



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA

MARCOS LUIZ DA SILVA APOLIANO

**APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO MELAÇO-CALCÁRIO EM TANQUES DE
CRIAÇÃO DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus***

FORTALEZA

2021

MARCOS LUIZ DA SILVA APOLIANO

APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO MELAÇO-CALCÁRIO EM TANQUES DE CRIAÇÃO
DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A654a Apoliano, Marcos Luiz da Silva.
Aplicação da combinação melação-calcário em tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo,
Oreochromis niloticus / Marcos Luiz da Silva Apoliano. – 2021.
66 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá.

1. Calagem. 2. Carbonato de cálcio. 3. Hidróxido de cálcio. 4. Gás carbônico. I. Título.

CDD 639.2

MARCOS LUIZ DA SILVA APOLIANO

APLICAÇÃO DA COMBINAÇÃO MELAÇO-CALCÁRIO EM TANQUES DE CRIAÇÃO
DE JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus*

Dissertação apresentada a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura.

Aprovada em: 26 / 04 / 2021 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Carminda Sandra Brito Salmito Vanderley
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Davi de Holanda Cavalcante
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

À minha mãe Vanda e avó Maria.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua infinita bondade, por me conceder a vida, força e coragem para conquistar meus sonhos e objetivos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá, pela confiança em mim depositada e pela orientação.

Aos membros da banca examinadora, Prof.^a Dra. Carminda Sandra Brito Salmito Vanderley e Prof. Dr. Davi de Holanda Cavalcante, pelas valiosas colaborações e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Pesca, pelo conhecimento compartilhado durante minha formação profissional.

À minha mãe Vanda Batista, por todo esforço, apoio e amor incondicional dedicados durante todas as fases de minha vida.

À minha companheira Aurení Paiva, pelo apoio, paciência e por partilhar, com amor, dos momentos valorosos do meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos amigos do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA, em especial ao Roberto Lima, pela amizade, acolhimento e ajuda em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo analisar os efeitos da aplicação de diferentes combinações entre o melaço líquido e o calcário agrícola, na qualidade da água e no desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. O estudo utilizou 24 tanques de 100 L, em sistema de cultivo *indoor*, e 24 tanques de 250 L, em sistema de cultivo *outdoor*. Foram constituídos quatro grupos-controle (nenhum produto aplicado, somente melaço, somente calcário, mistura melaço-calcário sem peixes) e dois grupos-experimentais (mistura melaço-calcário com $\approx 32\%$ e 48% de melaço), com quatro repetições cada. Ao longo de onze semanas, realizou-se o monitoramento sistemático da qualidade da água dos tanques. O monitoramento nictimeral do O_2 , temperatura, pH, condutividade elétrica e alcalinidade total, além da determinação da clorofila *a*, nos tanques *outdoor* foi realizado ao final da 8ª semana. A combinação de melaço ao calcário acelerou a taxa de dissolução do calcário na água. A mistura contendo 48% de melaço promoveu a maiores elevações na alcalinidade e pH da água, em relação aos tanques com aplicação somente de calcário. Apesar desses benefícios, a aplicação da combinação melaço-calcário prejudicou o desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia, principalmente nos tanques *outdoor*. Concluiu-se que a aplicação da combinação melaço-calcário não deve ser realizada em tanques de criação de peixes que tenham preferência para vida em águas mais ácidas, tal como a tilápia do Nilo.

Palavras-chave: calagem; carbonato de cálcio; hidróxido de cálcio; gás carbônico.

ABSTRACT

The work aimed to analyze the effects of applying different combinations between liquid molasses and agricultural limestone, on water quality and zootechnical performance of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. The study used 24 tanks of 100 L, in an *indoor* cultivation system, and 24 tanks of 250 L, in an *outdoor* cultivation system. Four control groups were constituted (no product applied, only molasses, only limestone, molasses-limestone mixture without fish) and two experimental groups (molasses-limestone mixture with \approx 32% and 48% molasses), with four replicates each. Over eleven weeks, systematic monitoring of the water quality of the tanks was carried out. The nictimeral monitoring of O₂, temperature, pH, electrical conductivity and total alkalinity, in addition to the determination of chlorophyll *a*, in *outdoor* tanks was carried out at the end of the 8th week. The combination of molasses to limestone accelerated the rate of dissolution of limestone in water. The mixture containing 48% molasses promoted greater elevations in alkalinity and pH of water, in relation to tanks with application of only limestone. Despite these benefits, an application the molasses-limestone combination impaired the zootechnical performance of juvenile tilapia, especially in *outdoor* tanks. It was concluded that the application of molasses-limestone combination should not be carried out in fish breeding tanks that have a preference for life in more acidic waters, such as Nile tilapia.

Keywords: liming; calcium carbonate; calcium hydroxide; carbon dioxide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	pH da água de tanques <i>indoor e outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).....	26
Figura 2 -	Condutividade elétrica (CE) da água de tanques <i>indoor e outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).....	30
Figura 3 -	Alcalinidade total (AT) da água de tanques <i>indoor e outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).....	33
Figura 4 -	Dureza total (DT) da água de tanques <i>indoor e outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).....	37
Figura 5 -	Concentração de cálcio (Ca ⁺²) da água de tanques <i>indoor e outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).....	40
Figura 6 -	Concentração final de clorofila <i>a</i> (Cl- <i>a</i>) na água de tanques <i>outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 3).....	47
Figura 7 -	pH e condutividade elétrica (CE) da água de tanques <i>outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo, no ciclo nictimeral (n = 4).....	49
Figura 8 -	Oxigênio dissolvido e alcalinidade total da água de tanques <i>outdoor</i> de criação de juvenis de tilápia do Nilo, no ciclo nictimeral (n = 4).....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Delineamento experimental.....	22
Tabela 2 - Concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT, mg L ⁻¹), nitrito (NO ₂ , mg L ⁻¹) e nitrato (NO ₃ ⁻ , mg L ⁻¹) de tanques <i>indoor</i> e <i>outdoor</i> de juvenis de tilápia do Nilo, ao final de onze semanas de cultivo	43
Tabela 3 - Sobrevivência, peso corporal final e taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia do Nilo (peso corporal inicial = 2,80 ± 0,06 g), em tanques de criação <i>indoor</i> e <i>outdoor</i> , ao final de onze semanas de cultivo.....	56
Tabela 4 - Produtividade de pescado, fator de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica de juvenis de tilápia do Nilo (peso corporal inicial = 2,80 ± 0,06 g), em tanques de criação <i>indoor</i> e <i>outdoor</i> , ao final de onze semanas de cultivo.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	Benefícios da calagem para aquicultura	12
2.2	Produtos e métodos para calagem em aquicultura	13
2.3	Fatores que afetam a dissolução do calcário na água	15
2.4	Aplicação de melaço de cana em tanques e viveiros de aquicultura	16
3	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivo Geral	18
3.2	Objetivos Específicos	18
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	População experimental	20
4.2	Sistema experimental	20
4.3	Delineamento experimental	21
4.4	Manejo alimentar e da qualidade de água	22
4.5	Variáveis experimentais e análise estatística	22
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Qualidade de água	25
5.2	Desempenho zootécnico	55
6	CONCLUSÕES	60
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

A calagem da água e do solo de viveiros de aquicultura promove a elevação do pH, alcalinidade (HCO_3^- , CO_3^{2-}) e dureza (Ca^{+2} , Mg^{+2}) da água, assim como neutraliza a acidez do solo. Enquanto os íons bicarbonato e carbonato tamponam o pH da água, moderando as alterações no ciclo nictimeral, os íons cálcio e magnésio são elementos essenciais para a saúde e crescimento animal, exigidos em inúmeras atividades do metabolismo, tais como transmissão nervosa, coagulação sanguínea, atividade enzimática, contração muscular e regulação osmótica (CAVALCANTE *et al.*, 2012; GONZÁREZ-VERA; BROWN, 2017; PENG *et al.*, 2019). Assim, águas de cultivo de peixes e camarões com maior alcalinidade e dureza favorecem a obtenção de melhores índices zootécnicos (CAVALCANTE *et al.*, 2009). A calagem sistemática da água também é essencial em cultivos baseados em bioflocos e em sistemas de recirculação de água (FURTADO; POERSCH; WASIELESKY, 2015; SUMMERFELT *et al.*, 2015).

O calcário agrícola, cujo constituinte principal é o carbonato de cálcio, CaCO_3 , é o produto mais utilizado para calagem na aquicultura, possuindo comprovada eficácia e segurança para aplicações rotineiras em tanques já povoados. O calcário é geralmente aplicado, em viveiros de aquicultura, nas dosagens de 2000 – 5000 kg/ha (NOBRE *et al.*, 2014; BOYD, 2017). Por outro lado, o calcário apresenta lenta dissolução na água, sendo necessário um período mínimo de duas semanas, após sua aplicação na água, para que elevações expressivas na alcalinidade e dureza possam ser observadas (QUEIROZ *et al.*, 2004). Dentre outros fatores, a taxa de dissolução do calcário agrícola na água dependerá da área geográfica na qual a matéria-prima foi extraída (SÁ; BOYD, 2017a).

Quando se necessita de respostas mais rápidas, pode-se aplicar a cal virgem, CaO , e a cal hidratada, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, na água e no solo de tanques de aquicultura, em substituição ao calcário (NOBRE *et al.*, 2014). A cal virgem e a cal hidratada são produtos bem mais solúveis em água do que o calcário agrícola. Com isso, os benefícios da calagem poderiam ser alcançados mais rapidamente pela aplicação de cal, na água ou solo, ao invés do calcário. A solubilidade do CaCO_3 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, em água destilada, é de 14 mg L^{-1} e 1200 mg L^{-1} , respectivamente (WHANGCHAI *et al.*, 2004; BOYD, 2017; SÁ; CAVALCANTE; LIMA, 2019a). A aplicação de cal na água de cultivo, entretanto, pode ser perigosa por causar estresse e, até mesmo, mortalidades de animais, devido à elevação brusca que se verifica no pH da água (WHANGCHAI *et al.*, 2004). O bicarbonato de sódio é uma opção mais segura ao uso da cal, sendo igualmente solúvel em água. Quantidades menores de bicarbonato de sódio, tendo como

referência o calcário agrícola, são necessárias para obtenção de resultados semelhantes de pH e alcalinidade (MARTINS *et al.*, 2017). O bicarbonato de sódio, todavia, não confere dureza para a água, nem é economicamente viável para uso em larga escala. O uso prolongado do bicarbonato de sódio pode desequilibrar a relação alcalinidade/dureza da água e afetar, negativamente, as taxas de desempenho zootécnico dos animais cultivados (CAVALCANTE *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2017).

A concentração de CO₂ na água afeta, de modo significativo, a taxa de dissolução do calcário, pois o CO₂ reage com o CaCO₃, que libera íons cálcio e bicarbonato para água (WHANGCHAI *et al.*, 2004). Assim, a adição de uma fonte de carbono orgânico capaz de liberar CO₂ para água, após decomposição, pode contribuir na dissolução do calcário (HAN; BOYD, 2018). Nesse sentido, Boyd e Tucker (2014) propuseram a aplicação de matéria orgânica, altamente biodegradável, juntamente com o calcário agrícola, como forma de acelerar a taxa de dissolução do CaCO₃. A efetividade dessa técnica, entretanto, com o uso do melão como fonte de C orgânico, e em tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo, ainda não havia sido avaliada em experimentação científica.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Benefícios da calagem para aquicultura

Vários benefícios, quanto à qualidade da água, do solo e ao desempenho zootécnico, poderão ser obtidos pela calagem da água e do solo de viveiros e tanques de aquicultura, como ficou demonstrado nos trabalhos a seguir.

Cavalcante *et al.* (2009) avaliaram os efeitos da calagem da água com carbonato de cálcio (CaCO_3) no pH, alcalinidade total (AT), dureza cálcica (DC) e concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) da água, bem como na sobrevivência e peso corporal final de alevinos de tilápia do Nilo, mantidos em aquários em preenchidos com águas claras (sistema *indoor*) ou verdes (sistema *outdoor*). Os autores verificaram que nos aquários em águas claras (*indoor*), o pH da água permaneceu praticamente constante, as concentrações de NAT foram maiores nos aquários com águas verdes. Não foram observadas diferenças significativas para peso e comprimento corporal final dos peixes cultivados, entre aquários sem manejo e acidificados, tanto em águas claras como verdes. De acordo com os resultados, os autores concluíram que a aplicação de calcário agrícola em águas claras (oligotróficas) ou verdes (eutróficas) contribuiu para o ganho em peso e comprimento total de alevinos de tilápia do Nilo. Os melhores resultados foram obtidos nas seguintes condições limnológicas: pH 7,4 - 8,2; AT > 50 mg L⁻¹ e DC >140 mg L⁻¹.

Ao avaliarem os efeitos de diferentes níveis de alcalinidade total (AT) sobre a qualidade da água, formação de bioflocos e desempenho zootécnico de juvenis do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, Furtado *et al.* (2015) verificaram que o pH da água, como era esperado, foi maior nos tanques com AT de 300 mg L⁻¹ (pH = 8,53 ± 0,09). Os tanques com AT = 75 mg L⁻¹ apresentaram as maiores concentrações de NAT e nitrito durante o estudo. A sobrevivência animal não diferiu entre os tratamentos ($p > 0,05$). Por outro lado, o peso corporal final médio, ganho em peso e taxa de crescimento específico foram significativamente menores no tratamento AT = 75 mg L⁻¹, quando comparado à AT = 300 mg L⁻¹. Os autores concluíram que tanques BFT de camarão com maiores alcalinidades, em especial AT = 300 mg L⁻¹, é possível se obter melhores taxas de nitrificação e desempenho zootécnico.

Summerfelt *et al.* (2015) analisaram os efeitos da alcalinidade total (AT) da água na estabilização do pH, remoção de nitrogênio amoniacal total (NAT) pelo biofiltro e de dióxido de carbono (CO_2) pela aeração em cascata, em tanques de cultivo de salmão do Atlântico, operados em sistema de recirculação de água (SRA). No estudo, foram avaliados três níveis de AT (10 mg L⁻¹, 70 mg L⁻¹ e 200 mg L⁻¹ CaCO_3), obtidos pela aplicação de bicarbonato de sódio

(NaHCO_3) na água. Os autores observaram maiores concentrações de NAT nos tanques com $\text{AT} = 10 \text{ mg L}^{-1}$ ($0,65 \pm 0,08 \text{ mg L}^{-1}$), em comparação aos tanques com $\text{AT} = 70 \text{ mg L}^{-1}$ e 200 mg L^{-1} ($0,43 \pm 0,04$ e $0,39 \pm 0,05 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). Esse resultado claramente demonstrou que a $\text{AT} = 10 \text{ mg L}^{-1}$ foi insuficiente para o correto funcionamento do biofiltro nitrificante. Não foram observadas diferenças significativas para concentração de nitrito na água. O pH da água foi menor na $\text{AT} = 10 \text{ mg L}^{-1}$ ($p < 0,05$) tendo apresentado maiores oscilações durante o período experimental. A $\text{AT} = 200 \text{ mg L}^{-1}$ se mostrou excessiva por levar a maiores perdas de C inorgânico, na forma de CO_2 , durante a etapa de aeração da água. Os autores do trabalho concluíram que $\text{AT} = 70 \text{ mg L}^{-1}$ proporciona aumento na estabilidade do pH e redução nas concentrações de NAT, em tanques SRA de salmão Atlântico, sendo, portanto, recomendada para esse sistema de cultivo.

2.2 Produtos e métodos para calagem em aquicultura

Existem diferentes produtos que podem ser empregados na correção do pH da água e do solo, bem como na elevação da alcalinidade e dureza da água. Cada produto apresenta características próprias que deveriam ser consideradas para que se possa utilizá-lo corretamente. Além dessa questão, discute-se, a seguir, os diferentes métodos para calagem em aquicultura, comparando-se a aplicação do produto na água ou diretamente no solo.

Whangchai *et al.* (2004) avaliaram diferentes estratégias para controle da alcalinidade e pH de reatores preenchidos com água do mar artificial, submetidos à amonificação, ozonização e recarbonação (fornecimento de CO_2 suplementar). Esses reatores simulavam viveiros de produção de camarão marinho. Os autores verificaram que a ozonização da água foi eficiente na remoção de amônia, mas causou decréscimo rápido na alcalinidade e pH. A remoção de nitrito pela ozonização, por outro lado, não causou queda na alcalinidade da água. O CaCO_3 não foi capaz de evitar a queda na alcalinidade da água dos reatores após a ozonização. De igual modo, os produtos comerciais para calagem à base de CaCO_3 , isto é, pó de mármore e areia de coral, também foram ineficientes para prevenir a queda na alcalinidade da água. Como a perda de alcalinidade pela oxidação da amônia pelo ozônio é muito rápida, o sistema natural carbonato-bicarbonato, a partir do CaCO_3 , não consegue recuperar a alcalinidade perdida por ser um processo lento. Entretanto, a injeção contínua de CO_2 puro aos reatores acelerou a dissolução do CaCO_3 na água, aumentando de modo significativo a eficiência do carbonato de cálcio como produto alcalinizante. Esse mesmo efeito do CO_2 , todavia, não foi observado em viveiros de camarão submetidos à ozonização, nos quais havia apenas a “recarbonação natural”, isto é, entrada de CO_2 a partir da decomposição da matéria

orgânica (fezes dos animais, plâncton morto). A recarbonação artificial de viveiros de camarão não seria viável, tanto do ponto de vista técnico, pelo estresse animal que o CO₂ causaria, como econômico. Resultados bem melhores aos obtidos com o CaCO₃, foram alcançados com o uso do NaHCO₃ e da cal hidratada, produtos mais solúveis em água que o carbonato de cálcio. A aplicação da cal hidratada fez com que o pH da água disparasse para 10. Por isso, o uso da cal em viveiros de camarão deve ser cauteloso. A aplicação simultânea de NaHCO₃ ou cal hidratada e CO₂ puro levou a concentração de CO₂ livre da água para 167 mg/L. Essa concentração de CO₂ já seria letal aos camarões cultivados (> 80 mg/L). Logo, a injeção de CO₂ puro não é recomendada em viveiros de produção. Os autores concluíram que a cal hidratada e o bicarbonato de sódio são produtos superiores ao carbonato de cálcio na neutralização da acidez da água do mar, rica em amônia, tratada com ozônio. Como a cal hidratada traz o risco de estresse animal por alcalose, o melhor produto para recuperação da alcalinidade da água de viveiros de camarão tratados com ozônio é o bicarbonato de sódio.

Nobre *et al.* (2014) compararam o desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo por 10 semanas em tanques submetidos a diferentes programas de calagem. Como resultado, os autores observaram que após a aplicação das misturas, o pH da água se elevou significativamente de 5,8-5,9 para 7,7-8,7, não havendo, contudo, diferenças significativas entre as misturas. Não foram observadas diferenças para alcalinidade da água entre as misturas ($p > 0,05$). Verificou-se menores concentrações de NAT nos tanques que receberam calagem, em relação às unidades apenas acidificadas. A melhor taxa de crescimento corporal dos peixes foi observada nos tanques que receberam a mistura Na₂CO₃ + CaCl₂ ($p < 0,05$). Os autores concluíram que a mistura Na₂CO₃ + CaCl₂ é superior ao CaCO₃, como produto para calagem, por possuir maior solubilidade em água, sendo, portanto, uma melhor alternativa para uso em tanques de criação de tilápia do Nilo.

Martins *et al.* (2017) compararam o uso de calcário agrícola, CaCO₃, bicarbonato de sódio, NaHCO₃ e hidróxido de cálcio, Ca(OH)₂, na correção diária da alcalinidade total (AT) e pH da água de tanques BFT de juvenis de tilápia do Nilo. Como resultado, foi observado pelos autores que o pH e AT foram maiores nos tanques que receberam NaHCO₃ ($7,53 \pm 0,02$ e $75,7 \pm 3,7$ mg L⁻¹, respectivamente). Por outro lado, maiores concentrações de DT foram observadas nos tanques nos quais se aplicou CaCO₃ ($322,4 \pm 34,0$ mg L⁻¹) ou Ca(OH)₂ ($340,4 \pm 17,4$ mg L⁻¹). Para correção do pH e AT da água, utilizou-se uma maior quantidade de CaCO₃ (186,5 g), em comparação ao Ca(OH)₂ (55,6 g) e NaHCO₃ (120,4 g). Os autores concluíram que os três compostos utilizados, CaCO₃, NaHCO₃ e Ca(OH)₂, são eficientes na correção do pH e AT de tanques BFT de tilápia. Entretanto, faz-se necessário aplicar uma maior quantidade de calcário

agrícola para obter resultados semelhantes de pH e AT aos observados quando da utilização do bicarbonato de sódio e da cal hidratada.

Sá e Boyd (2017b) avaliaram a solubilidade de diferentes calcários agrícolas na água, provenientes de cinco áreas distintas dos Estados Unidos. Como resultado, os autores verificaram que amostras de calcário agrícola, GA-1, GA-2 e PA, apresentaram solubilidades em água significativamente maiores que VA e TX, indicado pela maior CE da água nos primeiros frascos. Os autores concluíram que calcários agrícolas provenientes de diferentes áreas geográficas, com composições químicas semelhantes, podem apresentar significativas diferenças quanto à taxa de dissolução do produto na água.

Queiroz *et al.* (2004) compararam três métodos de aplicação de calcário agrícola (CaCO_3) em viveiros de piscicultura: 1 - aplicação direta na superfície da água, no início do cultivo (T1); 2 - aplicação ao fundo do viveiro seco (T2) e 3 - aplicação ao fundo do viveiro seco e arado (T3). Como resultado, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para pH do solo. O pH da camada superficial (0 – 8 cm) do solo foi maior que das camadas logo abaixo, tendo-se observado valor de máximo após 1 - 2 meses. Os autores do trabalho concluíram que: 1 - é possível fazer a correção no pH do solo de viveiros de peixe pela aplicação de calcário diretamente sobre a superfície da água, não havendo, portanto, a necessidade de drenagem do viveiro e aragem do solo; 2 – uma elevação significativa da AT e DT da água pode ser alcançada após duas semanas da aplicação do calcário; 3 – Um período mínimo de 1 – 2 meses se faz necessário para reação completa do calcário e ajuste do pH do solo do viveiro; 4 – a calagem do solo não tem efeito nas camadas mais profundas do solo.

2.3 Fatores que afetam a dissolução do calcário na água

Alguns importantes fatores deveriam ser considerados pelos produtores para escolha do produto para calagem e definição da taxa de aplicação. Dentre os possíveis fatores que afetam a dissolução do calcário na água se destacam os seguintes: temperatura, salinidade, pH, alcalinidade e dureza da água. Apresenta-se a seguir, trabalhos realizados sobre esse tópico.

Sá e Boyd (2017a) determinaram a taxa de dissolução do carbonato de cálcio, CaCO_3 e do hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , em água do mar e diluições. Os autores observaram que no teste com o CaCO_3 , o pH da água, em todos os tratamentos, convergiu para 8,23, após 19 dias da aplicação. Ao final, foi observado diminuição na AT da água do mar de 109,1 para 90,9 mg L^{-1} . No teste do Ca(OH)_2 , o pH de todos os tratamentos atingiu o valor de equilíbrio (pH = 8,3), logo no terceiro dia após aplicação. Os autores concluíram que 1 - a taxa de dissolução do

calcário, CaCO_3 , cai com o aumento na alcalinidade inicial da água; 2 - a aplicação de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ em água do mar não é um manejo eficiente para elevação do pH acima de 8,3, por conta da elevada alcalinidade dessas águas ($\geq 100 \text{ mg L}^{-1}$).

Sá e Boyd (2018) determinaram os efeitos da salinidade da água na solubilidade do CaCO_3 e as implicações disso para calagem na carcinicultura. Como resultado, os autores verificaram que nos frascos com água doce, com AT inicial de 34 e 63 mg L^{-1} , houve maior aumento de pH quando comparado com as águas salobras e mesmas AT. O pH da água salobra, com AT inicial de 120 mg L^{-1} , permaneceu praticamente constante. Nas águas com AT inicial de 5 mg L^{-1} , 34 mg L^{-1} , 64 mg L^{-1} e 120 mg L^{-1} , as taxas de aumento da AT, na água salobra, foram 2,5%; 18,1%; 50,8% e 197,6%, respectivamente, abaixo das taxas observadas em água doce. Os autores concluíram que a salinidade da água restringe de modo significativo a dissolução do CaCO_3 em águas com AT de moderada a alta.

Han e Boyd (2018) determinaram os efeitos da concentração de matéria orgânica no solo sobre a solubilidade do calcário agrícola, em sistemas experimentais solo-água. A pesquisa em laboratório teve a duração de 65 dias. Ao final do teste, os autores observaram que a AT da água nos aquários sem adição da gramínea no solo permaneceu abaixo de 60 mg L^{-1} . Nos aquários com incremento de 0,5% de matéria orgânica, a AT final alcançou 61,8 mg L^{-1} . Nos aquários com as maiores concentrações matéria orgânica no solo, isto é, 2,0 e 4,0%, a AT e DT da água atingiram as seguintes concentrações finais: 75,3 a 124,6 mg L^{-1} e 75,3 a 157,2 mg L^{-1} , respectivamente. Além da AT e DT, o pH final da água também foi maior nos aquários com mais matéria orgânica no fundo. Os autores do trabalho concluíram que a matéria orgânica em decomposição no solo liberou CO_2 para água que favoreceu a dissolução do calcário agrícola na AT da água.

2.4 Aplicação de melão de cana em tanques e viveiros de aquicultura

Um produto que vem sendo utilizado de modo crescente na aquicultura é o melão de cana de açúcar. Dentre os possíveis benefícios de sua aplicação, destaca-se o controle da concentração de amônia em sistemas BFT, através do ajuste da relação C: N da água. Outra possível finalidade da aplicação do melão, ainda pouco explorada, seria ser fonte alóctone de CO_2 para água, contribuindo na dissolução dos produtos para calagem. Os trabalhos, a seguir, discutem essas e outras questões relacionadas ao uso do melão na aquicultura.

Samocha *et al.* (2007) avaliaram os efeitos da adição de melão de cana, como fonte de carbono orgânico, na qualidade de água e desempenho zootécnico de pós-larvas e juvenis de

L. vannamei, em sistema de cultivo com troca limitada de água, em dois trabalhos consecutivos (berçário e engorda). Os autores verificaram que as aplicações de melação nos *raceways*, com e sem fracionadores de espuma, proporcionaram concentrações de NAT e nitrito menores que $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,2 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas para oxigênio dissolvido, pH, temperatura, salinidade, produtividade primária, SST, sobrevivência e fator de conversão alimentar (FCA), entre os tanques com e sem o fracionador. Todavia, o peso corporal final dos camarões foi maior nos tanques com fracionadores. Não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de NAT, NO_2^- , fósforo reativo, SST e no FCA, entre os tanques com diferentes níveis de adição de melação. Os autores concluíram que a adição de melação contribui no controle das concentrações NAT e nitrito da água, em tanques-berçários e de engorda de *L. vannamei*, sem causar deterioração no desempenho zootécnico.

Souza *et al.* (2014) avaliaram os efeitos da adição de melação, como fonte de carbono orgânico, na qualidade da água, formação do floco bacteriano e desempenho zootécnico de pós-larvas de camarão-rosa, *Farfantepenaeus brasiliensis*, durante a fase de berçário, em sistema com bioflocos (BFT). Os autores observaram que as concentrações de NAT ($1,02 \pm 0,8 \text{ mg L}^{-1}$) e nitrito ($8,28 \pm 6,3 \text{ mg L}^{-1}$), nos tanques do grupo-controle, foram consideravelmente maiores que nos tanques do grupo experimental ($0,71 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $3,65 \pm 3,1 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à formação de floco bacteriano. Os autores concluíram que a aplicação de melação é um manejo eficiente para controlar as concentrações de amônia e nitrito da água. O desempenho zootécnico de PLs de camarão-rosa, criadas em tanques BFT, foi aprimorado pelas aplicações de melação ao tanque.

Miao *et al.* (2017) avaliaram os efeitos da adição de melação, para relação C: N = 20:1, na qualidade da água e desempenho zootécnico do camarão de água doce, *Macrobrachium rosenbergii*, criado em tanques com bioflocos (BFT). Ao final do estudo, os autores verificaram que o pH da água dos tanques-controle, isto é, sem adição de melação (7,35) foi maior ($p = 0,044$) que o pH dos tanques que receberam melação (7,15). As concentrações de NAT, NO_2^- e NO_3^- foram significativamente maiores tanques-controle ($0,88 \text{ mg L}^{-1}$, $0,63 \text{ mg L}^{-1}$ e $16,9 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente) do que nos tanques experimentais ($0,16 \text{ mg L}^{-1}$, $0,011 \text{ mg L}^{-1}$, $14,62 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). Os autores do trabalho concluíram que a aplicação de melação em tanques BFT, para relação C: N = 20:1, foi importante na manutenção da qualidade de água, bem como propiciou maior crescimento e a sobrevivência do *M. rosenbergii*.

Duy e Khanh (2018) avaliaram os efeitos da aplicação de melação, em diferentes relações C: N, na qualidade de água, sobrevivência e crescimento de juvenis de *Scatophagus*

argus, em tanques com bioflocos (BFT). *S. argus* é uma espécie de peixe estuarino, nativo da região do indo-pacífico, de interesse para aquariofilia. Os autores do trabalho concluíram que a aplicação de melaço na água de criação de juvenis de *S. argus*, para relação C: N = 15: 1, promoveu melhor qualidade de água e desempenho zootécnico em tanques BFT.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos da aplicação de diferentes combinações de melaço de cana líquido e o calcário agrícola, na taxa de dissolução do carbonato de cálcio na água e no desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*.

3.2 Objetivos Específicos

- Mensurar a eficácia do uso do melaço líquido, em diferentes níveis, como agente catalizador da dissolução do calcário agrícola na água de criação da tilápia do Nilo;
- Analisar a interferência do fitoplâncton (águas verdes) na taxa de dissolução do calcário agrícola em combinação com melaço líquido, em diferentes dosagens;

- Observar os efeitos da aplicação de diferentes combinações de melação líquido e o calcário agrícola no pH, alcalinidade total, dureza total, concentrações de nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato e clorofila *a* da água de criação de peixes;
- Analisar os efeitos da aplicação de diferentes combinações de melação líquido e o calcário agrícola na sobrevivência, peso corporal final, taxa de crescimento específico, fator de conversão alimentar, produtividade de pescado e taxa de eficiência proteica de juvenis de tilápia do Nilo;
- Analisar os efeitos da aplicação de diferentes combinações de melação líquido e o calcário agrícola, em tanques de criação de juvenis de tilápia, na variação nictimeral do pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e alcalinidade total da água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA, unidade de pesquisa pertencente ao Departamento de Engenharia de Pesca, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará (Campus Universitário do Pici, Fortaleza Ceará).

4.1 População experimental

Juvenis masculinizados de tilápia do Nilo, com peso corporal de $1,5 \pm 0,11$ g, foram obtidos na fazenda São Pedro Aquicultura Ltda, que fica localizada no município de Itaitinga/CE, e transportados até as instalações do laboratório. Inicialmente, os peixes foram mantidos em um tanque circular de 1000 L para aclimatação às condições laboratoriais, durante sete dias. Após a chegada dos peixes, realizou-se a aplicação de 4 mg L^{-1} de permanganato de potássio para profilaxia dos animais. Após 48 h, aplicou-se 4 mg L^{-1} de tiosulfato de sódio para neutralização do permanganato de potássio residual. Durante o período de aclimatação, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17h, com ração comercial em pó (AQUAMIX, INTEGRAL MIX, Fortaleza, Ceará) para peixes onívoros, contendo 45% de proteína bruta (de acordo com informações contidas no rótulo do produto), na taxa de 10% do peso vivo por dia.

4.2 Sistema experimental

No cultivo dos animais, foram utilizados, simultaneamente, 24 tanques circulares de 100 L, em sistema *indoor*, e 24 tanques circulares de 250 L, em sistema *outdoor*. O pátio que recebeu os tanques *outdoor* foi coberto com tela Sombrite para evitar o superaquecimento da água de criação. Todos os tanques receberam aeração contínua, ao longo de todo o período experimental, fornecida pelo trabalho de um compressor radial (soprador) de 2,5 CV. Foram utilizados três difusores de ar (pedras porosas) por tanque no sistema *outdoor*; e uma mangueira microperfurada de 15 cm, por tanque, no sistema *indoor*.

No início do trabalho, oito e dezoito juvenis de tilápia do Nilo, com peso corporal médio de $2,8 \pm 0,14$ g, foram povoados simultaneamente nos tanques dos sistemas *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Essas densidades de estocagem corresponderam as biomassas totais iniciais de $22 \pm 1,15$ g de peixe por tanque de 100 L; e $50,8 \pm 2,21$ g de peixe por tanque de 250 L. Os peixes foram mantidos nos sistemas experimentais por um período de onze semanas.

4.3 Delineamento experimental

Inicialmente, todos os tanques foram preenchidos com água da torneira. Antes da realização de qualquer manejo, a água dos tanques foi deixada em descanso durante um período mínimo de 24 horas. Em seguida, a água foi acidificada pela aplicação de solução de ácido clorídrico (HCl) 1 N, na dosagem de 1,0 mL L⁻¹. O objetivo da acidificação da água foi reduzir a alcalinidade total para ≤ 20 mg L⁻¹ e o pH para ≈ 5 . Para realização do trabalho, foram utilizados calcário agrícola (Chaves Mineração e Indústria S.A., Maracanaú, CE) e melão de cana líquido (Orgânicos Agro Bio, Tianguá, CE), ambos de qualidade comercial, obtidos no mercado local de Fortaleza - CE. As quantidades devidas de melão líquido e calcário agrícola foram pesadas e misturadas para obtenção de um produto homogêneo. As combinações de melão-calcário foram aplicadas aos tanques após 48 horas da acidificação da água. Além das combinações, também foram feitas aplicações de melão e calcário, isoladamente (Tabela 1).

Foram constituídos quatro grupos-controle (NAD, CAL, MEL e CAL-MEL48-SP) e dois grupos experimentais (CAL-MEL32 e CAL-MEL48; Tabela 1). Cada grupo-controle ou experimental, em cada sistema de cultivo, recebeu quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. O grupo-controle (NAD) não recebeu aplicação de nenhum produto. Nos grupos-controle CAL e MEL, os tanques receberam apenas aplicações de calcário agrícola ou melão líquido, respectivamente. Os tanques do tratamento CAL-MEL32 receberam aplicações iniciais das combinações calcário + melão iguais a 20,0 g + 9,3 g e 50,0 g + 23,3 g, para os sistemas *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Os tanques do tratamento CAL-MEL48 receberam aplicações iniciais das combinações calcário + melão iguais a 20,0 g + 18,7 g e 50,0 g + 46,6 g, para os sistemas *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Os tanques do grupo-controle CAL-MEL48-SP receberam as mesmas aplicações que CAL-MEL48, diferindo apenas pela ausência de peixes e ausência do fornecimento de ração nos tanques. As dosagens de calcário e melão empregadas nas combinações foram feitas de acordo com Raulino (2019).

Tabela 1 – Delineamento experimental.

Tratamento ^{1,2}	Melão líquido ³ (g)		Calcário agrícola (g)		% de melão na mistura
	Tanque 100 L	Tanque 250 L	Tanque 100 L	Tanque 250 L	

NAD	-	-	-	-	-
CAL	-	-	20	50	-
MEL	18.6	46.6	-	-	-
CAL-MEL32	9.3	23.3	20	50	31.8
CAL-MEL48	18.7	46.6	20	50	48.2
CAL-MEL48-SP	18.7	46.6	20	50	48.2

¹ NAD, CAL, MEL, CAL-MEL48-SP: grupos-controle; CAL-MEL32, CAL-MEL48: grupos experimentais. ² Todos os tanques foram povoados com juvenis de tilápia, exceto os tanques do tratamento CAL-MEL48-SP. ³O melaço líquido continha, aproximadamente, 81,6% de matéria seca.

As primeiras aplicações de melaço, calcário e das combinações melaço-calcário foram realizadas 48 h após a acidificação da água. Após as aplicações iniciais, novas aplicações de calcário, melaço e das misturas melaço-calcário foram realizadas a cada duas semanas, ou seja, nas semanas 2, 4, 6, 8 e 10, utilizando-se da metade da dosagem inicial. O povoamento dos tanques com juvenis de tilápia aconteceu uma semana após as primeiras aplicações de melaço, calcário e das combinações.

4.4 Manejo alimentar e da qualidade de água

Os peixes foram alimentados com a mesma ração utilizada no período de aclimatação, ou seja, ração em pó para peixes onívoros, com 45% de proteína bruta (de acordo com informações contidas no rótulo do produto). A ração foi fornecida diariamente, três vezes ao dia, às 8, 12 e 16h. Inicialmente, a ração foi ofertada aos peixes na taxa de 5% da biomassa estocada por dia, respectivamente. Essa taxa foi ajustada, a partir da segunda semana de cultivo, para 3% da biomassa estocada por dia. Biometrias quinzenais foram realizadas para ajustar a quantidade de ração fornecida aos animais. Não houve troca de água ao longo do experimento. Realizou-se apenas a manutenção do nível inicial de água nos tanques (água doce, descansada e acidificada).

4.5 Variáveis experimentais e análise estatística

A temperatura, pH (medidor de pH mPA210, MS TecnoPON), condutividade elétrica (CE, condutivímetro CD-850) e concentração de O₂ dissolvido (oxímetro 55 - YSI) da água foram monitorados diariamente, pela manhã, entre 8 – 10 h. Amostras de água foram coletadas

semanalmente para determinação da alcalinidade total, dureza total e dureza cálcica. As concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT), nitrito (N-NO_2^-) e nitrato (N-NO_3^-) foram determinadas quinzenalmente. A alcalinidade total da água foi obtida pela adição de seis gotas de solução alaranjado de metila a 100 mL da amostra de água analisada, seguida por titulação com solução padrão de H_2SO_4 ; a dureza total da água foi determinada pela adição de 2,0 mL de solução-tampão e oito gotas do indicador Preto de eriocromo-T a 100 mL da amostra de água analisada, seguida por titulação com solução padrão de EDTA; a dureza cálcica da água foi determinada pela adição de 4 mL da solução NaOH 1N e 100-200 mg de indicador de murexida a 100 mL da amostra de água analisada, seguida por titulação com solução padrão de EDTA. O NAT foi determinado pelo método do indofenol. Para isso, foi filtrado 50,0 mL da amostra da água analisada e adicionado 2,0 mL de solução de fenato, 2,0 mL de nitroprussiato de sódio e 5,0 mL de solução oxidante, em seguida foi realizado a leitura da absorbância a 640 nm em fotocolorímetro para cálculo do NAT; o nitrito foi determinado pelo método da sulfanilamida, em que foi filtrado 50,0 mL da amostra de água analisada, adicionado 2,0 mL de reagente de cor e após 10 minutos, realizado a leitura da absorbância a 543 nm em fotocolorímetro para cálculo do nitrito; o nitrato foi determinado pelo método da coluna redutora de cádmio (Cd), em que foi adicionado 75,0 mL da solução cloreto de amônio-EDTA em 25,0 mL da amostra filtrada. Em seguida, a solução foi lentamente passada através da coluna redutora de cádmio e coletado 50,0 mL para adição de 2,0 mL de reagente de cor. Após 10 minutos, foi realizado a leitura da absorbância a 543 nm em fotocolorímetro para cálculo de nitrato. Todas as determinações de qualidade de água acima citadas foram realizadas de acordo com as metodologias descritas por Sá (2012).

Ao final da oitava semana experimental, amostras de água foram coletadas para determinação da concentração de clorofila *a*. Além disso, também na oitava semana experimental foi realizado o monitoramento nictimeral (ciclo de 24 h) da concentração de oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e alcalinidade total da água dos tanques de cultivo *outdoor*. Nesse trabalho, foram realizadas coletas de amostras de água durante 24 h e análises *in loco* a cada três horas, nos seguintes horários: 8, 11, 14, 17, 20, 23, 2, 5 e 8 h (dia seguinte).

Biometrias quinzenais dos animais foram realizadas para determinação das seguintes variáveis de desempenho zootécnico: sobrevivência, taxa de crescimento específico, fator de conversão alimentar, taxa de eficiência proteica e produtividade de pescado e peso corporal final. As variáveis de qualidade de água e desempenho zootécnico foram submetidas à análise de variância (ANOVA) para experimentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC).

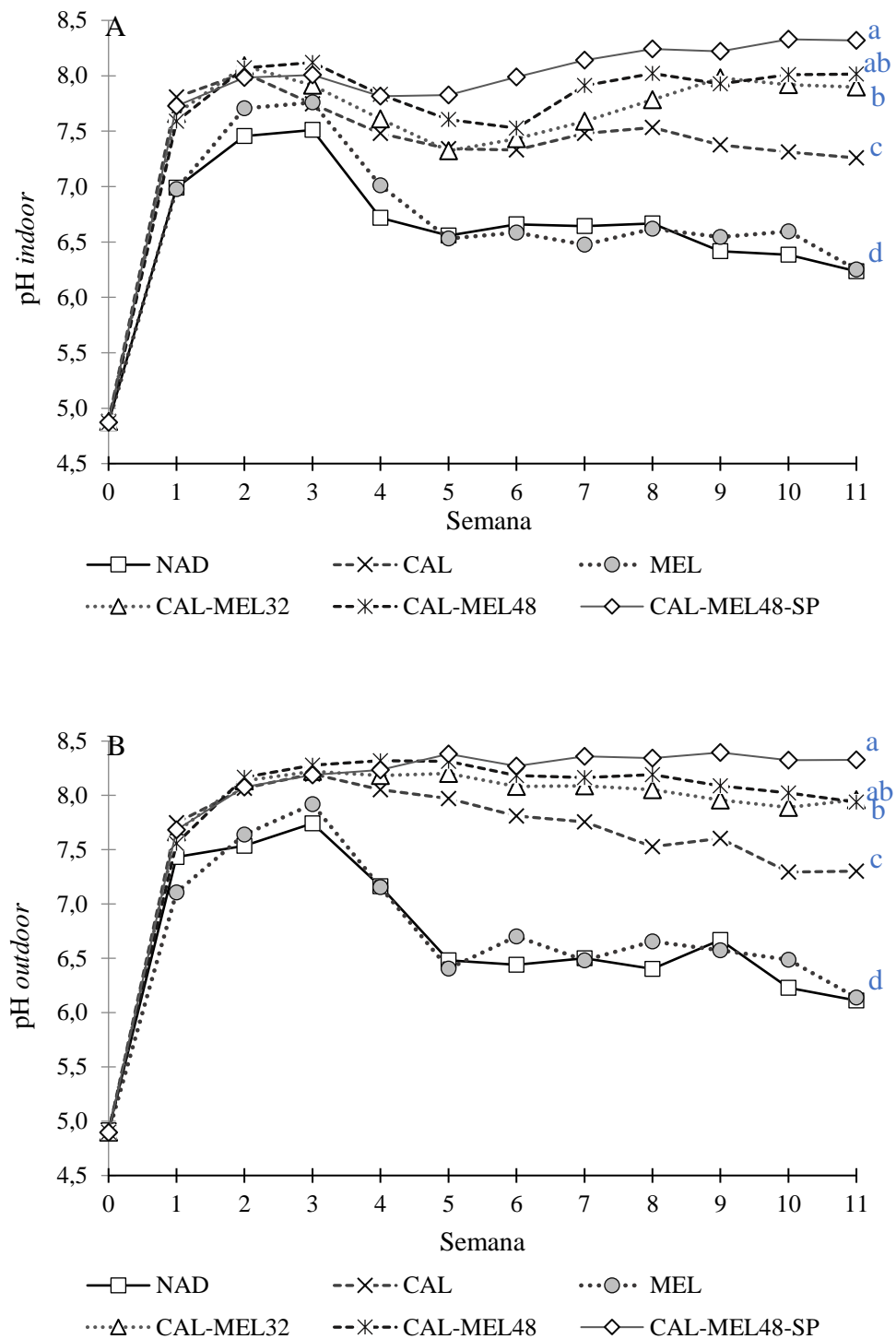
Havendo diferenças significativas, o teste de Tukey foi utilizado para comparar as médias duas a duas. O nível de significância adotado em todos os testes estatísticos foi de 5%. O software “SigmaPlot 12.0” foi utilizado na análise estatística dos resultados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Qualidade de água

O pH inicial da água, nos tanques *indoor* e *outdoor*, elevou-se rapidamente logo após a aplicação dos produtos (CAL, MEL) e das combinações (CAL-MEL32, CAL-MEL48), principalmente nos tanques que receberam calcário, isoladamente ou em combinações (Figuras 1A e 2B). Surpreendentemente, o pH da água também se elevou nos tanques nos quais não se fez a aplicação de nenhum produto (NAD). O calcário agrícola demanda um tempo relativamente longo e maiores quantidades para promover correções do pH e alcalinidade da água (NOBRE *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2017). Como as diferentes combinações calcário-melaço (CAL-MEL32, CAL-MEL48) elevaram o pH da água de modo semelhante ao observado nos tanques que receberam apenas calcário agrícola (CAL), fica evidente que a combinação do melaço líquido ao calcário agrícola não promoveu maior aumento do pH inicial da água. A elevação no pH da água em NAD se deveu, provavelmente, ao escape de CO₂ da água acidificada para atmosfera, na busca do equilíbrio para esse gás entre os dois meios. Com a remoção de CO₂, o pH da água se elevou naturalmente. Como a elevação no pH da água em MEL acompanhou o observado em NAD, infere-se que a aplicação de melaço líquido na água não influenciou o pH da água, uma vez que o pH em MEL seguiu o mesmo padrão de variação observado em NAD.

Figura 1 – pH da água de tanques *indoor* (A) e *outdoor* (B) de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melado líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 32\%$ de melado; CAL-MEL48: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

A partir da 2ª semana experimental, o pH da água entrou em fase de estabilização em todos os tanques, nos dois sistemas, mas em níveis diferentes: pH \approx 8,0 para CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP; e pH \approx 7,5 para os tratamentos NAD e MEL. Em seguida, o pH da água começou a cair, principalmente nos tratamentos NAD e MEL, que mantiveram o mesmo comportamento de pH da água durante todo o período experimental. A estabilização do pH da água, em níveis semelhantes para CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, indica que as misturas do melaço líquido ao calcário não promoveram maior correção no pH da água, quando comparado aos tanques que receberam apenas calcário (CAL). Isso sugere que a combinação do melaço líquido ao calcário agrícola não traz benefícios na correção do pH inicial de águas ácidas. O melaço de cana comercial não é um produto puro, mas uma mistura entre melaço e calcário ou cal. Segundo Martín (2004), o melaço de cana é comumente utilizado na alimentação de animais ruminantes, como fonte de açúcares e no aumento da palatabilidade da ração. No processo de produção do melaço de cana para alimentação animal, esse insumo é misturado com calcário ou cal para neutralização de acidez. Os resultados de pH da água em MEL diferem dos obtidos por Silva *et al.* (2009), que observaram acidificação de tanques berçários de *L. vannamei*, aos quais foi adicionado melaço. A julgar pelo comportamento químico semelhante observada entre NAD e MEL, o melaço líquido utilizado no presente trabalho, quando aplicado isoladamente, teve efeito nulo sobre o pH da água.

Após a elevação inicial, o pH da água em NAD e MEL cai, nos dois sistemas de cultivo, estabilizando-se em pH \approx 6,5, a partir da 5ª semana experimental. Em CAL, o pH da água vai se reduzido lentamente, ao longo de todo o período experimental, tanto nos tanques *indoor* como *outdoor*. Enquanto isso, o pH da água em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, apresentou apenas uma leve queda, nos *tanques indoor*, após a elevação inicial, voltando a subir lentamente, a partir da 6ª semana, e entrando em fase de estabilização, a partir da 9ª semana experimental (pH \approx 8). Já nos tanques *outdoor*, o pH da água, em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, não sofreu nenhuma redução significativa após a elevação inicial, entrando logo em estabilização, após a 2ª semana experimental (pH \approx 8). Em CAL-MEL48-SP, isto é, tanques sem peixes que receberam a combinação calcário-melaço, com 48% de melaço, o pH da água entrou em fase de estabilização (pH \approx 8), logo após a elevação inicial, nos dois sistemas de cultivo.

Ao final das 11 semanas experimentais, o pH da água nos tanques CAL-MEL-32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, em ambos os sistemas de cultivo, era significativamente maior que o observado nos tratamentos NAD, CAL e MEL ($P < 0,05$; Figuras 1A e 1B). Como não houve diferença significativa para o pH final da água, entre os tratamentos CAL-MEL48 e

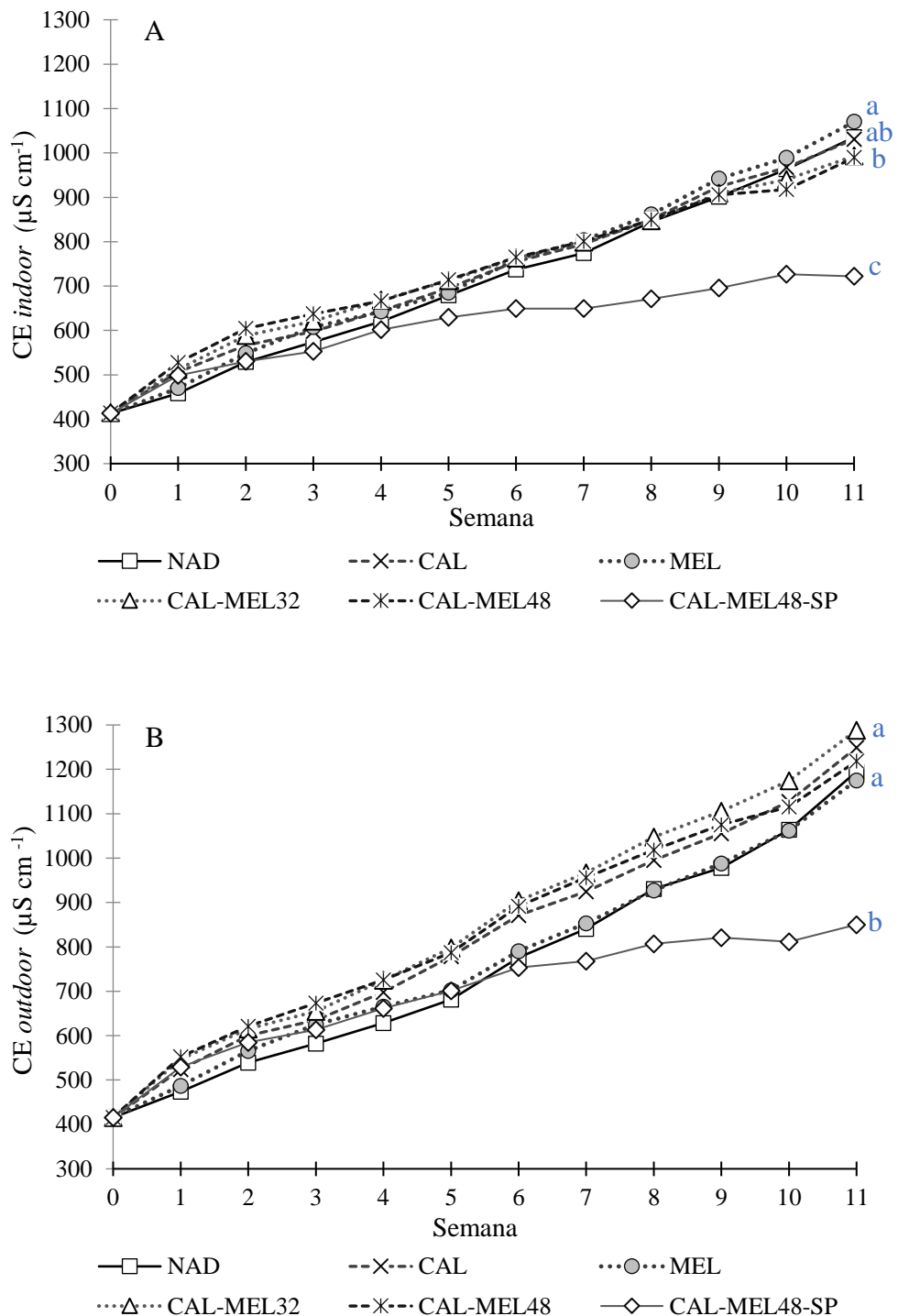
CAL-MEL48-SP, a presença dos peixes não foi capaz de acelerar, de modo significativo, a dissolução do CaCO_3 , além da taxa já observada, nos respectivos tanques sem peixes. Segundo Chen *et al.* (2016), é comum a diminuição do pH da água de cultivos aquícolas, causada pela liberação de CO_2 , nos processos de respiração animal e decomposição bacteriana. Ao final do período experimental, não houve diferença significativa no pH da água entre CAL-MEL32 e CAL-MEL48, nos sistemas *indoor* e *outdoor*. Isso sugere que a combinação CAL-MEL32 apresenta uma melhor relação custo: benefício, como produto para calagem, quando comparada à mistura CAL-MEL48. A semelhança entre os resultados de pH da água, para os sistemas *indoor* e *outdoor* de cultivo (Figuras 1A e 1B), indica que os efeitos do calcário, melão e das misturas melão-calcário, foram preponderantes sobre o pH da água, em relação à atividade planctônica.

Uma análise geral dos resultados de pH da água, nos dois sistemas, mostra o seguinte: 1 - a mistura do melão com o calcário não beneficiou a correção do pH inicial das águas ácidas. Portanto, a aplicação inicial poderia ser realizada somente de calcário, ao invés da mistura melão-calcário; 2 - Apesar disso, a mistura do melão com o calcário auxiliou na dissolução do CaCO_3 , ao longo das semanas. Isso ficou demonstrado pelos maiores valores finais de pH da água, nos tanques que receberam as misturas, em relação aos tanques nos quais se fez a aplicação isolada do calcário. Logo, as aplicações de manutenção deveriam ser feitas com a mistura calcário-melão, e não apenas com o calcário, para obtenção de melhores resultados do pH da água; 3 - Como não houve diferença entre as duas misturas para o pH da água, a melhor opção seria a mistura com menos melão, CAL-MEL-32, por economia; 4 - Os tanques SP (sem peixe) demonstraram que a ação benéfica do melão sobre o calcário ocorre mesmo quando não há outra fonte de CO_2 para a água, que não seja a atmosférica. Se o pH da água tivesse caído em CAL-MEL48-SP, isto é, tanques sem peixe, o fator benéfico sobre a dissolução do calcário teria sido o peixe e não o melão. Como isso não aconteceu, provou-se que a causa da maior dissolução do CaCO_3 foi, de fato, o melão e não a atividade dos peixes, no tanque. Segundo Boyd e Tucker (2014), o melão é uma fonte de carbono orgânico de alta biodegradabilidade que, ao sofrer ação de bactérias heterotróficas, libera CO_2 para água. O CO_2 reage com o CaCO_3 , contribuindo, dessa forma, com sua dissolução para o meio.

A condutividade elétrica (CE) da água apresentou uma rápida elevação nos tanques *indoor* e *outdoor*, após a aplicação dos produtos e misturas, entre a 1ª e 2ª semanas experimentais, principalmente nos tratamentos que apresentavam calcário (CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48, CAL-MEL48-SP; Figuras 2A e 2B). A partir da 2ª semana experimental, houve uma lenta, mas progressiva, elevação da CE da água, em todos os tanques *indoor*, que se

prolongou até o final. Enquanto que a elevação na CE da água continuou de forma expressiva em todos tanques *outdoor*, até o final do período experimental. O aumento na CE da água, ao longo do experimento, deveu-se às aplicações rotineiras de calcário agrícola, melão líquido e das misturas calcário-melão, juntamente com o fornecimento diário de ração comercial. Assim, a decomposição da matéria orgânica e a dissolução da matéria inorgânica, nesses materiais adicionados aos tanques, elevaram as concentrações de íons dissolvidos na água e, dessa forma, a CE em todos os tratamentos. Segundo Boyd (2002), a capacidade da água de conduzir a corrente elétrica aumenta à medida que aumenta a concentração total de íons dissolvidos. Sendo assim, quanto maior a quantidade desses íons, maior será a CE da água dos tanques.

Figura 2 – Condutividade elétrica (CE) da água de tanques *indoor* (A) e *outdoor* (B) de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de meloço líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura meloço-calcário, com $\approx 32\%$ de meloço; CAL-MEL48: aplicação da mistura meloço-calcário, com $\approx 48\%$ de meloço; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura meloço-calcário, com $\approx 48\%$ de meloço, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

A CE da água do tratamento CAL-MEL48-SP, nos tanques *indoor* e *outdoor*, apresentou elevação inferior ao observado nos demais tratamentos, a partir da 5ª semana experimental. A menor CE da água, observada em CAL-MEL48-SP, é explicada pelo não fornecimento de ração comercial a esses tanques, uma vez que os mesmos não tinham peixes. A decomposição da ração não consumida e das excretas metabólicas dos peixes aumenta as concentrações iônicas e de sólidos dissolvidos totais da água, elevando, desse modo, a CE do meio. Boyd (2002) afirma que existe uma forte correlação entre CE da água e a concentração sólidos dissolvidos totais. Essa afirmação sugere que à medida que aumenta a concentração de sólidos dissolvidos totais, eleva-se também a CE na água. A menor elevação da CE, nos tanques CAL-MEL48-SP, pode ser explicada pelas concentrações provavelmente menores de CO₂ dissolvido na água, nesse tratamento, uma vez que esses tanques eram desprovidos de peixes. Segundo Boyd, Tucker e Somridhivej (2016), a reação entre o CaCO₃ do calcário, com o CO₂ dissolvido na água, libera íons cálcio e bicarbonatos para o meio e, desse modo, eleva a CE da água. O efeito da aplicação do calcário agrícola, na CE da água, pode indicar, de modo indireto, a taxa de dissolução do produto (SÁ; BOYD, 2017a).

A partir da 9ª semana experimental, foi observado a formação de dois níveis distintos de CE da água, nos tanques *indoor*: CE $\approx 900 \mu\text{S cm}^{-1}$ para os tratamentos NAD, CAL, MEL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48; e CE $\approx 700 \mu\text{S cm}^{-1}$ para o tratamento CAL-MEL48-SP. A semelhança observada nas alterações da CE da água, entre NAD, CAL, MEL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, sugere que a presença dos peixes nos tanques teve um efeito preponderante sobre a CE da água, em relação aos efeitos isolados a partir do calcário, melaço e das misturas. Portanto, a elevação da CE da água se deveu, em sua maior parte, ao aumento nas concentrações de sólidos solúveis na água, resultantes das sobras de ração e, principalmente, das excretas metabólicas dos animais. Segundo Matsuzaki, Mucci e Rocha (2004), a ressuspensão do material no fundo dos tanques promove a maior liberação de íons na coluna d'água (CE), por aumentar a taxa de decomposição da matéria orgânica.

Ao final do experimento, a CE da água dos tanques *indoor*, em MEL, foi maior que em CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP ($P < 0,05$; Figura 2A). Nos tanques *outdoor*, a CE da água, em NAD, CAL, MEL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, foi maior que em CAL-MEL48-SP ($P < 0,05$; Figura 2B).

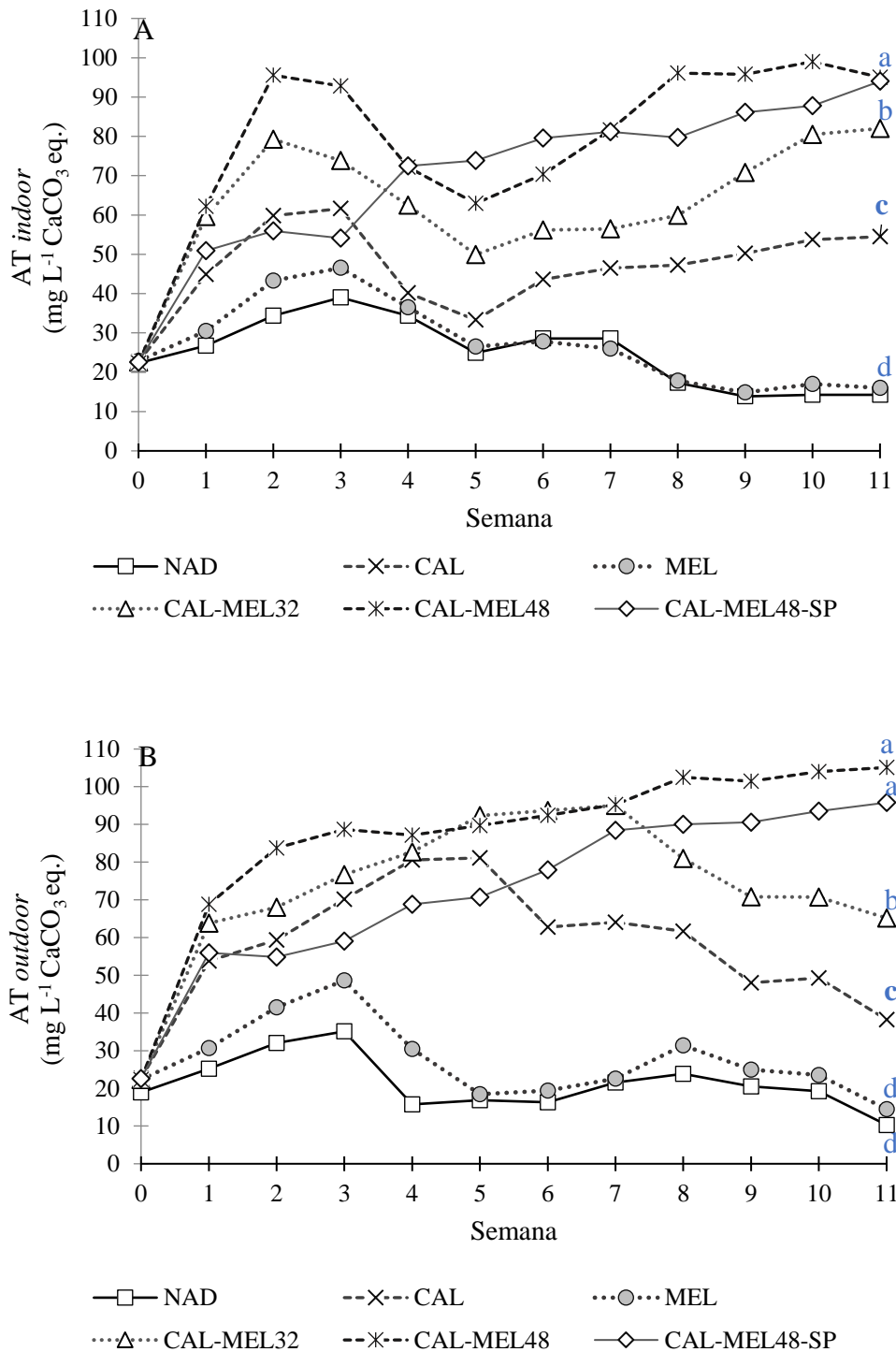
A maior CE final da água, nos tanques *outdoor*, em relação aos tanques *indoor*, é explicada pela proliferação da comunidade fitoplanctônica, nos primeiros tanques, que elevou a concentração de matéria orgânica na água. Após decomposição, a matéria orgânica libera compostos iônicos para o meio, que elevam a CE da água. Gentil, Tucci e Sant'anna (2008)

atribuíram os altos valores da CE no hipolímnio de um lago eutrofizado à presença de altas concentrações iônicas, principalmente do íon amônio, resultante do processo de decomposição da matéria orgânica. A semelhança nas alterações da CE da água, entre os tanques *indoor* e *outdoor*, sugere a maior relevância das aplicações dos diferentes produtos (ração comercial, calcário, melão e misturas) sobre a CE da água, em relação ao papel da atividade fitoplanctônica.

Neste trabalho, não é possível utilizar a CE da água como indicador de solubilidade do calcário porque o efeito do arrazoamento dos tanques, na CE a água, prevaleceu e mascarou os efeitos do calcário e das misturas. Logo, não é prudente fazer inferências sobre o papel do melão, na dissolução do calcário na água, tendo por base apenas a CE final da água.

A alcalinidade total (AT) da água nos tanques *indoor* e *outdoor* se elevou rapidamente logo após a aplicação dos produtos e misturas, principalmente nos tratamentos com calcário (CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48, CAL-MEL48-SP; Figura 3A e 3B). A AT da água, dos tanques *indoor*, continuou a se elevar rapidamente nos tratamentos CAL-MEL32 e CAL-MEL48, e atingiu os valores próximos a 80 mg L^{-1} e 100 mg L^{-1} , respectivamente, na 2ª semana experimental. Já o tratamento CAL, isto é, tanques com aplicação de somente calcário, atingiu seu valor máximo de AT na 3ª semana experimental, com valores próximos a 60 mg L^{-1} . Para os tanques *outdoor*, a AT da água do tratamento CAL apresentou o mesmo comportamento de crescimento dos tratamentos CAL-MEL32 e CAL-MEL48, com elevação rápida até a 4ª semana experimental e valores próximos a 80 mg L^{-1} para CAL e CAL-MEL32; e de 90 mg L^{-1} para o tratamento CAL-MEL48. Porém a partir da 5ª semana experimental, a AT do tratamento CAL apresentou um longo processo de queda em seus valores, que durou até o final do experimento.

Figura 3 – Alcalinidade total (AT) da água de tanques *indoor* (A) e *outdoor* (B) de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário com $\approx 32\%$ de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário com $\approx 48\%$ de melão; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melão-calcário com $\approx 48\%$ de melão, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

Nos dois sistemas de cultivo, *indoor e outdoor*, a AT da água em CAL se manteve sempre abaixo da AT observada nos tratamentos CAL-MEL32 e CAL-MEL48. Isso sugere que a adição de melão líquido, isto é, matéria orgânica biodegradável, em mistura com o calcário agrícola, na água de cultivo, proporcionou maiores aumentos na AT, em relação ao observado nos tanques que receberam a aplicação somente de calcário agrícola. Resultado semelhante a esse foi obtido por Han e Boyd (2018), que investigaram o efeito da concentração de matéria orgânica do solo sobre a solubilidade do calcário agrícola, em sistemas laboratoriais solo-água. Esses autores observaram um aumento de 175% na AT da água, nos aquários nos quais se aplicou calcário agrícola, e que continham 4,0% de matéria orgânica no solo, quando comparado ao tratamento em que não havia matéria orgânica no solo.

Ao final do período experimental, a AT final da água em CAL, nos tanques *indoor e outdoor*, foi de 54,5 mg L⁻¹ e 38,2 mg L⁻¹, respectivamente. Esses valores de AT ficaram abaixo da alcalinidade de equilíbrio para o calcário agrícola (≈ 60 mg L⁻¹; BOYD, TUCKER; SOMRIDHIVEJ, 2016; SÁ; BOYD, 2017a). Para o tratamento CAL-MEL48, as concentrações finais de AT da água ficaram próximas a 100 mg L⁻¹, sugerindo, portanto, maiores taxas de dissolução do calcário agrícola, quando em mistura com o melão. Resultado semelhante também foi observado no trabalho de Han e Boyd (2018), no qual a AT final da água, para o tratamento somente com calcário agrícola, isto é, com ausência de matéria orgânica, foi de apenas $45,3 \pm 1,15$ mg L⁻¹. Já nos tratamentos com mesma aplicação de calcário, mas com maiores concentrações de matéria orgânica, a AT final da água variou de 95,8 a 124 mg L⁻¹.

Nos tanques *indoor e outdoor*, a AT da água, nos tratamentos NAD e MEL, continuou a se elevar até a 3ª semana experimental, alcançando valores de ≈ 40 mg L⁻¹ e 50 mg L⁻¹, respectivamente. A partir daí, os valores de AT da água, dos tratamentos NAD e MEL, entraram em fase de queda até o final do período experimental, tanto para os tanques *indoor* quanto para *outdoor*. A grande semelhança entre os tratamentos NAD e MEL, para as variações de alcalinidade, sugere que a aplicação de somente melão líquido nos tanques não teve nenhum efeito sobre a AT da água. Ao final do período experimental, observou-se que a AT final da água, em NAD e MEL, foi menor que a AT inicial. Isso se deveu, provavelmente, aos processos microbianos consumidores de alcalinidade da água, tal como a nitrificação bacteriana. Na oxidação de 1,0 g de amônia até nitrato, as bactérias nitrificantes consomem cerca de 7 g de alcalinidade da água (CHEN; LING; BLANCHETON, 2006).

Para os tanques *indoor*, a AT da água, em CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, sofreu queda progressiva a partir da 2ª semana experimental, que se prolongou até a 5ª semana. Já a AT da água em CAL-MEL48-SP, após sofrer uma leve queda, se elevou rapidamente, a partir

da 3ª semana, para o valor de 72,45 mg L⁻¹. Nos tanques *outdoor*, a AT da água, em CAL-MEL48-SP, alcançou valores próximos aos encontrados em CAL-MEL48, somente a partir da 7ª semana experimental. Ao longo de quase todo o período de observação, a AT da água, em CAL-MEL48, se manteve acima da AT para CAL-MEL48-SP. Ao final, entretanto, a AT desses dois tratamentos foi semelhante entre si. Esses resultados sugerem que a presença dos peixes no tanque promoveu um maior aumento nas concentrações de AT da água, devido às maiores liberações de CO₂ para o meio, a partir da respiração dos animais e da decomposição da matéria orgânica. Para alcançar a mesma AT de CAL-MEL48, o tratamento sem peixes (CAL-MEL48-SP) demandou um maior período tempo. Segundo Han e Boyd (2018), a concentração de matéria orgânica presente no fundo do tanque afeta, indiretamente, a alcalinidade da água, pois o CO₂ liberado na sua decomposição, favorece a taxa de dissolução do calcário.

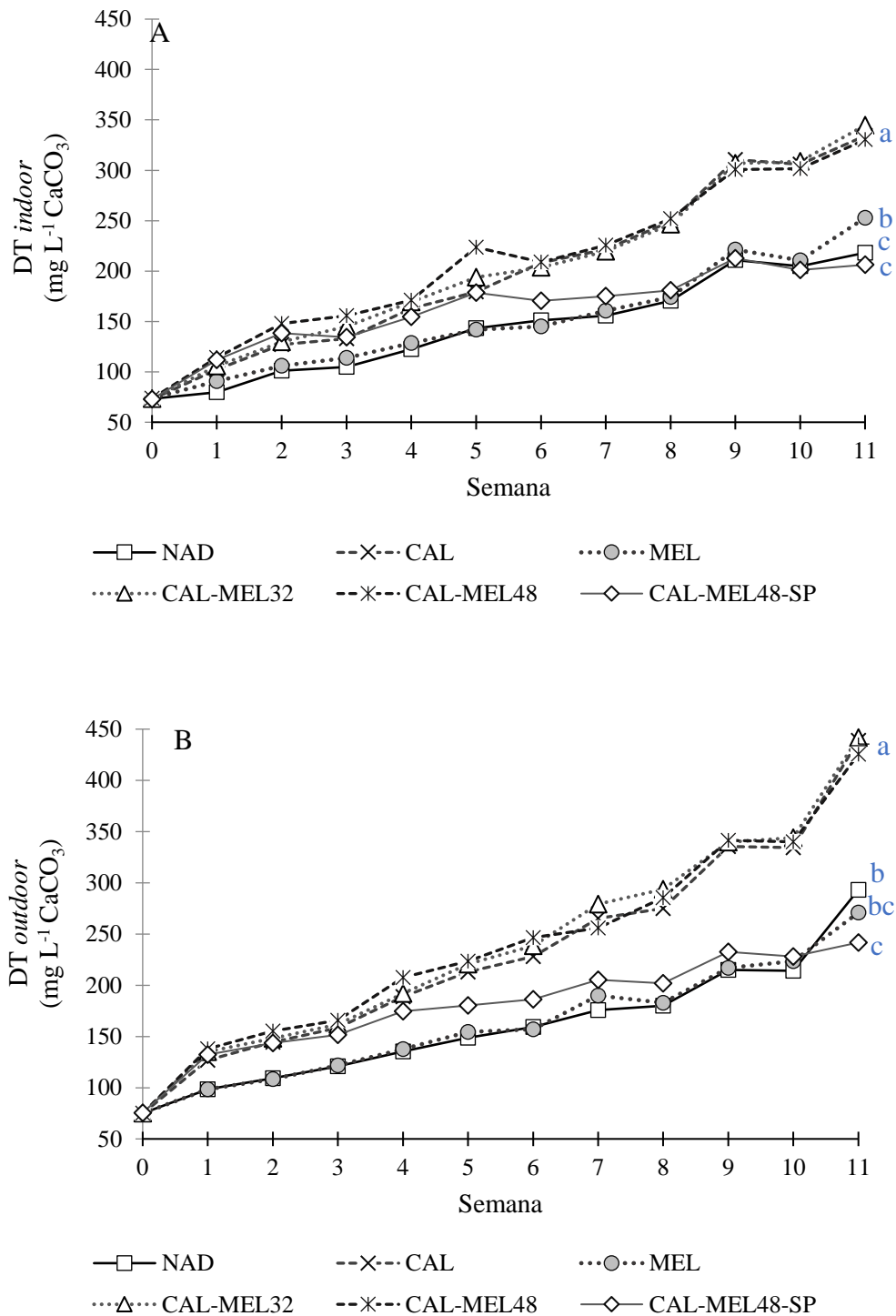
A partir da 5ª semana experimental, para os sistemas *indoor*, após um período de queda, a AT da água dos tratamentos CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, começou a se elevar moderadamente, porém em níveis distintos até o final. Já para os tanques *outdoor*, não houve diminuição dos valores da AT da água nas primeiras semanas, nos tratamentos CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP. Somente a partir da 5ª e 7ª semanas, houve uma queda repentina na AT da água, em CAL e CAL-MEL32, respectivamente, que se prolongou até o final. Enquanto isso, a AT da água, nos tratamentos CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, continuou a se elevar. Ao final das 11 semanas experimentais, a AT da água dos tanques *indoor* e *outdoor*, para os tratamentos CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, era significativamente maior que os valores observados demais tratamentos (P<0,05; Figura 3A e 3B).

Nos sistemas *indoor* e *outdoor*, o efeito do tratamento CAL-MEL48 sobre a elevação da AT da água foi maior que o observado em CAL-MEL32. Isso sugere que a maior quantidade de melão, na mistura com o calcário agrícola (≈ 48% de melão na mistura), proporcionou maior dissolução do calcário agrícola na água. O melão líquido é uma fonte de carbono orgânico de alta biodegradabilidade que, ao ser decomposto, libera CO₂ para água. O CO₂ ao reagir com o CaCO₃, funciona como agente catalizador da dissolução do carbonato de cálcio (BOYD; TUCKER, 2014). Segundo Han e Boyd (2018), maiores concentrações de matéria orgânica no solo possibilitam maiores elevações alcalinidade da água, devido ao efeito do dióxido de carbono sobre o CaCO₃. Um dos objetivos da aplicação do calcário agrícola é a elevação da AT da água. Águas de maior alcalinidade proporcionam maior conforto osmótico aos animais cultivados e diminuem o risco de toxicidade de gases, tais como NH₃ e H₂S (SIPAÚBA-TAVARES; CELESTE; BRAGA, 2006).

A DT da água é o índice que expressa as concentrações de íons Ca^{+2} e Mg^{+2} dissolvidos na água, em mg/L de CaCO_3 equivalente. Os íons de Ca^{+2} e Mg^{+2} são exigidos em inúmeras atividades do metabolismo animal, tais como: transmissão nervosa, coagulação sanguínea, atividade enzimática, contração muscular e regulação osmótica, além disso, esses elementos estão presentes nos ossos e dentes de peixes e na formação do exoesqueleto de crustáceos (CAVALCANTE *et al.*, 2012; GONZÁREZ-VERA; BROWN, 2017; PENG *et al.*, 2019). Segundo Cavalcante *et al.* (2009), cálcio e magnésio são elementos essenciais para a saúde e crescimento animal, de tal modo que águas de maior dureza propiciam a obtenção de melhores resultados de desempenho zootécnico.

Nos tanques *indoor*, a dureza total (DT) da água se elevou de forma gradativa após a aplicação dos produtos e misturas. Já nos tanques do sistema *outdoor*, a DT da água se elevou rapidamente, em especial nos tratamentos com calcário (CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48, CAL-MEL48-SP; Figura 4A e 4B). Nos tanques *indoor*, a DT da água entrou em fase de estabilização em todos os tanques, a partir da 2ª semana. Os menores valores de DT foram observados para os tratamentos NAD e MEL. Já nos tanques *outdoor*, a elevação da DT da água ocorreu em dois diferentes níveis: $\text{DT} \approx 150 \text{ mg L}^{-1}$ para CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP; e $\text{DT} \approx 100 \text{ mg L}^{-1}$ para os tratamentos NAD e MEL.

Figura 4 – Dureza total (DT) da água de tanques *indoor* (A) e *outdoor* (B) de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melado líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 32\%$ de melado; CAL-MEL48: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

A partir da 3ª semana, a DT da água começou a subir em todos os tratamentos dos tanques *indoor*, tendo sido observado uma elevação acentuada, na 8ª semana experimental. A DT da água em CAL-MEL48-SP entrou em nova estabilização da 5ª até a 7ª semana. Já nos *outdoor*, a DT da água em CAL-MEL48-SP se elevou lentamente, de modo semelhante ao observado nos tratamentos sem calcário (NAD e MEL). Águas de DT elevada são ricas em Ca^{+2} , Mg^{+2} ou ambos. Em NAD, a única entrada de Ca^{+2} e Mg^{+2} na água ocorreu via arraçoamento. Em MEL, houve aporte de Ca^{+2} e Mg^{+2} tanto via arraçoamento como via melão. Entretanto, como as alterações na DT da água, ao longo do tempo, em NAD e MEL, foram muito semelhantes entre si, as concentrações de cálcio e magnésio no melão líquido eram, provavelmente, muito reduzidas. Em CAL-MEL48-SP, como não se fez o arraçoamento dos tanques, não houve entrada de Ca^{+2} e Mg^{+2} via alimento artificial, apenas via dissolução da mistura calcário-melão. Como a DT da água se elevou pouco nesses tanques, a esperada ação catalítica do CO_2 sobre o calcário, liberado da decomposição do melão, não aconteceu de modo expressivo, em CAL-MEL48-SP. Logo, os peixes tiveram um papel importante na dissolução da mistura calcário-melão. Assim, a aplicação da mistura melão-calcário na água alcançaria melhores resultados quando fosse realizada em tanques já povoados com animais.

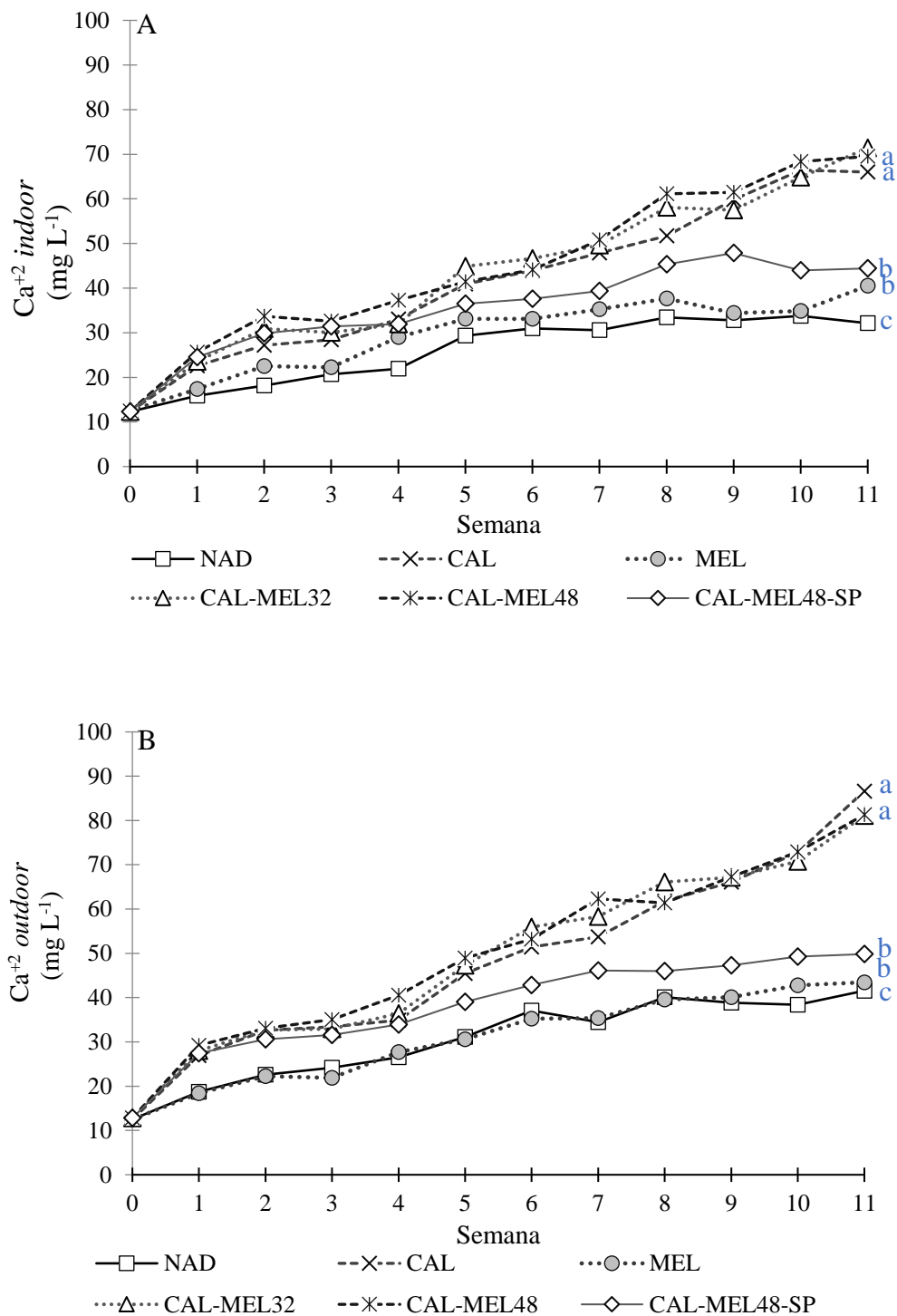
Nos tanques do sistema *indoor*, a DT da água entrou em fase de estabilização, a partir da 9ª semana, em dois níveis distintos: $\text{DT} \approx 300 \text{ mg L}^{-1}$ para CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48; e $\text{DT} \approx 200 \text{ mg L}^{-1}$ para NAD, MEL e CAL-MEL48-SP. O mesmo padrão foi observado nos tanques *outdoor*, como pode ser visto a seguir: $\text{DT} \approx 350 \text{ mg L}^{-1}$ para CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48; $\text{DT} \approx 200 \text{ mg L}^{-1}$ para os tratamentos NAD, MEL e CAL-MEL48-SP. Ao final das 11 semanas experimentais, a DT da água dos tanques *indoor* e *outdoor*, para os tratamentos CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, foi significativamente maior que os valores observados nos demais tratamentos. ($P < 0,05$; Figura 4A e 4B).

Nos dois sistemas, a DT da água, em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, não diferiu do tratamento CAL. Além disso, não foram observadas diferenças para DT entre CAL-MEL32 e CAL-MEL48 ($p > 0,05$). A oferta total de ração, nos tanques dos sistemas *indoor* e *outdoor*, foi de $\approx 150 \text{ g}$ e 410 g/tanque , respectivamente. Já aplicação total da mistura calcário-melão, nos tanques dos sistemas *indoor* e *outdoor*, foi de $\approx 88 \text{ g}$ e 220 g/tanque , em CAL-MEL32 e $\approx 116 \text{ g}$ e 290 g/tanque , em CAL-MEL48, respectivamente. Como o fornecimento de ração comercial aos peixes era diário e em quantidades totais superiores as das aplicações das misturas calcário-melão, o incremento de Ca^{+2} e Mg^{+2} , via misturas, foi mascarado pelo aporte de Ca^{+2} e Mg^{+2} , via ração. Isso sugere que a DT da água não é um bom indicativo de dissolução do calcário agrícola, aplicado em tanques arraçoados.

O cálcio é um elemento essencial para a saúde e crescimento animal. A absorção do cálcio em peixes ocorre, prioritariamente, por meio das brânquias, que é o principal órgão de regulação desse elemento no organismo. A capacidade de absorção de cálcio da água varia entre as espécies de peixes. Quando ocorrem distúrbios na absorção de cálcio via brânquias e intestino, os peixes podem manter o nível de cálcio no sangue pela mobilização desse elemento nos ossos (FLIK *et al.*, 1986).

A concentração inicial de cálcio (Ca^{+2}) da água se elevou rapidamente nos tanques *indoor* e *outdoor*, logo após a aplicação dos produtos e misturas, com destaque para os tratamentos com calcário (CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48, CAL-MEL48-SP; Figura 5A e 5B). Nos sistemas *indoor* e *outdoor*, o Ca^{+2} entrou em fase de estabilização, em todos os tratamentos, a partir da 2ª semana experimental. As menores concentrações de Ca^{+2} foram observadas em NAD e MEL.

Figura 5 – Concentração de cálcio (Ca^{+2}) da água de tanques *indoor* (A) e *outdoor* (B) de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melado líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 32\%$ de melado; CAL-MEL48: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

Em cada tratamento, as entradas de cálcio foram estimadas com a utilização das seguintes concentrações de cálcio: 30% (calcário agrícola), 3% (ração comercial) e 0,1% (melaço líquido; NEPA, 2011). Em NAD, o aporte de Ca^{+2} ocorreu apenas via ração comercial. Nesse tratamento, a entrada total de cálcio foi a igual a 4,5 g e 12,3 g/tanque, nos tanques *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Em MEL, a entrada de Ca^{+2} ocorreu via melaço e ração comercial. Nesse tratamento, o aporte total de cálcio foi de 4,5 g e 12,4 g/tanque, nos tanques *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Portanto, a aplicação isolada de melaço colaborou pouco para elevação da concentração de Ca^{+2} na água. Em CAL-MEL48-SP, a entrada de Ca^{+2} foi exclusivamente via mistura calcário-melaço. Nesse caso, o aporte total de cálcio foi de 18,1 g e 45,3 g/tanque, nos sistemas *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Os tratamentos contendo calcário agrícola e fornecimento de ração artificial contribuíram de forma expressiva para o aumento do Ca^{+2} na água. Em CAL, a entrada de Ca^{+2} nos tanques foi via calcário agrícola e arraçoamento. Nesse tratamento, o aporte total de Ca^{+2} foi de 22,5 g e 57,3 g/tanque, nos sistemas *indoor* e *outdoor*, respectivamente. Em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, o aporte de Ca^{+2} foi via arraçoamento, calcário agrícola e, minimamente, melaço líquido. Em CAL-MEL32, o aporte total de Ca^{+2} , nos sistemas *indoor* e *outdoor*, foi de 22,4 g e 57,2 g/tanque, respectivamente. Já em CAL-MEL48, esses valores foram iguais a 22,6 g e 57,6 g/tanque, respectivamente. Portanto, a concentração de Ca^{+2} na água foi maior nos tanques *outdoor* que *indoor* por conta das maiores entradas de calcário e rações nos primeiros tanques.

A partir da 3ª semana, a concentração de Ca^{+2} começou a se elevar em todos os tanques *indoor*, principalmente em CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48. A concentração de Ca^{+2} do tratamento CAL-MEL48-SP, nos tanques *outdoor*, apresentou menor taxa de crescimento em relação aos demais tratamentos com calcário, a contar da 4ª semana. Nesse caso, o Ca^{+2} entrou em fase de estabilização, a partir da 7ª semana, mantendo-se estável até o final do experimento.

A partir da 6ª semana experimental, houve diferenciação na concentração de Ca^{+2} na água, nos tanques *indoor*, em três níveis: 45 mg L⁻¹ para CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48; 35 mg L⁻¹ para CAL-MEL48-SP; e 30 mg L⁻¹ para NAD e MEL. Nos tanques *outdoor*, a concentração de Ca^{+2} da água apresentava três níveis distintos, a partir da 8ª semana: 60 mg L⁻¹ para CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48; 45 mg L⁻¹ para CAL-MEL48-SP; e 40 mg L⁻¹ para NAD e MEL.

Nos dois sistemas, a elevação do Ca^{+2} em CAL-MEL48-SP foi moderada, ficando em posição intermediária entre os melhores (CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48) e os piores tratamentos (NAD, MEL). A presença de peixes nos tanques promoveu maior dissolução da mistura melaço-calcário, como pode ser observado nos tratamentos CAL, CAL-MEL32 e CAL-

MEL48. Desse modo, as aplicações de manutenção da mistura melaço-calcário, isto é, aquelas realizadas após o povoamento inicial dos tanques e viveiros com os animais de criação, seriam favorecidas pelo CO₂ proveniente da respiração dos animais, assim como liberado da decomposição da matéria orgânica (fezes, plâncton, ração não-consumida).

Nos tanques *indoor*, a elevação do Ca⁺² foi progressiva até a 10^a semana, em CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, quando entrou em fase de estabilização. Nos tanques *outdoor*, a elevação do Ca⁺² aconteceu com maior intensidade nos tratamentos CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, até o final do experimento. Ao final, a concentração de Ca⁺² na água, em CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, foi maior que o observado em NAD, MEL e CAL-MEL48SP (P<0,05; Figura 5A e 5B).

No tratamento CAL, o Ca⁺² na água se elevou de modo semelhante ao observado em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, apesar de ausência da mistura do calcário com o melaço. Tendo em vista que a alcalinidade final da água foi maior em CAL-MEL32 e CAL-MEL48, quando comparado a CAL (Figura 3), a decomposição da matéria orgânica (que não o melaço) e o aporte diário de Ca⁺², via ração comercial, provavelmente mascarou a esperada maior liberação de Ca⁺² para água, a partir dos primeiros tratamentos. Logo, assim como referido para a dureza total da água, a concentração de Ca⁺² também não é um bom indicador de dissolução do calcário agrícola, aplicado em tanques arraçoados.

Ao final de onze semanas experimentais, a concentração de nitrogênio amoniacal total (NAT) da água, nos tanques *indoor* e *outdoor*, dos tratamentos NAD (nenhuma aplicação) e MEL (aplicação somente de melaço), foi significativamente maior que o NAT observado nos tratamentos com aplicação de calcário (CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP; P<0,05; Tabela 2). Para os tanques *indoor*, o valor de NAT dos tratamentos NAD e MEL foi de 39,75 ± 8,58 mg L⁻¹ e 26,17 ± 8,85 mg L⁻¹, respectivamente.

Tabela 2 – Concentrações de nitrogênio amoniacal total (NAT, mg L⁻¹), nitrito (NO₂⁻, mg L⁻¹) e nitrato (NO₃⁻, mg L⁻¹) de tanques *indoor* e *outdoor* de juvenis de tilápia do Nilo, ao final de onze semanas de cultivo (média ± d.p.; n =4).

SISTEMA	TRATAMENTO ¹						ANOVA	
	NAD	CAL	MEL	CAL-MEL32	CAL-MEL48	CAL-MEL48-SP		
NAT	<i>indoor</i>	39,7 ± 8,6 Aa ²	0,2 ± 0,3 Ac	26,2 ± 8,8 Ab	0,1 ± 0,1 Ac	0,0 ± 0,1 Ac	0,0 ± 0,1 Ac	< 0,05
	<i>outdoor</i>	24,7 ± 3,6 Ba	0,0 ± 0,1 Ac	18,8 ± 2,3 Ab	0,0 ± 0,0 Ac	0,0 ± 0,2 Ac	0,0 ± 0,1 Ac	< 0,05
ANOVA P	< 0,05	ns ³	ns	ns	ns	ns	ns	
NO ₂ ⁻	<i>indoor</i>	0,5 ± 0,1 Aa	0,4 ± 0,1 Aa	0,4 ± 0,1 Aa	0,4 ± 0,1 Aa	0,4 ± 0,1 Aa	0,1 ± 0,1 Ab	< 0,05
	<i>outdoor</i>	0,7 ± 0,1 Aab	0,5 ± 0,2 Abc	0,9 ± 0,2 Ba	0,5 ± 0,1 Ab	0,4 ± 0,1 Abc	0,2 ± 0,1 Bc	< 0,05
ANOVA P	ns	ns	< 0,01	ns	ns	ns	< 0,01	
NO ₃ ⁻	<i>indoor</i>	12,0 ± 1,8 Aab	11,1 ± 2,1 Aab	8,9 ± 1,9 Aab	12,7 ± 2,2 Aa	13,2 ± 1,6 Aa	7,9 ± 2,4 Ab	< 0,05
	<i>outdoor</i>	11,6 ± 2,1 Aa	12,4 ± 2,0 Aa	11,2 ± 1,3 Aa	12,9 ± 1,9 Aa	13,9 ± 1,4 Aa	7,8 ± 1,4 Ab	< 0,05
ANOVA P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

¹ NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário, com 32% de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário, com 48% de melão; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melão-calcário, com 48% de melão, em tanques sem peixes. ² Médias com letras minúsculas distintas, em uma mesma linha, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Para uma mesma variável, médias com letras maiúsculas distintas, em uma mesma coluna, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ³ Não significativo (P>0,05).

Para os tanques *outdoor*, o valor de NAT dos tratamentos NAD e MEL foi de $24,75 \pm 3,59 \text{ mg L}^{-1}$ e $18,81 \pm 2,29 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Enquanto que, os valores de NAT dos tratamentos CAL, CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP ficaram próximos de zero ($P < 0,05$; Tabela 2).

A aplicação de calcário agrícola, seja isoladamente, seja misturado com o melaço, contribuiu de forma significativa para o controle do NAT na água. A aplicação de calcário tem efeito indireto sobre a remoção de amônia da água pois, ao promover o aumento no pH, favorece a formação de amônia não-ionizada (NH_3), que é a forma volátil do NAT. O NH_3 é liberado da água por vigorosa aeração mecânica, sendo desprendido para a atmosfera, na forma gasosa. Dessa forma, grande parte do NAT, presente nos tanques que receberam calcário agrícola, foi provavelmente convertido em NH_3 , o qual foi, em seguida, volatilizado pela aeração contínua dos tanques. Além disso, a aplicação de calcário aumentou a alcalinidade total da água que, por sua vez, estimulou o desenvolvimento das bactérias nitrificantes. A nitrificação bacteriana reduz as concentrações de amônia da água por transformá-la em nitrito (AVNIMELECH, 2006; EBELING *et al.*, 2006).

Em NAD e MEL, a alcalinidade inicial da água foi sendo consumida progressivamente, sem que ocorresse sua reposição, ao longo do tempo. Segundo Ebeling *et al.* (2006), aproximadamente 7,1 g de alcalinidade são consumidos para cada grama de NAT oxidado até nitrato. Dessa forma, a baixa alcalinidade da água, em NAD e MEL, interferiu negativamente no processo de nitrificação, tendo como consequência o acúmulo de NAT no meio. Esses resultados confirmam aqueles obtidos por Furtado *et al.* (2015) e Summerfelt *et al.* (2015). Os primeiros autores observaram maiores concentrações de NAT, em tanques BFT de *L. vannamei*, nos tratamentos de menor alcalinidade total. Já Summerfelt *et al.* (2015) constataram que as menores concentrações de NAT na água foram observadas nos tanques de salmão do Atlântico, com maiores valores de alcalinidade.

As concentrações de NAT, nos tanques NAD *outdoor*, foram significativamente menores em relação aos tanques NAD *indoor*, devido à ação da comunidade fitoplanctônica presente nos primeiros tanques. O fitoplâncton utiliza diferentes formas de N inorgânico dissolvido, nos seus processos metabólicos, sendo a amônia o composto mais utilizado para síntese de aminoácidos (Sá, 2012). Desse modo, a absorção de amônia pelo fitoplâncton, nos tanques *outdoor*, diminuiu significativamente a concentração de NAT na água.

A concentração de nitrito (NO_2^-) dos tanques *outdoor*, do tratamento MEL, isto é, tanques que receberam apenas a aplicação de melaço, foi significativamente maior, com valor igual a $0,89 \pm 0,18 \text{ mg L}^{-1}$, que a NO_2^- observada nos tratamentos CAL, CAL-MEL32, CAL-

MEL48 e CAL-MEL48-SP ($P < 0,05$; Tabela 2). A maior concentração de nitrito, nos tanques *outdoor*, sugere a ocorrência de nitrificação incompleta, nessas unidades. O processo de nitrificação bacteriana consiste na oxidação de amônia em nitrito e, posteriormente, nitrito em nitrato. Esse processo é realizado por bactérias quimiotróficas aeróbias, que apresentam crescimento inicial lento. Por isso, o nitrito pode se acumular nos tanques, no início do ciclo de cultivo, principalmente em sistemas sem renovação de água (FURTADO *et al.*, 2015). A aplicação frequente de melaço líquido na água (MEL) elevou a relação C: N que, por sua vez, favoreceu uma maior assimilação de amônia pelas bactérias heterotróficas. Essas bactérias apresentam crescimento rápido e podem utilizar a amônia como fonte de N para síntese proteica (AVNIMELECH, 1999). Em MEL, a redução progressiva da alcalinidade e a entrada de carbono orgânico suplementar restringiram à atividade das bactérias nitrificantes. Com isso, parte do nitrito, oriundo da amônia, não foi oxidado a nitrato, aumentando, assim, sua concentração nesses tanques.

Ao final de onze semanas experimentais, nos sistemas *indoor* e *outdoor*, a concentração de nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) na água, do tratamento CAL-MEL48-SP, isto é, tanques que receberam a mistura calcário-melaço com 48% de melaço, sem peixes, foi significativamente menor que a concentração de NO_2^- observada nos tratamentos NAD, CAL, MEL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48 ($P < 0,05$; Tabela 2). Em CAL-MEL48-SP, como não houve arraçoamento, o melaço líquido foi a única fonte de matéria orgânica adicionada aos tanques. Com isso, as concentrações de amônia, e de outros compostos oriundos da decomposição da matéria orgânica, foram inferiores ao observado nos tanques com oferta diária de ração comercial. Nos tanques CAL-MEL48-SP, devido à baixa liberação de amônia para água, o processo de nitrificação ficou comprometido, o que resultou em menores concentrações de NO_2^- e NO_3^- .

Os tratamentos dos tanques *indoor*, CAL-MEL32 (mistura calcário-melaço, com 32 % de melaço) e CAL-MEL48 (mistura calcário-melaço, com 48% de melaço), tiveram as maiores concentrações de nitrato da água (NO_3^-), com valores de $12,7 \pm 2,2 \text{ mg L}^{-1}$ e $13,2 \pm 1,6 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. Para os tanques *outdoor*, não houveram diferenças significativas, entre os tratamentos, nas concentrações de NO_3^- , exceto para o tratamento CAL-MEL48-SP, isto é, tanques que receberam a mistura calcário-melaço com 48% de melaço, sem peixes, com concentração de NO_3^- de $7,8 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ ($P < 0,05$; Tabela 2). Nos dois sistemas de cultivo, as concentrações de nitrato, em CAL-MEL48, foram significativamente maiores que em CAL-MEL48-SP. Portanto, a oferta de ração aos peixes contribuiu, de forma significativa, para o aumento na concentração de nitrato. A oferta diária de ração comercial, nos tanques CAL-

MEL48, aumentou a concentração de matéria orgânica na água que, ao ser decomposta pelas bactérias, liberou amônia para o meio. Como o nitrato é produto da oxidação total da amônia, maiores concentrações de amônia implicam, frequentemente, em aumento expressivo nas concentrações de nitrato na água.

A concentração de clorofila *a* (Cl-*a*) pode ser utilizada para estimar a abundância do fitoplâncton na água (YE *et al.*, 2020). O fitoplâncton é importante para aquicultura porque contribui como fonte de alimento natural, de alto valor nutritivo, para os animais cultivados. Além disso, as microalgas auxiliam na manutenção da qualidade da água, pois reduzem as concentrações de amônia e nitrito; e liberam O₂ para água (HARGREAVES, 2006; MARTINS *et al.*, 2016; QIAO *et al.*, 2020). Por outro lado, o excesso de fitoplâncton pode trazer sérios riscos aos organismos aquáticos. A elevada biomassa algal reduz as concentrações de O₂ na água, no período noturno, causando estresse e, até mesmo, a morte dos animais (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010; SÁ, 2012).

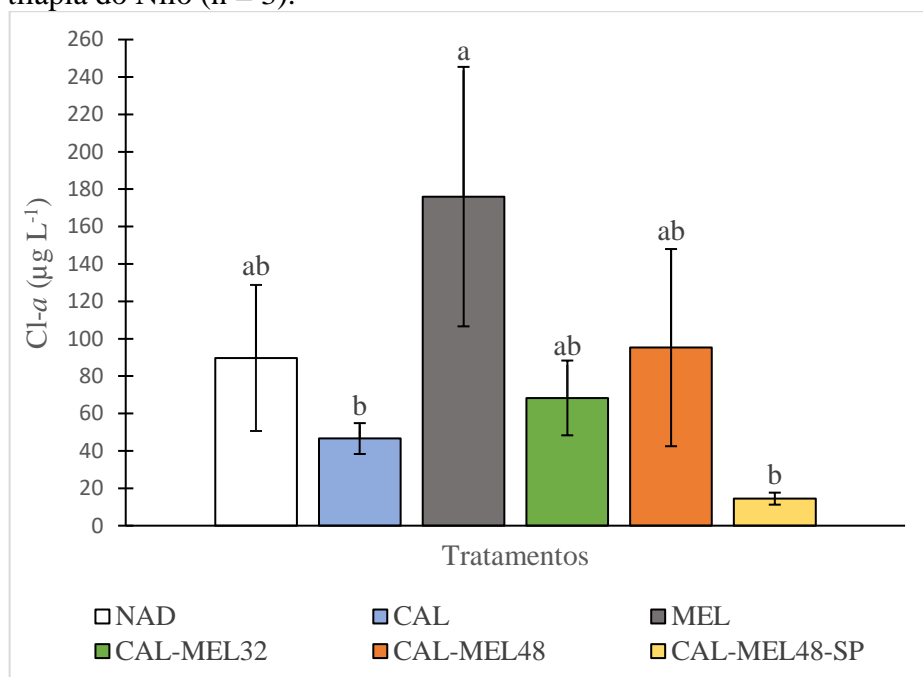
A concentração final de Cl-*a* foi maior nos tanques *outdoor* do tratamento MEL, isto é, aqueles que receberam apenas aplicações de melaço líquido, sendo igual a $176 \pm 69 \mu\text{g L}^{-1}$. Logo, as aplicações de melaço não só não prejudicaram o desenvolvimento do fitoplâncton, mas também contribuíram com o crescimento algal. Além disso, as aplicações de calcário agrícola, seja isoladamente, ou em mistura com o melaço, não surtiram efeito positivo sobre a produtividade primária aquática. Tendo em vista que o pH da água foi menor nos tanques MEL, em relação aos tanques que receberam calcário, havia maiores concentrações de CO₂ livre, nos primeiros tanques. Essa foi o fator que provavelmente favoreceu o maior desenvolvimento do fitoplâncton nos tanques MEL.

A concentração final de Cl-*a* foi menor ($P < 0,05$) em CAL do que em MEL, sugerindo que a densidade fitoplanctônica pode ser reduzida pela aplicação de calcário agrícola na água. Ao elevar o pH da água, o calcário reduz as concentrações de CO₂ disponível para as microalgas. Isso explicaria, em parte, a menor taxa de produtividade primária em CAL. Além disso, a aplicação de calcário agrícola favoreceu a conversão parcial do NH₄⁺ em NH₃, que é a forma volátil da amônia total. Parte do NH₃ foi provavelmente perdido para atmosfera, pela intensa aeração mecânica nos tanques. Dessa forma, uma fração do N inorgânico dissolvido da água se tornou indisponível ao metabolismo fitoplanctônico, nos tanques CAL.

Não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de clorofila *a* dos tratamentos NAD, CAL-MEL32 e CAL-MEL48, as quais foram iguais a $89,7 \pm 39,1 \mu\text{g L}^{-1}$, $68,3 \pm 15,3 \mu\text{g L}^{-1}$ e $95,2 \pm 52,7 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente (Figura 6). Isso sugere que as aplicações das misturas entre calcário e melaço não estimularam o desenvolvimento das

microalgas nos tanques *outdoor*. As menores concentrações de clorofila *a* foram observadas em CAL e CAL-MEL48-SP, com valores de $46,6 \pm 8,3 \mu\text{g L}^{-1}$ e $14,5 \pm 3,2 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente. A baixa concentração de clorofila *a*, em CAL-MEL48-SP, indica que o arraçoamento dos tanques contribuiu para o aumento da biomassa fitoplanctônica. Após decomposição, as sobras de ração comercial e as fezes dos animais elevam as concentrações de sais minerais dissolvidos na água. Quando abundantes, esses nutrientes favorecem a eutrofização e, conseqüentemente, o maior desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica, em ecossistemas aquáticos (KIM *et al.*, 2020).

Figura 6 – Concentração final de clorofila *a* (Cl-*a*) na água de tanques *outdoor* de criação de juvenis de tilápia do Nilo (n = 3).



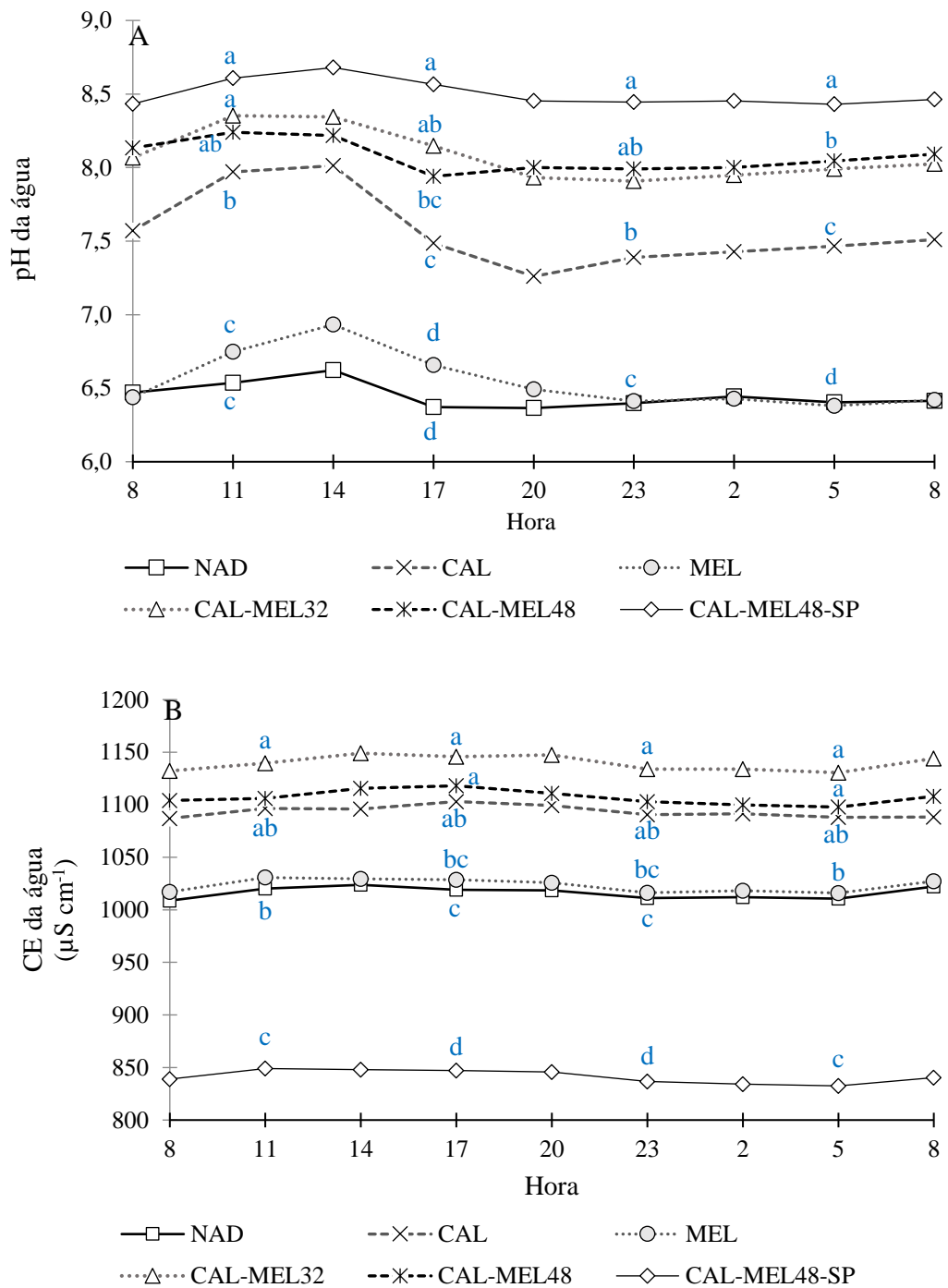
NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 32\%$ de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 48\%$ de melão; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 48\%$ de melão, em tanques sem peixes. Na última semana, médias com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

Ao final das 11 semanas, a concentração de clorofila *a*, em MEL, foi maior que as observadas nos demais tratamentos ($P < 0,05$; Figura 6). Embora não tenha havido significância estatística ($P > 0,05$), observou-se uma queda expressiva na concentração final de clorofila *a* em CAL-MEL48-SP, quando comparado a CAL-MEL48. Nos tanques CAL-MEL48-SP, a única entrada de nutrientes foi via a mistura melão-calcário. Já em CAL-MEL48, além daquela, havia a oferta diária de ração comercial aos peixes. Com isso, as concentrações de nutrientes disponíveis ao fitoplâncton foram menores em CAL-MEL48-SP, o que restringiu à

produtividade primária aquática, como pôde ser evidenciado pela menor concentração de clorofila *a*, nesses tanques.

O pH da água durante o ciclo nictimeral, nos tanques *outdoor*, se elevou lentamente em todos os tratamentos, a partir das 8 horas. Às 11 horas, o pH da água nos tratamentos CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, era significativamente maior que o pH observado nos tratamentos NAD (nenhuma aplicação) e MEL (somente de melão) ($P < 0,05$; Figura 7A). A partir das 11 horas, o pH dos tratamentos com a adição de calcário entrou em fase de estabilização. A partir das 14 horas, o pH da água de todos os tratamentos começou a cair, principalmente dos tratamentos NAD, MEL e CAL.

Figura 7 – pH (A) e condutividade elétrica (CE; B) da água de tanques *outdoor* de criação de juvenis de tilápia do Nilo, no ciclo nictimeral (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 32\%$ de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 48\%$ de melão; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melão-calcário, com $\approx 48\%$ de melão, em tanques sem peixes. Em cada variável, médias com letras distintas nos horários de 11, 17, 23 e 5 h, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

As maiores variações nictimerais de pH da água foram observadas em CAL. No decorrer do dia, o processo fotossintético, ao remover CO₂, eleva o pH da água. A elevação do pH vai depender da taxa fotossintética e da alcalinidade total da água. Em águas de maior biomassa algal e menor alcalinidade, o pH da água tende a se elevar mais. Como a densidade algal em CAL não foi superior às observadas em CAL-MEL32 e CAL-MEL48 (Figura 6), o fator preponderante para maior variação do pH em CAL foi a sua menor alcalinidade (Figura 3). Devido à baixa dissolução do calcário agrícola em água (CAVALCANTE; SÁ, 2010), a liberação de bicarbonatos foi baixa em CAL, o que levou a um menor tamponamento de pH, quando comparado aos tanques que receberam às misturas melaço-calcário. Logo, a administração do calcário agrícola, em mistura com o melaço líquido, contribuiu para dar maior estabilidade físico-química aos tanques de aquicultura, o que pode favorecer um melhor desempenho produtivo.

A queda do pH da água no tratamento CAL-MEL48, isto é, tanque com aplicação da mistura calcário-melaço com 48% de melaço, foi curta, já tendo observado sua estabilização a partir das 17 horas. Os tratamentos CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP também tiveram queda no pH da água, porém, suave, em relação aos demais tratamentos. As menores variações nictimerais de pH da água, observadas em CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, indicam maior alcalinidade nesses tanques (Figura 3). A maior dissolução de calcário agrícola, a partir da ação do CO₂ liberado da decomposição do melaço líquido, elevou mais a alcalinidade da água em CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP que, por sua vez, impediu uma maior variação do pH da água. Segundo Cavalcante e Sá (2010), a alcalinidade total é devida às concentrações de carbonatos e bicarbonatos dissolvidos na água, íons que promovem o tamponamento do pH do meio.

No período diurno, a evidente elevação do pH da água em MEL demonstrou a baixa alcalinidade total da água nesses tanques (Figura 3). Logo, a aplicação apenas de melaço líquido na água torna o tanque de criação vulnerável a maiores variações nictimerais de pH, que podem estressar os animais e prejudicar seu desempenho zootécnico. A partir das 20 horas, o pH dos tratamentos CAL-MEL32, CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP entrou em fase de estabilização, permanecendo assim, até as 8 horas da manhã. Às 5 horas, o pH da água no tratamento CAL-MEL48-SP, era significativamente maior que o pH observado nos tratamentos NAD, MEL, CAL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48 ($P < 0,05$; Figura 7A), resultado este, que permaneceu até o final do ciclo nictimeral.

As maiores variações nictimerais de pH da água foram observadas durante o dia. Durante a noite, o pH da água permaneceu praticamente constante (Figura 7). As variações

diurnas de pH são causadas pela atividade fotossintética que, ao remover CO₂ da água, eleva o pH do meio. Com a diminuição ou interrupção da fotossíntese no período noturno, prevalece a liberação de CO₂ pela respiração animal e microbiana, que faz com que o pH do meio diminua (CAVALCANTE; SÁ, 2010; MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010; SÁ, 2012). No presente trabalho, a estabilidade do pH da água, observada no período noturno, poderia ser explicada pelo escape do CO₂ para atmosfera, promovido pela intensa aeração mecânica dos tanques.

A condutividade elétrica (CE) da água durante o ciclo nictimeral, em tanques *outdoor*, sofreu um leve aumento, para todos os tratamentos, a partir das 8 horas. Às 11 horas, a CE da água no tratamento CAL-MEL32, isto é, tanques do sistema *outdoor*, que receberam aplicação da mistura calcário-melaço com 32% de melaço, era significativamente maior que a CE observada nos tratamentos NAD, MEL e CAL-MEL48-SP (P<0,05; Figura 7B). A partir das 14 horas, a CE da água nos tratamentos CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP entrou em fase de estabilização, após o período de elevação mais prolongado que os demais tratamentos. A partir das 20 horas, o valor de CE da água sofreu uma leve queda, para todos os tratamentos. Após o curto período de queda na CE, todos os tratamentos entraram em uma nova fase de estabilização a partir das 23 horas, que permaneceu até as 5 horas do dia seguinte. Às 5 horas, a CE da água dos tratamentos CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, era significativamente maior que a CE observada nos tratamentos NAD, MEL e CAL-MEL48-SP (P<0,05; Figura 7B).

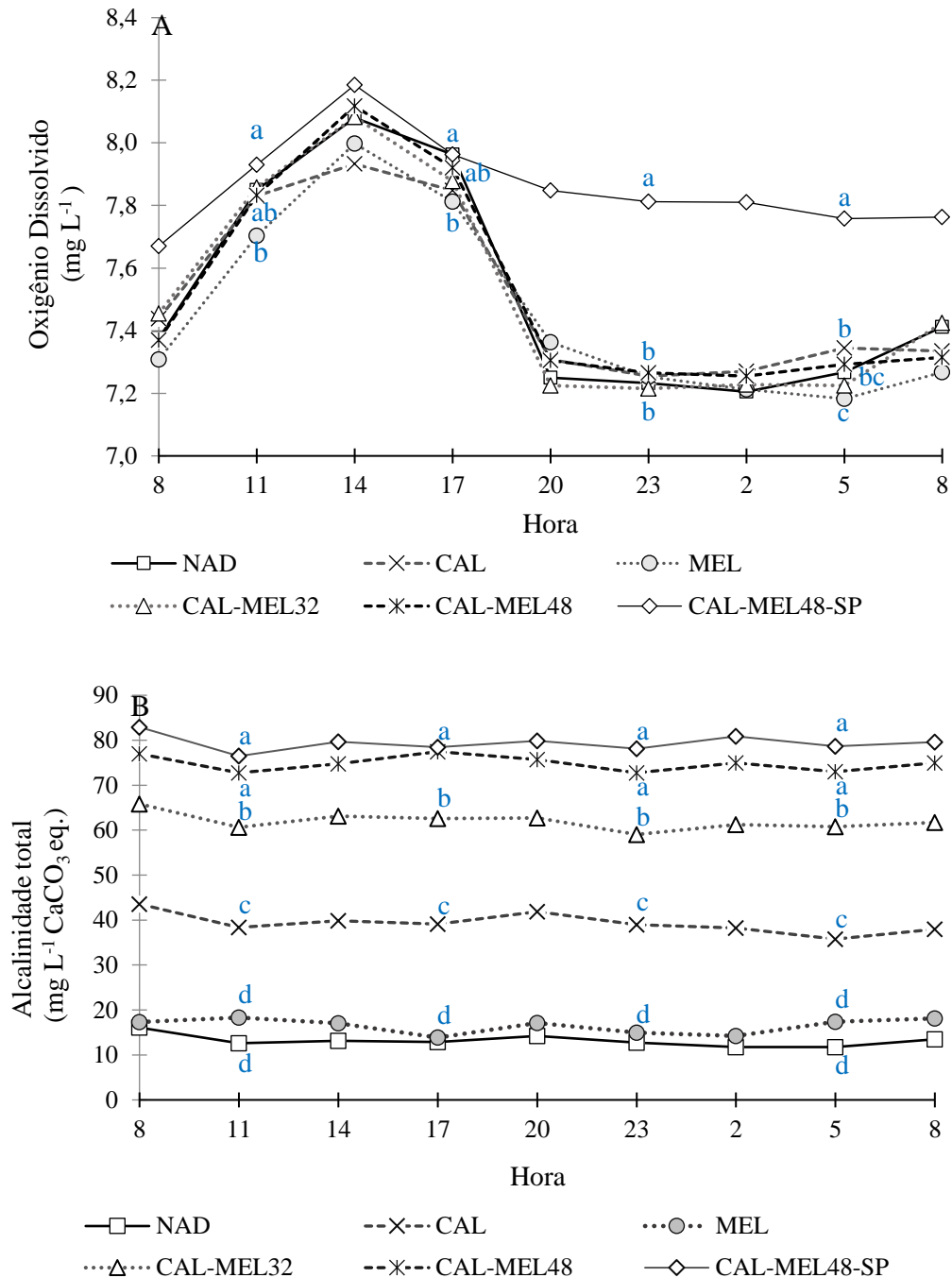
As alterações nictimerais da CE da água foram mínimas, em todos os tratamentos. A CE da água diminui com a fotossíntese e aumenta com a decomposição da matéria orgânica (ESTEVES, 2011). As amplitudes de redução e elevação da CE da água, em função da fotossíntese e decomposição, respectivamente, serão proporcionais às taxas de ocorrência dessas atividades biológicas. Logo, os efeitos da produtividade primária e mineralização da matéria orgânica sobre a CE da água foram pequenos, incapazes de alterar expressivamente essa variável. Essa condição sugere que o grau de eutrofização dos tanques experimentais *outdoor* permite sua classificação como mesotróficos.

O oxigênio dissolvido (O₂) da água, durante o ciclo nictimeral, em tanques *outdoor*, se elevou rapidamente, para todos os tratamentos, das 8 horas às 14 horas, principalmente nos tratamentos com as misturas calcário-melaço (CAL-MEL32, CAL-MEL48, CAL-MEL48-SP; Figura 8A). A partir das 14 horas, o O₂ da água, para todos os tratamentos, começou a cair progressivamente até as 17 horas. O O₂ da água no tratamento CAL-MEL48-SP, isto é, tanques *outdoor* que receberam a mistura calcário-melaço com 48% de melaço, sem peixes continuou a cair, lentamente, das 17 horas às 23 horas, quando entrou em fase de estabilização. Enquanto

isso, a partir das 17 horas, os demais tratamentos, sofreram elevadas quedas nos seus valores de O₂ da água.

A fotossíntese é a principal fonte natural de O₂ para os ecossistemas aquáticos. Já a respiração dos animais e a decomposição da matéria orgânica são os principais sumidouros de O₂ dissolvido na água (SÁ, 2012). Logo, as variações nictimerais de O₂ na água se deverão, principalmente, ao balanço existente entre as taxas fotossintéticas e respiratórias. Durante o dia, o balanço na concentração de O₂ na água é positivo porque predomina o efeito da produtividade primária. No período noturno, ao contrário, ocorre redução no O₂ devido à ausência de fotossíntese e consumo de O₂ por macro e microrganismos. A partir das 17 h, o O₂ caiu em todos os tratamentos, exceto em CAL-MEL48-SP, isto é, tanques despovoados e não arraçoados, sugerindo que o arraçoamento teve um papel preponderante na redução do O₂ no período noturno. Essa queda no O₂ noturno, nos tanques povoados e arraçoados, pode ser explicada por sua maior concentração de matéria orgânica, proveniente da oferta diária de ração aos animais. Assim, a maior estabilidade do O₂ em CAL-MEL48-SP se deveu, provavelmente, a sua menor concentração de matéria orgânica, associado à aeração contínua da água.

Figura 8 – Oxigênio dissolvido (A) e alcalinidade total da água (B) de tanques *outdoor* de criação de juvenis de tilápia do Nilo, no ciclo nictimeral (n = 4).



NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melado líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 32\%$ de melado; CAL-MEL48: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado; CAL-MEL48-SP: aplicação da mistura melado-calcário, com $\approx 48\%$ de melado, em tanques sem peixes. Em cada variável, médias com letras distintas, nos horários 11, 17, 23 e 5 h, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA $P < 0,05$).

Às 23 horas, o O_2 da água, para todos os tratamentos, entrou em fase de estabilização, porém em dois níveis distintos: $O_2 = 7,81 \text{ mg L}^{-1}$ para CAL-MEL48-SP; e $O_2 \approx 7,2 \text{ mg L}^{-1}$ para os tratamentos NAD, CAL, MEL, CAL-MEL32 e CAL-MEL48. A partir das 2 horas, o O_2 da água, do tratamento CAL-MEL48-SP, sofreu uma diminuição sutil do valor até às 5 horas, quando voltou a se estabilizar. Enquanto isso, a partir das 2 horas, os demais tratamentos tiveram um leve aumento no valor de O_2 da água, seguido de uma nova fase de estabilização. Durante o ciclo nictimeral, os valores de O_2 da água, de todos os tratamentos, sofreram uma rápida elevação das 8 horas às 14 horas, seguida de uma rápida diminuição das 14 horas às 20 horas. A partir das 20 horas até às 8 horas, as concentrações de oxigênio dissolvido na água, não voltaram a sofrer alterações significativas.

Com exceção de CAL-MEL48-SP, as variações nictimerais de O_2 foram semelhantes entre si, em todos os tratamentos. Esse resultado sugere que a mistura do melaço líquido, ao calcário agrícola, em ambos os níveis, não afetou de modo significativo à produtividade primária aquática, quando comparado ao uso isolado de cada produto (Figura 6). Logo, a maior dissolução do calcário, promovida pela mistura com o melaço, não prejudicou o desenvolvimento das microalgas no tanque.

O fornecimento de ração balanceada aos animais disponibiliza uma maior quantidade de nutrientes para água (KIM *et al.*, 2020). Com isso, o desenvolvimento da produtividade primária é estimulado, elevando as concentrações de O_2 na água durante o dia. Com a interrupção da fotossíntese no período noturno, o balanço de O_2 passa a ser negativo. Segundo Ebeling *et al.* (2006), a concentração de matéria orgânica na água afeta diretamente à demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o requerimento por aeração mecânica. Por conta da aeração contínua da água, as concentrações de O_2 , em todos os tratamentos, mantiveram-se sempre acima de $7,0 \text{ mg L}^{-1}$. Portanto, a aeração artificial da água é necessária para dar maior estabilidade à dinâmica do O_2 dissolvido, no ciclo nictimeral, evitando, dessa forma, o estresse animal e favorecendo um melhor desempenho produtivo.

A alcalinidade total (AT) da água em tanques *outdoor*, durante o ciclo nictimeral, sofreu uma leve queda, para todos os tratamentos, logo no início da observação, a partir das 8 horas. Às 11 horas, a AT da água para os tratamentos CAL-MEL48 e CAL-MEL48-SP, era significativamente maior que a AT observada nos tratamentos NAD, CAL, MEL e CAL-MEL32 ($P < 0,05$; Figura 8B). A partir das 14 horas, a AT de todos os tratamentos entrou em fase de estabilização, com os seguintes valores: AT = $13,12 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento NAD; AT = $39,85 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento CAL; AT = $17,08 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento MEL; AT = $63,11 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento CAL-MEL32; AT = $74,75 \text{ mg L}^{-1}$ para o tratamento CAL-MEL48; e

AT = 79,70 mg L⁻¹ para o tratamento CAL-MEL48-SP. A fase de estabilização se prolongou até o final do ciclo nictimeral, ou seja, não sofreu mais alterações. Não foram observadas mudanças significativas nos valores de AT, ao longo do ciclo nictimeral.

Em todos os tratamentos, a AT inicial da água pouco se alterou dentro do ciclo nictimeral. Isso sugere a ocorrência insignificante de processos acidificantes, tal como a nitrificação, ou alcalinizantes, tal como a fotossíntese, nos tanques experimentais, durante o monitoramento nictimeral.

5.2 Desempenho zootécnico

Ao final das onze semanas experimentais, não foram observadas diferenças significativas para sobrevivência animal, nos tanques *indoor e outdoor*, entre todos os tratamentos, com valores médios de 82,5 ± 5,2% e 93,9 ± 1,6%, respectivamente (P>0,05; Tabela 3). Isso sugere que as aplicações das misturas calcário-melaço pouco interferiram na sobrevivência final dos juvenis de tilápia do Nilo. A tilápia do Nilo é uma espécie de peixe de água doce de reconhecida rusticidade e tolerância a diferentes estressores ambientais. Somente condições mais extremas de qualidade de água seriam capazes de afetar negativamente a sobrevivência dessa espécie animal.

Nos tanques *indoor*, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para peso corporal final, com valor médio de 25,3 ± 1,7 g (P>0,05; Tabela 3). Já nos tanques *outdoor*, o peso corporal final dos peixes, nos tratamentos NAD e MEL, foi significativamente maior que o observado nos tanques CAL e CAL-MEL32 (P<0,05; Tabela 3). Esses resultados apontam que o crescimento de juvenis de tilápia do Nilo pode ser maior em tanques eutrofizados, abastecidos com águas moderadamente ácidas. Estudos anteriores observaram que o ganho em peso da tilápia, mantida em águas verdes e pH 5 – 6, foi semelhante ao verificado em tanques que receberam aplicação de calcário agrícola (pH 7 – 8; NOBRE *et al.*, 2014). Rebouças *et al.* (2015) constataram que o crescimento dos juvenis de tilápia, em águas moderadamente ácidas, foi superior ao dos animais mantidos nos tanques com pH > 6.

Tabela 3 – Sobrevivência, peso corporal final e taxa de crescimento específico de juvenis de tilápia do Nilo (peso corporal inicial = $2,80 \pm 0,06$ g), em tanques de criação *indoor* e *outdoor*, ao final de onze semanas de cultivo (média \pm d.p.; n = 4).

Variável	Sistema	Tratamento ¹					ANOVA P
		NAD	CAL	MEL	CAL-MEL32	CAL-MEL48	
Sobrevivência (%)	<i>indoor</i>	84,4 \pm 11,9	78,1 \pm 11,9	81,2 \pm 12,5	78,1 \pm 21,3	90,6 \pm 11,9	ns ³
	<i>outdoor</i>	94,4 \pm 4,5	94,4 \pm 6,4	93,1 \pm 5,3	95,8 \pm 5,3	91,7 \pm 5,5	ns
	ANOVA P	ns	ns	ns	ns	ns	
Peso corporal final (g)	<i>indoor</i>	23,9 \pm 2,1 B	26,7 \pm 3,8	26,7 \pm 3,2	26,1 \pm 7,5	23,0 \pm 3,6	ns
	<i>outdoor</i>	28,2 \pm 1,1 Aa ²	25,6 \pm 2,1 b	28,9 \pm 1,9 a	25,5 \pm 1,5 b	27,9 \pm 1,9 ab	< 0,05
	ANOVA P	< 0,05	ns	ns	ns	ns	
TCE ⁴ (% dia ⁻¹)	<i>indoor</i>	2,76 \pm 0,10 B	2,94 \pm 0,21	2,99 \pm 0,15	2,88 \pm 0,29	2,75 \pm 0,47	ns
	<i>outdoor</i>	3,01 \pm 0,05 A	2,89 \pm 0,13	2,99 \pm 0,11	2,84 \pm 0,08	2,97 \pm 0,08	ns
	ANOVA P	< 0,01	ns	ns	ns	ns	

¹ NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário, com \approx 32% de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário, com \approx 48% de melão. ² Médias com letras minúsculas distintas, em uma mesma linha, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para uma mesma variável, médias com letras maiúsculas distintas, em uma mesma coluna, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas. ³ Não significativo ($P > 0,05$). ⁴ Taxa de crescimento específico (TCE) = $[(\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{dias de cultivo}] \times 100$

A tilápia do Nilo parece ser mais sensível à toxicidade amônia (NH_3), que se concentra em água mais alcalinas, do que ao gás sulfídrico (H_2S), que se eleva em águas mais ácidas.

Não foram observadas diferenças significativas para taxa de crescimento específico (TCE) dos animais, entre todos os tratamentos, tanto para tanques *indoor* como *outdoor* ($P > 0,05$; Tabela 3). Ao final das onze semanas experimentais, a produtividade de pescado, nos tanques *indoor* MEL, foi significativamente maior que a observada nos tanques CAL-MEL32 ($P < 0,05$; Tabela 4). Nos tanques *outdoor*, as produtividades de pescado dos tanques NAD e MEL foram significativamente maiores que as verificadas nos tanques CAL e CAL-MEL32 ($P < 0,05$; Tabela 4). Percebe-se, portanto, que a aplicação de calcário na água, seja isoladamente (CAL) ou em mistura com o melaço (CAL-MEL32) afetou negativamente a produtividade dos tanques. Diferentemente do camarão marinho, *L. vannamei*, que se desenvolve melhor em águas mais alcalinas (VAN WYK *et al.*, 1999; FURTADO *et al.*, 2015), a tilápia do Nilo parece preferir águas mais ácidas, como pode ser verificado ao se analisar os resultados de fator de conversão alimentar (FCA) e taxa de eficiência proteica (TEP), apresentados a seguir.

Nos tanques *indoor*, o FCA em CAL-MEL32 foi significativamente maior que em MEL ($P < 0,05$; Tabela 4). Já nos tanques *outdoor*, o FCA em CAL e CAL-MEL32 foi maior que o observado em NAD e MEL ($P < 0,05$; Tabela 4). Nos tanques *indoor*, a TEP dos animais mantidos nos tanques MEL foi maior que a TEP observada em NAD e CAL-MEL32 ($P < 0,05$; Tabela 4). Nos tanques *outdoor*, a TEP em NAD e MEL foi maior que as observadas em CAL e CAL-MEL32 ($P < 0,05$; Tabela 4).

Tabela 4 – Produtividade de pescado, fator de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica de juvenis de tilápia do Nilo (peso corporal inicial = 2,80 ± 0,06 g), em tanques de criação *indoor* e *outdoor*, ao final de onze semanas de cultivo (média ± d.p.; n = 4).

Variável	Sistema	Tratamento ¹					ANOVA P
		NAD	CAL	MEL	CAL-MEL32	CAL-MEL48	
Produtividade de pescado (g m ⁻³ dia ⁻¹)	<i>indoor</i>	20,8 ± 1,0 Bab ²	21,3 ± 0,8 ab	22,2 ± 0,5 Ba	19,9 ± 0,7 Bb	21,3 ± 0,5 Bab	< 0,01
		24,9 ± 0,5 Aa	22,5 ± 0,7 b	25,1 ± 0,5 Aa	22,8 ± 0,8 Ab	23,9 ± 1,8 Aab	
	ANOVA P	< 0,01	ns ³	< 0,01	< 0,01	< 0,05	
FCA ⁴	<i>indoor</i>	1,09 ± 0,06 Aab	1,05 ± 0,04 ab	0,99 ± 0,03 b	1,13 ± 0,05 a	1,05 ± 0,03 ab	< 0,01
		0,96 ± 0,02 Bb	1,07 ± 0,04 a	0,95 ± 0,02 b	1,06 ± 0,04 a	1,01 ± 0,08 ab	
	ANOVA P	< 0,01	ns	ns	ns	ns	
TEP ⁵	<i>indoor</i>	2,30 ± 0,14 Bb	2,38 ± 0,09 ab	2,51 ± 0,07 a	2,20 ± 0,10 b	2,38 ± 0,08 ab	< 0,01
		2,61 ± 0,06 Aa	2,34 ± 0,08 b	2,62 ± 0,07 a	2,35 ± 0,09 b	2,48 ± 0,21 ab	
	ANOVA P	< 0,01	ns	ns	ns	ns	

¹ NAD: nenhum produto foi aplicado na água; CAL: aplicação somente de calcário agrícola; MEL: aplicação somente de melão líquido; CAL-MEL32: aplicação da mistura melão-calcário, com ≈ 32% de melão; CAL-MEL48: aplicação da mistura melão-calcário, com ≈ 48% de melão. ² Médias com letras minúsculas distintas, em uma mesma linha, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Para uma mesma variável, médias com letras maiúsculas distintas, em uma mesma coluna, são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas. ³ Não significativo (P>0,05). ⁴ Fator de conversão alimentar aparente (FCA) = ração ofertada (g) / ganho em peso corporal (g). ⁵ Taxa de eficiência proteica (TEP) = ganho de peso (g) / proteína consumida (g).

A taxa de crescimento corporal dos juvenis de tilápia do Nilo foi negativamente afetada pelas aplicações das misturas melaço-calcário na água, principalmente aquelas realizadas nos tanques *outdoor*. Embora as misturas melaço-calcário tenham promovido aumento no pH (Figuras 1A e 1B) e alcalinidade (Figuras 3A e 3B) da água, como era esperado, essas alterações de qualidade de água prejudicaram o desempenho zootécnico da tilápia, mantidas nos tanques *outdoor*. Nesses tanques, o desempenho dos peixes foi superior nas unidades nas quais não se aplicou nenhum produto, em relação ao observado nos tanques que receberam aplicações de calcário e das misturas calcário-melaço. Já nos tanques *indoor*, a aplicação das misturas melaço-calcário pouco interferiu no crescimento dos animais. Logo, os alevinos de tilápia do Nilo cresceram melhor em águas verdes e de maior acidez, ou seja, de menor alcalinidade. Esses resultados corroboram as observações feitas por Rebouças *et al.* (2016) que concluíram que a tilápia do Nilo pode crescer, satisfatoriamente, em águas verdes com pH tão baixo quanto 5,5. Por outro lado, os melhores resultados de desempenho zootécnico da tilápia do Nilo, mantida em tanques BFT, foram obtidos em águas com pH entre 6,5 e 7,5 (MARTINS *et al.*, 2019).

O crescimento dos peixes e a resposta ao estresse são diretamente afetados pelo pH da água em que os animais vivem (LEMOS *et al.*, 2018). Segundo El-Sherif e El-Feky (2009), a faixa de pH ideal para a criação da tilápia do Nilo vai de 7 - 8. Entretanto, a acidificação lenta e gradativa da água dos tanques de criação, até pH 4, pode ser tolerada (WANGEAD; GEATER; TANSKUL, 1988; VAN GINNEKEN *et al.*, 1997) e até mesmo favorecer o crescimento da tilápia do Nilo (REBOUÇAS *et al.*, 2015). Nesse sentido, Rebouças *et al.* (2016) propuseram a revisão da faixa adequada de pH da água para criação de juvenis da tilápia do Nilo para 5,5 - 9,0.

6 CONCLUSÕES

A combinação de melão líquido ao calcário agrícola acelerou a taxa de dissolução do calcário na água. A mistura melão-calcário, com 48% de melão, elevou a alcalinidade total da água, duas semanas após a aplicação, em 60% e 40%, em relação ao observado nos tanques *indoor* e *outdoor* que receberam apenas calcário agrícola, respectivamente. Nos tanques *indoor*, as taxas de incremento da alcalinidade da água, após 2 semanas, foram iguais a $2,66 \text{ mg L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $5,23 \text{ mg L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para os tanques com aplicação de somente calcário e da mistura calcário-melão, com 48% de melão, respectivamente. Esses valores foram iguais a $2,62 \text{ mg L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $4,38 \text{ mg L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente, para os tanques *outdoor*. Apesar disso, a aplicação da mistura melão-calcário afetou negativamente o desempenho dos juvenis de tilápia, principalmente nos tanques *outdoor*. Portanto, a aplicação da mistura melão-calcário, em tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo, é inapropriada por não trazer benefícios zootécnicos. Seria de importância a realização de estudo sobre a aplicação de misturas melão-calcário na criação do camarão marinho, *L. vannamei*, visto que essa espécie animal apresenta melhor desenvolvimento em águas mais alcalinas.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar de ter elevado a dissolução do calcário agrícola em água, não se justifica a aplicação da mistura melaço-calcário em tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo, tendo em vista que essa espécie de peixe apresenta maior crescimento em águas moderadamente ácidas. Porém, espécies aquáticas que possuem menores amplitudes nos limites de pH da água e se desenvolvem melhor em águas mais alcalinas, poderiam se beneficiar da aplicação da mistura melaço-calcário. Nesse sentido, seria válido estudar a aplicação da mistura melaço-calcário em tanques de criação do camarão marinho, *L. vannamei*.

No presente trabalho, as misturas melaço-calcário foram preparadas e aplicadas no mesmo dia. Alternativamente, as misturas melaço-calcário poderiam ser preparadas 48 horas antes das aplicações nos tanques, sendo mantidas, nesse intervalo, em recipientes fechados. Nas primeiras horas após a mistura, ocorrem reações entre o melaço e o calcário que, provavelmente, liberam CO₂ para a atmosfera pois havia a formação de bolhas. Um tempo maior de contato entre o melaço e o calcário, após a mistura e antes da aplicação, poderia ser benéfico para a dissolução do calcário.

REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH Y. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 172-178, 2006.
- AVNIMELECH Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, [s.l.], v. 176, n. 3, p. 227–235, 1999.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C.S. **Handbook for aquaculture water quality**. Auburn: Craftmaster Printers, 2014, v. 1, 439p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S; SOMRIDHIVEJ, B. Alkalinity and Hardness: Critical but Elusive Concepts in Aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, [s.l.], v. 47, n. 1, p. 6-41, 2016.
- BOYD, C. E. Specific conductance: An alternative salinity measurement. **Global Aquaculture Advocate**, [s.l.], v. 49, n. 1, p. 70-71, 2002.
- BOYD, C. E. Use of agricultural limestone and lime in aquaculture. **CAB Reviews**, [s.l.], v. 12, n. 15, p. 1-10, 2017.
- CAVALCANTE D. H.; POLIATO A. S.; RIBEIRO D. C; MAGALHAES F. B.; SÁ, M. V. C. Effects of CaCO₃ liming on water quality and growth performance of fingerlings of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 327-333, 2009.
- CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. V. C. Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo da tilápia do Nilo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 67-72, 2010.
- CAVALCANTE, D. H.; CALDINI, N. N.; SILVA, J. L. S.; LIMA, R. S.; SÁ, M. V. C. Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 49-54, 2014.
- CAVALCANTE, D. H; SILVA, S. R.; PINHEIRO, P. D.; AKAO, M. M. F.; SÁ, M. V. C. Single or paired increase of total alkalinity and hardness of water for cultivation of Nile tilapia juveniles, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 177-183, 2012.
- CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 179-197, 2006.
- CHEN, Y.; DONG, S.; WANG, F.; GAO, Q.; TIAN, X. Carbon dioxide and methane fluxes from feeding and no-feeding mariculture ponds. **Environmental Pollution**, [s.l.], v. 212, n. 1, p. 489-497, 2016.
- DUY, N. T.; KHANH, L. V. Effect of molasses addition at different C:N ratios on growth and survival rate of spotted scat (*Scatophagus argus*) fingerling in biofloc system. **International Journal of Scientific and Research Publications**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 452-459, 2018.

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**, [s.l.], v. 257, p. 346-358, 2006.

EL-SHERIF, M. S.; EL-FEKY, A. M. I. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. **International Journal of Agriculture & Biology**, [s.l.], v. 11, p. 297-300, 2009.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

FURTADO, P. S.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY, W. The effect of different alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture international**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 345-358, 2015.

FLIK, G.; FENWICK, J. C.; KOLAR, Z.; MAYER-GOSTAN, N.; WENDELAABONGA, S. E. Effects of low ambient calcium levels on wholebody Ca^{2+} flux rates and internal calcium pools in the freshwater cichlid teleost, *Oreochromis mossambicus*. **Journal of experimental biology**, [s.l.], v. 120, n. 1, p. 249-264, 1986.

GENTIL, R. C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, [s.l.], v. 32, n. 2, p. 265-280, 2008.

GONZÁREZ-VERA, C.; BROWN, J. H. Effects of alkalinity and total hardness on growth and survival of postlarvae freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man 1879). **Aquaculture**, [s.l.], v. 473, p. 521-527, 2017.

HAN, Y.; BOYD, C. E. Effect of organic matter concentration on agricultural limestone dissolution in laboratory soil–water systems. **Aquaculture research**, [s.l.], v. 49, n. 10, p. 3451-3455, 2018.

HARGREAVES, J. A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 34, p. 344-363, 2006.

KIM, K. B.; JUNG, M. K.; TSANG, Y. F.; KWON, H. H. Stochastic modeling of chlorophyll-a for probabilistic assessment and monitoring of algae blooms in the Lower Nakdong River, South Korea. **Journal of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 400, p. 1-10, 2020.

LEMOES, C. H. P.; RIBEIRO, C. V. M.; OLIVEIRA, C. P. B.; COUTO, R. D.; COPATTI, C. E. Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture**, [s.l.], v. 495, p. 62-67, 2018.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e Qualidade da Água na Piscicultura: Consequências e Recomendações. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.

MARTÍN, P. C. La melaza en la alimentación del ganado vacuno. **Avances en Investigación Agropecuaria**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 3-17, 2004.

MARTINS, G. B.; ROSA, C. E.; TAROUCO, F. M.; ROBALDO, R. B. Growth, water quality and oxidative stress of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in biofloc technology system at different pH. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, n. 4, p. 1030–1039, 2019.

MARTINS, G. B.; TAROUCO, F.; ROSA, C. E.; ROBALDO, R. B. The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 468, p. 10-17, 2017.

MARTINS, T. G.; ODEBRECHT, C.; JENSEN, L. V.; D'OCA, M. G. M.; WASIELESKY, W. The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT culture system. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 47, n. 4, p. 1315-1326, 2016.

MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. **Revista Saúde Pública**, [s.l.], v. 38, n. 5, p. 679-686, 2004.

MIAO, S.; SUN, L.; BU, H.; ZHU, J.; CHEN, G. Effect of molasses addition at C: N ratio of 20:1 on the water quality and growth performance of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Aquaculture International**, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 1409-1425, 2017.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4 ed. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. 161 p. Disponível em: <http://www.nepa.unicamp.br/taco/tabela.php?ativo=tabela>. Acesso em: 07 set. 2020.

NOBRE, M. K. B.; LIMA, F. R. S.; MAGALHÃES, F. B.; SÁ, M. V. C. Alternative liming blends for fish culture. **Act Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 11-16, 2014.

PENG, M.; LI, Z.; LIU, X.; NIU, D.; LAN, T.; YE, B.; DONG, Z.; LI, J. Tolerance, Growth, and Physiological Responses of the Juvenile Razor Clam (*Sinonovacula constricta*) to Environmental Ca²⁺ and Mg²⁺ Concentrations. **Frontiers in Physiology**, [s.l.], v.10, art. 911, 2019.

QIAO, L.; CHANG, Z.; LI, J.; CHENA, Z. Phytoplankton community succession in relation to water quality changes in the indoor industrial aquaculture system for *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 527, p. 1-15, 2020.

QUEIROZ, J. F.; NICOLELLA, G.; WOOD, C. W.; BOYD, C. E. Lime application methods, water and bottom soil acidity in freshwater fish ponds. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 61, n. 5, p. 469-475, 2004.

RAULINO, A. E. S. **Uso do melaço em pó como agente catalizador da dissolução do calcário agrícola na água**. 2019. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

REBOUÇAS, V. T.; LIMA, F. R. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. V. C. Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. in eutrophic water. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 361-368, 2016.

REBOUÇAS, V. T.; LIMA, F. R. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. V. C. Tolerance of Nile tilapia juveniles to highly acidic rearing water. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 227-233, 2015.

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

SÁ, M. V. C. **Limnocultura**: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

SÁ, M. V. C.; BOYD, C. E. Dissolution rate of calcium carbonate and calcium hydroxide in saline waters and its relevance for aquaculture. **Aquaculture**, [s.l.], v. 469, p. 102-105, 2017a.

SÁ, M. V. C.; BOYD, C. E. Variability in the solubility of agricultural limestone from different sources and its pertinence for aquaculture. **Aquaculture research**, [s.l.], v. 48, n. 8, p. 4292-4299, 2017b.

SÁ, M. V. C.; BOYD, C. E. Role of salinity in the dissolution rates of CaCO₃ and its implications for aquaculture liming. **Aquaculture research**, [s.l.], v. 49, n. 1, p. 576-581, 2018.

SÁ, M. V. C.; CAVALCANTE, D. H.; LIMA, F. R. S. Dissolution rates of hydrated lime, Ca(OH)₂ in fresh, oligohaline, mesohaline and euhaline waters and its significance for liming of shrimp culture ponds. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 50, n. 6, p. 1618-1625, 2019.

SILVA, U. L.; MELO, F. P.; SOARES, R. B.; SPANGHERO, D. B. N.; CORREIA, E. S. Efeito da adição do melão na relação carbono/nitrogênio no cultivo de camarão *Litopenaeus vannamei* na fase berçário. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 337-343, 2009.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; CELESTE, C. C.; BRAGA, F. M. S. Efeito do óxido de cálcio sobre variáveis limnológicas em viveiros de criação de *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Colossoma macropomum* (tambaqui). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 191-198, 2006.

SOUZA, D. M.; SUITA, S. M.; ROMANO, L. A.; WASIELESKY, W.; BALLESTER, E. L. C. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a Biofloc technology system. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 45, p. 270-277, 2014.

SUMMERFELT, S. T.; ZÜHLKE, A.; KOLAREVIC, J.; REITEN, B. K. M.; SELSET, R.; GUTIERREZ, X.; TERJESSEN, B. F. Effects of alkalinity on ammonia removal, carbon dioxide stripping, and system pH in semi-commercial scale water recirculating aquaculture systems operated with moving bed bioreactors. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 65, p. 46-54, 2015.

VAN GINNEKEN, J. T.; VAN EERSEL, R.; BALMT, P.; NIEVEEN, M.; VAN DEN THILLART, G. Tilapia are able to withstand long-term exposure to low environmental pH, judged by their energy status, ionic balance and plasma cortisol. **Journal of Fish Biology**, [s.l.], v. 51, n. 4, p. 795-806, 1997.

VAN WYK, P.; DAVIS-HODGKINS, M.; LARAMORE, R.; MAIN, K. L.; MOUNTAIN, J.; SCARPA, J. **Farming marine shrimp in recirculating freshwater systems**. Ed. Pierce, F L: Harbor Branch Oceanographic Institution, 1999.

WANGEAD, C.; GEATER, A; TANSAKUL, R. Effects of acid water on survival and growth rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: **Paper presented at the The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. WorldFish, 1988.

WHANGCHAI, N.; MIGO, V. P.; ALFAFARA, C. G.; YOUNG, H. K.; NOMURA, N.; MATSUMURA, M. Strategies for alkalinity and pH control for ozonated shrimp pond water. **Aquacultural engineering**, [s.l.], v. 30, n. 1-2, p. 1-13, 2004.

YE, H.; YANG, C.; TANG, S.; CHEN, C. The phytoplankton variability in the Pearl River estuary based on VIIRS imagery. **Continental Shelf Research**, [s.l.], v. 207, p. 1-15, 2020.