,0)	40,58 \pm 26,22 ^b (1,20 - 88,0)	45,73 \pm 33,04 ^{ab} (1,30 - 131,0)	49,71 \pm 34,41 ^{ab} (1,20 - 126,0)	9.5603 *
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	93 \pm 25 ^a (40 - 164)	112 \pm 33 ^{ab} (40 - 228)	135 \pm 51 ^{bc} (44 - 272)	140 \pm 46 ^{bc} (68 - 256)	152 \pm 54 ^c (68 - 280)	36.7124 *
Clorofila- <i>a</i> (mg.L ⁻¹)	28,61 \pm 14,61 ^a (3,28 - 55,8)	35,01 \pm 17,20 ^a (6,56 - 66,96)	26,02 \pm 19,47 ^a (2,79 - 72,54)	27,43 \pm 17,02 ^a (5,19 - 66,96)	22,12 \pm 14,26 ^a (5,58 - 66,69)	1.5757 ns
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	13,75 \pm 10,20 ^a (0,59 - 47,20)	5,53 \pm 5,08 ^b (0,74 - 34,0)	6,30 \pm 6,68 ^{ab} (0,57 - 21,4)	8,76 \pm 13,13 ^{ab} (0,78 - 73,6)	8,88 \pm 6,08 ^{ab} (0,59 - 27,6)	10.4289 *
SS (mL.L ⁻¹)	27,22 \pm 16,02 ^a (0,0 - 60)	27,50 \pm 14,75 ^a (0,0 - 70)	31,24 \pm 17,81 ^a (0,0 - 100)	26,56 \pm 15,61 ^a (0,0 - 90)	26,38 \pm 15,31 ^a (0,0 - 74)	0.5907 ns
SST (mg.L ⁻¹)	384,5 \pm 230,7 ^a (18,3 - 802,7)	508,0 \pm 297,2 ^a (25,2 - 958,3)	488,4 \pm 296,6 ^a (21,1 - 967,5)	508,1 \pm 292,5 ^a (23,5 - 898,5)	566,9 \pm 362,2 ^a (24,2 - 1.251)	1.0172 ns

155 OD - oxigênio dissolvido; NAT - Nitrogênio da amônia total; N-NO₂ - Nitrogênio do nitrito; NO₃ - Nitrato; SS -
 156 Sólidos sedimentáveis; SST - Sólidos suspensos totais. Valores com letras distintas, na mesma linha apresentam
 157 diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p\leq 0,05$). ns - sem diferença significativa ($p>0,05$). *
 158 $p\leq 0,05$, ** $p\leq 0,01$.

159 O oxigênio dissolvido (OD) no tratamento 0 g.L⁻¹ foi estatisticamente menor, em
 160 relação as demais salinidades ($p\leq 0,05$). Este resultado permite estabelecer uma relação entre a
 161 salinidade e o consumo de oxigênio pelos peixes. A tilápia apresenta um menor gasto
 162 energético em águas salobras em comparação com água doce e água do mar, devido a

163 menores diferenças nos gradientes de concentração osmótica dos fluidos corporais em relação
164 ao meio, resultando em menores taxas de consumo de oxigênio dissolvido (ERN *et al.*, 2014).

165 Em casos pontuais foram registrados níveis de OD abaixo de 3,00 mg.L⁻¹, com registros
166 mínimos de até 2,17 mg.L⁻¹ em algumas parcelas do experimento (Tabela 1). Enfatiza-se que,
167 a aplicação da fonte de carbono no sistema de cultivo implica em um aumento na atividade
168 metabólica das bactérias aeróbicas presentes no ambiente de cultivo, e com isto, há reduções
169 pontuais nos níveis de oxigênio dissolvido (De SCHRYVER *et al.*, 2008).

170 O pH apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). As médias foram
171 inversamente proporcionais ao aumento da salinidade, com maior média no tratamento 0 g.L⁻¹
172 ($7,60 \pm 0,23$) (Tabela 1). Eventualmente foram observados níveis de pH abaixo e acima de
173 7,00 e, os valores estiveram entre 6,52 e 8,29. A presença de matéria orgânica (fezes, sobras
174 de ração, entre outros) nos tanques de cultivo resulta na diminuição do pH da água, devido à
175 respiração e aos processos de degradação, assimilação e nitrificação realizados por
176 microorganismos, que inclui as bactérias autotróficas (AZIM e LITTLE, 2008).

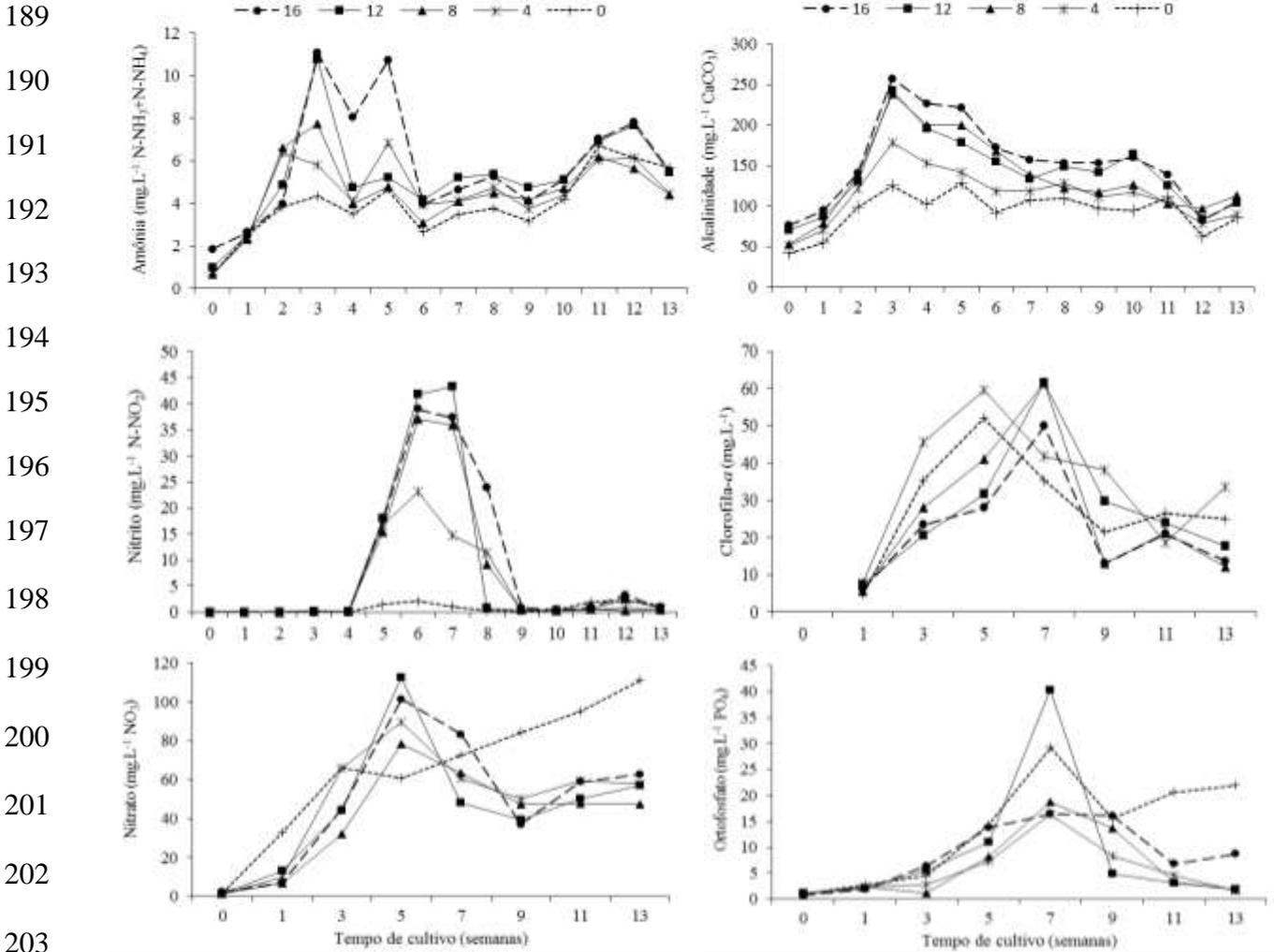
177 Elevadas concentrações de NAT foram observadas após as semanas iniciais do estudo
178 (Figura 1A). Na terceira semana, os tratamentos 0 e 4 g.L⁻¹ apresentaram médias de NAT
179 iguais a 4,66 e 6,83 mg.L⁻¹, respectivamente. Estas, foram menos expressivas quando
180 comparadas aos tratamentos 8 (7,75 mg.L⁻¹), 12 (10,78 mg.L⁻¹) e 16 g.L⁻¹ (11,08 mg.L⁻¹). Por
181 isso, a inoculação de biofloco previamente maturado (6% do volume dos tanques) pode ter
182 sido mais eficiente nos tratamentos de menor salinidade (0 e 4 g.L⁻¹). Pois, estes apresentaram
183 menores concentrações de amônia e nitrito no decorrer deste estudo (Figura 1 A-B).

184 **Figura 1** - Variação semanal da qualidade da água durante 90 dias de cultivo da tilápia do
185 Nilo, em diferentes salinidades com tecnologia de bioflocos.

186

187

188



As concentrações de N-NO₂ diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos 0 e 16 g.L⁻¹ e mantiveram-se abaixo de 0,136 mg.L⁻¹ até a quarta semana de cultivo. Após este período, entre a quinta e oitava semanas, registrou-se incrementos para a maioria dos tratamentos, com máxima de 47,5 mg N-NO₂.L⁻¹ no tratamento 12 g.L⁻¹ e diminuição desses níveis a partir da oitava semana de cultivo (Figura 1B). Segundo Azim e Little (2008) o crescimento das bactérias oxidantes do nitrito (NOB) ocorre de forma lenta. Isto justifica os altos níveis de nitrito, com exceção para o tratamento 0 g.L⁻¹. Nestas condições, o biofilme e a salinidade da água contribuíram como atenuantes da toxicidade do nitrito nos peixes.

Os níveis de nitrato apresentaram concentrações máximas de 121,6; 126,0; 88,0; 131,0 e 126,0 mg NO₃.L⁻¹ para os tratamentos 0, 4, 8, 12 e 16 g.L⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Contudo, o nitrato apresentou um rápido incremento no tratamento 0 g.L⁻¹ logo na primeira

215 semana deste estudo ($32,73 \text{ mg.L}^{-1}$) (Figura 1C), indicando o início do processo de
216 nitrificação (AZIM e LITTLE, 2008). A conversão do nitrito à nitrato, caracteriza o segundo
217 processo de nitrificação (AVNIMELECH, 2012). Entretanto, o NO_3 produzido, também pode
218 ser reduzido a NO_2 e a NH_3 por meio do processo de desnitrificação (LUO *et al.*, 2014),
219 tendência observada na quinta semana deste estudo nos tratamentos 4, 8, 12 e 16 g.L^{-1}
220 (Figura 1C).

221 A alcalinidade apresentou médias diretamente proporcionais ao aumento das
222 salinidades, com diferença significativa entre a salinidade 0 g.L^{-1} e as salinidades 8, 12 e 16
223 g.L^{-1} ($p \leq 0,05$) e, a salinidade 4 g.L^{-1} diferiu ($p \leq 0,05$) da salinidade 16 g.L^{-1} (Tabela 1). Além
224 disso, houve uma maior necessidade do uso do bicarbonato de sódio (NaHCO_3) para realizar
225 correções da alcalinidade nas salinidades 0, 4 e 8 g.L^{-1} . Portanto, a variação do pH nos
226 tratamentos com menor salinidade, devido a sua menor capacidade de tamponamento,
227 correlacionada com as variações de alcalinidade, podem explicar as diferenças estatísticas
228 observadas em relação às maiores salinidades.

229 O aumento da concentração de clorofila-*a*, entre a terceira e sétima semanas é um
230 indicativo do crescimento de microalgas e coincide com os picos de concentrações de
231 alcalinidade neste mesmo período (Figura 1 D-E). O inverso também ocorreu de forma
232 semelhante, com o declínio da alcalinidade e da clorofila-*a* coincidindo, após a décima
233 semana. No presente estudo, a relação entre a clorofila e a alcalinidade pode ser explicada
234 através da retirada de CO_2 por parte das microalgas, o que torna a água mais alcalina, gerando
235 um aumento na proporção de carbonatos do carbono inorgânico total no ambiente de cultivo
236 (CAVALCANTE e SÁ, 2010).

237 Quanto a concentração de ortofosfato (PO_4) houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre
238 as salinidades 0 e 4 g.L^{-1} e os maiores picos foram observados na sétima semana do estudo
239 para os tratamentos 0 e 12 g.L^{-1} (Figura 1F). Contudo, após este período, houve uma redução,

240 semelhante aos resultados obtidos por Luo *et al.* (2014). Independente da salinidade adotada
 241 no cultivo, o bioflocos demonstrou a possibilidade de manter a qualidade da água, gerando
 242 efluentes com baixas concentrações de fósforo.

243 As concentrações de sólidos sedimentáveis (SS) e sólidos suspensos totais (SST) não
 244 resultaram em diferença estatística significativa entre as salinidades ($p > 0,05$). O volume
 245 máximo de SS atingido neste estudo foi de 100 mL.L⁻¹ e para o SST obteve-se 1251 mg.L⁻¹,
 246 que apresentou valores médios de 384,5 a 566,9 mg.L⁻¹ de SST entre os tratamentos. Estes
 247 valores foram similares aos relatados por Avnimelech (2007), 460 - 643 mg.L⁻¹, e estiveram
 248 dentro dos limites aceitáveis para o cultivo de tilápia (AVNIMELECH, 2012). No entanto,
 249 houve a necessidade de instalação de tanques de decantação para remover o excesso de
 250 sólidos, pois em níveis elevados há danos à saúde dos peixes (AZIM e LITTLE, 2008).

251 Em relação ao crescimento dos peixes, o peso final variou de 256,14 a 280,40 g (Tabela
 252 2) e apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). O peso final no
 253 tratamento com salinidade 0 g.L⁻¹ (280,4 g), foi aproximadamente 8,4% maior que os
 254 tratamentos 8 e 12 g.L⁻¹ (256,1 e 256,5 g, respectivamente), entre os quais houve diferença
 255 estatística ($p \leq 0,05$). O ganho de peso diário e a taxa de crescimento específico também
 256 diferiram entre os tratamentos 0, 8 e 12 g.L⁻¹ ($p \leq 0,05$), enquanto o fator de conversão
 257 alimentar (FCA) diferiu apenas entre as salinidades 8 e 16 g.L⁻¹ ($p \leq 0,05$) (Tabela 2), com
 258 valores entre 1,4 e 1,6.

259 **Tabela 2** - Variáveis (média \pm desvio padrão) do desempenho zootécnico da tilápia do Nilo
 260 cultivada em diferentes salinidades com sistema de bioflocos

Variáveis	Salinidades (g.L ⁻¹)					ANOVA (Valor de F)
	0	4	8	12	16	
Peso inicial (g)	94,2 \pm 0,6 ^a	93,3 \pm 0,4 ^a	93,6 \pm 1,2 ^a	94,2 \pm 1,1 ^a	93,7 \pm 1,3 ^a	0.5180 ns
Peso final (g)	280,4 \pm 7,6 ^a	263,8 \pm 3,8 ^{ab}	256,1 \pm 10,3 ^b	256,5 \pm 3,8 ^b	266,5 \pm 6,9 ^{ab}	6.0870 **
Ganho de peso (g)	186,2 \pm 7,7 ^a	170,5 \pm 3,5 ^{ab}	162,5 \pm 11,0 ^b	162,3 \pm 4,6 ^b	172,8 \pm 6,9 ^{ab}	5.5201 *
GPD (g.dia ⁻¹)	2,1 \pm 0,09 ^a	1,9 \pm 0,04 ^{ab}	1,8 \pm 0,12 ^b	1,8 \pm 0,05 ^b	1,9 \pm 0,08 ^{ab}	5.5021 *
TCE (%.dia ⁻¹)	1,2 \pm 0,03 ^a	1,2 \pm 0,01 ^{ab}	1,1 \pm 0,05 ^b	1,1 \pm 0,03 ^b	1,2 \pm 0,03 ^{ab}	4.3363 *
FCA	1,4 \pm 0,06 ^{ab}	1,5 \pm 0,02 ^{ab}	1,6 \pm 0,06 ^a	1,5 \pm 0,05 ^{ab}	1,4 \pm 0,07 ^b	4.0045 *
Sobrevivência (%)	100 \pm 0,0 ^a	100 \pm 0,0 ^a	97,2 \pm 2,4 ^a	98,61 \pm 2,4 ^a	100 \pm 0,0 ^a	2.0000 ns
Produção (Kg)	6,7 \pm 0,2 ^a	6,3 \pm 0,1 ^{bc}	5,9 \pm 0,1 ^c	6,1 \pm 0,1 ^{bc}	6,4 \pm 0,2 ^{ab}	14.1120 **
Produtividade (Kg.m ⁻³)	8,4 \pm 0,2 ^a	7,9 \pm 0,1 ^{bc}	7,4 \pm 0,2 ^c	7,6 \pm 0,1 ^{bc}	8,0 \pm 0,2 ^{ab}	14.0518 **

261 GPD - Ganho de peso diário, TCE - Taxa de crescimento específico, FCA - Fator de conversão alimentar
262 (quantidade de ração fornecida /ganho de biomassa produzida). Valores com letras distintas na mesma linha
263 apresentam diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p \leq 0,05$). ns - sem diferença significativa
264 ($p > 0,05$). * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

265 De modo semelhante ao presente estudo, Lawson e Anetekhai (2011) obtiveram baixas
266 taxas de crescimento para a espécie *O. niloticus* exposta à salinidades 8 e 10 g.L⁻¹, além do
267 baixo apetite dos peixes expostos à salinidade 8 g.L⁻¹. Mena-Herrera *et al.* (2002) também
268 apresentaram resultados semelhantes, quando avaliaram o crescimento da tilápia híbrida (*O.*
269 *mossambicus* x *O. niloticus*). Estes autores não constataram diferença significativa para o
270 peso final, ganho de peso diário e taxa de crescimento específico entre as salinidades 0 e 15
271 g.L⁻¹. Ressalta-se que estes estudos não foram realizados com o cultivo em bioflocos.

272 A sobrevivência, que variou de 97 a 100% (Tabela 2), não diferiu entre as salinidades
273 estudadas ($p > 0,05$). As mortalidades foram registradas apenas no tratamento 8 g.L⁻¹ (dois
274 peixes) e 12 g.L⁻¹ (um peixe), após a estocagem dos peixes devido ao manejo. Mena-Herrera
275 *et al.* (2002), em cultivo sem bioflocos e adotando aclimação gradativa à salinidade
276 desejada, obtiveram menores sobrevivências (93,5 e 87,1%) para as salinidades 0 g.L⁻¹ e 15
277 g.L⁻¹, respectivamente.

278 As elevadas sobrevivências encontradas no presente estudo são um indicativo de
279 tolerância à transferência direta durante a estocagem às salinidades adotadas e comprovam os
280 benefícios do bioflocos no cultivo da espécie *O. niloticus*. Quanto à tolerância, resultados
281 semelhantes foram encontrados por Schofield *et al.* (2011) e Al-Amoudi (1987), ao avaliarem
282 a resistência crônica da tilápia do Nilo, onde salinidades de 15 e 18 g.L⁻¹ não afetaram a
283 sobrevivência (>90 %). Para a sobrevivência comparada à resultados alcançados por meio do
284 cultivo da tilápia em bioflocos, os índices obtidos são bastante semelhantes aos citados por
285 Azim e Little (2008) e Crab *et al.* (2009), os quais obtiveram índices de 100 e 97%,
286 respectivamente. Em outro estudo com bioflocos, Widanarni *et al.* (2012), registraram uma
287 sobrevivência de 97,7% em uma densidade de 25 peixes.m⁻³.

288 A salinidade é um fator determinante no controle do crescimento de peixes. Segundo
289 Boeuf e Payan (2001), a osmorregulação pode acarretar em um gasto energético de maior
290 intensidade para regulação dos fluidos corporais dos peixes (10 a 50% do balanço energético),
291 o que pode trazer consequências negativas em relação ao consumo de oxigênio, alimentação e
292 regulações hormonais, interferindo diretamente no desempenho da espécie cultivada.

293 A capacidade osmorregulatória varia consideravelmente entre as espécies de tilápia. *O.*
294 *mossambicus* consegue tolerar até 120 g.L⁻¹ de salinidade, enquanto a tilápia vermelha
295 apresenta melhores índices de crescimento entre 30 e 35 g.L⁻¹ (SURESH e LIN, 1992). Já para
296 a tilápia do Nilo, o melhor desenvolvimento está restrito a uma faixa mais limitada de
297 salinidade (5-10 g.L⁻¹) (SURESH e LIN, 1992). No entanto, considera-se que o grau de
298 pureza genética da tilápia, é um fator capaz de afetar significativamente o desempenho e a
299 adaptação à distintas condições ambientais, como a tolerância à salinidade (VILLEGAS,
300 1990). Neste contexto, também devem ser levados em consideração o tamanho e a idade do
301 peixe (WATANABE, 1990), assim como os métodos de aclimação utilizados na estocagem
302 dos animais, se realizados por transferência direta ou gradativos à salinidade desejada (AL-
303 AMOUDI, 1987).

304 Por meio da avaliação do estado de saúde dos peixes, através das análises da glicose,
305 hemoglobina, hematócrito e análises visuais, constatou-se indicativos de estresse apenas no
306 tratamento 16 g.L⁻¹, atribuindo-se à concentração de salinidade e ao manejo durante o período
307 de cultivo. Neste tratamento, foram observadas ulcerações epiteliais, descamações e
308 comprometimento de nadadeira dorsal, peitoral e anal. No entanto, não foram constatadas
309 alterações físicas nos peixes submetidos aos demais tratamentos.

310 Também na salinidade 16 g.L⁻¹, os níveis de glicose estiveram entre 47 e 121 mg.dL⁻¹,
311 com média de 76 ± 32,0 mg.dL⁻¹ (Tabela 3), diferindo dos demais tratamentos ($p \leq 0,05$). Por
312 outro lado, as concentrações obtidas nos tratamentos 0, 4, 8, 12 g.L⁻¹, apresentaram valores

313 que estiveram dentro do limite considerado como basal para peixes, portanto menores que 60
 314 mg.dL⁻¹ (VIJAYAN *et al.*, 1997). A glicose é um produto secundário à liberação do cortisol,
 315 que na sua função como glicocorticóide estimula a glicogenólise e a gliconeogênese hepática
 316 (SANTOS *et al.*, 2012), o que a caracteriza como uma importante ferramenta de avaliação.

317 **Tabela 3** - Variáveis hematológicas (média ± desvio padrão) da tilápia do Nilo (*Oreochromis*
 318 *niloticus*) cultivada em diferentes salinidades com sistema de bioflocos após 90 dias.

Variáveis	Salinidades (g.L ⁻¹)					ANOVA (Valor de F)
	0	4	8	12	16	
Glicose (mg.dL ⁻¹)	44,8 ± 12,0 ^a	38,1 ± 12,2 ^a	37,8 ± 9,1 ^a	28,3 ± 3,9 ^a	76,0 ± 32,0 ^b	7.0690 **
Hemoglobina (g.dL ⁻¹)	7,9 ± 2,7 ^a	7,5 ± 2,0 ^a	10,5 ± 0,8 ^a	9,7 ± 2,2 ^a	8,9 ± 0,9 ^a	1.4469 ns
Hematócrito (%)	31,4 ± 1,1 ^a	33,3 ± 3,7 ^a	34,8 ± 5,3 ^a	31,6 ± 5,2 ^a	29,1 ± 5,4 ^a	2.4951 ns

319 Valores com letras distintas na mesma linha apresentam diferença estatística significativa entre os tratamentos
 320 ($p \leq 0,05$). ns - sem diferença significativa ($p > 0,05$). * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$.

321 Os níveis de hemoglobina e hematócrito não demonstraram variações significativas entre
 322 os tratamentos (Tabela 3). Para os níveis de hemoglobina e hematócrito, obteve-se níveis
 323 semelhantes aos de tilápias cultivadas em sistema extensivo (TAVARES-DIAS e
 324 FAUSTINO, 1998) e foram maiores que os mencionados por Azim e Little (2008) no cultivo
 325 com bioflocos. Portanto, as concentrações de hemoglobina e hematócrito também podem ser
 326 bons indicadores para determinar o estado de saúde dos peixes (VOSYLIENÉ, 1999).

327 Com relação ao padrão de desenvolvimento dos peixes e, de acordo com a classificação
 328 estabelecida por Froese (2006), verificou-se diferenças entre os tratamentos 0, 4 e 16 g.L⁻¹
 329 (2,967, 2,969 e 2,796, respectivamente), com alometrias negativas. Para os tratamentos 8 e 12
 330 g.L⁻¹, o valor de *b* (3,020) indicou alometria positiva para ambos e este resultado explica os
 331 baixos valores relacionados ao peso final dos peixes expostos a estas salinidades. Contudo, os
 332 valores de *b* estão dentro da faixa indicada por Froese (2006), quando afirmou que este
 333 parâmetro varia entre 2,5 e 4.

334 Em resumo, a maioria dos estudos que abordam o cultivo da tilápia em BFT foram
 335 desenvolvidos em água doce e relatam aumentos significativos relacionados ao seu
 336 desempenho produtivo (AZIM e LITTLE, 2008; LUO *et al.*, 2014; WIDANARNI *et al.*,

337 2012). No entanto, maiores investigações são necessárias para traçar comparações entre o
338 cultivo da tilápia com sistemas de cultivo tradicionais e bioflocos em meio salino.

339 1. A tecnologia de bioflocos desenvolvida em salinidades variando de 0 a 16 g.L⁻¹ mostrou-se
340 apropriada para o cultivo da tilápia, uma vez que a qualidade da água manteve-se em
341 condições adequadas para o desempenho dos peixes e apresentou elevadas sobrevivências.

342 2. A elevação dos níveis de glicose somada às avaliações visuais da integridade corpórea dos
343 peixes expostos à salinidade 16 g.L⁻¹ indicam que esta concentração pode ser uma condição de
344 estresse à tilápia.

345 3. O desempenho do cultivo não foi afetado pelos níveis de salinidade, havendo, portanto, a
346 possibilidade de cultivar a espécie *O. niloticus* em salinidade de até 16 g.L⁻¹ no sistema de
347 bioflocos.

348 AGRADECIMENTOS

349 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa
350 de Mestrado do primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
351 Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro destinado à execução desta pesquisa.

352 REFERÊNCIAS

353 AL-AMOUDI, M.M. Acclimation of commercially cultured *Oreochromis* species to
354 seawater- an experimental study. **Aquaculture**, v.65, n.3, p.333-342, 1987.

355 APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of**
356 **Water and Wastewater**. 19th ed. APHA, Washington, DC, USA. 1995, 1082p.

357 AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology - A Practical Guide Book**. 2d Edition. The World
358 Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, United States. 2012, 271p.

359 AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs
360 technology ponds. **Aquaculture**, v. 264, n.1-4, p. 140-147, 2007.

- 361 AZIM, M.E; LITTLE, D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks water quality,
362 biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).
363 **Aquaculture**, v.283, n.2, p.29-35, 2008.
- 364 BOEUF, G.; PAYAN, P. How should salinity influence fish growth? **Comparative**
365 **Biochemistry and Physiology**, v.130, n.4, p.411-423, 2001.
- 366 CAVALCANTI, D.H.; SÁ, M.C.V. Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água no cultivo
367 da tilápia do Nilo. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p.67-72, 2010.
- 368 CNAANI, A.; HULATA, G. Improving Salinity Tolerance in Tilapias: Past Experience and
369 Future Prospects. **The Israeli Journal of Aquaculture**, v.63, n.1, p.1-21, 2011.
- 370 CRAB R.; KOCHVA M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology
371 application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, v. 40, n.3, p.105-112,
372 2009.
- 373 De SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N.; VERSTRAETE, W. The basics
374 of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. **Aquaculture**, v.277, n.1, p.125-
375 137, 2008.
- 376 EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry
377 of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in
378 aquaculture systems. **Aquaculture**, v.257, n.3, p.346–358, 2006.
- 379 EL-SAYED, A.-F.M. Tilapia Culture. **CABI Publishing**, Wallingford, Oxfordshire, United
380 Kingdom, 2006. 277p.
- 381 ERN, R.; HUONG, D.T.T.; CONG, N.V.; BAYLEY, M.; WANG, T. Effect of salinity on
382 oxygen consumption in fishes: a review. **Journal of Fish Biology**, v.84, n.4, p.1210-1220,
383 2014.

- 384 FAO. Fishery Information, Data and Statistics Unit. FishStat J: universal software for fishery
385 statistical time series. Version 2.1.0. Rome, 2014. Disponível em:
386 <<http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>>
- 387 FROESE, R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-
388 analysis and recommendations. **Journal of Applied Ichthyology**. v.22, n.4, p.241-253, 2006.
- 389 GOLDENFARB, P.B.; Bowyer, F.P.; Hall, E. Reproducibility in the hematology laboratory:
390 the microhematocrit determination. **American Journal of Clinical Pathology**, v.56, n.1,
391 p.35-39, 1971.
- 392 LAWSON, E.O.; ANETEKHAI, M.A. Salinity tolerance and preference of hatchery reared
393 Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). **Asian Journal of Agricultural**
394 **Sciences**, v.3, n.2, p.104-110, 2011.
- 395 LUO, G.; GAO, Q.; WANG, C.; LIU, W.; SUN, D.; LI, L.; TAN, H. Growth, digestive
396 activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia
397 (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc
398 system. **Aquaculture**, v.422-423, n.2, p.1-7, 2014.
- 399 MENA-HERRERA, A.; SUMANO-LÓPEZ, H.; MACÍAS-ZAMORA, R. Effects of water
400 salinity on the growth of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis*
401 *niloticus* (Linnaeus), cultured under controlled laboratory conditions. **Veterinaria México**,
402 v.33, n.1, p.39-48, 2002.
- 403 NUSCH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaepigment
404 determination. **Archiv für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse der Limnologie**, v. 14, n.11,
405 p.14-36. 1988.

- 406 SCHNEIDER, O.; SERETI, V.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. Molasses as C source for
407 heterotrophic bacteria production on solid fish waste. **Aquaculture**, v.261, n.4, p.1239-1248,
408 2006.
- 409 SCHOFIELD, P.J., PETERSON, M.S.; LOWE, M.R.; BROWN-PETERSON, N.J.; SLACK
410 W.T. Survival, growth and reproduction of non-indigenous Nile tilapia, *Oreochromis*
411 *niloticus* (Linnaeus 1758). I. Physiological capabilities in various temperatures and salinities.
412 **Marine and Freshwater Research**. v.62, n.5, p.439-449, 2011.
- 413 SILVA, R.D.; ROCHA, L.O.; FORTES, B.D.A.; VIEIRA, D.; FIORAVANTI, M.C.S.
414 Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob
415 estresse por exposição ao ar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.32, n.1, p.99-107, 2012.
- 416 SURESH, A.V; LIN, C.K. Tilapia culture in saline waters: a review. **Aquaculture**, v. 106,
417 n.3-4, p.201-226, 1992.
- 418 TAVARES-DIAS, M.; FAUSTINO, C.D. Parâmetros hematológicos da tilápia do Nilo
419 *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) em cultivo extensivo. **Ars Veterinária**, v.14, n.3, p.254-
420 263, 1998.
- 421 VIJAYAN, M. M.; PEREIRA, C.; GRAU, E. G.; IWAMA, G. K. Metabolic Responses
422 Associated with Confinement Stress in Tilapia: The Role of Cortisol. **Comparative**
423 **Biochemistry and Physiology**. v.116C, n.1, p.89-95, 1997.
- 424 VILLEGAS, C.T. Evaluation of the salinity tolerance of *Oreochromis mossambicus*, *O.*
425 *niloticus* and their F1 hybrids. **Aquaculture**, v.85, n.1-4, p.281-292, 1990.
- 426 VOSYLIENÉ, M.Z. The effect of heavy metals on haematological indices on fish. **Acta**
427 **Zoologica Lituanica**, v.9, n.2, p.1392-1657, 1999.

- 428 WATANABE, W.O.; CLARK, J.H.; DUNHAM, J.B.; WICKLUND, R.I.; OLLA, R.I.
429 Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effect of stocking density and dietary
430 protein on growth. **Aquaculture**, v.90, n.2, p.123-134, 1990.
- 431 WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology Application
432 on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at
433 Different Stocking Densities. **HAYATI Journal of Biosciences**, v.19, n.2, p.73-80, 2012.
- 434 ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662p.

NORMAS DA REVISTA
Revista Ciência Agronômica (RCA-UFC)

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Atenção: As normas da Revista Ciência Agronômica podem sofrer alterações, portanto, não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um artigo. Elas são válidas para todos os trabalhos submetidos neste periódico. Um modelo de artigo pode ser visto em “MODELO ARTIGO” no endereço <http://www.ccarevista.ufc.br>.

1. Política Editorial

A Revista Ciência Agronômica destina-se à publicação de **artigos científicos, artigos técnicos e notas científicas que sejam originais e que não foram publicados (as) ou submetidos (as) a outro periódico, inerentes às áreas de Ciências Agrárias e Recursos Naturais**. A RCA também aceita e incentiva submissões de artigos redigidos em inglês e espanhol. Em caso de autores não nativos destas línguas, **o artigo deverá ser editado por uma empresa prestadora deste serviço** e o comprovante enviado para a sede da RCA no ato da submissão, através da nossa página no campo “Transferir Documentos Suplementares”. Os trabalhos submetidos à RCA serão **avaliados, preliminarmente, pelo Comitê Editorial** e só então serão enviados para, pelo menos, dois (2) revisores da área e publicados, somente, se aprovados por eles e pelo Comitê Editorial. A publicação dos artigos será baseada na originalidade, qualidade e mérito científico, **cabendo ao Comitê Editorial a decisão final do aceite**. O sigilo de identidade dos autores e revisores será mantido durante todo o processo. A administração da revista tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquela de origem dos autores. **O artigo que apresentar mais de cinco autores não terá a sua submissão aceita pela Revista Ciência Agronômica, salvo algumas condições especiais (ver Autores)**. Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores *a posteriori*.

2. Custo de publicação

O custo é de **R\$ 35,00 (trinta e cinco reais) por página editorada** no formato final. No ato da submissão é **requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis**. Se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial, a taxa paga não poderá ser reutilizada para outras submissões dos autores. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado ao e-mail da RCA (ccarev@ufc.br). No caso do trabalho conter impressão colorida deverá ser pago um **adicional de R\$ 80,00 (oitenta reais) por página**. Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome de:

CETREDE CIENCIA AGRONOMIC

Banco do Brasil: Agência bancária: **3653-6** - Conta corrente: **46.375-2**

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de adaptar os originais visando manter a uniformidade da publicação. A RCA não mais fornece separatas ou exemplares aos autores. A distribuição na forma impressa da RCA é de responsabilidade da Biblioteca de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, sendo realizada por meio de permuta com bibliotecas brasileiras e do exterior. Na submissão online é requerido:

1. A concordância com a declaração de responsabilidade de direitos autorais;
2. O cadastro de **todos os autores no sistema**, pelo autor que fizer a submissão do trabalho;
3. Identificação do endereço completo do autor, para correspondência.

3. Formatação do Artigo

DIGITAÇÃO: no máximo 20 páginas digitadas em espaço duplo (exceto Tabelas), fonte Times New Roman, normal, tamanho 12, recuo do parágrafo por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. As linhas devem ser numeradas de forma contínua.

ESTRUTURA: o trabalho deverá obedecer à seguinte ordem: título, título em inglês, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências.

TÍTULO: deve ser escrito com apenas a inicial maiúscula, em negrito e centralizado na página com no **máximo 15 palavras**. Como chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a **natureza do trabalho** (se extraído de tese/dissertação, se pesquisa financiada, etc.) e referências às instituições colaboradoras. Os subtítulos: Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser escritos em caixa alta, em negrito e centralizados.

AUTORES: na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé deverão ser omitidos. Somente na versão final o artigo deverá conter o nome de todos os autores, com identificação em nota de rodapé, inclusive a do título. Os nomes completos (sem abreviaturas) deverão vir abaixo do título, somente com a primeira letra maiúscula, um após outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, deve-se indicar, de cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, estado e país), endereço eletrônico e endereço completo do autor correspondente. O autor de correspondência deve ser identificado por um "*". **Só serão aceitos artigos com mais de cinco autores, quando, comprovadamente, a pesquisa tenha sido desenvolvida em regiões distintas.**

RESUMO e ABSTRACT: devem começar com estas palavras, na margem esquerda, em caixa alta e em negrito, contendo no máximo **250 palavras**.

PALAVRAS-CHAVE e KEY WORDS: devem conter entre três e cinco termos para indexação. Os termos usados não devem constar no título. Cada **palavra-chave e key word** deve iniciar com letra maiúscula e ser seguida de ponto.

INTRODUÇÃO: deve ser compacta e objetiva, contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. As citações presentes na introdução devem ser empregadas para fundamentar a discussão dos resultados, criando, assim, uma contextualização entre o estudo da arte e a discussão dos resultados. Não deve conter mais de **550 palavras**.

CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO: a NBR 10520/2002 estabelece as condições exigidas para a apresentação de citações em documentos técnico-científicos e acadêmicos. Nas citações, quando o sobrenome do autor, a instituição responsável ou título estiverem incluído na sentença, este se apresenta em letras maiúsculas/minúsculas, e quando estiverem entre parênteses, em letras maiúsculas.

Ex: Santos (2002) ou (SANTOS, 2002); com dois autores ou três autores, usar Pereira e Freitas (2002) ou (PEREIRA; FREITAS, 2002) e Cruz, Perota e Mendes (2000) ou (CRUZ; PEROTA; MENDES, 2000); com mais de três autores, usar Xavier *et al.* (1997) ou (XAVIER *et al.*, 1997).

VÁRIOS AUTORES CITADOS SIMULTANEAMENTE: havendo citações indiretas de diversos documentos de vários autores, mencionados simultaneamente, e que expressam a mesma idéia, separam-se os autores por ponto e vírgula, **em ordem alfabética**, independente do ano de publicação.

Ex: (FONSECA, 2007; PAIVA, 2005; SILVA, 2006).

SIGLAS: quando aparecem pela primeira vez no texto, deve-se colocar o nome por extenso, seguido da sigla entre parênteses.

Ex: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [...].

TABELAS: devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve

ocupar uma célula distinta. Usar espaço simples. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho.

FIGURAS: gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de **Figura**, sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte superior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte Times New Roman, corpo 10 e não deve-se usar negrito na identificação dos eixos. A Revista Ciência Agrônômica reserva-se o direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com o papel na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. **Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação.**

Obs.: As figuras devem ser também enviadas em arquivos separados e com RESOLUÇÃO de no mínimo 500 dpi através do campo “Transferir Documentos Suplementares”.

EQUAÇÕES: devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. O padrão de tamanho deverá ser:

Inteiro = 12 pt; Subscrito/sobrescrito = 8 pt; Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt; Símbolo = 18 pt; Subsímbolo = 14 pt

ESTATÍSTICA:

1. Caso tenha realizado análise de variância, apresentar o "F" e a sua significância;
2. Dados quantitativos devem ser tratados pela técnica de análise de regressão;
3. Apresentar a significância dos parâmetros da equação de regressão;
4. Dependendo do estudo (ex: função de produção), analisar os sinais associados aos parâmetros.
5. É requerido, no mínimo, quatro pontos para se efetuar o ajuste das equações de regressão.
6. Os coeficientes do modelo de regressão devem apresentar o seguinte formato: $y = a + bx + cx^2 + \dots$;
7. O Grau de Liberdade do resíduo deve ser superior a 12.

CONCLUSÕES: quando escritas em mais de um parágrafo devem ser numeradas.

AGRADECIMENTOS: logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos direcionados à pessoas ou instituições, em estilo sóbrio e claro, indicando as razões pelas quais os faz.

REFERÊNCIAS: são elaboradas conforme a ABNT NBR 6023/2002. Inicia-se com a palavra REFERÊNCIAS (escrita em caixa alta, em negrito e centralizada). Devem ser digitadas em fonte tamanho 12, espaço duplo e justificadas. **UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS. Não são contabilizadas neste percentual de 60% referências de livros, teses, anais,...** Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos não devem ser abreviados. Recomenda-se um total de 20 a 30 referências.

Alguns exemplos:

- Livro

NEWMANN, A. L.; SNAPP, R. R. **Beef cattle**. 7. ed. New York: John Willey, 1977. 883 p.

- Capítulo de livro

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. *In:* PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 13, p. 539-593.

- Monografia/Dissertação/Tese

EDVAN, R. L. **Ação do óleo essencial de alecrim pimenta na germinação do matapasto**. 2006. 18 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

SILVA, M. N. da. **População de plantas e adubação de nitrogenada em algodoeiro herbáceo irrigado**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

- Artigo de revista

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Resposta de *Cratylia argentea* à aplicação em um solo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 1, p. 14-18, 1997.
ANDRADE, E. M. *et al.* Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 280-287, 2006.

- Resumo de trabalho de congresso

SOUZA, F. X.; MEDEIROS FILHO, S.; FREITAS, J. B. S. Germinação de sementes de cajazeira (*Spondias mombin* L.) com pré-embebição em água e hipoclorito de sódio. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 11., 1999, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: ABRATES, 1999. p. 158.

- Trabalho publicado em anais de congresso

BRAYNER, A. R. A.; MEDEIROS, C. B. Incorporação do tempo em SGBD orientado a objetos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 9., 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1994. p. 16-29.

- Trabalho de congresso em formatos eletrônicos

SILVA, R. N.; OLIVEIRA, R. Os limites pedagógicos do paradigma da qualidade total na educação. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPE, 4., 1996, Recife.

Anais eletrônicos...

Recife: UFPE, 1996. Disponível em: <<http://www.propesq.ufpe.br/anais/anais/educ/ce04.htm>>. Acesso em: 21 jan. 1997.

GUNCHO, M. R. A educação à distância e a biblioteca universitária. *In*: SEMINÁRIO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 10., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Tec Treina, 1998. 1 CD-ROM.

UNIDADES e SÍMBOLOS: As unidades e símbolos do Sistema Internacional adotados pela Revista Ciência Agronômica.

Grandezas básicas Unidades Símbolos Exemplos

Comprimento metro m; Massa quilograma kg; Tempo segundo s; Corrente elétrica amper A; Temperatura termodinâmica Kelvin K; Quantidade de substância mol mol

Unidades derivadas

Velocidade --- m s⁻¹ 343 m s⁻¹; Aceleração --- m s⁻² 9,8 m s⁻²; Volume metro cúbico, litro m³, L* 1 m³, 1 000 L*; Frequência Hertz Hz 10 Hz; Massa específica --- kg m⁻³ 1.000 kg m⁻³; Força newton N 15 N; Pressão pascal Pa 1,013.10⁵ Pa; Energia joule J 4 J; Potência watt W 500 W; Calor específico --- J (kg °C)⁻¹ 4186 J (kg °C)⁻¹; Calor latente --- J kg⁻¹ 2,26. 10⁶ J kg⁻¹; Carga elétrica coulomb C 1 C; Potencial elétrico volt V 25 V; Resistência elétrica ohm \square 29 \square ; Intensidade de energia Watts/metros quadrado W m⁻² 1.372 W m⁻²; Concentração mol/metro cúbico mol m⁻³ 500 mol m⁻³; Condutância elétrica siemens S 300 S; Condutividade elétrica desiemens/metro dS m⁻¹ 5 dS m⁻¹; Temperatura grau Celsius °C 25 °C; Ângulo grau ° 30°; Percentagem --- % 45%

Números mencionados em seqüência devem ser separados por ponto e vírgula (;). Ex: 2,5; 4,8; 25,3.

4. Lista de verificação - Revista Ciência Agronômica

Visando a maior agilidade no processo de submissão de seu artigo, o Comitê Editorial da Revista Ciência Agronômica elaborou uma lista de verificação para que o autor possa conferir toda a formatação do manuscrito de sua autoria, **antes** de submetê-lo para publicação. A lista foi elaborada de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica. Respostas **NEGATIVAS** significam que seu artigo ainda deve ser adaptado às normas da revista, e a

submissão de tais artigos, implicará na sua devolução e retardo na tramitação. Respostas **POSITIVAS** significam que seu artigo está em concordância com as normas, implicando em maior rapidez na tramitação.

A. Referente ao trabalho

1. O trabalho é original?
2. O trabalho representa uma contribuição científica para a área de Ciências Agrárias?
3. O trabalho está sendo enviado com exclusividade para a Revista Ciência Agronômica?

B. Referente à formatação

4. O trabalho pronto para ser submetido online está omitindo os nomes dos autores na versão Word?
5. O trabalho contém no máximo 20 páginas, está no formato A4, digitado em espaço duplo, incluindo as referências; fonte Times New Roman tamanho 12, incluindo títulos e subtítulos?
6. As margens foram colocadas a 2,5 cm, a numeração de páginas foi colocada na margem superior, à direita e as linhas foram numeradas de forma contínua?
7. O recuo do parágrafo de 1 cm foi definido na formatação do parágrafo? Lembre-se que a revista não aceita recuo de parágrafo usando a tecla “TAB” ou a “barra de espaço”.
8. A estrutura do trabalho está de acordo com as normas, ou seja, segue a seguinte ordem: título, título em inglês, autores, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências?
9. O título contém no máximo 15 palavras?
10. O resumo e o abstract apresentam no máximo 250 palavras?
11. As palavras-chave (key words) contém entre três e cinco termos, iniciam com letra maiúscula e são seguidas de ponto?
12. A introdução contém citações atuais que apresentam relação com o assunto abordado na pesquisa e apresenta no máximo 550 palavras?
13. As citações apresentadas na introdução foram empregadas para fundamentar a discussão dos resultados?
14. As citações estão de acordo com as normas da revista?
15. As tabelas e figuras estão formatadas de acordo com as normas da revista e estão inseridas logo em seguida à sua primeira citação? Lembre-se: não é permitido usar “enter” nas células que compõem a(s) tabela(s).
16. As tabelas estão no formato retrato?
17. As figuras apresentam boa qualidade visual?
18. As unidades e símbolos utilizados no seu trabalho encontram-se dentro das normas do Sistema Internacional adotado pela Revista Ciência Agronômica?
19. Os números estão separados por ponto e vírgula? As unidades estão separadas do número por um espaço? Lembre-se, não existe espaço entre o número e o símbolo de %.
20. O seu trabalho apresenta entre 20 e 30 referências, sendo 60% destas publicadas com menos de 10 anos em periódicos indexados?
21. Todas as referências estão citadas ao longo do texto?
22. Todas as referências citadas ao longo do texto estão corretamente descritas, conforme as normas da revista, e aparecem listadas?

C. Observações:

1. Lembre-se que **SE** as normas da revista não forem seguidas rigorosamente, seu trabalho não irá tramitar. Portanto, é melhor retardar o envio por mais alguns dias e conferir todas as normas. A consulta de um trabalho já publicado na sua área pode lhe ajudar a sanar algumas dúvidas e pode servir como um modelo (acesse aos periódicos no site <http://www.ccarevista.ufc.br/busca>).

2. Caso suas respostas sejam todas **AFIRMATIVAS** seu trabalho será enviado com maior segurança. Caso tenha ainda respostas **NEGATIVAS**, seu trabalho irá retornar, retardando o processo de tramitação.

Lembre-se: A partir da segunda devolução, por irregularidade normativa, principalmente em se tratando das referências, o mesmo terá a submissão cancelada e **não haverá devolução da taxa de submissão**. Portanto, é muito importante que os autores verifiquem, cuidadosamente, as normas requeridas pela Revista Ciência Agronômica.

3. Procure **SEMPRE** acompanhar a situação de seu trabalho pela página da revista (<http://ccarevista.ufc.br>) no sistema online de gerenciamento de artigos.

4. Esta lista de verificação não substitui a revisão técnica da revista, a qual todos os artigos enviados serão submetidos.