



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**HORTÊNCIA LUIZA JUVENAL SOARES**

**ACIDIFICAÇÃO ARTIFICIAL DA ÁGUA DE CULTIVO DE JUVENIS DE  
TILÁPIA DO NILO COM SULFATO DE ALUMÍNIO**

**FORTALEZA/CE**

**2022**

HORTÊNCIA LUIZA JUVENAL SOARES

ACIDIFICAÇÃO ARTIFICIAL DA ÁGUA DE CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA  
DO NILO COM SULFATO DE ALUMÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia de Pesca da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Vinicius  
Carmo e Sá.

FORTALEZA/CE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S654a Soares, Hortência Luiza Juvenal.  
Acidificação artificial da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo com sulfato de alumínio /  
Hortência Luiza Juvenal Soares. – 2022.  
37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências  
Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. Marcelo Vinicius Carmo e Sá.

1. PH. 2. Água. 3. Estudos limnológicos. I. Título.

CDD 639.2

---

HORTÊNCIA LUIZA JUVENAL SOARES

ACIDIFICAÇÃO ARTIFICIAL DA ÁGUA DE CULTIVO DE JUVENIS DE TILÁPIA  
DO NILO COM SULFATO DE ALUMÍNIO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia de Pesca da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Pesca.

Aprovada em:     /     /     .

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Dr. Francisco Roberto dos Santos Lima

---

Prof. Dr. Davi de Holanda Cavalcante  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, Sátiro e Ariadna, e toda a  
minha família que sempre esteve aos  
meu lado.

## AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, por ter sido refúgio e força nesses 5 anos e meio de graduação.

Aos meus pais, Sátiro e Ariadna, que sempre me apoiaram e influenciaram a seguir meus estudos, assim, concluindo minha graduação e formando a primeira filha deles, em uma Instituição Federal.

Aos meus irmãos, que motivam e alegram minha vida.

Aos meus sobrinhos, que são minha força de viver, e espero que um dia eles tenham a oportunidade de desfrutar dessa mesma universidade.

Ao meu noivo, Davi, que está todos os dias ao meu lado, vendo todas as minhas lutas, e vitórias, me incentivando e vibrando.

Aos meus padrinhos e tios, Célia Leite e José Dias, por terem me dado todo o suporte e me apoiarem, vocês foram essenciais para a minha graduação.

As minhas amigas de graduação, Ana Karoline e Sued, que estão comigo desde o primeiro semestre, sorrindo, chorando, vibrando, viajando, vivendo cada experiência única que a graduação nos proporciona.

Ao Prof. Dr. Marcelo Vinicius Carmo e Sá, pela excelente orientação nesse trabalho de conclusão, assim como nos estágios e na iniciação científica. O senhor me deu muitas oportunidades de aprendizado e crescimento como engenheira de pesca.

Aos professores que tiveram grande influência na minha formação, Prof. Dr. Oscar Pacheco, que me deu oportunidade de participar do seu laboratório de pesquisa e grupo de estudo em aquariologia, Prof. Dr. Aldeney Soares pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões. Prof. Dr. Reynaldo Marinho que me deu muitas oportunidades e me mostrou uma área pouco explorada na engenharia de pesca, Prof. Dr. Manuel Furtado, que nos deixou um grande legado e vai estar sempre em minha memória.

As professoras do departamento, que são grandes exemplos profissionais, Dr<sup>a</sup> Kelma, Dr<sup>a</sup> Alessandra e a Me. Mayra.

Aos professores da banca examinadora, Dr. Roberto Lima e Dr. Davi Cavalcante, agradeço por terem aceito o convite, e por contribuírem com minha formação.

Aos colegas da turma de graduação, principalmente, aqueles que fizeram parte do meu experimento e que foram presentes no meu convívio.

“O insucesso é apenas uma oportunidade  
para recomeçar com mais inteligência.”  
(Henry Ford, 1922).

## RESUMO

A tilápia do Nilo é o quarto peixe mais cultivado no mundo, superado apenas pela carpa chinesa que ocupa os primeiros lugares. A China é o maior produtor mundial do pescado, seguida pela Indonésia, Egito e Brasil. Estudos limnológicos têm sido realizados em viveiros ~~e viveiros~~ de aquicultura para obter maior controle da qualidade da água desses ecossistemas aquáticos rasos. O pH da água entre 7 e 8 é geralmente considerado adequado para peixes de água doce. No entanto, estudos realizados na Universidade Federal do Ceará observaram tolerância de juvenis de tilápia do Nilo águas moderadamente ácidas, com um pH próximo de 6. Cerca de 0,4 g de cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , são necessários para neutralizar a acidez causada pela aplicação de 1 g de sulfato de alumínio na água. O objetivo do presente projeto de pesquisa foi determinar os efeitos da acidificação artificial da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo. No experimento tivemos 6 tratamentos, com 4 repetições de cada. Foram usados alguns parâmetros de qualidade de água, como: pH, temperatura, oxigênio, amônia, nitrito, dureza total, alcalinidade total. Também foi analisado o desempenho zootécnico e os índices econômicos. O sulfato de alumínio foi eficiente na redução da alcalinidade e pH da água. Entretanto, o sulfato de alumínio não é um bom acidificante para uso regular em tanques de piscicultura, por conta do estresse causado aos animais, principalmente a entrada de íons alumínio.

**Palavras-chave:** pH; água; estudos limnológicos.



## ABSTRACT

Nile tilapia is the fourth most cultivated fish in the world, surpassed only by Chinese carp, which occupies the first places. China is the world's largest fish producer, followed by Indonesia, Egypt and Brazil. Limnological studies have been carried out in nurseries and aquaculture ponds to obtain greater control of the water quality of these shallow aquatic ecosystems. Water pH between 7 and 8 is generally considered suitable for freshwater fish. However, studies carried out at the Federal University of Ceará observed tolerance of juveniles of Nile tilapia moderately acidic waters with a pH close to 6. About 0.4 g of hydrated lime,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , is needed to neutralize the acidity caused by applying 1 g of aluminum sulphate to the water. The objective of the present research project was to determine the effects of artificial acidification of the culture water of Nile tilapia juveniles. In the experiment we had 6 treatments, with 4 repetitions of each. Some water quality parameters were used, such as: pH, temperature, oxygen, ammonia, nitrite, total hardness, total alkalinity. Zootechnical performance and economic indices were also analyzed. Aluminum sulfate was efficient in reducing the alkalinity and pH of the water. However, aluminum sulfate is not a good acidifier for regular use in fish farming tanks, due to the stress caused to the animals, mainly the entry of aluminum ions.

**Keywords:** pH; Water; limnological studies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Temperatura da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo .....	20
Figura 2	- pH da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo .....	21
Figura 3	- Condutância específica (CE) da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo .....	22
Figura 4	- Concentração de O <sub>2</sub> dissolvido na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo .....	23
Figura 5	- Alcalinidade total da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo .....	24
Figura 6	- Sobrevivência de juvenis de tilápia do Nilo, após 10 semanas de cultivo .....	31
Figura 7	- Peso corporal inicial e final de juvenis de tilápia do Nilo .....	32
Figura 8	- Fator de conversão alimentar (FCA) de juvenis de tilápia do Nilo, após 10 semanas de cultivo .....	33
Figura 9	- Custo incidente com ração comercial para produzir um milheiro de juvenis de tilápia de 40 g (média ± d.p.; n = 4) .....	34
Figura 10	- Índice de lucratividade na produção de juvenis de tilápia de 40 g (média ± d.p.; n = 4) .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Manejo alimentar .....	16
Tabela 2	- Delimitação experimental .....	18
Tabela 3	- Temperatura (°C) e pH da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4) .....	25
Tabela 4	- Condutância específica (CE. $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e concentração de $\text{O}_2$ dissolvido (mg/L) na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4) .....	26
Tabela 5	- Concentração de $\text{CO}_2$ livre (mg/L) na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4) .....	27
Tabela 6	- Alcalinidade total (AT, mg/L $\text{CaCO}_3$ ) e dureza total (DT, mg/L $\text{CaCO}_3$ ) da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4) .....	29
Tabela 7	- Taxa respiratória na coluna d'água, em mg/L/h, de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4) .....	30

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AT	Alcalinidade total
CE	Condutividade Específica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DT	Dureza total
FCA	Fator de conversão alimentar
LCTA	Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
<i>3.1</i>	<i>Qualidade de água</i> .....	19
<i>3.2</i>	<i>Desempenho zootécnico</i> .....	28
<i>3.3</i>	<i>Índices econômicos</i> .....	31
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	34
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

## 1 INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo é o quarto peixe mais cultivado no mundo, sendo superada apenas pelas carpas chinesas que ocupam os primeiros lugares (FAO, 2018). Os maiores produtores mundiais de tilápia são a China com 1,8 mi/t, Indonésia 1,1 mi/t e o Egito 800mil/t ano, respectivamente. O Brasil é o quarto maior produtor com 311,6 mil/t. (Anuário Peixe BR, 2018).

Estudos limnológicos vem sendo realizados em tanques e viveiros de aquicultura com objetivo de obter maior controle da qualidade da água desses ecossistemas aquáticos rasos. Para que se tenha sucesso na produção de peixes é necessário que as condições físico-químicas da água e do solo sejam favoráveis ao crescimento e saúde animal. Dentre os parâmetros de importância a serem monitorados em viveiros de piscicultura estão os seguintes: temperatura, oxigênio dissolvido, transparência da água, pH, amônia e alcalinidade (URBINATI & CARNEIRO, 2004). Dentro de determinados limites de tolerância, as tilápias se adaptam bem às diferentes condições de qualidade de água. São animais tolerantes ao baixo oxigênio dissolvido, convivem em ampla faixa de pH, crescem e até mesmo se reproduzem em águas salobras e salgadas, toleram altas concentrações de amônia tóxica, quando comparado à maioria das espécies de peixes cultivados (KUBITZA & KUBITZA, 2000).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece que águas das Classes Especial, I e II são destinadas, entre outros fins, à preservação da vida aquática. Essa mesma resolução estipula que o pH da água, para aquelas classes, deverá estar compreendido entre 6 e 9. Embora existam variações nas tolerâncias dos animais aquáticos a diferentes valores de pH da água, o intervalo entre 7 e 8 é, geralmente, considerado adequado para peixes de água doce (SÃO PAULO, 2022). Valores de pH abaixo de 5 podem provocar mortandades e quando superiores a 9 pode ser prejudicial, em certas ocasiões. Águas com pH acima de 11 são consideradas letais para a grande maioria dos peixes (SÁ, 2012).

Segundo Kubitza e Kubitza (2000), o pH da água para cultivo de tilápias deve ser mantido entre 6,0 e 8,5. Abaixo de pH 4,5 e acima de 10,5, a mortalidade dos peixes é elevada. Mortalidade total entre 1 e 3 dias ocorreu com tilápias mantidas em água com pH = 3. Uma mortalidade de 50% dos animais foi registrada após 19 dias em água com pH 4. Tilápias expostas a pH muito baixo apresentam sinais de asfixia e o corpo e as brânquias com excesso

de muco. De acordo com El-Sherif e El-Feky (2009), a faixa ideal de pH da água para a criação de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, está compreendida entre 7 e 8. Entretanto, trabalhos realizados na Universidade Federal do Ceará observaram tolerância de juvenis de tilápia do Nilo a águas moderadamente ácidas, com pH próximo a 6 (REBOUÇAS et al., 2015; REBOUÇAS et al., 2016). Nesses trabalhos, não se observou alteração significativa no crescimento ou sobrevivência dos peixes mantidos em águas moderadamente ácidas. Nobre et al. (2014) sugeriram que a faixa ideal de pH da água para cultivo da tilápia do Nilo, em águas verdes, é mais ampla do que aquela relatada por El-Sherif & El-Feky (2009), variando de 5 a 8. A tilápia do Nilo, portanto, poderia crescer bem e, talvez, até melhor, em águas moderadamente ácidas do que em águas neutras ou moderadamente alcalinas.

O sulfato de alumínio,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$ , é um produto comumente utilizado para reduzir a turbidez mineral de lagoas. Quando aplicado em lagoas lamacentas, em  $15 - 25 \text{ g m}^{-3}$ , os íons alumínio adsorvem as partículas de sujeira da água, precipitando-as até o fundo (KUBITZA, 1998). Além disso, o sulfato de alumínio pode ser utilizado para reduzir o pH da água e evitar estresse animal por alcalose (BARKOH, et al., 2013). Cerca de 0,4 g de cal hidratada,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , são necessários para neutralizar a acidez provocada pela aplicação de 1 g de sulfato de alumínio na água.

Embora algumas pesquisas tenham apontado a tolerância da tilápia do Nilo à acidez moderada, ainda se mantêm inalterado o manejo dos tanques de tilápia, isto é, observa-se na tilapicultura as recomendações de pH e calagem válidas para as demais espécies de peixes tropicais de água doce. Comumente, são realizadas calagens periódicas da água de cultivo para manter o pH da água em 7 ou mais. Entretanto, haveria economia de recursos e emprego de mão-de-obra caso se confirmasse a tolerância e, talvez, preferência da tilápia por acidez moderada. O objetivo do presente projeto de pesquisa foi determinar os efeitos da acidificação artificial da água de cultivo de juvenis de tilápia do Nilo com sulfato de alumínio sobre a qualidade da água, o desempenho zootécnico e a eficiência econômica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no sistema de cultivo *outdoor* do LCTA – Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (Departamento de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará). Em cada caixa de 250 L, foram estocados 6 (seis) juvenis de tilápia, com peso corporal inicial entre 1,0 e 2,0 g. Os animais foram alimentados quatro vezes ao dia, com ração balanceada para peixes tropicais onívoros, de acordo com o prescrito na Tabela 1. Os horários de alimentação diária foram às 10, 12, 14 e 16 h.

TABELA 1. Manejo alimentar

Peso do juvenil (g)	% biomassa/dia	Nº tratos/dia
1,0 – 1,5	8,9	4
1,5 – 2,0	7,9	4
2,0 – 2,5	7,4	4
2,5 – 3,0	6,8	4
3,0 – 3,5	6,3	4
3,5 – 4,5	5,8	4
4,5 – 5,5	5,3	4
5,5 – 7,0	4,7	4
7,0 – 9,0	4,2	4
9,0 – 16,0	3,9	4
16,0 – 20,0	3,7	4
20,0 - 25,0	3,1	4
25,0 - 30,0	2,6	4
30,0 – 35,0	2,6	4
35,0 – 40,0	2,6	4



Os peixes não foram alimentados com ração comercial quando a concentração de  $O_2$  dissolvido caía abaixo de 4 mg/L, na leitura da manhã.

As biometrias dos animais foram realizadas a cada duas semanas para ajuste das quantidades de ração ofertadas em cada tanque. Os animais foram mantidos no sistema experimental por 10 semanas, ou seja, 70 dias.

O material sedimentado no fundo dos tanques foi removido pelo menos 3 vezes por semana, por sifonamento, trinta minutos após a oferta da última refeição do dia. A reposição de água foi realizada uma vez por semana para manter o nível inicial.

Foram constituídos 6 tratamentos, sendo 2 grupos-controle e 4 grupos experimentais, com 4 repetições cada (Tabela 2). Foram utilizadas, portanto, 24 caixas circulares de 250 L.

Um pequeno volume de água de cada tanque foi utilizado para diluição da quantidade de sulfato de alumínio a ser aplicada. Após a aplicação do sulfato de alumínio, caso o pH da água caísse abaixo da faixa desejada (Tabela 2), eram feitas aplicações diárias de 10 g de calcário agrícola até que o pH entrasse dentro da faixa. Quando a alcalinidade total da água estava abaixo de 20 mg/L  $CaCO_3$ , a aplicação do sulfato de alumínio foi feita com cautela para evitar que pH da água caísse bruscamente.

TABELA 2. Delineamento experimental

Tratamento	Acidificação artificial da água	pH desejado da água	Dose de aplicação de sulfato de alumínio <sup>1</sup> (mg/L)	Quantidade de sulfato de alumínio aplicado	
				g/caixa/semana	mg/L/semana
C1	-	Livre	-	-	-
C2	-	7,0 – 8,0	-	-	-
S1	leve	6,5 – 7,0	5,0	2,5	10,0
S2	moderada	6,0 – 6,5	10,0	5,0	20,0
S3	forte	5,5 – 6,0	15,0	7,5	30,0
S4	Muito forte	5,0 – 5,5	20,0	10,0	40,0

<sup>1</sup> A dose-padrão de sulfato de alumínio para aplicação em tanques de aquicultura é de 10 mg/L, isto é, 10 g/m<sup>3</sup> (Tucker e D'Abramo, 2008).

Ao longo do experimento, foram monitoradas, de modo sistemático, variáveis de qualidade de água e de desempenho zootécnico, da seguinte forma:

- **Qualidade de água:**
  - Temperatura, O<sub>2</sub>, pH, condutância específica (diário; entre 8 e 10 h da manhã).
  - Alcalinidade total, dureza total, CO<sub>2</sub> livre (semanal).
  - NAT, N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e taxa respiratória na coluna d'água (quinzenal).
- **Desempenho zootécnico:**
  - Sobrevivência
  - Peso corporal final
  - Fator de conversão alimentar

Ao final, foi realizada a análise de custo: benefício em cada tratamento, pelo cálculo dos seguintes índices:

- ***Custo incidente*** = despesa (R\$) com ração comercial para se produzir um milheiro de tilápia de 40 g.
- ***Índice de lucratividade*** = valor da biomassa de peixe produzida, em R\$/kg, dividido pelo custo com alimentação dos animais, em R\$/kg.

Os cálculos de análise econômica foram feitos por extrapolação, isto é, considerando tilápias com peso corporal final de 40 g.

A metodologia para determinação da taxa respiratória na coluna d'água foi a seguinte:

Inicialmente foi coletado uma amostra da água subsuperficial do tanque com uma garrafa escura, cujas paredes não permitiam, de forma nenhuma, a passagem da luz. A garrafa ficava completamente cheia. Além de escura, a garrafa possuía uma tampa que vedava, fortemente, a boca da garrafa. Foram utilizadas garrafas PET de refrigerantes.

A profundidade da coleta foi sempre a mesma em todos os tanques, isto é, 20 cm. Registrava-se a concentração inicial de O<sub>2</sub> com um oxímetro calibrado, no mesmo local e na mesma profundidade em que foi feita a incubação da garrafa. A garrafa foi incubada dentro da água das 10 às 14 h.

Durante o período de incubação, a garrafa ficava totalmente submersa na água. Terminado o período de incubação, recolhia-se a garrafa e fazia a leitura final de O<sub>2</sub> dissolvido da água dentro da garrafa. Para isso, transferia-se parte do volume da garrafa para um frasco apropriado e utilizava-se o oxímetro.

A taxa respiratória na água, na profundidade de incubação, em mg/L/h, foi obtida pela seguinte fórmula:

$$(O_2 \text{ inicial} - O_2 \text{ final})/\text{tempo de incubação}$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Qualidade de água

A temperatura da água das caixas se manteve praticamente uniforme, não havendo muitas diferenças entre os tratamentos (Figura 1). Observou-se aumento na temperatura da água por conta do clima do Ceará. No dia 44, por conta de dias nublados, houve uma queda na temperatura da água, que logo voltou a subir, atingindo mais de 27°C. No final, houve um leve declínio.

De acordo com Lim (1988), a temperatura ideal da água de cultivo para esta espécie é de 25-32°C, sendo assim, os cultivos estavam sempre dentro da faixa ideal para a criação de juvenis de tilápia do Nilo.

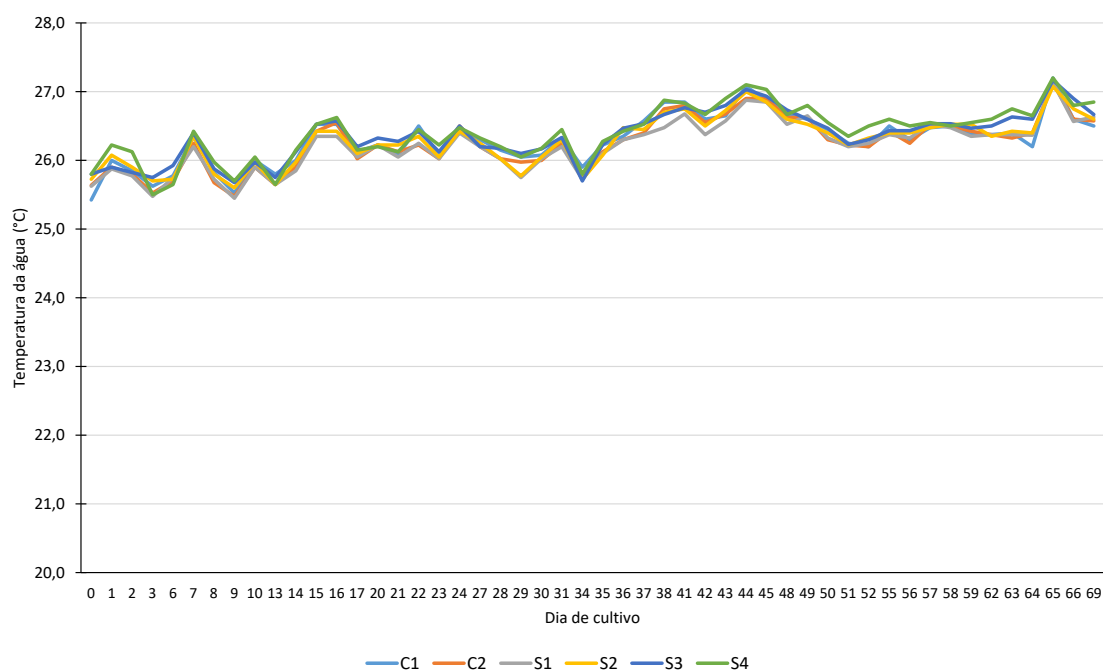


FIGURA 1. Temperatura da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte).

O pH inicial da água esteve compreendido entre 7 e 8. No início, o pH apresentou um leve aumento, mas logo depois começou a diminuir (Figura 2). Até o dia 31 do experimento, o pH das caixas não estavam ainda dentro das faixas desejadas de cada tratamento (Tabela 2). Por isso, elevou-se a aplicação de sulfato de alumínio nas caixas. Com isso, conseguiu-se manter o pH da água dentro da faixa estipulada em cada tratamento, tendo permanecido relativamente constante e até o final.

Nos primeiros dias a alcalinidade da água de cultivo estava mais elevada, impedindo que o pH caísse e chegasse nas faixas desejadas de cada tratamento. Alcalinidade de uma amostra de água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH (PIVELI, 2004).

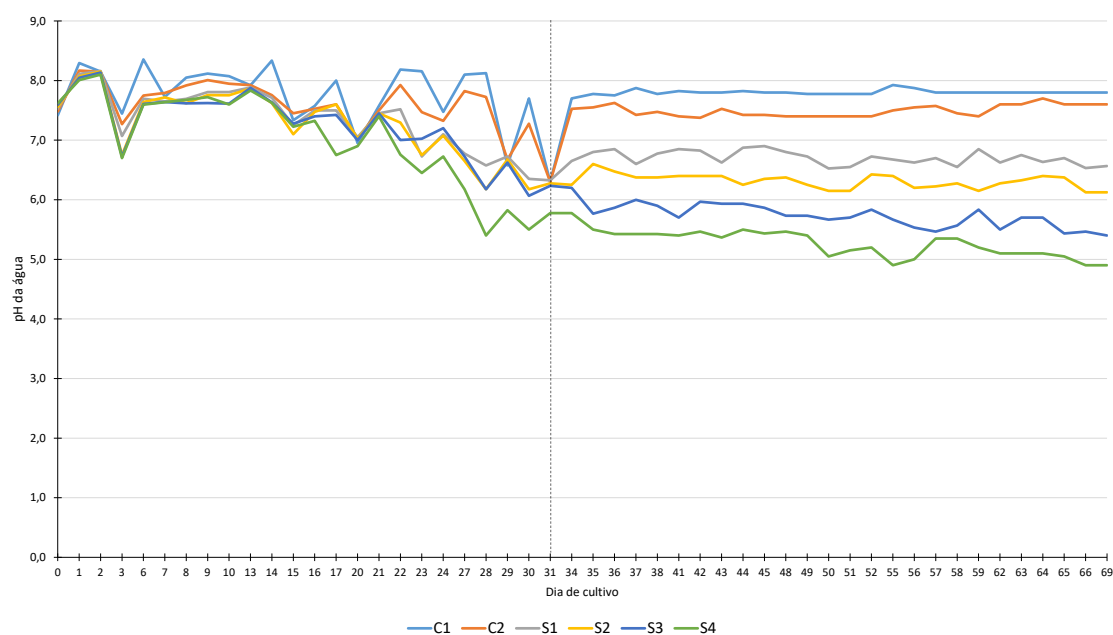


FIGURA 2. pH da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). A linha vertical indica o momento a partir do qual o pH da água dos tanques se diferencia entre os tratamentos.

A condutância específica (CE) inicial da água foi próxima a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 3). Com o tempo, a CE da água se elevou de modo progressivo. Ao final do trabalho, os diferentes tratamentos apresentavam valores de CE distintos uns dos outros, com variações de mais de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , entre os tratamentos.

O aumento da CE da água se deveu as aplicações de sulfato de alumínio. Assim, as caixas que mais receberam sulfato de alumínio foram aquelas que mais tiveram elevação no valor da CE.

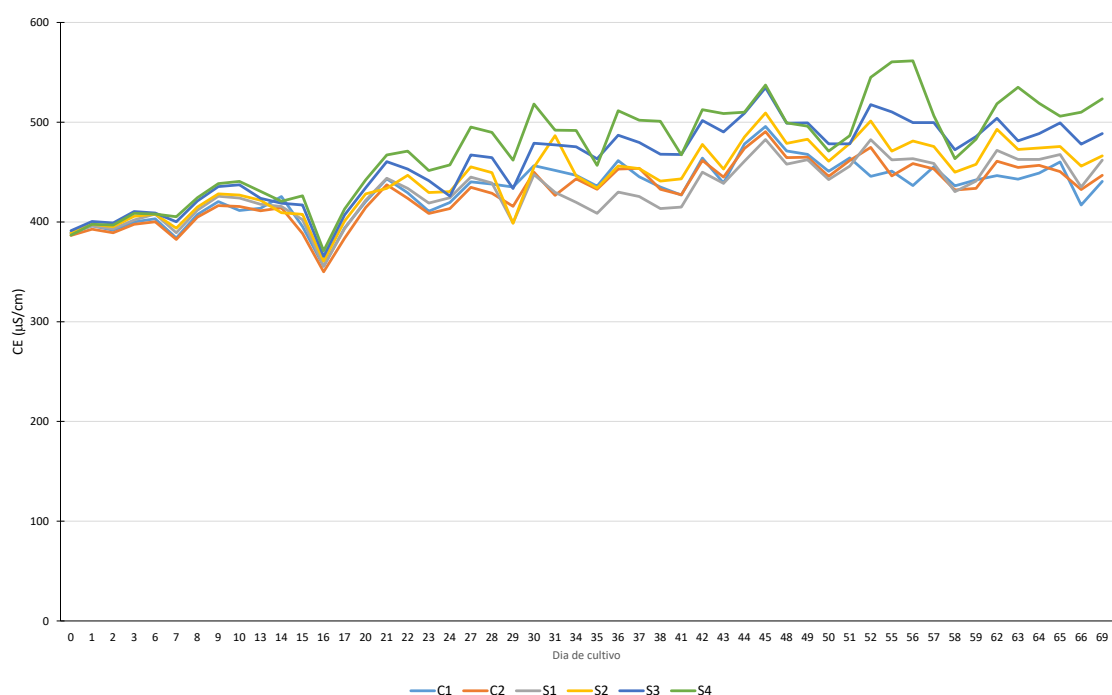


FIGURA 3. Condutância específica (CE) da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte).

As concentrações do oxigênio dissolvido na água iniciaram em, aproximadamente, 9 mg/L. Em seguida, o  $\text{O}_2$  foi baixando até estabilizar a partir do dia

28, tendo continuado estável, em diferentes patamares a depender do tratamento, com variações entre 7,0 e 4,0 mg/L (Figura 4). Em C2, houve grandes variações no O<sub>2</sub>, com máximo de 8 mg/L e mínimo de 4,5 mg/L.

As tilápias são resistentes. Sua exigência em oxigênio dissolvido é bastante baixa, vivendo perfeitamente em águas contendo até 1,2 mg/L (MACÊDO, 2004). Com o tempo, as concentrações de matéria orgânica tiveram um aumento, influenciando diretamente na concentração de O<sub>2</sub>.

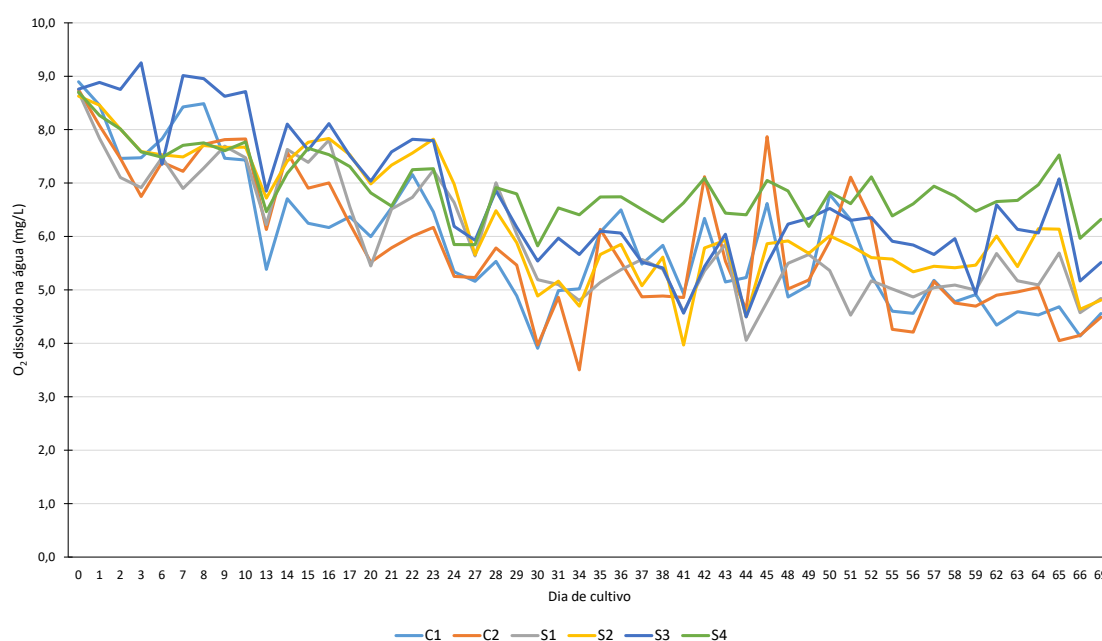


FIGURA 4. Concentração de O<sub>2</sub> dissolvido na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte).

A alcalinidade total da água se manteve elevada nos tratamentos controles (C1, C2), onde não se fez aplicação de sulfato de alumínio (Figura 5). Já nas caixas que receberam aplicações semanais de sulfato de alumínio, a alcalinidade da água foi sendo

reduzida progressivamente, tendo zerado, ou quase, ao final. A partir do dia 30 do experimento, com a alcalinidade já reduzida, foi possível manter o pH da água dentro das faixas desejadas.

A alcalinidade é a capacidade da água de neutralizar substâncias ácidas que nela podem ser incorporadas, evitando que o pH diminua. A alcalinidade funciona como ação de tamponamento. A importância da alcalinidade, é que, como ela funciona como solução tampão, ela evita que o pH fique variando, evitando um desequilíbrio no ecossistema. Para manutenção da vida aquática, é estimado um valor mínimo da alcalinidade de 20 mg/L como  $\text{CaCO}_3$ . Os valores entre 20 e 300 mg/L de alcalinidade, isso indica boas quantidades daqueles sais minerais para a piscicultura orgânica.

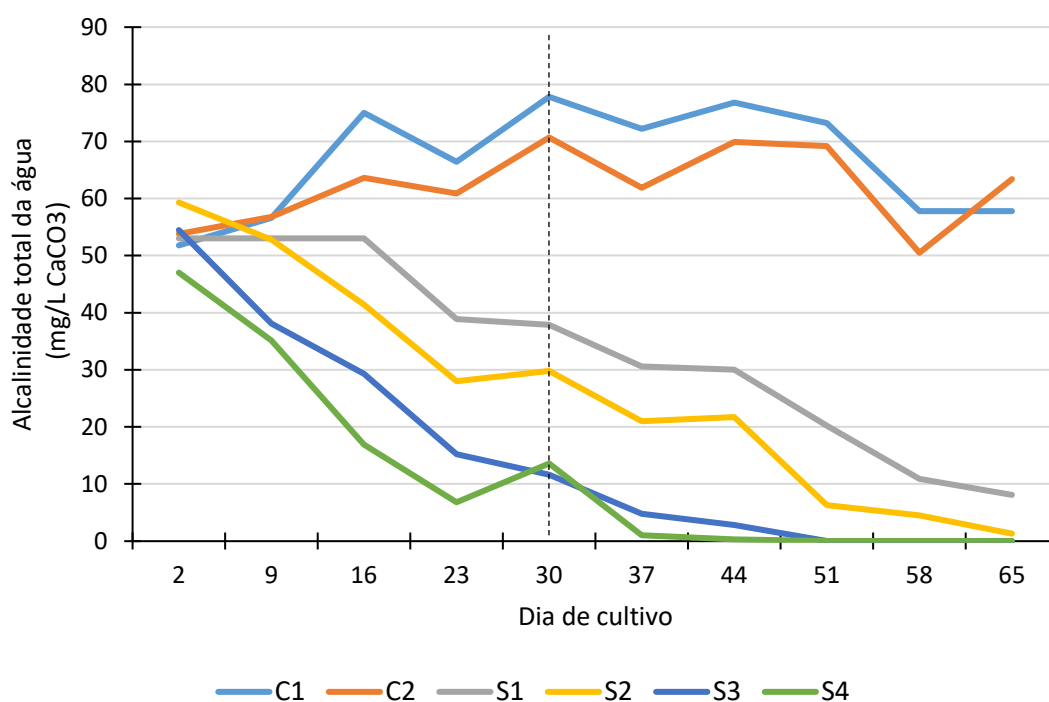


FIGURA 5. Alcalinidade total da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). A



linha vertical indica o momento a partir do qual o pH da água dos tanques se diferencia entre os tratamentos.

A temperatura inicial da água, em todos os tratamentos, foi de 25,4 – 25,8 °C. Após 30 dias do experimento, observou-se aumento médio de 0,5°C. A temperatura final da água ficou próxima a 27°C. O pH da água iniciou de forma uniforme, em torno de 7,5. Passados 30 dias de experimento, o pH caiu em todos os tratamentos. No final, o pH da água estava dentro do esperado em cada tratamento (Tabela 3).

Chama a atenção o pH final em C1 de 7,8. Era de se esperar um valor menor de pH em tanques que não receberam calagem ao longo de 10 semanas. Seria interessante comparar o desempenho zootécnico de juvenis de tilápia mantidos em tanques com pH da água livre e tanques com pH da água acima de 8,0.

TABELA 3. Temperatura (°C) e pH da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4)

Trat <sup>1</sup>	Temperatura			pH		
	Inicial	30 dias	Final	Inicial	30 dias	Final
C1	25,4 ± 0,2	26,3 ± 0,1	26,5 ± 0,1	7,4 ± 0,3	6,3 ± 0,6	7,8 ± 0,1 a <sup>3</sup>
C2	25,6 ± 0,3	26,3 ± 0,2	26,6 ± 0,2	7,5 ± 0,2	6,3 ± 0,4	7,6 ± 0,1 a
S1	25,6 ± 0,1	26,2 ± 0,2	26,6 ± 0,2	7,5 ± 0,2	6,3 ± 0,3	6,6 ± 0,1 ab
S2	25,7 ± 0,1	26,3 ± 0,2	26,6 ± 0,3	7,6 ± 0,2	6,3 ± 0,2	6,1 ± 0,1 ab
S3	25,8 ± 0,2	26,3 ± 0,2	26,7 ± 0,2	7,6 ± 0,2	6,2 ± 0,2	5,4 ± 0,1 b
S4	25,8 ± 0,3	26,5 ± 0,2	26,9 ± 0,3	7,6 ± 0,2	5,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1 b
ANOVA P	ns <sup>2</sup>	ns	ns	ns	ns	0,002

<sup>1</sup> Tratamento: C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação

muito forte). <sup>2</sup> Não significativo (ANOVA  $P > 0,05$ ). <sup>3</sup> Médias com letras distintas em uma mesma coluna são significativamente diferentes entre si pelo teste de Dunn ( $P < 0,05$ ).

A condutância específica inicial da água estava entre 387 e 391  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A partir de 30 dias, já foi possível se observar diferenças significativas na CE da água entre os tratamentos. Ao final, a maior CE foi observada para S4 e a menor para C1 ( $P < 0,05$ ). A concentração inicial de  $\text{O}_2$  dissolvido na água foi de 8,6 – 8,9 mg/L. No dia 30, o  $\text{O}_2$  havia sido reduzido em todas as caixas, principalmente em C1, C2, S1 e S2. A concentração final de  $\text{O}_2$  dissolvido na água em S4 foi maior que nos demais tratamentos, excetuando-se S3 (Tabela 4;  $P < 0,05$ ).

Por conta da aplicação de sulfato de alumínio, os valores de condutância específica nos tratamentos de S3 e S4 foram maiores, pois tiveram maiores concentrações de  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{SO}_4^{-2}$ .

Nos tratamentos S3 e S4, havia maior concentração de  $\text{O}_2$ , pois a entrada de matéria orgânica foi menor, já que o arraçoamento era calculado através de uma porcentagem equivalente da biomassa dos peixes. Como tinham poucos peixes nesses tratamentos, por conta das mortalidades, e os tamanhos eram menores, conseqüentemente a quantidade de ração diária ofertada foi menor em S3 e S4.

TABELA 4. Condutância específica (CE.  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e concentração de  $\text{O}_2$  dissolvido (mg/L) na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média  $\pm$  d.p.;  $n = 4$ )

Trat <sup>1</sup>	CE			$\text{O}_2$ dissolvido		
	Inicial	30 dias	Final	Inicial	30 dias	Final
C1	389 $\pm$ 18	452 $\pm$ 28 ab <sup>3</sup>	441 $\pm$ 10 d	8,9 $\pm$ 0,2	5,0 $\pm$ 0,5 b	4,6 $\pm$ 0,5 b
C2	387 $\pm$ 16	427 $\pm$ 21 b	447 $\pm$ 10 d	8,7 $\pm$ 0,5	4,9 $\pm$ 0,9 b	4,5 $\pm$ 0,5 b
S1	389 $\pm$ 19	430 $\pm$ 32 b	462 $\pm$ 12 c	8,7 $\pm$ 0,5	5,1 $\pm$ 1,0 b	4,8 $\pm$ 0,8 b
S2	389 $\pm$ 18	487 $\pm$ 43 a	466 $\pm$ 7 c	8,6 $\pm$ 0,4	5,2 $\pm$ 0,9 b	4,8 $\pm$ 0,7 b
S3	391 $\pm$ 10	477 $\pm$ 5 a	489 $\pm$ 3 b	8,8 $\pm$ 0,4	6,0 $\pm$ 0,4 a	5,5 $\pm$ 1,1 ab
S4	387 $\pm$ 10	492 $\pm$ 19 a	524 $\pm$ 39 a	8,7 $\pm$ 0,4	6,5 $\pm$ 0,1 a	6,3 $\pm$ 0,9 a
ANOVA P	ns <sup>2</sup>	0,012	0,007	ns	0,027	<0,05

<sup>1</sup> Tratamento: C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). <sup>2</sup> Não significativo (ANOVA  $P > 0,05$ ). <sup>3</sup> Médias com letras distintas em uma mesma coluna são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

Embora as concentrações iniciais de CO<sub>2</sub> livre na água tenham apresentado diferenças entre os tratamentos, essas não foram significativas (Tabela 5;  $P > 0,05$ ). Após 30 dias, a concentração de CO<sub>2</sub> livre em S4 foi muito maior que o observado nos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ). Ao final, havia significativamente menos CO<sub>2</sub> em C1, C2, S1 e S2 que em S4.

Os peixes que estavam nas caixas que com mais CO<sub>2</sub> apresentaram menor crescimento corporal. Isso se deveu, provavelmente, estresse respiratório. Além do menor ganho de peso, pode ser observado em S4 a maior taxa de mortalidade, caixas que apresentaram as maiores concentrações de CO<sub>2</sub>.

TABELA 5. Concentração de CO<sub>2</sub> livre (mg/L) na água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média  $\pm$  d.p.; n = 4)

Trat <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub> livre		
	Inicial	30 dias	Final
C1	13,0 $\pm$ 4,5	7,0 $\pm$ 1,5 b <sup>3</sup>	9,0 $\pm$ 2,0 b
C2	24,0 $\pm$ 8,0	9,0 $\pm$ 1,0 b	9,3 $\pm$ 1,8 b
S1	17,5 $\pm$ 9,2	7,0 $\pm$ 1,5 b	8,0 $\pm$ 1,3 b
S2	13,3 $\pm$ 1,0	8,0 $\pm$ 1,0 b	7,0 $\pm$ 1,5 b
S3	14,0 $\pm$ 4,0	11,3 $\pm$ 5,8 b	10,0 $\pm$ 4,0 ab
S4	13,5 $\pm$ 3,5	37,0 $\pm$ 3,5 a	17,0 $\pm$ 9,0 a
ANOVA P	ns <sup>2</sup>	<0,001	<0,05

<sup>1</sup> Tratamento: C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). <sup>2</sup> Não significativo (ANOVA  $P > 0,05$ ). <sup>3</sup> Médias com letras distintas em uma mesma coluna são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

A alcalinidade total (AT) inicial da água variou entre 47,0 e 59,3 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , não havendo diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6;  $P > 0,05$ ). Com 30 dias de experimento, a AT da água, nos tanques que estavam recebendo aplicações bissemanais de sulfato de alumínio, era menor que em C1 e C2 ( $P < 0,05$ ). Ao final, a AT da água havia sido zerada em S3 e S4. A dureza total (DT) da água apresentou menores variações entre os tratamentos e ao longo do tempo. Ao final, a DT da água estava entre 78,3 e 91,1 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , não havendo diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 6;  $P > 0,05$ ).

Água com a alcalinidade reduzida tem baixo poder tampão. Dessa forma, torna-se menos produtiva e pode faltar C inorgânico dissolvido para a fotossíntese.

A soma das concentrações de cálcio e de magnésio da água, expressas como equivalente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), tradicionalmente tem sido considerada como a medida da dureza total (QUEIROZ & BOEIRA, 2006). A dureza é importante para o desenvolvimento dos peixes, como por exemplo: fertilidade dos ovos, o crescimento. Nesse estudo, a dureza esteve sempre acima do mínimo desejável para piscicultura, que é 60 mg/L.

TABELA 6. Alcalinidade total (AT, mg/L CaCO<sub>3</sub>) e dureza total (DT, mg/L CaCO<sub>3</sub>) da água de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média ± d.p.; n = 4)

Trat <sup>1</sup>	AT			DT		
	Inicial	30 dias	Final	Inicial	30 dias	Final
C1	51,8 ± 7,8	77,8 ± 7,6 a <sup>3</sup>	57,8 ± 4,3 a	91,4 ± 1,7	93,1 ± 1,2	85,1 ± 4,9
C2	53,8 ± 8,3	70,7 ± 5,6 a	63,4 ± 4,3 a	90,9 ± 2,6	89,3 ± 3,8	78,3 ± 1,1
S1	53,0 ± 4,5	37,9 ± 3,5 b	10,8 ± 1,1 b	92,2 ± 5,9	86,8 ± 8,0	82,0 ± 3,9
S2	59,3 ± 6,8	29,8 ± 2,8 c	1,0 ± 0,0 c	90,9 ± 4,7	86,0 ± 3,5	91,1 ± 2,6
S3	54,5 ± 10,6	15,5 ± 2,2 d	0,0 ± 0,0 c	91,7 ± 4,0	92,3 ± 5,3	79,3 ± 4,3
S4	47,0 ± 8,1	13,6 ± 1,8 d	0,0 ± 0,0 c	89,4 ± 2,7	93,1 ± 7,8	82,1 ± 1,2
ANOVA P	ns <sup>2</sup>	<0,001	<0,001	ns	ns	ns

<sup>1</sup> Tratamento: C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). <sup>2</sup> Não significativo (ANOVA P>0,05). <sup>3</sup> Médias com letras distintas em uma mesma coluna são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak (P<0,05).

As concentrações de amônia e nitrito na água permaneceram baixas ao longo de todo o período experimental, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. Alguns motivos para isso foram a baixa densidade de estocagem de peixes em cada caixa, as pequenas entradas de ração em cada tanque de cultivo e o sifonamento de fundo que acontecia regularmente.

A taxa respiratória na coluna d'água apresentou pequenas alterações entre os tratamentos até a 4<sup>a</sup> semana. Nas semanas subsequentes, os valores de taxa respiratória diferiram entre os tratamentos (Tabela 7) com comportamento semelhante. Os controles C1 e C2 apresentaram taxas de respiração na coluna d'água maiores que as observadas em S1 – S4 (P<0,05).

Os tratamentos C1 e C2 tiveram uma maior concentração de matéria orgânica, isso explica a maior taxa respiratória na coluna d'água. A partir do S1, que são os tanques tratados com sulfato de alumínio, os peixes reduziam o ganho de peso corporal, sendo assim, a porcentagem de ração comercial ofertada foi menor, explicando dessa forma, a menor taxa de respiração.

TABELA 7. Taxa respiratória na coluna d'água, em mg/L/h, de tanques de criação de juvenis de tilápia do Nilo (média  $\pm$  d.p.; n = 4)

Trat <sup>1</sup>	Tempo de cultivo				
	2 sem	4 sem	6 sem	8 sem	10 sem
C1	0,78 $\pm$ 0,26	0,67 $\pm$ 0,11	0,97 $\pm$ 0,48 a <sup>3</sup>	0,78 $\pm$ 0,14 a	0,56 $\pm$ 0,05 a
C2	0,88 $\pm$ 0,16	0,57 $\pm$ 0,12	0,92 $\pm$ 0,23 a	0,69 $\pm$ 0,08 a	0,45 $\pm$ 0,16 a
S1	0,64 $\pm$ 0,12	0,56 $\pm$ 0,14	0,35 $\pm$ 0,10 b	0,38 $\pm$ 0,01 b	0,18 $\pm$ 0,01 b
S2	0,75 $\pm$ 0,20	0,56 $\pm$ 0,18	0,27 $\pm$ 0,09 b	0,10 $\pm$ 0,01 b	0,21 $\pm$ 0,01 b
S3	0,79 $\pm$ 0,22	0,59 $\pm$ 0,14	0,26 $\pm$ 0,07 b	0,30 $\pm$ 0,01 b	0,22 $\pm$ 0,06 b
S4	0,88 $\pm$ 0,30	0,52 $\pm$ 0,18	0,34 $\pm$ 0,14 b	0,40 $\pm$ 0,02 b	0,02 $\pm$ 0,01 b
ANOVA P	ns <sup>2</sup>	ns	0,014	0,007	0,012

<sup>1</sup> Tratamento: C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). <sup>2</sup> Não significativo (ANOVA P>0,05). <sup>3</sup> Médias com letras distintas em uma mesma coluna são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak (P<0,05).

### 3.2 Desempenho zootécnico

O pH da água pode afetar significativamente a fisiologia dos animais aquáticos. O grau de acidez e a basicidade da água podem estressar e perturbar o crescimento normal dos peixes (REBOUÇAS, 2016).

No início, cada caixa continha 6 peixes, sendo assim, vinte e quatro peixes por tratamento. Em C1, foram observadas apenas 3 mortes. Já em C2, apenas 1 peixe veio a óbito. Em S1 foram 2 mortes; em S2, 4 mortes; em S3, 3 mortes; e em S4, 21 peixes morto durante o período experimental (Figura 6).

As variações do pH da água que se desviam da faixa ideal para a espécie podem afetar a sobrevivência e o desempenho dos peixes (WHITE et al., 2014).

No tratamento S4, que recebeu a aplicação de 10 g de sulfato de alumínio/tanque ou 40 g/tanque/mês, os peixes sofreram grande estresse, tendo-se observado muitas mortes de animais. As causas prováveis da baixa sobrevivência de peixes em S4 são as seguintes: 1 – toxicidade do alumínio; 2 – toxicidade do gás sulfídrico; 3 – lesões branquiais pela acidez; 4 – morte do fitoplâncton pela acidez e pelos íons  $Al^{+3}$ .

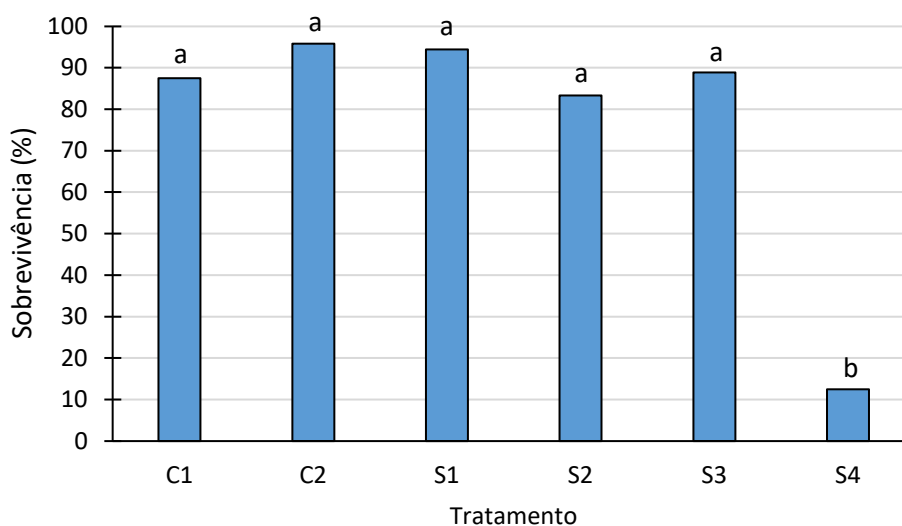


FIGURA 6. Sobrevivência de juvenis de tilápia do Nilo, após 10 semanas de cultivo.

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte); S4: aplicação de 10,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 40 mg/L/semana (acidificação muito forte). Colunas com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

Os peixes iniciaram o experimento com peso corporal médio de 1,0 g. Em cada biometria, que foi feita quinzenalmente, podia-se notar que os peixes dos tanques-controles sempre possuíam maiores pesos que os demais, principalmente em C1. Nos tanques em que se aplicou sulfato de alumínio, o tratamento que apresentou um peso corporal final um pouco maior foi o S2, porém sem diferir de S1 e S3 ( $p>0,05$ ). O peso corporal médio dos peixes em S4 não está apresentado por falta de relevância, visto que a sobrevivência nessas caixas foi um pouco maior de 10%.

Mesmo com menor aplicação de sulfato em S1, com 2,5g /tanque/semana, houve retardo no ganho de peso dos animais. As explicações são as mesmas apresentadas para o tratamento S4. Em S1, entretanto, o fator predominante para o prejuízo zootécnico não foi o pH, já que em tratamento S1 o pH também esteve compreendido entre 6,5 e 7,0, mas sim a entrada de íons  $Al^{+3}$ .

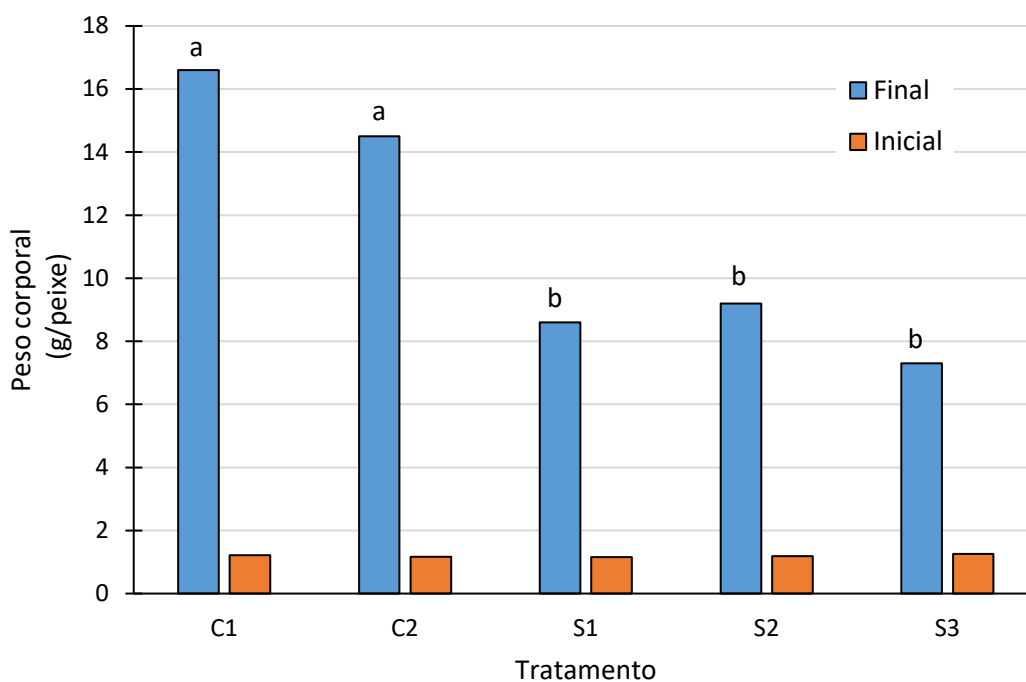


FIGURA 7. Peso corporal inicial e final de juvenis de tilápia do Nilo.

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de



7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte). Colunas azuis com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

O fator de conversão alimentar (FCA) final nos tanques-controles (C1, C2) ficou próximo de 1,3: 1, que pode ser considerado um bom resultado zootécnico, que permitiria bom lucro ao produtor (Figura 8). Já nos tanques que receberam aplicações regulares de sulfato de alumínio, o FCA ficou entre 1,8 - 2,0: 1, o que demonstra crescimento corporal mais lento, maior ineficiência no aproveitamento da ração ofertada e maiores despesas para alcançar o peso de comercialização.

Com a aplicação do sulfato de alumínio, os animais ficavam mais estressados e isso afetou de forma negativa o consumo alimentar, havendo maior sobras de ração. Dessa forma, o FCA em S1, S2 e S3 foi elevado. Além disso, o sulfato pode ter ocasionado a morte do plâncton, que no tratamento S4 já não era mais visível. O plâncton seria importante para nutrição dos alevinos de tilápia, tendo implicado no aumento do FCA em S1, S2 e S3.

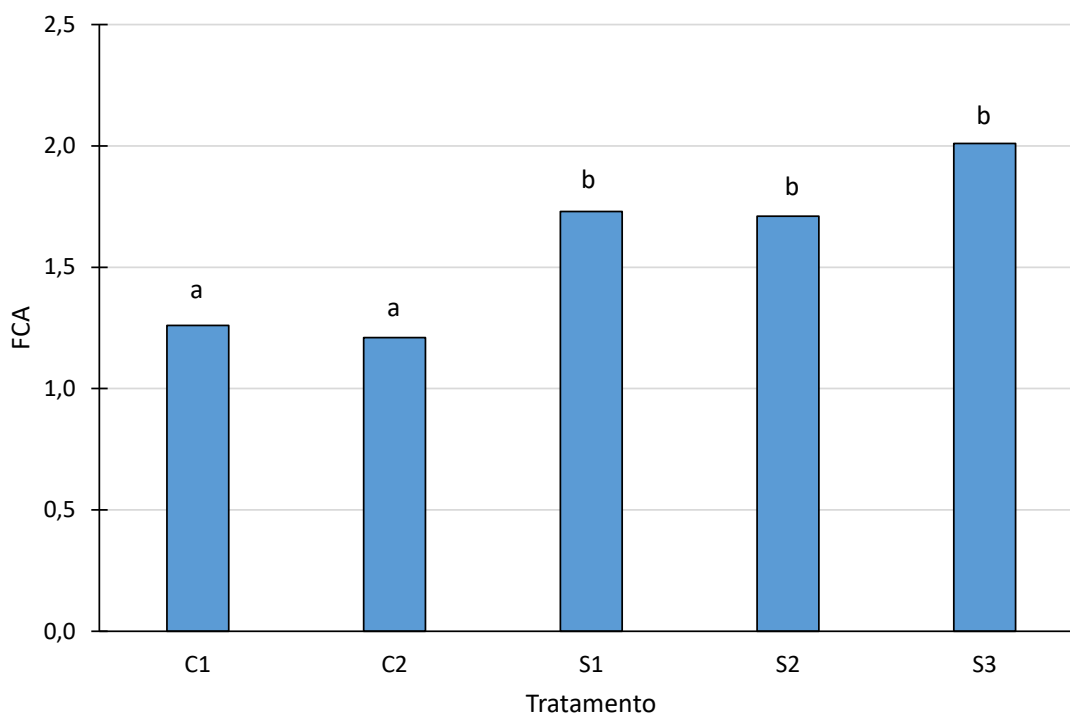


FIGURA 8. Fator de conversão alimentar (FCA) de juvenis de tilápia do Nilo, após 10 semanas de cultivo.

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte). Colunas com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

### 3.3 Índices econômicos

Em C1 e C2, o custo médio com ração comercial para produzir um milheiro de juvenis de tilápia do Nilo de 40 g foi de R\$ 500,00 (Figura 9). Em S1, o custo foi de, aproximadamente, R\$ 700,00; em S2, R\$ 750,00; e em S3, R\$ 800,00. Portanto, os tanques que não receberam aplicações regulares de sulfato de alumínio foram mais lucrativos, com os animais tendo apresentado crescimento mais rápido que em S1 – S3.

C1 foi o melhor tratamento, mesmo C2 tendo apresentado um custo próximo. C1 superaria C2 quanto à mão de obra, pois não haveria necessidade de calagem. Sendo assim, o tratamento C1 traria mais lucro do que qualquer um dos outros tratamentos.

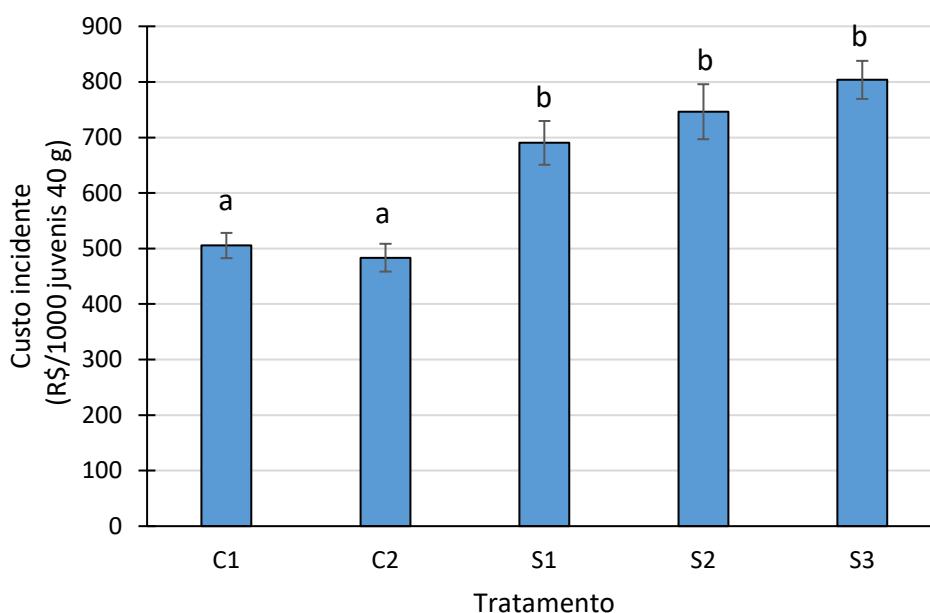


FIGURA 9. Custo incidente com ração comercial para produzir um milheiro de juvenis de tilápia de 40 g (média  $\pm$  d.p.;  $n = 4$ ).

C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte). Colunas com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

Os tanques-controle, C1 e C2, foram os mais lucrativos ( $P < 0,05$ ), quando comparado aos tanques que receberam aplicações regulares de sulfato de alumínio (Figura 10).

Em relação aos indicadores experimentais observados no presente trabalho, os tratamentos C1 e C2 não diferiram entre si em relação a qualidade de água, desempenho zootécnico e econômico. O trabalho poderia ter sido mais interessante, se tivesse havido um manejo mais expressivo de calagem nos tanques C2.

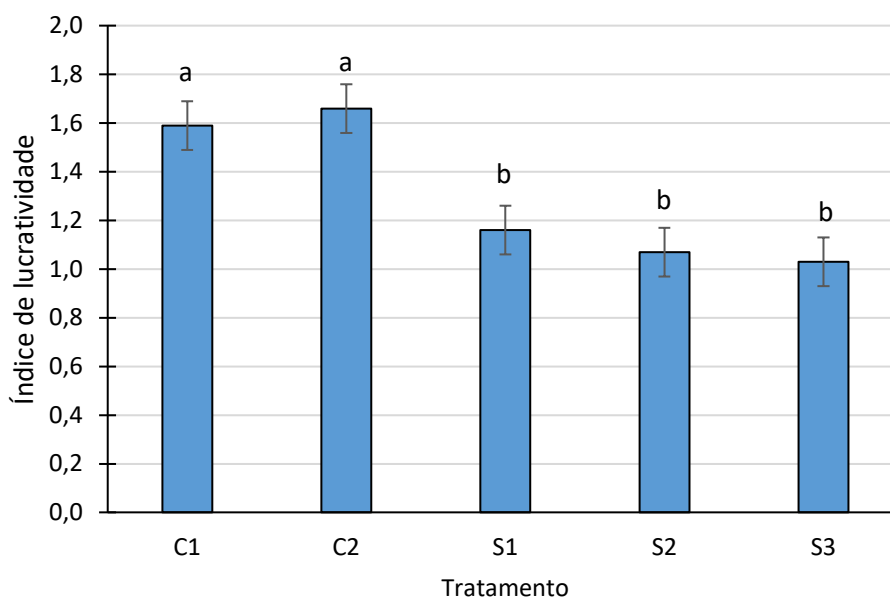


FIGURA 10. Índice de lucratividade na produção de juvenis de tilápia de 40 g (média ± d.p.; n = 4).

Índice de lucratividade: quantidade de reais ganhos para cada real gasto com ração comercial. C1: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH da água livre); C2: não houve aplicação de sulfato de alumínio na água (pH ajustado para 7 – 8); S1: aplicação de 2,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 10 mg/L/semana (acidificação leve); S2: aplicação de 5,0 g de sulfato de

alumínio/semana, isto é, 20 mg/L/semana (acidificação moderada); S3: aplicação de 7,5 g de sulfato de alumínio/semana, isto é, 30 mg/L/semana (acidificação forte). Colunas com letras distintas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Holm-Sidak ( $P < 0,05$ ).

## 4 CONCLUSÃO

O sulfato de alumínio foi eficiente na redução da alcalinidade e pH da água. Entretanto, o sulfato de alumínio não é um bom acidificante para uso regular em tanques de piscicultura, por conta do estresse causado aos animais, principalmente a entrada de íons alumínio.

Um efeito colateral que foi visível foi a morte do plâncton pela aplicação do sulfato de alumínio. Nas caixas em que se aplicou mais sulfato de alumínio, foi possível observar claras diferenças na transparência da água, sendo maior que em todos os demais tratamentos.

Com o estresse causado pelas aplicações de sulfato de alumínio, os animais não se alimentaram normalmente, havendo maiores desperdícios de ração. Com isso, os animais ganharam menos peso corporal e o FCA se elevou, tornando a criação não rentável.

Não há justificativa para a aplicação regular do sulfato de alumínio na água de juvenis de tilápia do Nilo. Em relação a qualidade de água, o sulfato de alumínio, embora seja um bom acidificante, traz mais problemas do que soluções por causar a morte do plâncton e causar estresse animal. Os peixes expostos às maiores aplicações de sulfato de alumínio não se alimentam normalmente, havendo maior gasto de ração, sem o devido ganho em peso.

Seria esperado um maior ganho de peso animal e menor FCA nos tanques que receberam as menores aplicações de sulfato de alumínio. Em futuros trabalhos, seria interessante testar níveis ainda menores de aplicação de sulfato de alumínio, tal como 1,0 g/semana ou menos de 5 mg/L/semana, tendo em vista a obtenção de melhores resultados de desempenho zootécnico.

## REFERÊNCIAS

BARKOH, Aaron, et al. Use of Aluminum Sulfate to Reduce pH and Increase Survival in Fingerling Striped Bass Production Ponds Fertilized with Nitrogen and Phosphorus. *North American Journal of Aquaculture* 75:377–384, 2013.

Brasil é o 4º maior produtor mundial de Tilápia. **Anuário PeixeBR da Piscicultura**. São Paulo, 2018.

EL-SHERIF, M. S.; EL-FEKY, A. M. I. Performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. I. Effect of pH. *Int. J. Agric. Biol*, v. 11, n. 3, p. 297-300, 2009.

KUBITZA, Fernando. Qualidade da Água na Produção de Peixes - Parte II. **Panorama da Aquicultura**, v. 8, n 46, p 35-41, março-abril, 1998.

KUBITZA, Fernando & KUBITZA, Ludmilla. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade – Parte I. **Panorama da Aquicultura**, Jundiaí – SP, 30 de junho de 2000. Disponível em: <

LIM, C. Practical feeding - tilapias. In: LOVELL, T. Nutrition and feeding of fish New York: Van Nostrand Reinhold. p. 163-182, 1988.

MACÊDO, J.A.B. (2004). Águas & águas. 3 ed. CRQ. Belo Horizonte.

Mortandade de peixes. CETESB. São Paulo. Disponível em: <

NOBRE, M. K. B., LIMA, F. R. S., MAGALHÃES, F. B. & Sá, M.V.C (2014). Misturas alternativas de calagem para piscicultura. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 36(1), 11-16.

PIVELI, Roque Passos. CURSO: “QUALIDADE DAS ÁGUAS E POLUIÇÃO: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS”. USP, 2004. Disponível em: <

<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%206%20-%20Alcalinidade%20e%20Acidez.pdf> >. Acesso em: 30/11/2022.

QUEIROZ, Júlio Ferraz de & BOEIRA, Rita Carla. Calagem e Controle da Acidez dos Viveiros de Aqüicultura. **Embrapa**, 2006. Disponível em: < <https://www.cnpma.embrapa.br/aquisys/circular14.pdf> >. Acesso em: 28/11/2022.

REBOUÇAS, Vanessa, et al. Tolerance of Nile tilapia juveniles to highly acidic rearing water. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v. 37, n. 3, p. 227-233, Julho-Set., 2015.

REBOUÇAS, Vanessa, et al. 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, Out-Dez., 2016.

SÁ, Marcelo. *Limnocultura: Limnologia para Aquicultura*. 1. ed. Fortaleza: UFC, 2012. 218 p.

URBINATI, E.C., CARNEIRO & P.C.F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. São Paulo: *Aquabio* 1, 171-19, 2004)

WHITE, R. S., McHugh, P. A., Glover, C. N. & McIntosh, A. R. As múltiplas agressões ambientais aumentam a amplitude do nicho realizado de um peixe que vive na floresta. *Ecografia*, 38(2), 154-162, 2014.