



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

BRENO JOSÉ SOUSA PORTELA

**USO DO PERCARBONATO DE SÓDIO COMO ALTERNATIVA AO PERÓXIDO
DE HIDROGÊNIO NA OXIGENAÇÃO EMERGENCIAL DA ÁGUA E EM
TANQUES COM JUVENIS DE TILÁPIA DO NILO, *Oreochromis niloticus***

FORTALEZA

2022

BRENO JOSÉ SOUSA PORTELA

USO DO PERCARBONATO DE SÓDIO COMO ALTERNATIVA AO PERÓXIDO DE
HIDROGÊNIO NA OXIGENAÇÃO EMERGENCIAL DA ÁGUA E EM TANQUES COM
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

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)

P877u Portela, Breno José Sousa.
Uso do percarbonato de sódio como alternativa ao peróxido de hidrogênio na oxigenação emergencial da água e em tanques com juvenis de tilápia do Nilo, *oreochromis niloticus* / Breno José Sousa Portela. – 2021.
65 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. Aquicultura. 2. Hiperóxia. 3. Piscicultura. I. Título.

CDD 639.2

BRENO JOSÉ SOUSA PORTELA

USO DO PERCARBONATO DE SÓDIO COMO ALTERNATIVA AO PERÓXIDO DE
HIDROGÊNIO NA OXIGENAÇÃO EMERGENCIAL DA ÁGUA E EM TANQUES COM
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: 02 / 09 / 2022

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Antônio Glaydson Lima Moreira
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

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

A Jesus Cristo, a meu pai Benigno Portela, a
minha mãe Eliamar de Fátima e a minha
companheira Gracielle Ferreira.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de viver com plenitude, por ter sido abençoado em toda a minha carreira, pela capacidade de estudar e de poder concluir mais uma etapa da minha vida com êxito.

Aos meus pais José Benigno Viana Portela e Eliamar de Fátima Boaes Sousa por serem os alicerces da minha educação, por terem me incentivado a enfrentar as dificuldades da vida.

A minha companheira Gracielle Bezerra Ferreira por fazer presente em todos os momentos, pelo apoio e por todo incentivo.

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. Dr. Antônio Glaydson Lima Moreira e Prof. Dr. Davi de Holanda Cavalcante, pelas valiosas colaborações e sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

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

Aos amigos do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA, 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 verificar os efeitos físico-químicos da aplicação do peróxido de hidrogênio e o produto alternativo percarbonato de sódio (SPC) para a oxigenação emergencial de águas desoxigenadas e em tanques com juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) induzidos a hipóxia, além de determinar a faixa segura de aplicação desses produtos para essa espécie. O trabalho foi constituído por três fases. Na primeira fase, foram preenchidos 20 tanques com 100 L de água do sistema de abastecimento público. A água dos tanques foi inicialmente desoxigenada pela aplicação de 5 mg L⁻¹ de sulfito de sódio p.a. e cerca de 0,25 g de cloreto de cobalto p.a. Quando a concentração de oxigênio dissolvido na água foi reduzida para 2,44 ± 0,04 mg L⁻¹, aplicou-se os produtos de oxigenação emergencial. Foram constituídos cinco tratamentos com quatro repetições: tanques sem aplicação de nenhum produto de oxigenação emergencial; com aplicação de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% p.a.; com aplicação de SPC 0,10; 0,20 e 0,50 g/100L respectivamente. As seguintes determinações físico-químicas de qualidade de água foram realizadas a cada meia hora, durante três horas de monitoramento: pH, oxigênio dissolvido, temperatura e alcalinidade total. Na segunda fase foram preenchidos vinte quatro tanques com 100 L desoxigenados da mesma forma da primeira etapa. Foram constituídos seis tratamentos, com quatro repetições cada, sendo, portanto: tanques sem aplicação de nenhum produto de oxigenação emergencial; com aplicação de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% p.a.; com ponto de aeração mecânica; com aplicação de SPC 0,10; 2,43 e 4,86 g/100L respectivamente. Foram avaliados o pH, oxigênio dissolvido, temperatura e alcalinidade total, a cada hora, durante cinco horas. Na terceira etapa foram preenchidos vinte quatro tanques com 100 L e seis peixes em cada um, constituídos com os mesmos tratamentos, repetições e determinações físico-químicas da segunda etapa. Para a desoxigenação da água, no início foi aplicado 10 ± 0,3g de ração comercial e a interrupção do compressor de ar em todos os tratamentos. Quando a concentração de oxigênio dissolvido na água foi reduzida abaixo de 4 mg L⁻¹, aplicou-se os produtos de oxigenação emergencial e o compressor foi ligado apenas para o tratamento com ponto de aeração mecânica. Na primeira etapa nenhum tratamento chegou à recomendação mínima de oxigênio para peixes tropicais e pouco influenciaram nas demais variáveis. Na segunda fase o SPC com maiores concentrações demonstrou efeitos semelhantes à aeração mecânica e ambos foram superiores entre os tratamentos, contudo o SPC elevou o pH e alcalinidade. Os juvenis de tilápia do Nilo não foram afetados pela dosagem utilizada e grandes taxas de SPC junto com a aeração mecânica foram melhores na oxigenação da água, o SPC elevou o pH e alcalinidade que ainda estavam na faixa

recomendada. Concluiu-se que o SPC em doses maiores apresentou eficiência semelhante à aeração mecânica e melhor que o peróxido de hidrogênio podendo ser utilizado até 4,86g/100L para oxigenação emergencial de tanques com juvenis de tilápia do Nilo.

Palavras-chave: aquicultura; hiperóxia; piscicultura.

ABSTRACT

The objective of this work was to verify the physicochemical effects of the application of hydrogen peroxide and the alternative product sodium percarbonate (SPC) for the emergency oxygenation of deoxygenated water and in tanks with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles induced to hypoxia, in addition to determining the safe range of application of these products for this species. The work consisted of three phases. In the first phase, 20 tanks were filled with 100 L of water from the public supply system. The water in the tanks was initially deoxygenated by applying 5 mg L⁻¹ of sodium sulfite p.a. and about 0.25 g of cobalt chloride p.a. When the dissolved oxygen concentration in the water was reduced to 2.44 ± 0.04 mg L⁻¹, emergency oxygenation products were applied. It consisted of five treatments with four replications: tanks without the application of any emergency oxygenation product; with application of 1.5 mL of peroxide and hydrogen 35% p.a.; with application of SPC 0,10; 0,20 and 0,50g/100L respectively. The following physical-chemical determinations of water quality were performed every half hour, during three hours of monitoring: pH, dissolved oxygen, temperature and total alkalinity. In the second stage, twenty-four tanks were filled with 100 L deoxygenated in the same way as in the first stage. Six treatments were constituted, with four replications each, being, therefore: tanks without application of any emergency oxygenation product; with application of 3.0 mL of hydrogen peroxide 35% p.a.; with mechanical aeration point; with application of SPC 0,10; 2,43 and 4,86 g/100L respectively. The pH, dissolved oxygen, temperature and total alkalinity were evaluated every hour for five hours. In the third stage, twenty-four tanks with 100 L and six fish in each were filled, constituted with the same treatments, repetitions and physicochemical determinations of the second stage. For water deoxygenation, 10 ± 0.3g of commercial feed was applied at the beginning and the air compressor was stopped in all treatments. When the dissolved oxygen concentration in the water was reduced below 4 mg L⁻¹, emergency oxygenation products were applied and the compressor was turned on only for mechanical aeration point treatment. In the first stage, no treatment reached the minimum oxygen recommendation for tropical fish and had little influence on the other variables. In the second phase the SPC with the highest concentrations showed similar effects to mechanical aeration and both were superior between treatments, however the SPC increased the pH and alkalinity. Nile tilapia juveniles were not affected by the dosage used and high SPC rates along with mechanical aeration were better at oxygenating the water, SPC raised the pH and alkalinity which were still in the recommended range. It was concluded that the SPC at higher doses showed efficiency similar to mechanical aeration and

better than hydrogen peroxide, being able to be used up to 4,86g/100L for emergency oxygenation of tanks with Nile tilapia juveniles.

Keywords: aquaculture; hyperoxia; fish farming.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20 g e 0,50 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; $n = 4$)..... 37
- Figura 2 – pH ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20 g e 0,50 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; $n = 4$)..... 39
- Figura 3 – Temperatura, $^{\circ}\text{C}$, ao longo do tempo da água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20 g e 0,50 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; $n = 4$)..... 40
- Figura 4 – Alcalinidade total, mg L^{-1} de CaCO_3 eq., ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20 g e 0,50 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; $n = 4$)..... 42
- Figura 5 – Oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10 g, 2,43 g e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; $n = 4$)..... 54
- Figura 6 – pH ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10 g, 2,43 g e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; $n = 4$)..... 56
- Figura 7 – Temperatura, $^{\circ}\text{C}$, ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10 g, 2,43 g e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; $n = 4$)..... 57

Figura 8 – Alcalinidade total, mg L^{-1} de CaCO_3 eq., ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10 g, 2,43 g e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; n = 4).... 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Delineamento experimental da 1ª fase do trabalho.....	30
Tabela 2	– Delineamento experimental da 2ª fase do trabalho.....	32
Tabela 3	– Delineamento experimental da 3ª fase do trabalho.....	34
Tabela 4	– Concentração de oxigênio dissolvido na água, em mg L ⁻¹ , após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).....	45
Tabela 5	– pH da água após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).....	47
Tabela 6	– Temperatura da água, em °C, após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).....	49
Tabela 7	– Alcalinidade total da água, em mg L ⁻¹ CaCO ₃ eq., após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).....	52
Tabela 8	– Sobrevivência em %, após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 3; média ± d.p.; n = 4).....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CaCO ₃ eq.	Carbonato de cálcio equivalente
cm	Centímetro
g	Gramma
g m ⁻³	Gramas por metro cúbico
L	Litro
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
mg L ⁻¹	Miligrama por litro
mL L ⁻¹	Mililitro por litro
mL	Mililitro
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sódio
SPC	Percarbonato de sódio
T	tonelada
O ₂	Oxigênio
%	Porcentagem
°C	Graus celsius
μL	Microlitro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	A importância do oxigênio na água de cultivo	19
2.2	Uso do peróxido de hidrogênio na aquicultura	21
2.3	Uso do percarbonato de sódio na aquicultura	24
2.4	Riscos do peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio	26
3	OBJETIVOS	29
3.1	Objetivo geral	29
3.2	Objetivos específicos	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1	1ª Fase	30
4.1.1	<i>Delineamento experimental</i>	30
4.1.2	<i>Determinações físico-químicas</i>	31
4.2	2ª Fase	31
4.2.1	<i>Delineamento experimental</i>	31
4.2.2	<i>Determinações físico-químicas</i>	33
4.3	3ª Fase	33
4.3.1	<i>População experimental</i>	33
4.3.2	<i>Delineamento experimental</i>	33
4.3.3	<i>Determinações físico-químicas</i>	35
4.3.4	<i>Monitoramento da variável zootécnica</i>	35
4.3.5	<i>Análise estatística</i>	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	1ª Fase	36
5.1.1	<i>Oxigênio dissolvido</i>	36
5.1.2	<i>pH</i>	38
5.1.3	<i>Temperatura</i>	40
5.1.4	<i>Alcalinidade total</i>	41
5.2	2ª Fase	43
5.2.1	<i>Oxigênio dissolvido</i>	43
5.2.2	<i>pH</i>	46

5.2.3	<i>Temperatura</i>	48
5.2.4	<i>Alcalinidade total</i>	50
5.3	3ª Fase	53
5.3.1	<i>Oxigênio dissolvido</i>	53
5.3.2	<i>pH</i>	55
5.3.3	<i>Temperatura</i>	57
5.3.4	<i>Alcalinidade total</i>	58
5.3.5	<i>Sobrevivência</i>	59
6	CONCLUSÕES	62
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS	64

1 – INTRODUÇÃO

No ano de 2021, houve uma produção de 841 mil toneladas de peixes no Brasil e a espécie mais produzida foi tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com cerca de 534.005 t (PEIXE-BR, 2022). Para chegar a esses níveis de produção necessita-se de boas práticas de manejo de variáveis de qualidade de água, principalmente o oxigênio dissolvido que é a mais importante para aquicultura.

As tilápias são peixes onívoros e rústicos, que se adaptam facilmente ao confinamento em sistemas intensivos de criação, tolerando baixos níveis oxigênio, elevadas concentrações de amônia e convivem com uma faixa bastante ampla de acidez e alcalinidade na água aclimatando-se bem às diferentes condições de qualidade de água (MOREIRA *et al.*, 2001). De acordo com Cyrino e Conte (2006) concentração de oxigênio dissolvido deve ser superior a $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ para a tilápia do Nilo, contudo alguns fatores contribuem para o déficit de oxigênio na aquicultura, como a alta densidade de estocagem de peixes ou camarões em sistemas de cultivo, a grande densidade de fitoplâncton e matéria orgânica nos viveiros escavados ou até mesmo a temperatura da água, nesses casos a aeração suplementar que depende da energia para funcionar é sempre requisitada para aumentar a demanda de oxigênio (BOYD, 1998). Um dos problemas constantes enfrentados pelas larviculturas, laboratórios e berçários de peixes e camarões cultivados é a suspensão temporária da energia elétrica que pode afetar o oxigênio dissolvido nos tanques e causar mortalidade dos animais além de prejuízos financeiros (MAHANAND; PANDEY, 2019). Por isso, estudos estão sendo realizados para ação emergencial na reoxigenação da água através de produtos químicos.

A oxigenação química da água possui disponibilidade de alguns produtos a baixo custo para oxigenação emergencial ou suplementar de tanques de aquicultura, porém os efeitos do tempo de exposição, dosagem, qualidade da água podem afetar a eficácia e o efeito sobre os peixes (TAYLOR; ROSS, 1988). O persulfato de amônio e permanganato de potássio foram utilizados por Hetesa *et al.* (1981) e foram bastante tóxicos para os alevinos de carpa comum (*Cyprinus carpio*) mesmo usados nas baixas concentrações, entretanto nos dias atuais o peróxido de hidrogênio é o mais utilizado como fonte oxigênio emergencial da água.

O peróxido de hidrogênio é um composto inorgânico com fórmula química H_2O_2 , têm como principais características a coloração incolor a temperatura ambiente, viscoso, solúvel em água e poderoso oxidante. Possui diversas aplicações em várias áreas, na indústria é utilizado para clarear tecidos, como desinfecção de utensílios cirúrgicos da área de saúde e defensivo agrícola. Na aquicultura é utilizado para incorporar e elevar as concentrações de

oxigênio dissolvido na água de forma emergencial, por causa do contato com a água se decompõe rapidamente e libera oxigênio (O_2), de acordo com a seguinte reação: $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ (ARVIN; PEDERSEN, 2015). A catalase responsável pela decomposição do peróxido de hidrogênio na água, atribui outra função que é a de desinfecção de tanques, contudo atualmente algumas pesquisas vêm utilizando o percarbonato de sódio como alternativa para oxigenação emergencial da água.

O percarbonato de sódio ($2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$) é um sólido incolor, cristalino, higroscópico e solúvel em água utilizado nas indústrias como um agente clareador e alvejante (PEREIRA; FREITAS, 2020). Ao entrar em contato com a água dissocia-se em íons carbonato (CO_3^{2-}) e peróxido de hidrogênio (H_2O_2), representado na equação $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2 \rightleftharpoons 4Na^+ + 2CO_3^{2-} + 3H_2O_2$ sendo que em sua composição contém aproximadamente 27,5% H_2O_2 (YUE-HUA *et al.*, 2011). Essa característica é tão importante para aquicultura que já existe pesquisas utilizando o produto como desinfetante e controle de parasitas (TAYLOR *et al.*, 2021) e na oxigenação química emergencial da água (TORRES, 2021).

Considerando ainda são escassos os estudos sobre o uso de peróxido de hidrogênio e do percarbonato de sódio, em tanques de criação de peixes e na oxigenação química emergencial da água, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos de aplicações desses produtos sobre as variáveis físico-químicas da água submetidos a hipóxia artificial e de tanques contendo juvenis de tilápia do Nilo subordinados a uma falha de interrupção da aeração mecânica, além disso, determinar se é viável e seguro a utilização das doses utilizadas nesse trabalho para essa espécie.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância do oxigênio na água de cultivo

A concentração de oxigênio dissolvido na água depende de diversos fatores como: temperatura, pH, salinidade e fotossíntese. No período da manhã há mais oxigênio dissolvido nos viveiros do que no período noturno devido à falta de luz para realização da fotossíntese. Águas que possui maior quantidade de sais dissolvidos necessitam de maior oxigênio dissolvido, por isso há uma necessidade de usar aeração suplementar. A tilápia do Nilo é tolerante a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, no entanto ao chegar um certo limite prejudica o crescimento, conversão alimentar e suscetível a doenças. Algumas espécies de peixes criam adaptações fisiológicas a alterações ambientais referentes ao oxigênio dissolvido como: o fenômeno de diapausa e o surgimento de estruturas acessórias para a respiração, como ficou demonstrado nos trabalhos a seguir.

Lima *et al.* (2011) analisaram o efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido no cultivo de tilápia em água salobra relacionando com a biomassa. Utilizou-se dois viveiros escavados revestidos de geomembrana de PVC com capacidade de 330 m³ cada, abastecido com água proveniente do rejeito da dessalinização, com renovação mínima e densidade de 1,5 peixes/m³. Foram utilizados alevinos masculinizados de tilápia, revertidos sexualmente, com peso inicial médio de 9,5 g. Os mesmos foram alimentados uma vez ao dia, com ração comercial extrusada própria para cada fase de crescimento, contendo 45%, 35% e 32% de proteína bruta, em taxa máxima de 3% da biomassa. Os animais foram pesados uma vez ao mês para acompanhamento do desempenho zootécnico. Foram realizadas análises diárias matutinas e vespertinas, dos parâmetros de qualidade da água: temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), com o uso de termômetro e oxímetro automáticos. A temperatura oscilou moderadamente, apresentando valor mínimo de 27,3 °C no mês de maio, no período matutino e máxima de 32,0 °C no mês de março, no período vespertino. O oxigênio dissolvido apresentou média mínima de 5,7 mg L⁻¹ e máxima de 15,7 mg L⁻¹ no período da tarde, ambos no mês de maio. Concluiu-se que a temperatura e o oxigênio dissolvido encontraram-se dentro da faixa ideal para o conforto e a criação de tilápia, possibilitando o aumento da biomassa.

Ferreira *et al.* (2011) testaram o efeito de dois estressores sobre a taxa metabólica (consumo de oxigênio) da tilápia do Nilo. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, sendo utilizadas 12 juvenis, sem distinção de sexo, porém com tamanhos similares, com peso médio de 22 ± 3g, acondicionados em 12 aquários contendo 9L d'água cada um. Os

animais foram distribuídos em três grupos, quatro réplicas cada um: E1) estressor mecânico, E2) não submetido à estressores (controle) e E3) estressor visual. A mensuração das variáveis limnológicas foi realizada a cada duas horas durante um período de 12 horas, totalizando sete medições. Para obtenção dos dados de oxigênio dissolvido e temperatura foi utilizado um multiparâmetro digital. Os dados obtidos foram organizados em tabelas e avaliados por meio de análise de variância complementada (ANOVA) complementada pelo teste de Tukey, pelo programa ASSISTAT versão 7,5 beta (2008). A temperatura durante o experimento manteve-se dentro da faixa ótima para o desenvolvimento de tilápias foi de 25°C a 30°C. Os valores de pH observados foram: E1) $6,6 \pm 0,2$; E2) $6,6 \pm 0,1$; E3) $6,6 \pm 0,1$. A quantidade de oxigênio dissolvido na água chegou a $1,1 \text{ mg L}^{-1}$. Dessa forma, conclui-se que ocorreu um maior consumo de oxigênio dissolvido na primeira hora de experimento e houve variação no consumo de oxigênio em função da presença de um estressor.

Zeni *et al.* (2016) analisaram quais são os mecanismos adaptativos dos peixes às alterações ambientais diretamente relacionadas a temperatura e ao oxigênio dissolvido. Os peixes refletem as modificações ocorridas no ambiente aquático por meio de respostas adaptativas tão variadas quanto: (1) ajustes fisiológicos e bioquímicos quando peixes são expostos a diferentes temperaturas e (2) por alterações identificadas em peixes submetidos a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Dentre as adaptações correlacionadas à temperatura, podem se distinguir aquelas que afetam a sobrevivência do animal diante de índices extremos (adaptações de resistência) e aquelas que afetam as capacidades fisiológicas diante de temperaturas não extremas e ajustes fisiológicos e bioquímicos dos peixes frente a altas temperaturas. Já em relação ao oxigênio suas principais fontes na água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pela decomposição da matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e pelo aumento da temperatura ambiente, dessa forma, conforme a temperatura da água aumenta, a disponibilidade de oxigênio diminui, pois a solubilidade e o percentual de saturação do oxigênio caem. Além disso, a elevada atividade biológica em altas temperaturas tende a reduzir drasticamente a concentração de oxigênio, especialmente em corpos d'água de pequenas dimensões, com isso, a primeira reação do peixe, quando exposto a situação de hipóxia tende a ser a mudança de ambiente, procurando águas com maior concentração de oxigênio dissolvido além das adaptações cardiorrespiratórias de algumas espécies. Concluiu-se que o estudo permitiu observar que os peixes respondem às alterações ambientais relacionadas às variações de temperatura e oxigênio das mais diversas formas.

2.2 Uso do peróxido do hidrogênio na aquicultura

O peróxido de hidrogênio pode ser utilizado para elevar o oxigênio da água em transporte de alevinos ou tanques de cultivo de peixes e camarões, bem como, usado em tratamento de peixes.

Marathe *et al.* (1975) utilizaram o peróxido de hidrogênio como fonte de oxigênio no transporte de carpa comum (*Cyprinus carpio*). A pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira, cinquenta alevinos de carpa comum com aproximadamente 1,5 – 2 cm foram colocados em uma garrafa de 1 L fechada em um período de setenta e duas horas, sendo que em cada quatro horas foi utilizado 18 gotas equivalendo a 1 mL de peróxido de hidrogênio. Na segunda, 25 alevinos foram mantidos em garrafa fechada contendo 1 L de água por um período de setenta e duas horas, nesse tempo, 12 gotas peróxido de hidrogênio foram utilizadas equivalente a 0,66 mL. As variáveis físico-químicas de qualidade da água, como temperatura, oxigênio dissolvido, dióxido de carbono, alcalinidade, dureza, sólidos dissolvidos totais e pH foram monitoradas ao longo das setenta e duas horas nas duas etapas. No fim do primeiro experimento, 43 alevinos (86 %) estavam vivos, pois as mortes foram provavelmente causadas pelo esgotamento de oxigênio durante a noite. Todos os alevinos sobreviveram na segunda etapa e no tratamento controle. Os tratamentos cujo o peróxido de hidrogênio não foi usado, todos os alevinos morreram nas setenta e duas horas. O teor de dióxido de carbono e o pH da água não foi afetado pela adição de peróxido de hidrogênio. Com isso os autores concluíram que o peróxido de hidrogênio pode ser convenientemente usado para repor o oxigênio dissolvido da água durante o transporte de peixes, desde que seja utilizado de modo que o valor de oxigênio da água não exceda a exigência normal dos alevinos.

Taylor e Ross. (1988) observaram os efeitos do uso de peróxido de hidrogênio como fonte de oxigênio para o transporte de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O experimento aconteceu em três etapas, a primeira foi a análise da decomposição natural e catalítica do peróxido de hidrogênio de catalisadores inorgânicos. A segunda etapa cada tratamento contava com dez alevinos de tilápia do Nilo de aproximadamente 0,25 - 0,90 g foram expostos a várias alíquotas de peróxido de hidrogênio a 12 % em 1 L de água de torneira descansada e mantida a 30 °C por um período de seis horas. A terceira etapa, cinquenta alevinos de tilápia do Nilo com peso corporal de 1 g foram colocados em 0,5 L de água de torneira descansada e saturada de ar a 30°C, a quantidade de peróxido de hidrogênio de 0,05 mL a 12 % foi adicionada na água de transporte e a cada cinco minutos para satisfazer as necessidades de oxigênio para os peixes. A exposição dos peixes a 3 ou 2 mL L⁻¹ de peróxido de hidrogênio

a 12 % resultou em morte rápida das tilápias. Para este trabalho o nível seguro em que o peróxido de hidrogênio adicionado diretamente à água, sem causar toxicidade clínica foi de 0,15 mL L⁻¹ a 12% para alevinos de *O. niloticus*.

Pedersen e Pedersen. (2012) investigaram o potencial do peróxido de hidrogênio para tratamento de água em um sistema de recirculação contendo trutas (*Salmo trutta fario*). O experimento contou com 12 caixas de 150 m³ e foram utilizadas trutas com o tamanho aproximado de 400 g. Três experimentos separados foram realizados sequencialmente durante o trabalho: 1 - dose única de alta dose de H₂O₂ (64 mg L⁻¹), 2 - adição moderada de H₂O₂ (25 mg L⁻¹) e 3 - adição de vários níveis de H₂O₂ (10 – 20 mg L⁻¹) com peixes e 4 – aplicação do peróxido de hidrogênio apenas no biofiltro. A adição de peróxido de hidrogênio reduziu a amônia. A aplicação de H₂O₂ foi rapidamente degradada e causou liberação da matéria orgânica do biofiltro, portanto aumentou o fluxo de água e melhorou a distribuição hidráulica. Adição de H₂O₂ nos tanques pareceu melhorar a qualidade da água e não afetou negativamente os peixes, além de ser um desinfetante que eliminou vários parasitas. Os autores concluíram que o peróxido de hidrogênio pode ser usado como desinfetante e pode ser usado em sistema de recirculação aquícola pois é degradável, além de ser fácil de usar.

Lima *et al.* (2012) avaliaram a utilização de peróxido de hidrogênio no incremento de oxigênio dissolvido no cultivo de camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*). O experimento foi conduzido em tanques retangulares de 40 m³ e povoados com camarões marinhos da espécie *L. vannamei* com aproximadamente 5 g, na densidade de 30 camarões por m². O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e duas repetições: 1) PEROX (com aplicação de peróxido de hidrogênio a 5 ppm) e 2) CTL – controle (sem aplicação de peróxido de hidrogênio). As variáveis físico-químicas de qualidade da água, como temperatura, oxigênio dissolvido e pH foram monitoradas ao longo de vinte e quatro horas (ciclo nictemeral), com intervalos de uma hora entre cada medição. A temperatura e o pH não tiveram diferenças significativas nesse trabalho. Os autores concluíram que o peróxido de hidrogênio a 5 ppm promove um aumento nos níveis de oxigênio dissolvido da água de cultivo, porém seu efeito tem duração relativamente curta (duas a três horas), devido a sua alta decomposição em água.

Furtado *et al.* (2014) determinaram a concentração letal e o nível seguro de peróxido de hidrogênio aplicado como fonte de oxigênio para juvenis de camarão branco *L. vannamei* em sistema de bioflocos (BFT). O experimento foi realizado em tanques plásticos de 4 L preenchidos com água do mar (salinidade 32 % e alcalinidade 125 mg L⁻¹ CaCO₃) e contendo bioflocos, todos os tanques eram ligados a difusores de ar para manter a aeração. O sistema

experimental foi estático sem renovação de água, e a alimentação foi suspensa durante o teste. O ensaio consistiu de 3 camarões ($1,39 \pm 0,37\text{g}$) por unidade experimental (tanque), 15 tanques por tratamento ($n = 45$ camarões/tratamento) e oito tratamentos ($n = 360$ juvenis). Os tratamentos incluíram diferentes concentrações de H_2O_2 [29 (100), 58 (200), 116 (400), 174 (600), 232 (800), 290 (1.000) e 348 (1.200) $\mu\text{L L}^{-1}$ (ppm H_2O_2 -29%/L)] e um grupo controle (sem adição de H_2O_2). Variáveis físico-químicas de qualidade da água, como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, salinidade, nitrogênio amoniacal total (NAT) e nitrito (N-NO_2^-) foram monitorados nesse trabalho e medidos diariamente pela manhã e à tarde. A qualidade da água foi afetada negativamente pelo aumento das concentrações de H_2O_2 no nitrogênio amoniacal total (NAT) e nitrito (N-NO_2^-). O tratamento 348 (1.200) $\mu\text{L L}^{-1}$ obteve 100 por cento de mortalidade e o 29 (100) $\mu\text{L L}^{-1}$ menor mortalidade. Com essas informações os autores concluíram que quanto maior for a dose de peróxido de hidrogênio maior será a letalidade e concentrações abaixo de 29 (100) $\mu\text{L L}^{-1}$ podem ser aplicadas como fonte de oxigênio para *L. vannamei* criado com bioflocos sem causar mortalidade do camarão ou impactos negativos sobre a qualidade da água.

Torres *et al.* (2020) produziram água superoxigenada, quimicamente estável, com peróxido de hidrogênio para uso emergencial em tanques de aquicultura e verificaram os efeitos de sua utilização. Vinte e quatro galões plásticos de 12 L receberam, cada um, 10 litros de água doce limpa (torneira) constituindo por seis grupos experimentais cada um com quatro repetições, dois grupos controles sem aplicação do peróxido de hidrogênio e quatro em diferentes dosagens, a saber: 20,0 mL e 40,0 mL de P35 por galão. Após a aplicação do produto na água, os galões foram mantidos hermeticamente fechados, sendo que metade dos galões foram abertos periodicamente, por ocasião das amostragens experimentais (galões manipulados), e metade dos galões somente foram abertos nos dias 15 e 28 (galões não manipulados). Concluiu-se que é possível preparar água superoxigenada quimicamente estabilizada para uso emergencial em tanques de aquicultura pela aplicação de 2,0 mL L^{-1} de peróxido de hidrogênio 35% p.a, em água doce limpa. Após o preparo, deve-se respeitar uma carência mínima de três dias para uso da água superoxigenada. Concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 15 mg L^{-1} poderão ser mantidas por no mínimo 28 dias, caso a vedação dos galões contendo água oxigenada seja apropriada.

2.3 Uso do percarbonato de sódio na aquicultura

O percarbonato de sódio atualmente está sendo utilizado como alternativa de fonte emergencial de oxigênio dissolvido, visto que é relativamente fácil de transportar, manusear e aplicar, mesmo em grandes áreas, além disso, por ter o peróxido de hidrogênio em sua composição é um poderoso agente oxidante eficaz contra vários ectoparasitas, protozoários e metazoários de peixes, ou seja, é um antiparasitário ativo.

Buchmann *et al.* (2003) verificaram os efeitos do percarbonato de sódio e extrato de alho no controle da doença da mancha branca (*Ichthyophthirius multifiliis*) *in vitro* em relação ao verde malaquita. Terontes e os tomocistos retirados de trutas-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) do *I. multifiliis* foram expostos a concentrações de 0; 0,5; 2,5; 12,5; 62,5; 312,5 e 1.562,5 mg L⁻¹ de percarbonato de sódio, 0, 0,5; 2,5; 12,5; 30; 62,5; 117; 312,5; 570 e 1.562,5 mg L⁻¹ de extrato de alho e 0; 0,004; 0,02; 0,1; 0,5; 2,5 e 15 mg L⁻¹ de verde malaquita durante 900 minutos. O verde malaquita teve um efeito letal sobre os terontes em 90 min a uma concentração de 0,5 mg L⁻¹ e em 900 min a 0,1 mg L⁻¹. Concentrações mais altas de percarbonato de sódio foram necessárias para matar os estágios infecciosos. No entanto, as dosagens de 12,5 mg L⁻¹ por 180 min e 62,5 mg L⁻¹ por 90 min foram eficazes. O extrato de alho apresentou algum efeito sobre os terontes, com concentrações de 62,5 mg L⁻¹ sendo efetivas em 900 min e as de 312,5 mg L⁻¹ em 180 min. Conclui-se que essas substâncias alternativas são menos eficazes do que o verde malaquita, mas pode representar uma maneira de reduzir infecções em pisciculturas com efeitos ambientais toleráveis.

Heinecke *et al.* (2009) estabeleceram uma estratégia preventiva utilizando o percarbonato de sódio (SPC) e formaldeído (FA) 37% combinado com a filtração da água contra o parasita *Ichthyophthirius multifiliis* em pisciculturas com em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Os parasitas foram expostos a 32, 64, 98 e 128 mg L⁻¹ de FA e 64, 128, 258 e 512 mg L⁻¹ de SPC em copos de vidro (diâmetro 5 cm) a 11–13 e 21–22 °C. No tempo zero e a cada quinze minutos o número de parasitas vivos foi contado usando um microscópio de dissecação (8-100×), os que estavam lisos e sem movimento de cílios e sem movimento celular interno foram considerados mortos. O aumento da temperatura de 11–13 °C para 21–22 °C diminuiu os tempos de sobrevivência dos parasitas. Foi demonstrado que o SPC foi mais eficaz em matar os *I. multifiliis* em comparação com o FA e que no presente trabalho os experimentos de filtração demonstraram que era possível filtrar 100% dos *I. multifiliis* da água usando uma malha de 80 µm. Concluíram que percarbonato de sódio demonstrou ser mais eficaz contra os parasitas do que a formalina.

Jaafar *et al.* (2013) compararam eficácias do percarbonato de sódio, peróxido de hidrogênio, ácido peracético e formaldeído para controle do ectoparasita *ictiobodo necador* em truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Juvenis de truta-arco-íris com aproximadamente 2-3 g foram infectados pelo *ictiobodo necador* e divididos nos tratamentos percarbonato de sódio (40, 80 e 120 mg L⁻¹), ácido peracético (0,1; 0,2 e 0,3 mg L⁻¹), peróxido de hidrogênio (15 e 30 mg L⁻¹), formaldeído (40 e 80 mg L⁻¹) e o tratamento controle. Os compostos foram aplicados por duas horas (como tratamentos estáticos em banho de água doce a 13°C) em tanques de 20 L com aeração. O formaldeído na concentração de 80 mg L⁻¹ e ácido peracético em 0,3 mg L⁻¹ mostraram eliminação quase completa do *I. necador*. Além disso, o percarbonato de sódio e o ácido peracético 80 mg L⁻¹ e 0,2 mg L⁻¹, respectivamente também reduziram significativamente a carga parasitária em comparação com o tratamento controle. O peróxido de hidrogênio reduziu significativamente as populações de parasitas em uma concentração de 30 mg L⁻¹, mas o composto provocou reações adversas em peixes como distúrbio de equilíbrio. Portanto, as substâncias percarbonato de sódio e ácido peracético podem ser aplicadas como alternativas ao formaldeído para o controle da ictiobodose em pisciculturas.

Forwood *et al.* (2014) investigaram as concentrações mínimas efetivas de formalina e percarbonato de sódio nos estágios de vida livre de um isolado australiano de *Ichthyophthirius multifiliis* comum de teleósteos de água doce e é um problema recorrente durante os meses de verão em fazendas australianas de trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Foram utilizadas soluções de percarbonato de sódio ou de formalina: 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 mg L⁻¹ e o tratamento controle sem adição de produto químico durante 1 hora em salas com temperatura controlada a 12°C e 17±1°C com três repetições. A sobrevivência foi de 100% em todos os grupos de controle. Baixas concentrações de percarbonato de sódio foram mais eficazes em altas temperaturas, enquanto altas concentrações foram eficazes independentemente da temperatura. A formalina e o percarbonato de sódio mataram todos os terontes em quinze minutos a 64 mg L⁻¹ em ambas as temperaturas. O SPC foi eficaz contra tomocistos a 64 mg L⁻¹ em 17 °C, mas exigiu 256 mg L⁻¹ a 12 °C. Portanto se o tratamento de SPC ou formalina não for administrado de uma forma que atinja a dose mínima eficaz, a eficácia será baixa e irá interferir nos custos de produção.

Torres. (2021) avaliou os efeitos das aplicações de produtos alternativos para oxigenação emergencial da água, isto é, água superoxigenada quimicamente estabilizada e de produto comercial à base de percarbonato de sódio, sobre a físico-química de águas desoxigenadas. O trabalho foi constituído em duas fases. Na primeira fase, foram preenchidos 25 tanques com 100 L divididos em cinco tratamentos: nenhum produto de oxigenação

emergencial; $1,5 \text{ m L}^{-1}$ de peróxido de hidrogênio 35% p.a.; 750 m L^{-1} de água superoxigenada quimicamente estabilizada; $0,2 \text{ g m}^{-3}$ e $0,5 \text{ g m}^{-3}$ de percarbonato de sódio. As seguintes determinações físico-químicas de qualidade de água: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e alcalinidade total foram realizadas a cada hora, durante seis horas de monitoramento. Na segunda fase, foram preenchidos vinte oito tanques com 100 L. Foram constituídos sete tratamentos, com quatro repetição cada, sendo, portanto: nenhum produto de oxigenação emergencial; $3,0 \text{ m L}^{-1}$ de peróxido de hidrogênio 35% p.a.; aeração mecânica; 1,5 L de água superoxigenada quimicamente estabilizada; $0,5 \text{ g m}^{-3}$, $2,5 \text{ g m}^{-3}$ e $43,5 \text{ g m}^{-3}$ de percarbonato de sódio. O peróxido de hidrogênio e a água superoxigenada quimicamente estabilizada, na primeira fase, foram os produtos mais eficientes na incorporação de oxigênio dissolvido na água. O pH e alcalinidade da água foram reduzidos pela aplicação de peróxido de hidrogênio, a aplicação da água superoxigenada não afetou essas variáveis. O percarbonato de sódio comercial, quando aplicado na segunda fase em $43,5 \text{ g m}^{-3}$, mostrou-se mais eficaz no provimento emergencial de oxigênio dissolvido, no período de trinta minutos após sua aplicação, assemelhando-se aos efeitos da aeração mecânica.

2.4 Riscos do peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio

Tanto o peróxido de hidrogênio, quanto o percarbonato de sódio, se forem utilizados de forma errada podem trazer riscos para os organismos aquáticos promovendo alterações negativas na fisiologia de peixes, como a redução de vasos sanguíneos e lesão celular. Nos sistemas BFT, a utilização desses compostos, em especial o peróxido de hidrogênio pode causar prejuízos ao equilíbrio afetando principalmente a comunidade bacteriana que é necessária para manter a qualidade de água, servindo, ainda, como fonte de alimento aos animais.

Roque *et al.* (2010) determinaram os efeitos fisiológicos na exposição do robalo (*Dicentrarchus labrax*) em única dose de peróxido de hidrogênio. Os indicadores de estresse: cortisol plasmático, lactato, glicose, cálcio plasmático (Ca), fósforo (P), sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl), magnésio (Mg), hematócrito, hemoglobina, proteína total e albumina foram analisados para 30 peixes de cada grupo experimental: 1 - grupo de exposição: peixes que foram amostrados imediatamente após um banho de H_2O_2 em uma hora a 50 mg L^{-1} , 2 - grupo de recuperação: peixes tratados e amostrados após vinte e quatro horas do período de recuperação sem H_2O_2 e 3 - grupo controle que não foram expostos a H_2O_2 , ao final os indicadores de estresse foram comparados entre os grupos. Os níveis plasmáticos de cortisol e hemoglobina

foram significativamente maiores do que o controle, após exposição a H₂O₂ e a recuperação de vinte e quatro horas. O nível de glicose no plasma foi significativamente maior após a exposição ao H₂O₂ e significativamente menor do que o controle em vinte e quatro horas. O hematócrito e a albumina aumentaram significativamente após a exposição ao H₂O₂ e semelhante ao controle em vinte e quatro horas. Os autores concluíram que os peixes sofreram estresse após a aplicação do peróxido de hidrogênio no período de uma hora e que exige mais que vinte e quatro horas para recuperação dos níveis fisiológicos desses animais.

Forwood *et al.* (2015) investigaram o efeito histológico nas brânquias da truta arco-íris em resposta a imersão de SPC aplicados em uma frequência projetada para interromper o ciclo de vida de *I. multifiliis*. As trutas-arco-íris juvenis (peso médio: 30,5 ± 9 g) foram expostas a doses repetidas de 50, 150 e 250 mg L⁻¹ SPC por uma hora nos dias 1, 2, 7 e 8 em regime de tratamento. O efeito do SPC foi avaliado pela avaliação histológica das alterações estruturais no tecido branquial. Dureza da água, pH, temperatura e oxigênio dissolvido foram medidos diariamente durante o período de aclimação dos peixes. A truta-arco-íris exposta a 250 mg L⁻¹ por uma hora mostrou natação prejudicada e 2 peixes perderam o equilíbrio sendo removidos do tanque de tratamento. Os peixes expostos a 250 mg L⁻¹ também tiveram significativamente mais edema branquial após o quarto dia de tratamento do que outros grupos de tratamento e o controle. A sobrevivência foi de 100% em todos os grupos. Portanto, os autores concluíram que a faixa segura de dosagem de percarbonato de sódio para o controle do *I. multifiliis* em trutas-arco-íris é de até 150 mg L⁻¹.

König *et al.* (2020) avaliaram os efeitos do peróxido de hidrogênio sobre os microrganismos presentes na cultura de *L. vannamei* utilizando a tecnologia de bioflocos. O peso médio dos animais utilizados no experimento foi de 5,51 ± 1,05 g. O experimento foi realizado em caixas plásticas (área inferior de 0,22 m²) contendo 45 litros de médio e 15 camarões, na densidade de 333 camarões m³. O experimento consistiu em quatro tratamentos em triplicata o controle: camarão cultivado com aeração constante e sem aplicação de H₂O₂; doze horas: supressão da aeração e aplicação de 10 µL L⁻¹ na água, por doze horas; vinte e quatro horas: supressão da aeração e aplicação de 10 µL L⁻¹ na água por vinte e quatro horas e quarenta e oito horas: supressão da aeração e aplicação de 10 µL L⁻¹ na água por quarenta e oito horas. Os tratamentos que receberam H₂O₂ tiveram a aeração mecânica desligada por diferentes períodos (doze, vinte e quatro e quarenta e oito horas) para simular um mau funcionamento do sistema de aeração. Os parâmetros físicos e químicos aferidos foram: oxigênio, temperatura, pH e alcalinidade e sobrevivência parâmetro zootécnico. A média de oxigênio dissolvido não diferiu significativamente entre os tratamentos, mas grandes variações foram observadas antes

da aplicação de H_2O_2 . A temperatura da água manteve-se estável em todos os tratamentos, assim como a salinidade. O pH foi constante no controle, mas caiu significativamente durante as primeiras vinte e quatro horas em todos os tratamentos com peróxido de hidrogênio, recuperando-se após isso. Os níveis mais baixos e mais altos de alcalinidade foram registrados ao final do ensaio no tratamento controle $100 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$ e no tratamento de doze horas $135 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$, respectivamente. As taxas de sobrevivência não diferiram significativamente entre os tratamentos variando entre 98 e 100%. Os protozoários, principalmente os flagelados, também foram afetados negativamente pelo H_2O_2 . Os resultados demonstraram que o peróxido de hidrogênio pode ser usado como uma ferramenta emergencial para fornecer oxigênio aos camarões produzidos. No entanto, deve-se considerar que este elemento pode causar danos significativos aos microrganismos.

Taylor *et al.* (2021) avaliaram o uso do percarbonato de sódio (SPC) como tratamento de banho para doença proliferativa branquial (PGD) amebiana (*Neoparamoeba perurans*) em salmão do Atlântico (*Salmo salar*). Este estudo ocorreu no Centro de Pesquisa em Queensland, Austrália. Foram utilizados 24 juvenis de salmão do Atlântico por tanque, cada um com três repetições banhados por trinta minutos em água sem cloro contendo 50, 100, 250, 500, 750, 1000 e 1250 mg L^{-1} de percarbonato de sódio mais o tratamento controle com 15 peixes em dois tanques inseridos em água doce por duas horas na temperatura de $16,2 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Parâmetros de qualidade da água, incluindo pH, salinidade, oxigênio e temperatura foram registrados em dez minutos e intervalos antes e durante os trinta minutos de duração do banho. A maior quantidade de SPC elevou a concentração da salinidade, pH e alcalinidade. Os tratamentos 100 mg L^{-1} a 500 mg L^{-1} não tiveram diferenças significativas em relação ao tratamento controle e acima desses valores causou extensos danos branquiais e mortalidade, portanto os resultados indicam que uma exposição de trinta minutos ao SPC em água doce não é uma alternativa adequada ao tratamento de água doce existente da doença proliferativa branquial (PGD). Dessa forma, os autores concluíram que quanto maior for o SPC a qualidade da água será afetada, além disso, provoca danos nos peixes.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Analisar os efeitos do uso do peróxido de hidrogênio e do produto alternativo percarbonato de sódio para oxigenação emergencial da água e determinar o nível seguro desses produtos para juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar a eficácia do uso de peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio, em diferentes níveis, na oxigenação emergencial da água e em tanques com juvenis de tilápia do Nilo;
- Observar a equivalência das variáveis físico-químicas como: oxigênio, temperatura, pH e alcalinidade total entre o peróxido de hidrogênio e o percarbonato de sódio na oxigenação emergencial da água e em tanques com juvenis de tilápia do Nilo;
- Analisar os efeitos do uso de peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio, em diferentes níveis na sobrevivência de juvenis de tilápia do Nilo;
- Determinar a faixa segura ou aceitável das doses de peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio aplicadas na água de tanques com juvenis de tilápia do Nilo.

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 1ª Fase

4.1.1 Delineamento experimental

A primeira fase do trabalho foi realizada no sistema *indoor* do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA. Vinte tanques circulares de polipropileno, com capacidade nominal de 100 litros, foram preenchidos com água da torneira. A água foi deixada em repouso por 24 horas, antes de ser desoxigenada. Para isso, foram aplicados 5 mg L⁻¹ de sulfito de sódio p.a. (Na₂SO₃) e 0,25g cloreto de cobalto p.a. (CoCl₂), em cada tanque (BOYD; TUCKER, 2012). Após 30 minutos, foi feita a leitura da concentração de oxigênio dissolvido na água, tendo-se constatado que o manejo de desoxigenação havia sido bem sucedido. A concentração inicial de oxigênio dissolvido na água dos tanques foi aproximadamente 2,44 mg L⁻¹. Em seguida, os diferentes produtos para oxigenação emergencial foram aplicados aos tanques.

Nesse experimento, foram constituídos dois grupos controles e três grupos experimentais, com quatro repetições cada (Tabela 1).

Tabela 1 - Delineamento experimental da 1ª fase do trabalho

Tratamento	Função	Produto para oxigenação emergencial aplicado na água	Quantidade aplicada por tanque de 100L
CN ¹	Controle negativo	-	-
CP	Controle positivo	Peróxido de hidrogênio 35% p.a.	1,5 mL ³
SPC1	Experimental	Percarbonato de sódio ²	0,10 g
SPC2	Experimental	Percarbonato de sódio	0,20 g
SPC5	Experimental	Percarbonato de sódio	0,50 g

¹Aplicação de nenhum produto.

² 99,9% da Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC.

³ Dosagem recomendada por Lima *et al.* (2012) para uso em tanques de aquicultura 5 ppm (50% H₂O₂ m/v).

Em CN, os tanques não receberam a aplicação de nenhum produto para oxigenação da água. Em CP, cada tanque recebeu uma aplicação de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% p.a. (Neon Comercial Ltda. Suzano, SP), que é uma solução aquosa contendo 35 mL de H₂O₂ por 100 mL. Em SPC1, SPC2 e SPC5, cada tanque recebeu a aplicação de 0,10 g, 0,20 g e 0,50 g do produto comercial percarbonato de sódio 99,9% (Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC) respectivamente, que representa 10 vezes a quantidade mínima (0,02g/100L) e máxima (0,05g/100L) indicada pela OXIAQUA (Escama Forte Ltda., Aracati, CE) do percarbonato de sódio 85%.

4.1.2 Determinações físico-químicas

O pH da água foi obtido com uso do medidor TecnoPON MPA210. A concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foi mensurada com o auxílio do oxímetro Yellow Springs YSI55Y. A alcalinidade total da água foi obtida pela titulação da amostra com solução-padrão de H₂SO₄ (SÁ, 2015). As observações de qualidade de água foram realizadas antes das aplicações dos produtos e posteriormente a cada 30 minutos, durante 3 horas.

4.2 2ª Fase

4.2.1 Delineamento experimental

A segunda fase do trabalho foi realizada no sistema *indoor* do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola – LCTA. Vinte e quatro tanques circulares de polipropileno, com capacidade nominal de 100 litros, foram preenchidos com água da torneira. A água foi deixada em repouso por 24 horas, antes de ser desoxigenada. Para isso, foram aplicados 5 mg L⁻¹ de sulfito de sódio p.a. (Na₂SO₃) e 0,25g cloreto de cobalto p.a. (CoCl₂), em cada tanque (BOYD; TUCKER, 2012). Após 30 minutos, foi feita a leitura da concentração de oxigênio dissolvido na água, tendo-se constatado que o manejo de desoxigenação havia sido bem-sucedido. A concentração inicial de oxigênio dissolvido na água dos tanques foi aproximadamente 2,36 mg L⁻¹. Em seguida, os diferentes produtos para oxigenação emergencial foram aplicados aos tanques.

Nesse experimento, foram constituídos três grupos-controles e três grupos experimentais, com quatro repetições cada (Tabela 2).

Tabela 2 - Delineamento experimental da 2ª fase do trabalho

Tratamento	Função	Produto para oxigenação emergencial aplicado na água	Quantidade aplicada por tanque de 100L
CN ¹	Controle negativo	-	-
CP	Controle positivo	Peróxido de hidrogênio 35% p.a.	3,0 mL ³
AM	Controle positivo	Aeração mecânica da água com difusores conectados a compressor de ar	-
SPC1	Experimental	Percarbonato de sódio ²	0,10 g
SPC243	Experimental	Percarbonato de sódio	2,43 g
SPC486	Experimental	Percarbonato de sódio	4,86 g ³

¹Aplicação de nenhum produto.

²99,9% da Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC.

³O dobro da dosagem recomendada por Lima *et al.* (2012) para uso em tanques de aquicultura 5 ppm (50% H₂O₂ m/v).

⁴Dose de percarbonato de sódio 99,9% da Quimisul SC equivalente a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35% do Neon Comercial Ltda.

Em CN, os tanques não receberam nenhum produto para oxigenação da água. Em CP, cada tanque recebeu uma aplicação de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% p.a. (Neon Comercial Ltda., Suzano, SP), que é uma solução aquosa contendo 35 mL de H₂O₂ por 100 mL. Em AM, cada tanque foi servido por uma mangueira microporosa para difusão do ar e foi acionado o compressor de ar no mesmo momento em que os produtos de oxigenação emergencial foram aplicados. Em SPC1, SPC243 e SPC486, cada tanque recebeu a aplicação de 0,10 g (percarbonato de sódio) 2,43 g (metade da dose equivalente de percarbonato de sódio a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35%) e 4,86 g (dose de percarbonato de sódio 99,9% da Quimisul SC equivalente a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35% do Neon Comercial Ltda). Para a equivalência necessitou-se da densidade do peróxido de hidrogênio 35% p.a. (Neon Comercial Ltda., Suzano, SP) que varia entre 1,10 a 1,19 g/mL até 25°C e a densidade do percarbonato de sódio 99,9% (Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC) 1,10 a 1,20g/mL. A equivalência das doses foi definida pela seguinte fórmula:

- Dose equivalente SPC/H₂O₂ (g) = [Densidade SPC com peróxido de hidrogênio 27,5% (g/mL) x Quantidade utilizada do peróxido de peróxido de hidrogênio 35% p.a] = Q_e 27,5%
- Dose equivalente SPC/H₂O₂ (g) = [Q_e 27,5% x Porcentagem do H₂O₂ 35% p.a] + Q_e 27,5%

4.2.2 Determinações físico-químicas

O pH da água foi obtido com uso do medidor TecnoPON MPA210. A concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foi mensurada com o auxílio do oxímetro Yellow Springs YSI55Y. A alcalinidade total da água foi obtida pela titulação da amostra com solução-padrão de H₂SO₄ (SÁ, 2015). As observações de qualidade de água foram realizadas antes das aplicações dos produtos, após 30 minutos e posteriormente a cada hora, durante 5 horas.

4.3 3ª Fase

4.3.1 População experimental

Juvenis masculinizados de tilápia do Nilo, com peso corporal de 1,5 - 2 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 aclimação às condições laboratoriais, durante três 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 aclimação, os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia, às 8, 11, 14 e 17h, com ração comercial extrusada (AQUAMIX, INTEGRAL MIX, Fortaleza, Ceará) para peixes onívoros de 1 a 5g, contendo 40% de proteína bruta (de acordo com informações contidas no rótulo do produto), na taxa de 10% do peso vivo por dia.

4.3.2 Delineamento experimental

Nesta fase foram utilizados 24 tanques circulares de 100 L, pertencentes ao sistema indoor de cultivo do LCTA. Todos os tanques possuíam aeração contínua, a partir do trabalho de um compressor radial (soprador) de 2,5 CV. Cada tanque foi servido por uma mangueira microporosa para difusão do ar. Todos os tanques foram abastecidos com água da torneira descansada. Seis juvenis de tilápia do Nilo, com 1,8g de peso corporal, foram estocados em cada tanque e alimentados durante as 24 horas, às 8, 11, 14 e 17h, com ração comercial, contendo mais de 40% de proteína bruta, na taxa de 10% do peso vivo por dia, antes da desoxigenação da água. Após 24h a alimentação foi cessada e foram aplicados 10g de ração para a desoxigenação da água, as mangueiras microporosas foram retiradas de todos os

tratamentos menos a AM que era a aeração mecânica e o compressor radial foi desligado até a concentração de oxigênio dissolvido na água de todos os tanques chegarem abaixo de 4 mg L⁻¹ (BOYD, 2000) valor mínimo de oxigênio dissolvido para peixes tropicais, em seguida foram registradas as concentrações iniciais de oxigênio dissolvido e temperatura da água dos tanques, bem como o pH, alcalinidade total (AT) e aplicado os diferentes produtos para oxigenação emergencial aos tanques, o compressor de ar foi ligado novamente para funcionando apenas no tratamento AM e simulando a falta de energia nos outros tratamentos.

Nesse experimento, foram constituídos três grupos-controles e três grupos experimentais, com quatro repetições cada (Tabela 3).

Tabela 3 - Delineamento experimental da 3ª fase do trabalho

Tratamento	Função	Produto para oxigenação emergencial aplicado na água	Quantidade aplicada por tanque de 100L
CN ¹	Controle negativo	-	-
CP	Controle positivo	Peróxido de hidrogênio 35% p.a.	3,0 mL ³
AM	Controle positivo	Aeração mecânica da água com difusores conectados a compressor de ar	-
SPC1	Experimental	Percarbonato de sódio ²	0,10 g
SPC243	Experimental	Percarbonato de sódio	2,43 g
SPC486	Experimental	Percarbonato de sódio	4,86 g

¹Aplicação de nenhum produto.

² 99,9% da Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC.

³ O dobro da dosagem recomendada por Lima *et al.* (2012) para uso em tanques de aquicultura 5 ppm (50% H₂O₂ m/v)

⁴ Dose de percarbonato de sódio 99,9% da Quimisul SC equivalente a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35% do Neon Comercial Ltda.

Em CN, os tanques não receberam nenhum produto para oxigenação da água. Em CP, cada tanque recebeu uma aplicação de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% p.a. (Neon Comercial Ltda., Suzano, SP), que é uma solução aquosa contendo 35 mL de H₂O₂ por 100 mL. Em AM, cada tanque foi servido por uma mangueira microporosa para difusão do ar e foi acionado o compressor de ar no mesmo momento em que os produtos de oxigenação emergencial foram aplicados. Em SPC1, SPC243 e SPC486, cada tanque recebeu a aplicação de 0,10 g (percarbonato de sódio) 2,43 g (metade da dose equivalente de percarbonato de sódio a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35%) e 4,86 g (dose de percarbonato de sódio 99,9% da Quimisul SC equivalente a 3,0 mL de peróxido de hidrogênio a 35% do Neon Comercial Ltda).

Para a equivalência necessitou-se da densidade do peróxido de hidrogênio 35% p.a. (Neon Comercial Ltda., Suzano, SP) que varia entre 1,10 a 1,19 g/mL até 25°C e a densidade do percarbonato de sódio 99,9% (Quimisul SC Brasil LTDA, Joinville/SC) 1,10 a 1,20g/mL. A equivalência das doses foi definida pela seguinte fórmula:

- Dose equivalente SPC/H₂O₂ (g) = [Densidade SPC com peróxido de hidrogênio 27,5% (g/mL) x Quantidade utilizada do peróxido de peróxido de hidrogênio 35% p.a.] = Q_e 27,5%
- Dose equivalente SPC/H₂O₂ (g) = [Q_e 27,5% x Porcentagem do H₂O₂ 35% p.a.] + Q_e 27,5%.

4.3.3 Determinações físico-químicas

O pH da água foi obtido com uso do medidor TecnoPON MPA210. A concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foi mensurada com o auxílio do oxímetro Yellow Springs YSI55Y. A alcalinidade total da água foi obtida pela titulação da amostra com solução-padrão de H₂SO₄ (SÁ, 2015). As observações de qualidade de água foram realizadas antes das aplicações dos produtos, após que o oxigênio dissolvido dos tanques ficou abaixo de 4 mg L⁻¹ e posteriormente a cada hora, durante 6 horas.

4.3.4 Monitoramento da variável zootécnica

Foi utilizado apenas o monitoramento da sobrevivência a cada hora até o final do experimento, em porcentagem. A taxa de sobrevivência (%) determinada como: % = [(número final de peixes/número inicial de peixes) x 100].

4.3.5 Análise estatística

Para todas as fases foram utilizados os seguintes testes estatísticos: para as concentrações de oxigênio dissolvido, temperatura, alcalinidade e pH foi aplicado análise de variância (ANOVA) unifatorial, para experimentos inteiramente casualizados, para comparar os efeitos dos diferentes produtos aplicados entre si, em um mesmo tempo. As alterações nos parâmetros físico-químico no mesmo tratamento, ao longo do tempo, foram comparadas por meio da ANOVA unifatorial para medidas repetidas. As médias foram comparadas quando

apresentavam diferenças significativas pelo teste de Tukey. O nível de significância de 5% foi adotado para as duas fases. O software SigmaPlot 12.0 foi utilizado na análise estatística.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – 1ª Fase

5.1.1 – Oxigênio dissolvido

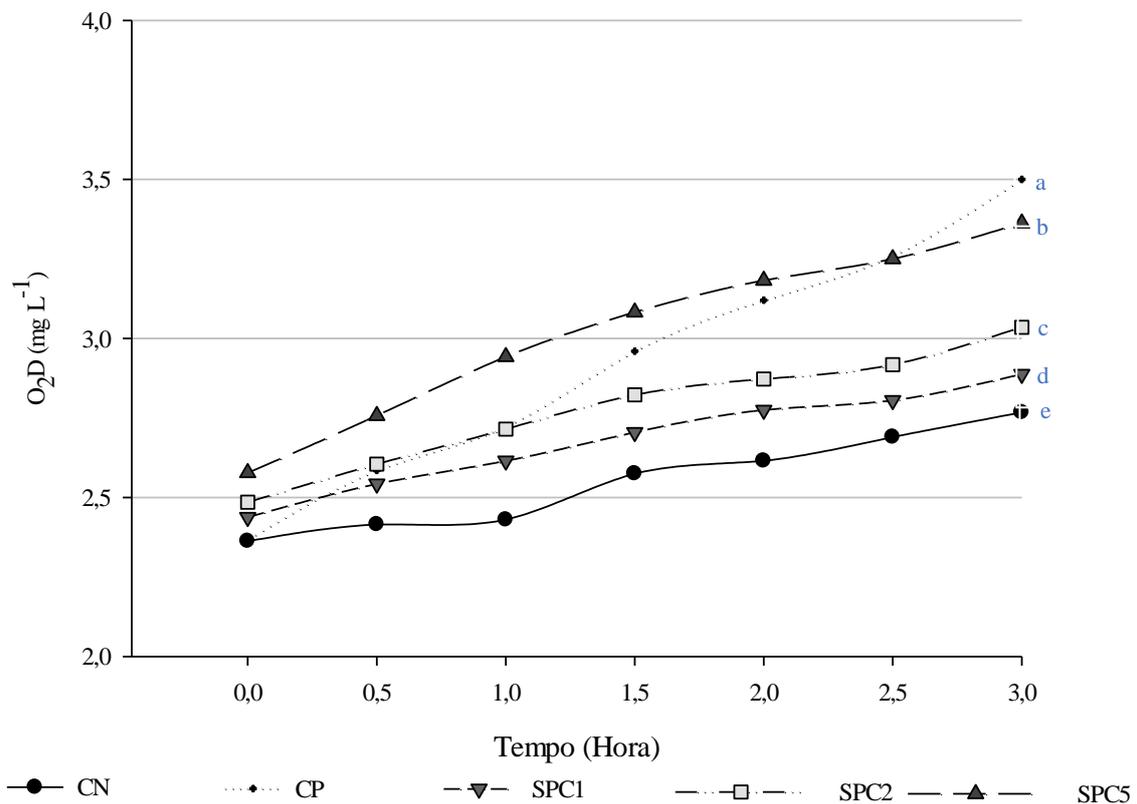
Antes da aplicação dos produtos, o oxigênio dissolvido encontrava-se em torno de 2,44 mg L⁻¹ (Figura 1). Meia hora após a aplicação, o oxigênio dissolvido apresentou um aumento em todos os tratamentos, sendo os tanques SPC5 o maior, diferindo dos tanques SPC2 e CP, que foi diferente do CN e semelhante ao SPC1. Em uma hora após a aplicação, as concentrações de oxigênio dissolvido tiveram um aumento significativo em relação à respectiva hora anterior em todos os tratamentos, com exceção ao CN que entre uma hora e meia hora não apresentou diferença significativa, os tanques SPC5 obtiveram as maiores médias entre os tratamentos, em relação ao CP, que foi diferente SPC1 e CN, semelhante ao SPC2. Lima *et al.* (2012) utilizaram 5 ppm de H₂O₂ da marca Interlox® que corresponde a dosagem de H₂O₂ equivalente à aplicação de 1,5 mL P35 do peróxido de hidrogênio que foi utilizado nesse trabalho. Ao aplicarem o produto no período de uma hora ocorreu o incremento de 1,2 mg L⁻¹ na taxa de oxigênio dissolvido, resultado que só foi encontrado nesta etapa apenas com três horas após a aplicação devido a concentração de oxigênio dissolvido estava abaixo comparada com o trabalho citado acima, por isso impediu a ação imediata do H₂O₂.

Em uma hora e meia e duas horas, as concentrações de oxigênio dissolvido de todos os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação a hora anterior, com exceção ao CN que entre 2 horas e uma hora e meia não apresentou diferença significativa, tendo o SPC5 a maior média entre os tratamentos, diferindo do CP, SPC2, SPC1 e CN, respectivamente. Em duas horas e meia após a aplicação, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação a hora anterior, o SPC5 e CP obtiveram as maiores médias diferiram do SPC2, SPC1 e CN. A concentração de oxigênio dissolvido é fundamental para assegurar o adequado desenvolvimento e sobrevivência de peixes e camarões, após as três horas de monitoramento, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido nos tanques foi do CP, seguindo pelo SPC5 e posteriormente SPC2, SPC1 e CN, respectivamente, isto é, todos diferiram entre si ao final do

tempo observado mesmo assim nenhum tratamento conseguiu a concentração mínima para peixes tropicais que é de 4 mg L^{-1} (BOYD, 2000).

O tratamento controle positivo que estava com o peróxido de hidrogênio superou as taxas de oxigênio dissolvido dos tratamentos com o percarbonato de sódio durante a primeira hora do início do experimento e no final. Forwood *et al.* (2014) aplicaram doses maiores de percarbonato de sódio 6,0; 4,0; 8,0; 12,0; 25,6 e 51,2 g/100L e encontraram após uma hora de aplicação a concentração de oxigênio dissolvido $26,5 \text{ mg L}^{-1}$. Taylor *et al.* (2021) utilizaram 10,0; 25,0; 50,0; 75,0; 100,0 e 125,0 g/100L de percarbonato de sódio contendo 27% de peróxido de hidrogênio em sua composição cujo permaneceram estáveis durante os 30 minutos após sua aplicação, contudo ao passar esse tempo obtiveram $113 \pm 3,4\%$ de saturação de oxigênio em os seus tratamentos. As baixas taxas de aplicação de percarbonato de sódio (0,10; 0,20 e 0,50) g/100L, que foram empregadas no presente trabalho foram baixas comparado com as taxas acima e próximas as de Torres (2021) que utilizou o produto comercial Oxiaqua® que contém 85% de $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$ na sua composição, já o percarbonato de sódio da QuimisulSC© utilizado neste experimento possui 99,9% de $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$ na sua composição e pela pureza esperava-se que seria melhor na oxigenação emergencial da água.

Figura 1 – Oxigênio dissolvido ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20g e 0,50g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; n = 4)



5.1.2 – pH

Antes da aplicação dos produtos, o pH da água se encontrava neutro, em torno de 7,43 (Figura 2). Trinta minutos após a aplicação, todos os tratamentos apresentaram um aumento significativo no pH da água, o tratamento SPC5 e SPC2 apresentaram o maior pH, o SPC2 não apresentou diferenças para o SPC1, mais do CP que diferiu do CN.

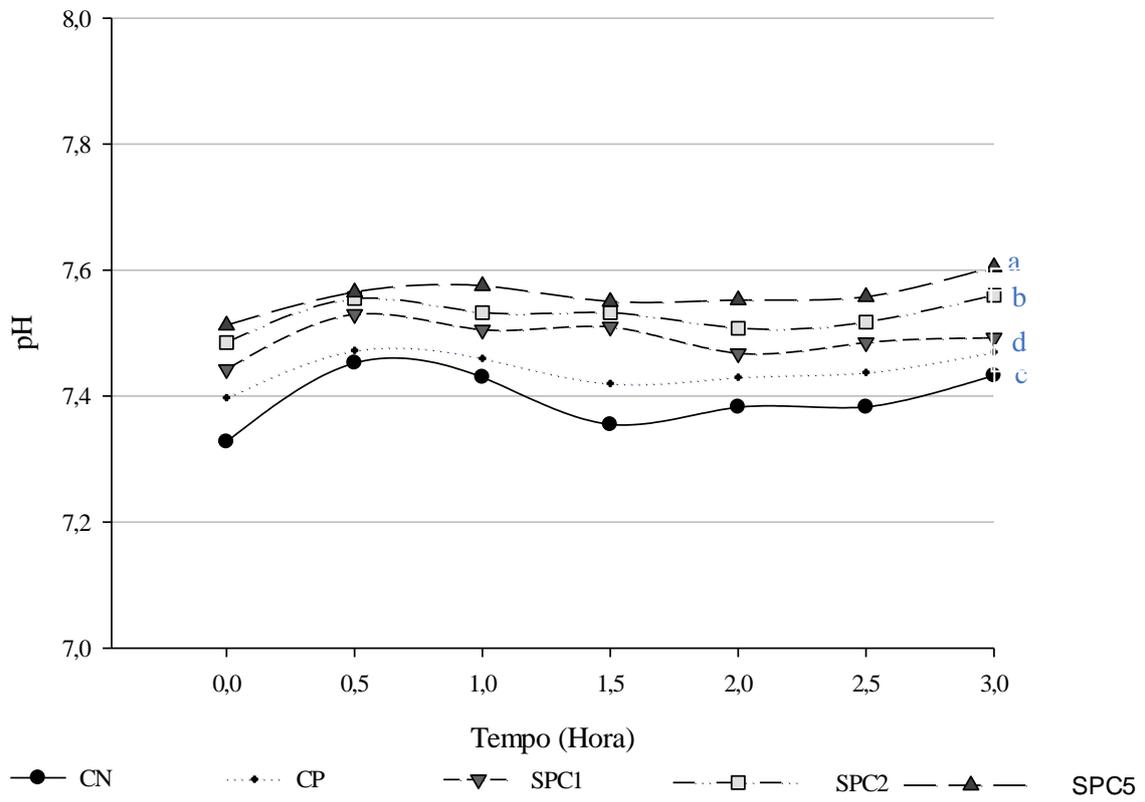
Uma hora após a aplicação, CN, CP, SPC1 e SPC2 apresentaram uma leve e insignificante queda no pH da água, já o SPC5 permaneceu com pH inalterado. Uma hora e meia após a aplicação, CN, CP, SPC5 apresentaram uma queda no pH da água, o SPC1 e SPC2 permaneceram com pH inalterado, os tratamentos SPC5 e SPC2 obtiveram as maiores médias não diferido entre si, o SPC1 foi diferente de CP e semelhante a SPC2, o tratamento CN foi diferente de todos. Duas horas após a aplicação dos produtos, os tratamentos CN e CP elevam o pH, porém SPC1 e SPC apresentaram uma leve queda no pH, já o SPC5 permaneceu com o pH inalterado, entre os tratamentos o SPC5 teve maior pH e diferiu de todos os tratamentos SPC2, SPC1, CP e CN, todos diferentes entre si.

Entre uma hora e duas horas e meia de experimento o pH do controle positivo teve uma leve queda do pH. O mais importante é que após essa leve acidificação os valores do pH voltaram para os patamares iniciais assim como no experimento de König *et al.* (2020) cujo avaliaram os efeitos do peróxido de hidrogênio sobre os microrganismos presentes no cultivo de *L. vannamei* utilizando tecnologia de bioflocos e também observaram essa leve acidificação e posteriormente retorno do pH para os resultados iniciais.

Duas horas e meia da aplicação, os tratamentos CN, CP, SPC2 e SPC5 permaneceram com o pH inalterado, já o SPC1 teve um leve aumento, entre os tratamentos o SPC5 teve maior pH e diferiu de todos os tratamentos SPC2, SPC1, CP e CN, todos diferentes entre si. Após as três horas de monitoramento, as maiores concentrações de pH foram nos tanques do SP5, seguindo pelo SPC2 e posteriormente SPC1, CP e CN que não diferiram entre si ao final do tempo observado, ou seja, uma leve alcalinização da água, diferente do encontrado por Taylor *et al.* (2021) que observaram aumento de pH de 7,5 a 11 que pelas grandes dosagens utilizadas obtiveram um maior incremento na alcalinização da água.

A concentração hidrogeniônica da água não sofreu variações bruscas ao longo do experimento. As aplicações do peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio não influenciaram em grandes mudanças de pH ficando na faixa ideal entre 6,5 e 9 (BOYD, 1979).

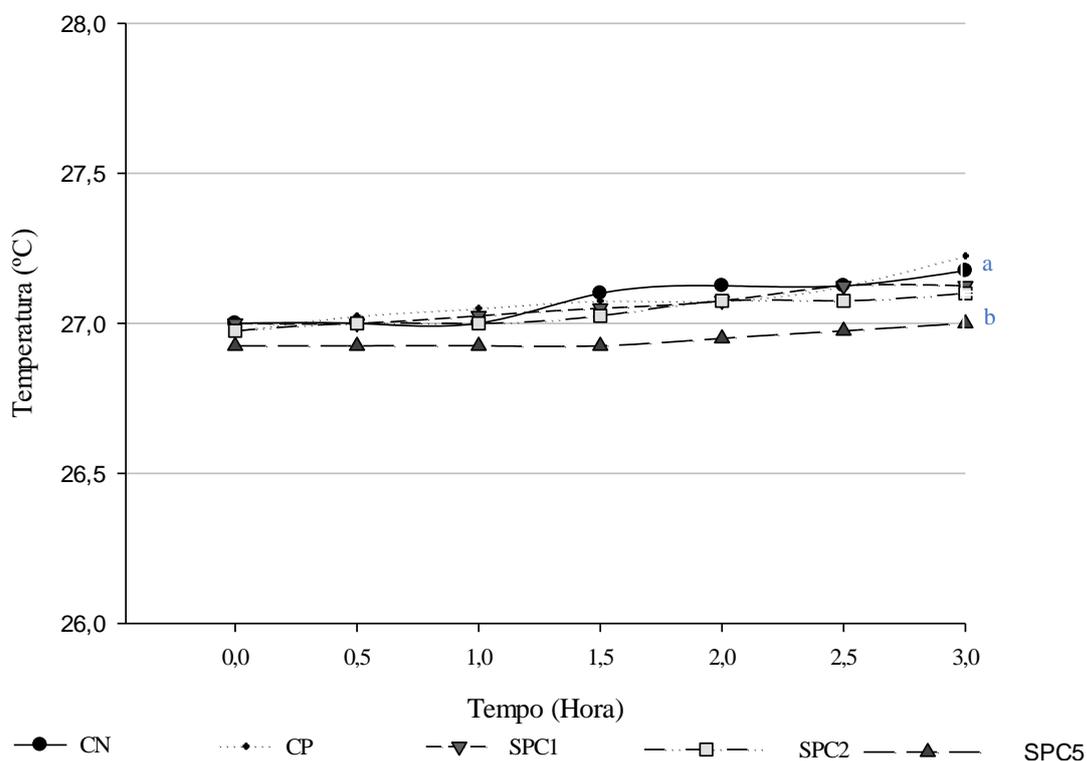
Figura 2 - pH ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20g e 0,50g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; n = 4).



5.1.3 – Temperatura

Antes da aplicação dos produtos, a temperatura da água estava em torno de 26,9 °C (Figura 3). Trinta minutos até duas horas e meia após a aplicação, todos os tratamentos permaneceram estáveis a mesma temperatura em relação a hora anterior, não apresentando diferença entre si. Na terceira hora após a aplicação os tratamentos CN, CP, SPC1 e SPC2 obtiveram a mesma temperatura com exceção do SPC5 que teve uma leve queda. A temperatura da água final de cada tratamento foi satisfatório e está na faixa indicada para peixes tropicais que é de 26 a 30 °C de acordo Kubitzka (2003) e não teve diferenças significativas entre os tratamentos assim como e outros trabalhos envolvendo peróxido de hidrogênio e percarbonato de sódio (LIMA *et al.*, 2012; FURTADO *et al.*, 2014; KÖNIG *et al.*, 2020. Segundo Jaafar *et al.* (2013) a temperatura da água pode influenciar no tempo de reação do produto de oxigenação da água e na sua toxicidade por isso é necessário testes mais detalhados antes da utilização de qualquer produto em sistema de aquicultura específico, além disso, a aplicação direta de soluções de H₂O₂ e SPC é limitada hoje em dia e às vezes dependentes da temperatura e dos níveis de oxigênio dissolvido do ambiente aquático (BÖGNER *et al.*, 2021).

Figura 3 -Temperatura, °C., ao longo do tempo da água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20g e 0,50g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; n = 4).

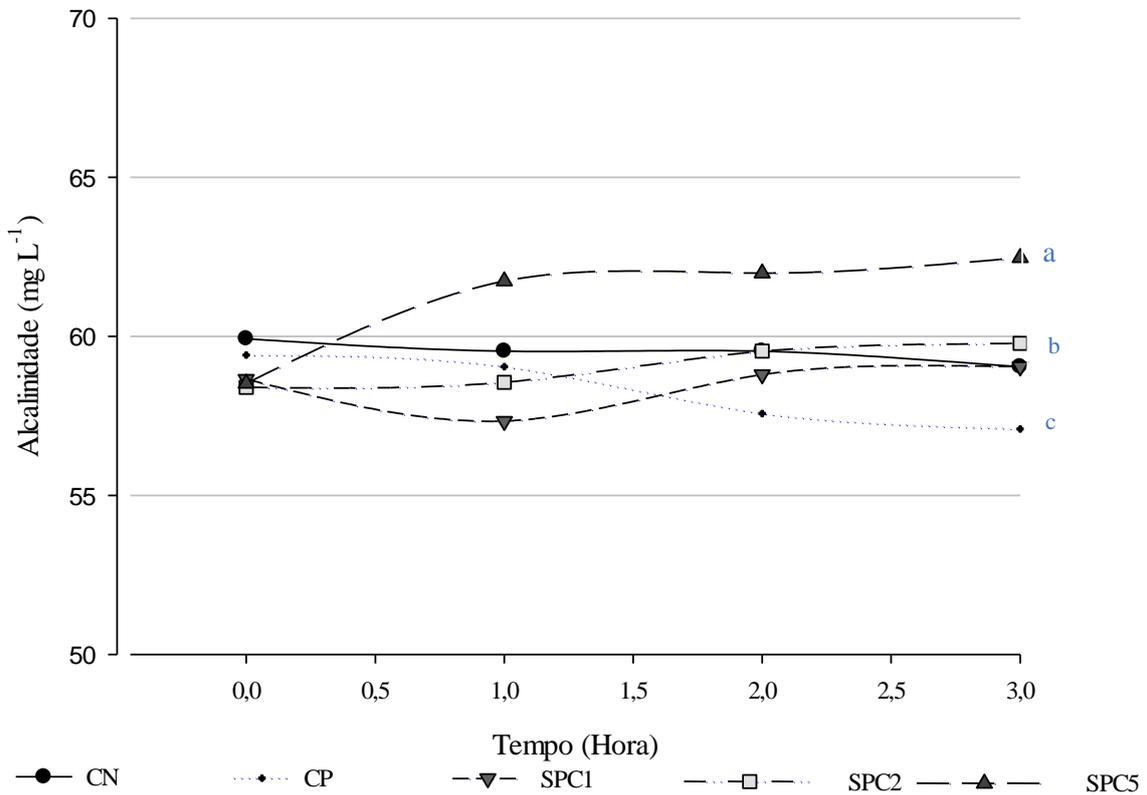


5.1.4 – Alcalinidade total

Antes da aplicação dos produtos, a alcalinidade da água encontrava-se em torno de 58,93 mg L⁻¹ CaCO₃ eq (Figura 4). Uma hora após a aplicação dos produtos, todos os tratamentos CN, CP, SPC1 e SPC2 permaneceram com a alcalinidade inalterada, com exceção a SPC5 que teve um leve aumento, o SPC5 teve a maior alcalinidade, seguindo do CN que teve as médias semelhantes do CP e SPC2, e diferente entre si do SPC1. Duas horas após todos os tratamentos CN, SPC1, SPC2 e SPC5 permaneceram com a alcalinidade inalterada, com exceção a CP que teve uma queda em relação a hora anterior, entre os tratamentos o SPC5 teve a maior alcalinidade, seguindo do SPC2 que teve as médias semelhantes do CN e SPC2, e diferente entre si do CP. O aumento na alcalinidade do SPC5 é explicado pela seguinte reação química do percarbonato de sódio na água $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}_2 + 4\text{Na}^+ + 2\text{CO}_3^{2-}$, ou seja, há liberação de carbonatos o que na água aumenta a alcalinidade e tampona o pH (BUCHMANN *et al.*, 2003), o mesmo incremento da alcalinidade foi observado no trabalho de Taylor *et al.* (2021) cujo utilizaram doses maiores de percarbonato de sódio como por exemplo 100,0 g/100L e chegaram a ter picos de alcalinidade de aproximadamente 500 mg L⁻¹ CaCO₃ eq.

Na terceira hora de aplicação dos produtos, todos os tratamentos permaneceram com a alcalinidade inalterada em relação a hora anterior, entre os tratamentos o SPC5 teve a maior alcalinidade, seguindo do SPC2 que teve as médias semelhantes do CN e SPC1, e diferente entre si do CP. O SPC5 tratamento com o percarbonato de sódio a partir da primeira hora foi o único a ter a alcalinidade ≥ 60 mg L⁻¹ CaCO₃ eq, ou seja, concentração recomendada para peixes tropicais (BOYD *et al.*, 2016). No final do experimento ocorreu uma leve queda da alcalinidade no controle positivo que contém peróxido de hidrogênio, resultado parecido ocorreu no trabalho de Torres (2021), por ter a característica de um ácido fraco e quando aplicado na água, o peróxido de hidrogênio se decompõe e não libera carbonato para ocorrer o tamponamento da água, podemos observar na reação a seguir: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (ARVIN; PEDERSEN, 2015).

Figura 4 - Alcalinidade total, mg L^{-1} de CaCO_3 eq., ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 1,5 mL de peróxido de hidrogênio 35% (CP), 0,10 g, 0,20g e 0,50g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC2 e SPC5) por tanque (fase 1; n = 4).



5.2 – 2ª Fase

5.2.1 – Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido após a desoxigenação da água estava em torno de 2,36 mg L⁻¹ (Tabela 4). Uma hora após a aplicação dos produtos o AM estava com a maior taxa de concentração de oxigênio dissolvido em relação a hora anterior e entre os tratamentos, seguindo do SPC486, SPC243, CP, SPC1 e CN respectivamente, isso comprova que uma das principais maneiras de se incorporar oxigênio na água de cultivo é a aeração mecânica, Lima *et al.* (2012) aplicaram 5 mL H₂O₂ m⁻³ e dentro de uma hora com o compressor ligado teve um incremento de 1,2 mg L⁻¹ em suas taxas de oxigênio dissolvido passando de 4,27 mg L⁻¹ para 5,43 mg L⁻¹, podemos observar que essa alta taxa de decomposição foi de acordo com os níveis de agitação do corpo d'água através da existência de compressores ou aeradores mecânicos. Furtado *et al.* (2014), utilizaram doses maiores ou iguais a 29 mL H₂O₂/m⁻³ e encontram taxas de oxigênio dissolvido 13 mg L⁻¹ antes de ligar o compressor. Torres *et al.* (2020) aplicaram 2,0 e 4,0 mL L⁻¹ de peróxido de hidrogênio e em um dia conseguiram taxas de oxigênio dissolvido acima de 14 mg L⁻¹ sem a utilização de compressor de ar. Portanto, os resultados acima demonstram que peróxido de hidrogênio é um produto que pode ser usado emergencialmente em tanques desprovidos, ou com baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água e que é diretamente proporcional a dose utilizada.

Com duas horas de aplicação, a AM continuou com as maiores taxas de oxigênio dissolvido entre os tratamentos e se estabilizou em relação a hora anterior, os tratamentos SPC486 e SPC243 que continham o percarbonato de sódio já estavam acima da concentração de oxigênio dissolvido recomendado por Boyd (2000) que é de 4 mg L⁻¹ para obtenção de bom crescimento dos animais cultivados. Após três horas, o SPC486 supera o AM, ou seja, um aumento em relação a hora anterior, não diferente do SPC2, já CP que continha o peróxido de hidrogênio conseguiu atingir o nível mínimo de oxigênio dissolvido necessário para peixes tropicais e os tratamentos SPC1 e CN, estavam com as concentrações abaixo do recomendado.

Na quarta hora de aplicação dos produtos o SPC486 continuou com a concentração de oxigênio dissolvido maior que AM entre os tratamentos, seguindo por SPC243, CP, SPC1 e CN, em relação a hora anterior apenas AM não teve diferença significativa. Ao fim da quinta hora o SPC486 chegou em sua maior concentração de oxigênio dissolvido 8,96 mg L⁻¹ acima da AM com 7,64 mg L⁻¹, o maior entre os tratamentos seguido por SPC243, CP, SPC1 e CN. Importante ressaltar que um pequeno aumento do oxigênio dissolvido do CN do início até ao

fim, foi devido ao sulfito de sódio p.a. (Na_2SO_3) e o cloreto de cobalto p.a. (CoCl_2) que a partir de 30 minutos de aplicação vão perdendo a capacidade de desoxigenação da água, o mesmo foi observado no trabalho de Torres (2021).

O tratamento SPC486 com taxa de aplicação de percarbonato de sódio 4,86 g/100L após uma hora de aplicação e SPC283 (2,83 g/100L) em duas horas atingiram a taxa mínima de oxigênio dissolvido, diferente do SPC1 (0,10 g/100L) que não chegou a esse nível mínimo de concentração de oxigênio dissolvido e nenhum tratamento da primeira fase. Isso demonstra que quanto maior taxa de percarbonato de sódio maior será o incremento da concentração de oxigênio dissolvido na água, visto que o mesmo tem peróxido de hidrogênio na sua composição e libera oxigênio para água, alguns autores observaram aumentos significativos nas concentrações de oxigênio dissolvido na água, após as aplicações de grandes quantidades de percarbonato de sódio (Forwood *et al.*, 2014; Taylor *et al.*, 2021; Torres, 2021), ou seja, o percarbonato de sódio também pode ser utilizado como agente emergencial para hipóxia, desde que se utilize taxas seguras ou se faça testes preliminares antes da aplicação do produto.

Tabela 4 – Concentração de oxigênio dissolvido na água, em mg L⁻¹, após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).

Tempo (h)	Tratamento ¹						P-valor
	CN	CP	AM	SPC1	SPC243	SPC486	
0	2,33 ± 0,07 F ²	2,36 ± 0,02 F	2,34 ± 0,02 D	2,40 ± 0,02 F	2,39 ± 0,02 F	2,36 ± 0,04 D	ns ³
1	2,47 ± 0,04 Ef	3,03 ± 0,01 Ed	7,43 ± 0,01 Ca	2,67 ± 0,03 Ee	3,98 ± 0,01 Ec	6,12 ± 0,02 Cb	<0,05
2	2,56 ± 0,08 Df	3,54 ± 0,04 Dd	7,45 ± 0,02 Ca	2,77 ± 0,02 De	4,71 ± 0,14 Dc	7,25 ± 0,03 BCb	<0,05
3	2,63 ± 0,09 Cf	4,03 ± 0,02 Cd	7,57 ± 0,02 Bb	2,87 ± 0,05 Ce	5,20 ± 0,10 Cc	8,25 ± 0,06 ABa	<0,05
4	2,71 ± 0,07 Bf	4,34 ± 0,12 Bd	7,58 ± 0,02 Bb	2,98 ± 0,02 Be	5,43 ± 0,13 Bc	8,60 ± 0,03 ABa	<0,05
5	2,90 ± 0,10 Af	4,74 ± 0,06 Ad	7,64 ± 0,04 Ab	3,33 ± 0,02 Ae	5,64 ± 0,10 Ac	8,96 ± 0,01 Aa	<0,05
P-valor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	

¹ CN: nenhum produto foi aplicado à água; CP: peróxido de hidrogênio 35% p.a.; AM: aeração mecânica; SPC1: percarbonato de sódio 0,10g por 100L; SPC243: percarbonato de sódio 2,43g por 100L; SPC486: percarbonato de sódio 4,86g por 100L; ² Em uma mesma linha, médias com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Em uma mesma coluna, médias com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas (ANOVA, p>0,05). ³ Não significativo (p>0,05).

5.2.2 – pH

O pH após a desoxigenação da água estava em torno de 7,42 (Tabela 5). Uma hora após a aplicação dos produtos para elevação do oxigênio dissolvido o pH do tratamento SPC486 era maior que todos os tratamentos e em relação a hora anterior, seguindo pela AM e posteriormente SPC243, SPC1, CN e CP estes não tiveram diferença significativa em relação a hora anterior. Duas horas após a aplicação, o SPC486 continuou com o maior pH entre os tratamentos e o CP o menor, em relação a hora anterior todos os tratamentos tiveram um aumento no pH, com exceção do AM. O CP apresentou uma leve queda no pH de na primeira hora, já na primeira fase essa queda foi entre uma hora a duas horas e meia depois da aplicação dos produtos para oxigenação, a partir de duas horas até o final do experimento ocorreu o incremento novamente do pH, essa mesma diminuição e aumento do pH do encontrado no trabalho de König *et al.* (2020). Já Torres *et al.* (2020) observaram no seu trabalho observaram uma leve redução no pH da água.

Com três horas de experimento novamente o SPC486 obteve o maior pH entre os tratamentos e em relação a hora anterior, seguindo pela AM e SPC243 que não apresentaram diferença entre si, o CP e SPC1 foram os tratamentos que apresentaram menores pH mais não obtiveram diferença entre si, em relação a hora anterior todos os tratamentos elevaram o pH, com exceção novamente da AM que não apresentou uma diferença significativa. Os tratamentos CN, CP e SPC1 com uma hora de aplicação estavam com o pH bem menor em relação a primeira fase. Já na segunda e terceira hora o pH foi maior que a fase anterior.

Após quatro horas, todos os tratamentos elevaram o pH em relação a três horas, porém o tratamento SPC243 começou a ter uma leve queda em seu pH, entre os tratamentos o SPC486 manteve-se maior que o AM que não teve diferença significativa com o CN, o menor pH foi no SPC1 que não teve diferença significativa entre o CP e o SPC243. Na quinta e última hora o SPC486 permaneceu com o pH estável e maior entre todos os tratamentos, seguindo pela CN igualou a AM e posteriormente SPC243 e CP que não diferiram entre si, já o SPC1 foi o menor pH entre os tratamentos, em relação a hora anterior o tratamento SPC243 continuou com a queda do pH e o SPC1 começou a apresentar essa leve queda. O SPC486 era o tratamento que continha a maior quantidade de percarbonato de sódio 4,86 g/100L, então podemos constatar que quanto maior a de aplicação desse produto maior será o seu pH, visto que, a sua utilização leva a alcalinização da água, resultados parecidos foram encontrados em Torres (2021) e Taylor *et al.* (2021) cujo utilizaram grandes dosagens de SPC e encontraram incremento nos valores de pH.

Tabela 5 – pH da água após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4)

Tempo (h)	Tratamento ¹						P-valor
	CN	CP	AM	SPC1	SPC243	SPC486	
0	7,42 ± 0,01 E ²	7,43 ± 0,01 D	7,43 ± 0,01 B	7,41 ± 0,01 E	7,42 ± 0,01 D	7,42 ± 0,01 C	ns ³
1	7,39 ± 0,02 Ed	7,38 ± 0,03 Dd	8,01 ± 0,02 Ab	7,42 ± 0,01 Ed	7,59 ± 0,07 Dc	8,32 ± 0,07 Ba	<0,05
2	7,72 ± 0,03 Dc	7,57 ± 0,03 Cd	8,02 ± 0,01 Ab	7,55 ± 0,01 Dd	7,76 ± 0,09 Cc	8,33 ± 0,08 Ba	<0,05
3	7,82 ± 0,02 Cc	7,70 ± 0,04 Bd	8,05 ± 0,04 Ab	7,64 ± 0,02 Cd	7,98 ± 0,02 Ab	8,67 ± 0,05 Aa	<0,05
4	7,96 ± 0,03 Bbc	7,84 ± 0,04 Ac	8,01 ± 0,02 Ab	7,82 ± 0,01 Ac	7,89 ± 0,07 Bc	8,67 ± 0,03 Aa	<0,05
5	8,07 ± 0,05 Ab	7,91 ± 0,06 Ac	8,07 ± 0,05 Ab	7,79 ± 0,02 Bd	7,88 ± 0,07 Bcd	8,67 ± 0,03 Aa	<0,05
P-valor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	

¹ CN: nenhum produto foi aplicado à água; CP: peróxido de hidrogênio 35% p.a.; AM: aeração mecânica; SPC1: percarbonato de sódio 0,10g por 100L; SPC243: percarbonato de sódio 2,43g por 100L; SPC486: percarbonato de sódio 4,86g por 100L; ² Em uma mesma linha, médias com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Em uma mesma coluna, médias com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas (ANOVA, p>0,05). ³ Não significativo (p>0,05).

5.2.3 – Temperatura

A média da temperatura inicial era de 27,1°C (Tabela 6). Desde o início da aplicação dos produtos para oxigenação até o final do experimento, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos. Na fase anterior que foi até três horas de experimento, também não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos CN, CP e SPC1. Pode-se afirmar que o peróxido de hidrogênio e o percarbonato de sódio não influenciaram na temperatura da água, assim como no experimento de Lima *et al.* (2012) não obtiveram diferenças significativas na temperatura após a utilização do peróxido de hidrogênio e o Forwood *et al.* (2014) utilizando o percarbonato de sódio.

Em relação ao tempo, o tratamento AM no início do experimento até o final teve uma sutil queda de temperatura cujo o mesmo aconteceu com SPC243, contudo a partir da quarta hora conseguiu retornar a temperatura inicial e o CN, CP, SPC1 e SPC486 não apresentaram diferença significativa do início até o fim do experimento, resultado diferente da primeira fase, onde todos os tratamentos diferiram entre si em relação ao tempo, ou seja, as temperaturas finais dos tratamentos estão na faixa aceitável para peixes tropicais de 26 a 30 °C (KUBITZA, 2003), porém alguns estudos comprovam que quanto maior a temperatura da água e um pH baixo o peróxido de hidrogênio oxida-se rapidamente podendo trazer prejuízos aos animais cultivados (BISHOP *et al.*, 1968; RACH *et al.*, 1997).

Tabela 6 – Temperatura da água, em °C, após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (média ± d.p.; n = 4).

Tempo (h)	Tratamento ¹						P-valor
	CN	CP	AM	SPC1	SPC243	SPC486	
0	27,1 ± 0,05 ²	27,2 ± 0,13	27,2 ± 0,05 A	27,1 ± 0,12	27,2 ± 0,10 A	27,2 ± 0,06	ns ³
1	27,1 ± 0,08	27,2 ± 0,13	27,1 ± 0,00 B	27,1 ± 0,12	27,1 ± 0,10 B	27,2 ± 0,06	ns
2	27,1 ± 0,08	27,2 ± 0,13	27,0 ± 0,00 C	27,1 ± 0,12	27,1 ± 0,08 B	27,2 ± 0,06	ns
3	27,2 ± 0,06	27,2 ± 0,13	27,0 ± 0,00 C	27,1 ± 0,12	27,1 ± 0,10 B	27,2 ± 0,06	ns
4	27,2 ± 0,06	27,2 ± 0,14	27,0 ± 0,00 C	27,2 ± 0,13	27,2 ± 0,13 A	27,2 ± 0,05	ns
5	27,2 ± 0,10	27,2 ± 0,17	27,0 ± 0,00 C	27,2 ± 0,13	27,2 ± 0,10 A	27,2 ± 0,05	ns
P-valor	ns	ns	<0,05	ns	<0,05	ns	

¹ CN: nenhum produto foi aplicado à água; CP: peróxido de hidrogênio 35% p.a.; AM: aeração mecânica; SPC1: percarbonato de sódio 0,10g por 100L; SPC243: percarbonato de sódio 2,43g por 100L; SPC486: percarbonato de sódio 4,86g por 100L; ² Em uma mesma linha, médias com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, $p \leq 0,05$). Em uma mesma coluna, médias com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, $p \leq 0,05$). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas (ANOVA, $p > 0,05$). ³ Não significativo ($p > 0,05$).

5.2.4 – Alcalinidade total

A média da alcalinidade inicial entre os tratamentos era $66,87 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ (Tabela 7). Uma hora após a aplicação dos produtos para oxigenação o SPC486 apresenta a alcalinidade mais elevada entre os tratamentos, seguindo por SPC243, CN e CP, as menores alcalinidades foram encontradas no SPC1 e AM, que não diferiram entre si, em relação ao início do experimento todos os tratamentos com a exceção da AM, elevaram-se sua alcalinidade. Nas duas horas de experimento, o SPC486 obteve a maior alcalinidade entre os tratamentos, seguido pelo SPC243 e o CN, porém o SPC1, AM e CP obtiveram menores alcalinidades, não ocorrendo diferença entre si, em relação a hora anterior o SPC486, SPC243 e o AM obtiveram um aumento, já o CN, CP e o SPC1 não tiveram diferenças significativas.

Em três horas de experimento o SPC486 apresentou a maior alcalinidade $111,10 \pm 0,82 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ e entre os tratamentos, seguido pelo SPC243, já o SPC1, CN, CP e AM foram menores resultados e não diferiram entre si, em relação a hora anterior o CN, SPC1, AM e CP apresentaram uma queda em suas alcalinidades e os tratamentos SPC243 e SPC486 continuaram a elevar a sua alcalinidade, dessa forma, novamente os resultados demonstram que quanto maior a taxa de percarbonato de sódio maior será a alcalinidade da água, visto que, ao entrar em contato com a água o SPC libera os carbonatos o ocasiona o aumento da alcalinidade e tamponamento do pH (BUCHMANN *et al.*, 2003).

Na primeira fase a alcalinidade inicial era em torno de $58,93 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$, o CN, CP e o SPC1 obtiveram uma queda em sua alcalinidade até uma hora, diferente dessa etapa, onde todos tiveram uma elevação na sua alcalinidade, menos o CP. Nas três horas da primeira fase o CN e CP continuaram a diminuir a sua alcalinidade e SPC1 aumentou, diferentemente dessa fase cujo diminuiu a sua alcalinidade com esse tempo, provavelmente pela pouca quantidade de percarbonato de sódio aplicado na água pois Taylor *et al.* (2021) demonstraram que maiores aplicações de percarbonato de sódio produzem maiores taxas de oxigênio na água.

Na quarta hora de experimento, a alcalinidade do SPC486 continuou a maior entre os tratamentos, seguindo pela SPC243, o CP, AM, CN e SPC1 não diferiram entre si e obtiveram as menores alcalinidade, em relação a hora anterior o SPC243 e SPC486 apresentaram uma queda acentuada em suas alcalinidades, já o CP apresentou um pequeno aumento, o CN, SPC1 e AM, não diferiram entre si. Na quinta e última hora de experimento o SPC486 foi maior, seguindo novamente pelo SPC243, assim como na quarta hora os tratamentos CP, AM, CN e SPC1 não diferiram entre si e obtiveram as menores alcalinidade, em relação a hora anterior todos os resultados dos tratamentos permaneceram estáveis sem

diferenças significativas, entretanto o CP apresentou novamente uma leve queda em sua alcalinidade, resultado parecido de König *et al.* (2020) que observaram uma redução significativa alcalinidade da água.

Tabela 7 – Alcalinidade total da água, em mg L⁻¹ CaCO₃ eq., após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 2; média ± d.p.; n = 4).

Tempo (h)	Tratamento ¹						P-valor
	CN	CP	AM	SPC1	SPC243	SPC486	
0	66,91 ± 0,97 B ²	67,67 ± 0,82 A	66,16 ± 0,58	67,17 ± 0,58 A	66,16 ± 1,01 E	67,17 ± 0,58 D	ns ³
1	68,43 ± 0,51 Ac	66,91 ± 1,51 ABcd	65,40 ± 0,51 d	66,16 ± 0,58 ABd	70,95 ± 0,97 Db	95,95 ± 0,82 Ca	<0,05
2	68,18 ± 0,58 Ac	65,90 ± 0,50 ABd	65,90 ± 0,50 d	66,16 ± 0,58 ABd	82,32 ± 0,58 Bb	105,55 ± 0,58 Ba	<0,05
3	65,65 ± 0,82 Bc	65,40 ± 0,51 Bc	65,40 ± 0,51 c	65,90 ± 0,50 ABc	85,85 ± 0,82 Ab	111,10 ± 0,82 Aa	<0,05
4	65,65 ± 0,00 Dc	66,16 ± 0,58 ABc	65,65 ± 0,82 c	65,40 ± 0,51 Bc	81,05 ± 0,97 BCb	96,20 ± 0,50 Ca	<0,05
5	65,65 ± 0,00 Dc	65,65 ± 0,00 Bc	65,65 ± 0,00 c	65,15 ± 1,01 Bc	81,05 ± 0,50 BCb	96,20 ± 0,50 Ca	<0,05
P-valor	<0,05	<0,05	ns	<0,05	<0,05	<0,05	

¹ CN: nenhum produto foi aplicado à água; CP: peróxido de hidrogênio 35% p.a.; AM: aeração mecânica; SPC1: percarbonato de sódio 0,10g por 100L; SPC243: percarbonato de sódio 2,43g por 100L; SPC486: percarbonato de sódio 4,86g por 100L; ² Em uma mesma linha, médias com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Em uma mesma coluna, médias com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas (ANOVA, p>0,05). ³ Não significativo (p>0,05).

5.3 – 3ª Fase

5.3.1 – Oxigênio dissolvido

Antes da aplicação dos produtos, o oxigênio dissolvido se encontrava em torno de $3,96 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 5). Uma hora após as aplicações o AM obteve maiores taxas de concentração de oxigênio dissolvido entre os tratamentos, seguido por SPC486, SPC243, SPC1, CP e o CN respectivamente, em relação a hora anterior todos com exceção do CN, elevaram o oxigênio. A AM sempre foi o primeiro tratamento a chegar nos níveis ideais de oxigênio dissolvido. A aeração mecânica auxiliou no trabalho de Lima *et al.* (2012) e Furtado *et al.* (2014) a acelerar o processo de oxigenação do peróxido de hidrogênio na água, além disso, no trabalho de Torres (2021) foi essencial para comparação dos níveis de oxigênio dissolvido na utilização da oxigenação emergencial química da água.

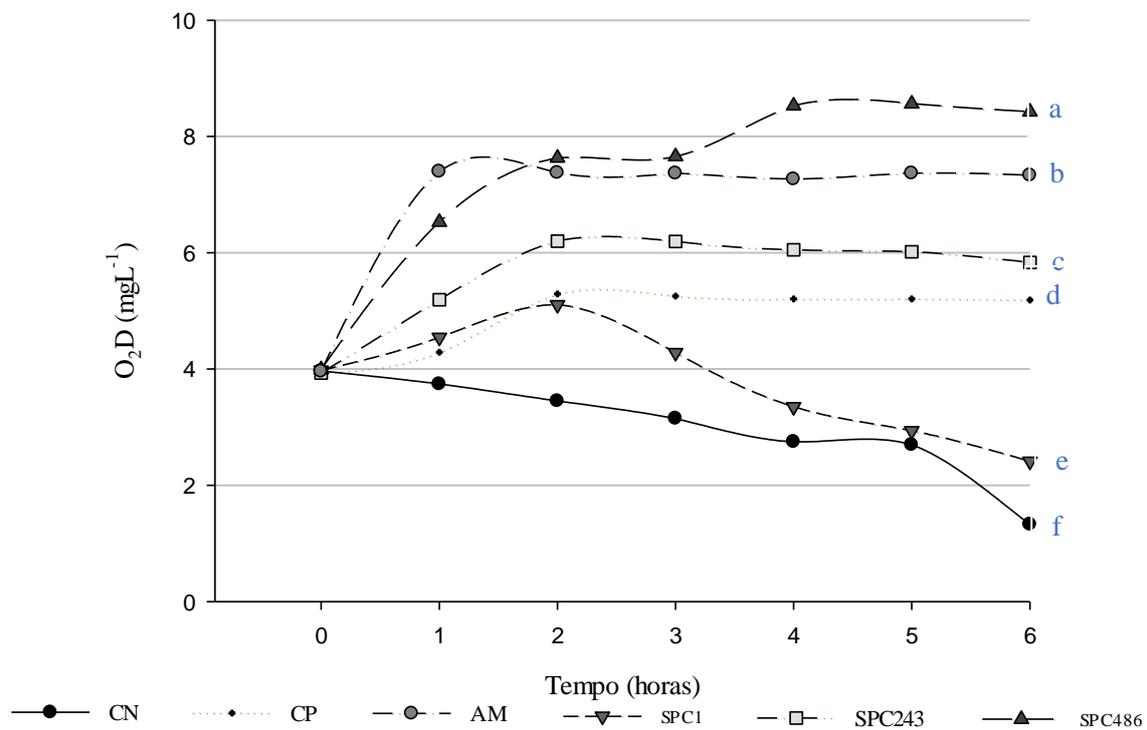
Após duas e três horas, o SPC486 chega aos mesmos níveis de oxigênio dissolvido da AM e maiores entre os tratamentos SPC243, SPC1, CP e CN que teve a menor oxigênio dissolvido, o CN a AM estabilizaram-se em relação a primeira hora e os demais novamente ocorreu o incremento do oxigênio dissolvido, já o SPC1 entre duas e três horas teve um decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido. O controle positivo que é constituído pelo peróxido de hidrogênio nessa etapa teve um incremento de $1,36 \text{ mg L}^{-1}$ do início do experimento até o seu pico que foi na segunda hora chegando a $5,29 \pm 0,15 \text{ mg L}^{-1}$, resultado longe da AM, que se manteve a uma média de $7,35 \text{ mg L}^{-1} \pm 0,03$, mesmo utilizando o dobro do recomendado por Lima *et al.* (2012). Nesse caso para chegar aos patamares de oxigênio da AM seria necessário a aplicação de doses maiores, pois quanto maior é a dose de peróxido de hidrogênio maior será o oxigênio, entretanto, há uma necessidade de fazer testes preliminares para saber até quanto de dose pode-se aplicar, pois varia com o tamanho, qualidade de água e espécie utilizada (FURTADO *et al.*, 2014; TORRES *et al.*, 2020).

Na quarta hora e quinta hora o SPC486 predominou como o maior oxigênio dissolvido entre os tratamentos chegando ao pico de $8,56 \pm 0,22 \text{ mg L}^{-1}$, seguindo por AM, SPC243, CP, SPC1 e CN onde todos diferiram entre si, em relação a terceira hora o CN, AM, SPC1, SPC243 tiveram uma queda de oxigênio dissolvido, entretanto entre quatro e cinco horas o AM aumentou o seu oxigênio dissolvido, os demais permaneceram estáveis. Assim como, na fase anterior os tratamentos que continham as maiores doses de percarbonato de sódio foram os mesmos que apresentaram as melhores taxas de oxigênio dissolvido, inclusive o SPC 486 superou a aeração mecânica, entretanto o SPC1 chegou a ter o segundo pior nível de oxigênio

dissolvido no final do experimento, constatando que quanto maior for a dose de SPC maior será o oxigênio dissolvido (Forwood *et al.*, 2014; Taylor *et al.*, 2021; Torres, 2021).

Na sexta e última hora o SPC486 seguiu como o maior oxigênio dissolvido entre os tratamentos, acompanhado por AM, SPC243, CP, SPC1 e CN, em relação ao tempo o CN tiveram uma queda na concentração de oxigênio dissolvido. O controle negativo na primeira e na segunda fase elevaram as suas taxas de oxigênio dissolvido ao passar das horas devido ao efeito do sulfito de sódio p.a. (Na_2SO_3) e o cloreto de cobalto p.a. (CoCl_2) que a partir de 30 minutos de aplicação vão perdendo a capacidade de desoxigenação da água, o mesmo foi observado no trabalho de Torres (2021). Já nessa fase o oxigênio dissolvido do CN diminuiu com o tempo por não conter nenhum produto para desoxigenação da água pois os produtos citados acima são tóxicos para peixes, nesse caso foi utilizado ração comercial para este fim.

Figura 5 – Oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10, 2,43 e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; n = 4).



5.3.2 – pH

Antes da aplicação dos produtos o pH estava em torno de 7,59 (Figura 6). Uma hora após a aplicação o SPC486 já apresentava o maior pH entre os tratamentos, seguindo pelo SPC243 que foi maior do que SPC1, AM e CP que não diferiram entre si, o menor pH foi o CN, em relação ao início todos os tratamentos obtiveram um aumento significativo, com exceção do CN. Após duas horas e três horas de aplicação o SPC486 obteve o maior pH entre os tratamentos, acompanhado pelo SPC243 e AM que não tinham diferença significativa, o CN foi o menor pH, em relação a hora anterior todos os tratamentos apresentaram um incremento em seus pHs, com exceção do SPC1 e SPC243. Nesta fase o CP positivo teve o incremento no pH na terceira hora, cujo o seu maior pH foi de $7,96 \pm 0,01$, após essa hora as taxas de pH caíram novamente, isso sugere que após a aplicação de peróxido de hidrogênio na água pode ocorrer uma leve acidificação como em alguns estudos ou alcalinização da água por algum tempo, entretanto em algumas horas ela tendencia a se estabilizar (TORRES *et al*, 2020; KÖNIG *et al*, 2020).

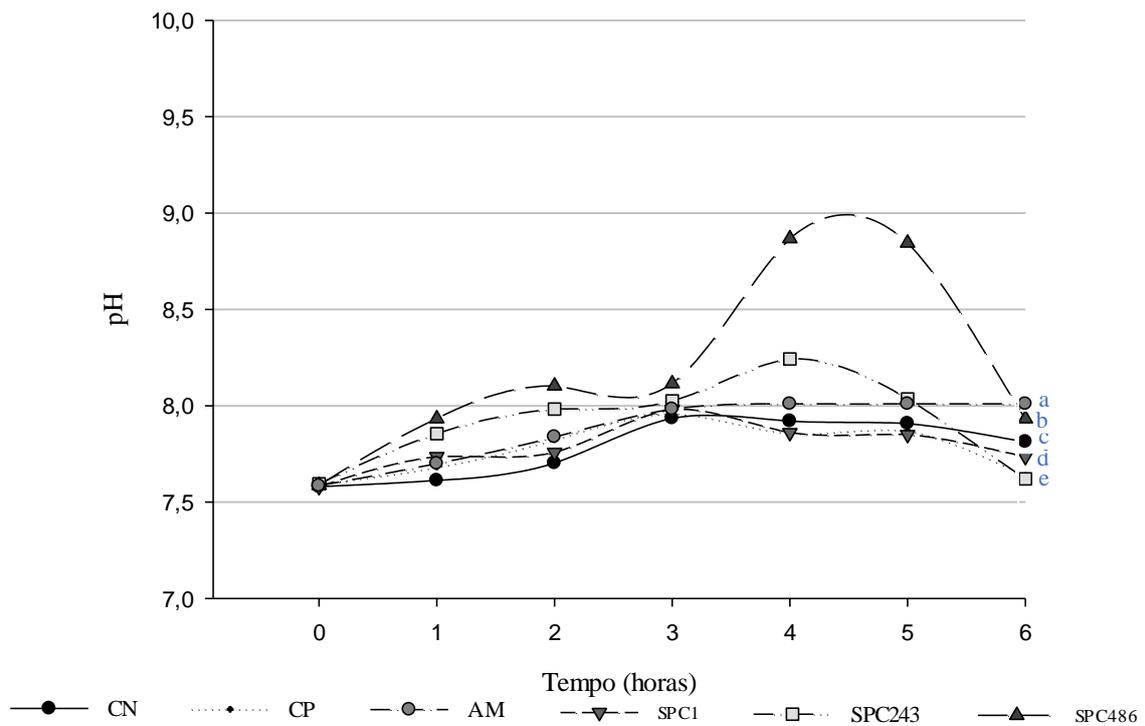
Com quatro horas, o SPC486 obteve o maior pH do experimento $8,87 \pm 0,02$ e entre os tratamentos, seguido por SPC243, AM e CN que diferiam entre si, e o menor pH foi encontrado em CP e SPC1 cujo não continham diferenças, em relação a três horas o SPC486 e SPC243 elevaram o pH, o AM e o CN permaneceram estáveis diferentemente do CP e SPC1 onde obtiveram uma leve queda em seus pHs. Esse aumento na concentração de pH está relacionado com a quantidade de percarbonato utilizado, quanto maior for essa taxa, mais elevado será o pH devido a alcalinização da água, resultados parecidos foram encontrados em trabalhos que utilizaram grandes taxas de SPC (THOO; SIUDA; JASSER., 2020; TAYLOR *et al.*, 2021; Torres, 2021)

Na quinta hora o SPC486 continuou como o maior pH entre os tratamentos, acompanhado pelo SPC243 e AM que não tinham diferenças entre si, e posteriormente CP, CN e SPC1 que continham os menores pHs e não tinham diferenças significativas, em relação a hora anterior todos os tratamentos permaneceram estáveis com exceção do SPC243 que apresentou uma queda em seu pH. Importante ressaltar que assim como nesta fase, todos os tratamentos da segunda etapa apresentaram um leve crescimento nas concentrações de pH até a quinta hora.

Na sexta e última hora, o AM apresentou o maior pH entre os tratamentos, seguindo pelo SPC486, CN e SPC1 cujo todos diferiam entre si e o CP e SPC243 o menor pH, em relação a quinta hora todos os tratamentos com a exceção da AM que permaneceu estável, obtiveram

uma queda acentuada em seus pHs. Pode-se observar que ao chegar no pico do pH os tratamentos com o percarbonato de sódio nas próximas horas se estabilizam ou decaí o pH, embora o maior pH chegou aproximadamente $8,87 \pm 0,02$ e o menor a $7,58 \pm 0,01$ todos estão na faixa recomenda para juvenis de tilápia do Nilo entre 5,5 e 9,0 (REBOUÇAS *et al.*, 2017).

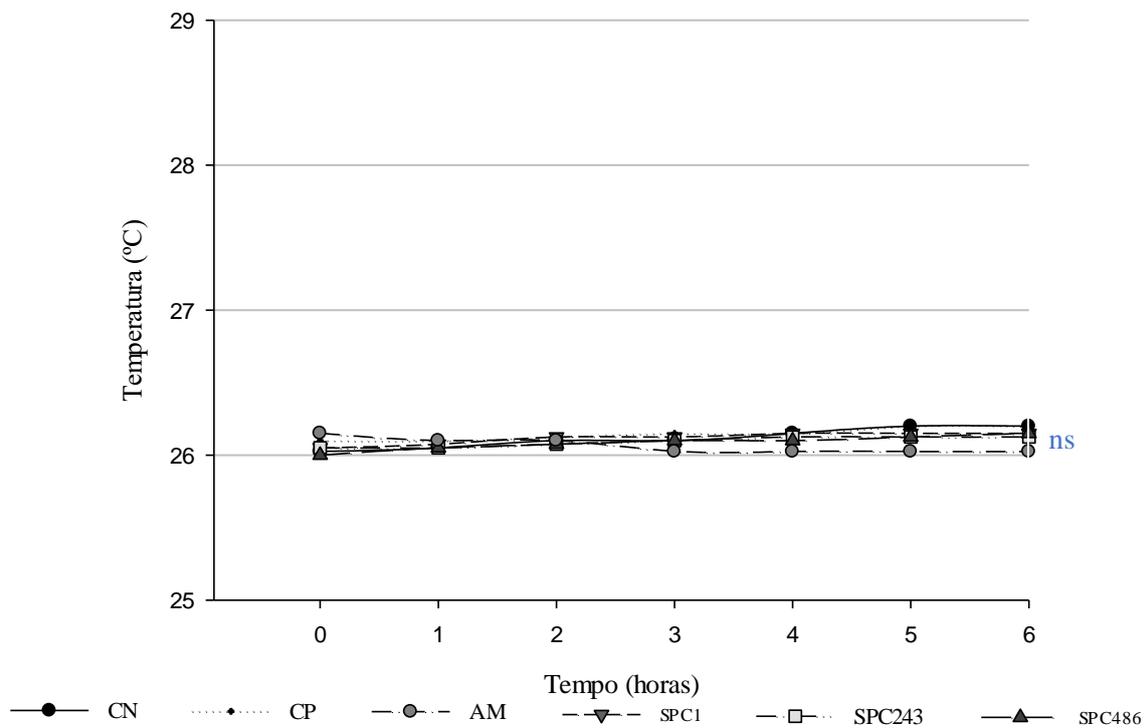
Figura 6 - pH ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10, 2,43 e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; n = 4).



5.3.3 – Temperatura

A temperatura da água inicial era 26,1°C (Figura 7). Não houve diferença significativa entre os tratamentos e hora anterior desde o início do experimento até a sexta hora, resultados parecidos foram encontrados no trabalho de Lima *et al.* (2012) cujo não obtiveram diferenças significativas na temperatura após a utilização do peróxido de hidrogênio e o Forwood *et al.* (2014) utilizando o percarbonato de sódio. A temperatura é importante para o peróxido de hidrogênio, pois oxida-se rapidamente com a sua elevação (RACH *et al.*, 1997). Assim como na primeira e segunda fase, nessa etapa a temperatura da água estava entre 25 e 28°C que favorece uma maior taxa de crescimento da tilápia do Nilo (CRAB *et al.*, 2009).

Figura 7 - Temperatura, °C., ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10, 2,43 e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; n = 4).

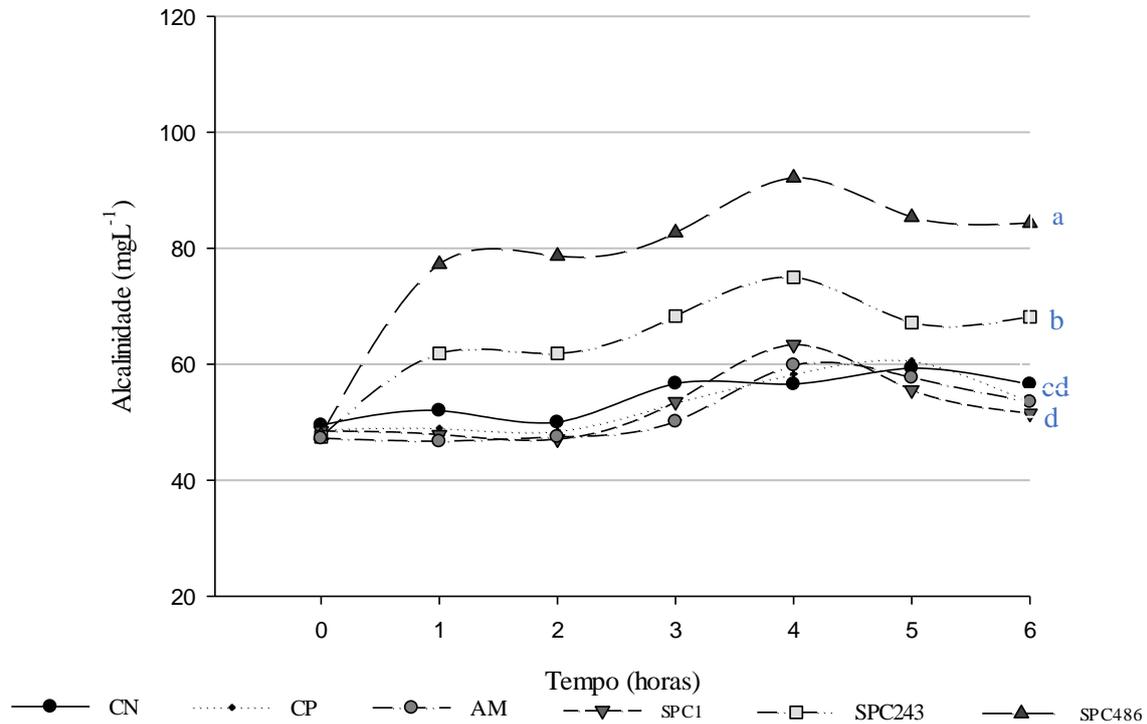


5.3.4 – Alcalinidade total

Antes das aplicações dos produtos para a oxigenação da água a alcalinidade encontrava-se em torno de $48,18 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ (Figura8). Uma hora e duas horas após a aplicação o SPC486 abrangia a maior alcalinidade entre os tratamentos, seguido por SPC243 que era maior do que CN, CP, SPC1 e AM, estes últimos não diferiam entre si e permaneceram estáveis em relação ao início do experimento, já o SPC243 e o SPC486 tiveram aumentos significativos, mas em relação a uma hora todos permaneceram estáveis menos o SPC486. Na primeira fase o CP obteve uma leve queda cerca de três horas, resultado parecido com a segunda etapa e diferente dessa fase cujo teve seu pico $60,60 \pm \text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ no período de cinco horas e após apresentou uma queda em sua alcalinidade retornando próximo ao patamar inicial, há trabalhos como o de König *et al.* (2020) e Torres *et al.* (2020) que água acidificou após a aplicação do peróxido de hidrogênio e retornaram para o patamar inicial. Após três horas, todos os tratamentos AM e SPC486 estavam estáveis a hora anterior, contudo o CN, CP, SPC1 e SPC243 estavam com maior alcalinidade, entre os tratamentos o SPC486 apresentava a maior alcalinidade, seguido por SPC243 que era maior do que CN, SPC1 e CP estes últimos não diferiam entre si e o AM obtinha a menor alcalinidade.

Com quatro horas o SPC486 obteve a maior alcalinidade do experimento $92,16 \pm 1,72 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3 \text{ eq}$ e entre os tratamentos, seguido por SPC243 e SPC1 que diferiam entre si, o AM, CP e CN eram as menores alcalinidades e não apresentavam diferença significativa, o CN foi o único tratamento estável em relação a hora anterior, o demais tratamento apresentaram um incremento significativo na alcalinidade. Na quinta e sexta hora de aplicação o SPC486 obtinha a maior alcalinidade entre os tratamentos, seguido por SPC243 que era maior do que CN, CP, AM, estes últimos não diferiam entre si e SPC1 a menor alcalinidade, de quatro para cinco horas o CN, CP e AM estavam estáveis, já os tratamentos com o percarbonato de sódio SPC1, SPC243 e SPC486 possuíram decréscimos nas suas concentrações de alcalinidade, já de cinco para seis horas houve uma leve queda na alcalinidade do CP e nos demais tratamentos a estabilização de suas concentrações. Assim como na segunda fase, todos os tratamentos que continham maiores quantidades de percarbonato de sódio apresentaram em algumas horas após a aplicação a alcalinidade elevada, contudo ao chegar a esse pico nas próximas horas a alcalinidade tem uma estabilização ou queda, além disso, tratamentos que tiveram maiores quantidades de percarbonato de sódio como no trabalho de Taylor *et al.* (2021) elevaram a alcalinidade da água, devido a liberação de bases tituláveis na água.

Figura 8 - Alcalinidade total, mg L⁻¹ de CaCO₃ eq., ao longo do tempo na água com aplicação de nenhum produto (CN), de 3,0 mL de peróxido de hidrogênio 35% (P35), de aeração mecânica (AM) e de 0,10, 2,43 e 4,86 g de percarbonato de sódio (SPC1, SPC243 e SPC486) por tanque (fase 3; n = 4).



5.3.5 – Sobrevivência

A sobrevivência dos juvenis de tilápia do Nilo antes da aplicação dos produtos para oxigenação era de 100% (Tabela 8). O CN com a taxa de sobrevivência $91,67 \pm 9,62$ % na sexta e última hora de experimento apresentou diferença significativa entre os tratamentos e em relação a hora anterior, os demais não diferiram entre si até o final, esse resultado não foi diferente do Taylor e Ross (1988) que durante o transporte de juvenis de tilápia do Nilo no período de seis horas mortalidades ocorreram entre duas até o final do experimento quando as concentrações de peróxido de hidrogênio encontravam-se em 25 até 300 mL contendo 12% de H₂O₂, dosagem bem maior do que utilizado neste trabalho que foi de 3,0 mL contendo 35% de H₂O₂, os autores afirmaram que para o transporte de peixes a dose recomenda é até 15 mL contendo 12% de H₂O₂.

O uso de peróxido de hidrogênio pode causar problemas significativos para os animais aquáticos. Nessa etapa 3,0 mL contendo 35% de H₂O₂ não influenciou na mortalidade das tilápias do Nilo diferentemente de Furtado *et al.* (2014) onde utilizaram doses de H₂O₂ em tanques contendo camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) em sistema BFT e observaram que

estes camarões expostos acima de 5,8 mL contendo 29% de H_2O_2 apresentavam nado errático, perda de equilíbrio e pequenas bolhas entre a carapaça e o músculo, além disso o único tratamento que manteve 100% de sobrevivência até seis horas foi o 2,9 mL contendo 29% de H_2O_2 , próximo da dosagem utilizada nesse experimento, já König *et al.* (2020) nesse mesmo período e utilizando a mesma espécie de camarão conseguiu obter a sobrevivência de 100% utilizando 1,0 mL contendo 35% de H_2O_2 , porém a utilização do peróxido de hidrogênio afetou negativamente a comunidade bacteriana causando um pequeno desequilíbrio no sistema BFT, ou seja, o peróxido de hidrogênio nesses sistemas deve ser usado apenas em casos extremos como ferramenta de emergência.

A dosagem em excesso de peróxido de hidrogênio e o percarbonato de sódio pode causar grandes prejuízos zootécnicos para peixes e camarões. Todos os tratamentos com percarbonato de sódio não tiveram mortalidade. Forwood *et al.* (2015) utilizaram 5 g até 25 g/100 L de SPC em tanques contendo truta-arco-íris durante uma hora e obtiveram 100% de sobrevivência, porém a 25 g/100L alguns peixes apresentaram desempenho de natação prejudicado. Durante uma hora de experimento nessa etapa, todos os tratamentos continham 100% de sobrevivência e nenhum peixe apresentou problemas em sua natação. Taylor *et al.* (2021) expuseram salmão do atlântico a níveis de percarbonato de sódio elevados como 10 g, 50 g e 100 g/100L e observaram que com três horas de experimentos apenas o tratamento com 10 g/100L não causou nenhum efeito nos peixes ou mortalidade significativa. Por não apresentar danos e mortalidade nos juvenis de tilápia do Nilo o percarbonato de sódio até 4,86 g/100L em um período de seis horas pode ser usado como fonte emergencial de oxigênio.

Tabela 8 – Sobrevivência em %, após a aplicação de diferentes produtos para oxigenação emergencial (fase 3; média ± d.p.; n = 4)

Tempo (h)	Tratamento ¹						P-valor
	CN	CP	AM	SPC1	SPC243	SPC486	
0	100,0 ± 0,00 A ²	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns ³
1	100,0 ± 0,00 A	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns
2	100,0 ± 0,00 A	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns
3	100,0 ± 0,00 A	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns
4	100,0 ± 0,00 A	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns
5	100,0 ± 0,00 A	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	100,0 ± 0,00	ns
6	91,67 ± 9,62 Bb	100,0 ± 0,00 a	p<0,05				
P-valor	p<0,05	ns	ns	ns	ns	ns	

¹ CN: nenhum produto foi aplicado à água; CP: peróxido de hidrogênio 35% p.a.; AM: aeração mecânica; SPC1: percarbonato de sódio 0,10g por 100L; SPC243: percarbonato de sódio 2,43g por 100L; SPC486: percarbonato de sódio 4,86g por 100L; ² Em uma mesma linha, médias com diferentes letras minúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Em uma mesma coluna, médias com diferentes letras maiúsculas são significativamente diferentes entre si pelo teste de Tukey (ANOVA, p≤0,05). Ausência de letras indica que as diferenças existentes entre as médias não são significativas (ANOVA, p>0,05). ³ Não significativo (p>0,05).

6 CONCLUSÕES

O percarbonato de sódio foi mais eficiente na elevação de oxigênio dissolvido na água quando foi aplicado em doses maiores. Por outro lado, o SPC se apresentou ineficiente nas menores quantidades testadas. O peróxido de hidrogênio na maior dose promoveu um aumento nos níveis de oxigênio dissolvido da água, porém apresentou uma demora para chegar na maior incorporação de oxigênio dissolvido na água. O pH e alcalinidade elevaram-se com o aumento das doses do SPC, mas manteve o pH e a alcalinidade da água dentro das faixas aceitáveis para aquicultura, já peróxido de hidrogênio teve a sua alcalinidade reduzida ao passar das horas e não teve efeito sobre a aeração mecânica. Todos os produtos não apresentaram efeitos em relação a temperatura. O SPC ao ser aplicado em tanques com juvenis de tilápia do Nilo promoveu os mesmos efeitos na qualidade da água sem os peixes e os produtos de desoxigenação da água. O peróxido de hidrogênio elevou o pH e alcalinidade ao passar das horas e no final teve uma leve queda. Nenhuma das doses utilizadas dos produtos promoveu a mortalidade dos peixes. O peróxido de hidrogênio a 3,0 mL pode ser usado desde que a taxa de oxigênio dissolvido pelo menos estiver acima de 3 mg L⁻¹. Dessa forma, o SPC, quando aplicado em doses de 2,43 e 4,86 g/100L, mostrou-se mais eficaz no provimento emergencial de oxigênio dissolvido, uma hora após sua aplicação para essa espécie. Logo, o percarbonato de sódio pode ser usado como alternativa ao peróxido de hidrogênio para oxigenação emergencial da água.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar do peróxido de hidrogênio ter elevado a concentração de oxigênio dissolvido na água, a dose de 3mL demonstrou não ser tão eficaz em grandes hipóxias. Dessa forma, como os juvenis de tilápia do Nilo, demonstraram grandes resistências, seria válido estudar a aplicações de níveis maiores de peróxido de hidrogênio para oxigenação emergencial da água.

O peróxido de hidrogênio em pequenas doses prejudica os microrganismos causando um pequeno desequilíbrio do sistema BFT. O percarbonato de sódio possui 27% de H_2O_2 , com isso, seria interessante um estudo verificando se SPC afetaria também o sistema BFT.

O percarbonato de sódio e o pH da água elevaram-se diretamente proporcional às diferentes dosagens aplicadas após as aplicações. Os juvenis de tilápia do Nilo, demonstraram grandes resistências a essas amplitudes. Porém, há espécies aquáticas que possuem menores amplitudes nos limites de pH e alcalinidade da água. Nesse sentido, seria válido estudar a aplicação SPC em tanques de criação de peixes redondos como o Tambaqui (*Colossoma macropomum*) ou camarão marinho, *L. vannamei*.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira da Piscicultura – PEIXES BR. **Anuário Peixe BR da Piscicultura em 2022**. Pinheiros, São Paulo. 2022, 79p.
- ARVIN, E.; PEDERSEN, L. F. Hydrogen peroxide decomposition kinetics in aquaculture water. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 64, p. 1-7, jan. 2015.
- BISHOP, D. F.; STERN, G.; FLEISCHMAN, M.; M, L. S. Hydrogen Peroxide Catalytic Oxidation of Refractory Organics in Municipal Waste Waters. **Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development**, [s.l.], v. 7, p. 110–117, 1968.
- BÖGNER, D.; BÖGNER, M.; SCHMACHTL, F.; BILL, N.; HALFER, J.; SLATER, M. J. Hydrogen peroxide oxygenation and disinfection capacity in recirculating aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 92, p. 1-11, 2021.
- BOYD, C.E. **Water quality in warmwater fish ponds**. Agricultural Experiment Station, Auburn, 1979, v. 1, 359p.
- BOYD, C. E. Pond water aeration system. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 18, p. 29-40, 1998.
- BOYD, C. E. **Water quality. An introduction**. Springer Nature Switzerland, Auburn, 2000, v. 3, 330p.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management: aeration**, Springer Science & Business Media, Auburn, v. 1, 2012, 324-330p.
- 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, p. 6-41, 2016.
- BUCHMANN, K.; JENSEN, P. B.; KRUSE. Effects of sodium percarbonate and garlic extract on *Ichthyophthirius multifiliis* theronts and tomocysts: In vitro experiments. **North American Journal of Aquaculture**, [s.l.], v. 65, p. 21-24, 2003.
- CRAB, R.; KOCHVA, M.; VERSTRAETE, W.; AVNIMELECH, Y. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 40, p. 105-112, 2009.
- CYRINO, J.E.; CONTE, L.; Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. **AquaCiência**, Piracicaba, cap.12, p.151-171, 2006.
- FERREIRA, P. M. F.; BARBOSA, J. M.; SANTOS, E. L.; SOUZA, R. N.; SOUZA, S. R. Avaliação do consumo de oxigênio da tilápia do Nilo submetidas a diferentes estressores. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, São Luís, v. 6, p. 56-62, 2011.

FORWOOD, J. M.; HARRIS, J. O.; LANDOS, M.; DEVENEY, M. R. Evaluation of treatment methods using sodium percarbonate and formalina on Australian Rainbow trout farms. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 63, p. 9-15, set. 2014.

FORWOOD, J. M.; HARRIS, J. O.; LANDOS, M.; DEVENEY, M. R. Histological evaluation of sodium percarbonate exposure on the gills of rainbow trout. **Dis Aquat Org**, [s.l.], 114, p. 263–268, 2015.

FURTADO, P. S.; SERRA, F. P.; POERSCH, L. H.; WASIELESKY JR, W. Short communication: Acute toxicity of hydrogen peroxide in juvenile White shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology systems. **Aquaculture International**, Rio Grande do Sul, v. 22, p. 653-659, 2014.

HETESA, J.; JIRASEK, J.; GOLIKOV, H. Use of chemicals to increase the oxygen content in water. **Zivocisna Vyroba**, [s.l.], v. 11, p. 857-862, 1981.

HEINECKE, R. D.; BUCHMANN, K. Control of *Ichthyophthirius multifiliis* using a combination of water filtration and sodium percarbonate: dose-response studies. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 288, p. 32-35, 2009.

JAAFAR R. M.; KUHN J. A.; CHETTRI, J. K.; BUCHMANN, K. Comparative efficacies of sodium percarbonate, peracetic acid, and formaldehyde for control of *Ichthyobodo necator* - an ectoparasitic flagellate from rainbow trout. **Acta Ichthyol.** [s.l.], v. 2, p.139–143, 2013.

KÖNIG, R. B.; FURTADO, P. S.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Effect of hydrogen peroxide on the microbial Community presente in biofloc production systems of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 533, 2020.

KUBITZA, F. **Qualidade da água: no cultivo de peixes e camarões**. Editora Kubitza, 1.ed. Jundiaí, 229p, 2003.

LIMA, V. T. A.; CAMPECHE, D. F. B.; PAULINO, R. V.; JÚNIOR, D. D. S.; VASCONCELLOS, E. B. C. **Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia**. Embrapa Semiárido, [s.l.], p.416 - 420, 2011.

LIMA, J. P. V.; BRITO, L. O.; COSTA, W. M.; COSTA, W. M.; GÁLVEZ, A. O. Utilização de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) no incremento de oxigênio dissolvido em cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 17, p. 73-77, 2012.

MARATHE, V. B.; HUILGOL, N. V.; PATIL, S. G. Hydrogen Peroxide as a Source of Oxygen Supply in the Transport of Fish Fry. **The Progressive Fish-Culturist**, [s.l.], v. 2, p. 117-117, 1975.

MAHANAND, S. S.; PANDEY, P. K. Application of biofloc technology for sustainable aquaculture development. In: MOHANTY, B.P. (Ed.) **Advances in Fish Research**, v.7. Cap. 15, Delhi, p.263-274, 2019.

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. Editora Ulbra, Canoas, 2001, v. 1, 199p.

PEDERSEN, L. F., PEDERSEN, P. B. Hydrogen peroxide application to a commercial recirculating aquaculture system. **Aquacultural Engineering**, [s.l.], v. 46, p. 40-46, 2012.

PEREIRA, R. G. F.; FREITAS, J. G. Fundamentos e aplicação do percarbonato de sódio para remediação de solos e águas subterrâneas por oxidação química. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 41, p. 57-75, 2020.

RACH J. J.; SCHREIER T. M.; HOWE G. E.; REDMAN S. D. Effects of species, life stage, and water temperature on the toxicity of hydrogen peroxide to fish. **Prog Fish-Cult**, [s.l.], p.41-46, 1997.

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* in eutrophic water. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 38, p. 361-368, 2017.

ROQUE, A.; YILDIZ, H. Y.; CARAZO, I.; DUNCAN, N. Physiological stress responses of *Dicentrarchus labrax* to hydrogen peroxide (H₂O₂) exposure. **Aquaculture**, Amsterdã, v. 304, p. 104-107, 2010.

SÁ, M. V. C. **Manual de práticas laboratoriais em limnocultura (Água e Solo)**. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, 2015, v. 1, 56p.

TAYLOR, N. I.; ROSS, L. G. The use of Hydrogen peroxide as a source of oxygen for the transportation of live fish. **Aquaculture**, Amsterdã, v.70, p. 183-192, 1988.

TAYLOR, R. S.; SLINGER, J.; LIMA, P. C.; ENGLISH, C. J.; MAYNARD, B. T.; SAMSING, F.; MCCULLOCH, R.; QUEZADA-RODRIGUEZ, P. R.; WYNNE, J. W. Evaluation of sodium percarbonate as a bath treatment for amoebic gill disease in Atlantic salmon. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 52, p. 117-129, 2021.

THOO, R.; SIUDA, W.; JASSER, I. The effects of sodium percarbonate generated freeoxygen on *Daphnia* – Implications for the management of harmful algal blooms. **Water**, [s.l.], v.12, p. 1-12, 2020.

TORRES, A. B.; RAULINO, A. E. S.; LIMA, F. R. S.; APOLIANO, M. L. S.; CAVALCANTE, D. H.; SÁ, M. V. C. Preparo de água superoxigenada com peróxido de hidrogênio para uso emergencial em tanques de aquicultura. **Ciência Animal**, Fortaleza, v. 30, p. 13-22, 2020.

TORRES, A. B. **Água superoxigenada e percarbonato de sódio como alternativas ao peróxido de hidrogênio na aquicultura**. 2021. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

ZENI, T.O.; OSTRENSKY, A.; WESTPHAL, G.G. Respostas adaptativas de peixes a alterações ambientais de temperatura e de oxigênio dissolvido. **ArchVetSci**, [s.l.], v. 21, p. 1-16, 2016.

YUE-HUA, Z.; CHUN-MEI, X.; CHANG-HONG, G. Application sodium percarbonate to oxidative degradation trichloroethylene contamination in groundwater. **Environmental Sciences**, [s.l.], v. 10, p. 1668-1673, 2011.