

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

EFEITO DE MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO
CRESCIMENTO E QUALIDADE DO FILÉ DE TILÁPIA
(Oreochromis niloticus)

Juliana Samila de Castro Miguel

Zootecnista

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CÂMPUS DE DRACENA

**EFEITO DE MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO
CRESCIMENTO E QUALIDADE DO FILÉ DE TILÁPIA**
(*Oreochromis niloticus*)

Juliana Samila de Castro Miguel

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp - Campus de Dracena, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

M588e

Miguel, Juliana Samila de Castro.

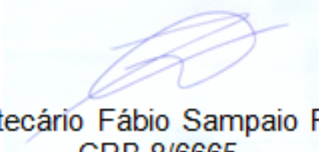
Efeito de microminerais orgânicos no crescimento e qualidade do filé de tilápia (*Oreochromis niloticus*). / Juliana Samila de Castro Miguel. -- Dracena: [s.n.], 2020.

72 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2020.

Orientador: Leonardo Susumu Takahashi

1. Nutrição. 2. Metabolismo. 3. Minerais. 4. Qualidade. 5. Pescado. I. Título.



Bibliotecário Fábio Sampaio Rosas
CRB 8/6665

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Dracena



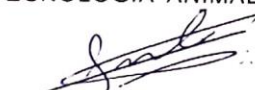
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO DE MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO E QUALIDADE DO FILÉ DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)

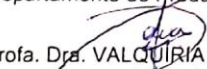
AUTORA: JULIANA SAMILA DE CASTRO MIGUEL

ORIENTADOR: LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

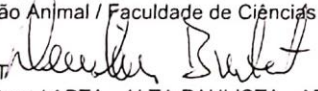
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL, área: Produção Animal pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena


Profa. Dra. VALQUÍRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO

Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena


Dr. DENILSON BURKERT

Departamento de Aquicultura / APTA - ALTA PAULISTA - ADAMANTINA/SP

Dracena, 26 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO ALUNO

JULIANA SAMILA DE CASTRO MIGUEL –Filha de Amilton Rogério Alves Miguel e Cássia Aparecida de Castro Miguel, nascida em Guararapes-SP em 08/03/1994. Ingressou em 2012 na Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena (UNESP-FCAT), no município de Dracena-SP, concluiu sua graduação em Zootecnia em 2017. No ano de 2018, ingressou no programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia Animal na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – UNESP Campus de Dracena, sendo que em fevereiro do ano de 2020 submeteu sua dissertação à banca examinadora.

EPÍGRAFE

“É preciso que eu suporte duas ou três larvas se quiser conhecer as borboletas.

Dizem que são tão belas.”

Antoine de Saint-Exupéry

DEDICATÓRIA

Dedico:

A Deus, minha família, aos meus avós Argeu e Cida e Professora Maria Luiza Poatti
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Sem ele jamais teria chegado onde estou. Obrigada por ter me fortalecido e me tornado quem sou. A você devo tudo, obrigada pelo amor incondicional nas horas mais difíceis.

À minha Família, em especial a meus pais Cassia e Amilton que depositaram confiança em mim nesta jornada. Serei eternamente grata. Essa vitória é de vocês. Obrigada por realizar meus sonhos e obrigada por cada luta para me manter e me ensinar a nunca desistir e sempre ter esperança de dias melhores. Minha eterna gratidão. À minhas irmãs Bruna e Daniele, obrigada por todo apoio. Mesmo longe se fizeram presentes em minha vida. Ao meu sobrinho João Victor, obrigada por me apresentar o amor puro e verdadeiro e entender, mesmo sendo criança a minha ausência. Amo vocês.

À Flávia pelo companheirismo em todo esse período. Obrigada por todo apoio e amor incondicional, permitindo que eu não desistisse e me tornasse mais forte a cada dia. Em dias difíceis estive ao meu lado me motivando, essa vitória também é sua. Obrigada por todos os momentos vividos. Ainda teremos muitas histórias para viver, te amo.

Ao Prof. Adj. Leonardo Susumu Takahashi, agradeço pela confiança depositada em mim, pelo apoio, paciência, amizade, dedicação e pelo conhecimento transmitido. Sem dúvidas aprendi muito com você em orientação acadêmica e pessoal. Obrigada por contribuir com o meu desenvolvimento. Você é meu exemplo a ser seguido, minha gratidão.

À equipe do Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal (GAUD), agradeço por todo apoio e amizade que construímos, sem a ajuda de vocês essa pesquisa não sairia do papel. Obrigada por me recepcionar tão bem e me ensinar a trabalhar em equipe.

À Professora Luiza (*in memoriam*), obrigada por despertar em mim o interesse em seguir no mestrado. Você plantou a semente antes de partir e os nossos frutos

foram colhidos. Gratidão por fazer parte na minha história, tive o imenso prazer em te conhecer nessa vida. Que a nossa amizade prevaleça para sempre.

Agradeço imensamente aos professores Patrícia Luz, Leonardo Zanetti e Cristiana Andrighetto pela ajuda prestada durante as análises. Vocês foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, obrigada.

À minha segunda família República MinaMora. Obrigada pelo acolhimento durante esses anos, desde a graduação. Serei eternamente grata pelos momentos vividos. Foram inúmeras histórias que jamais esquecerei. Desejo toda sorte do mundo para cada uma de vocês. Minha eterna gratidão.

À minha amiga Polyana, por toda amizade nesse período, que nunca mediu esforços para me ajudar. Você foi essencial para a realização dessa pesquisa. Agradeço a Deus por cruzar nossos caminhos. Sua amizade foi um presente. Muita sorte em sua caminhada.

Aos funcionários da Unidade que sempre tiveram dispostos a ajudar, principalmente na construção do Laboratório de Aquicultura. Vocês são exemplos de profissionais.

Aos amigos Ivan Aranha e Paulinho Tahara, obrigada pela ajuda durante o experimento.

À empresa Alltech pela doação do aditivo.

Agradeço por fim a todas as pessoas que de alguma maneira possam ter me ajudado a trilhar esse caminho.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Obrigada!

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA EM USO DE ANIMAIS (CEUA)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Dracena



Comissão de Ética no Uso de Animais

Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Efeito de microminerais orgânicos no crescimento e qualidade do filé de tilápia – *Oreochromis niloticus*." (Effects of organic microminerals on productive performance and quality filet of tilapia – *Oreochromis niloticus*), registrada com o nº 05/2019.R1 – CEUA, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). Leonardo Susumu Takahashi – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em reunião de **18/04/2019**.

Dracena, 18 de abril de 2019.



Profa. Dra. Sirlene Aparecida Maestá
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - DTA

Rod. Cmt. João Ribeiro de Barros, km 651 - Bairro das Antas - CEP: 17900-000 - Dracena/SP - Brasil
Tel. (18) 3821-8200 - www.dracena.unesp.br - academico@dracena.unesp.br

EFEITO DE MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO CRESCIMENTO E QUALIDADE DO FILÉ DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)

RESUMO- Os microminerais possuem papéis importantes no metabolismo animal, participam de funções fisiológicas, crescimento, desenvolvimento e saúde em peixes. O objetivo deste estudo foi avaliar a suplementação da dieta com microminerais orgânicos no desempenho produtivo e qualidade do filé de juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Foram formuladas 3 dietas práticas isoprotéicas e isoenergéticas com três níveis de inclusão (0,0; 1,0 e 1,5%) de um *blend* de microminerais orgânicos composto por: ferro, zinco, manganês, cobre, selênio e cromo. Foram realizados dois experimentos distintos, um com alimentação durante período pré-abate (7 dias) e outro, durante período longo de alimentação (30 dias). Em cada um dos experimentos, foram utilizados 120 juvenis em fase de terminação com peso médio de 360,6 g, distribuídos aleatoriamente em 12 caixas de 1000 L em um sistema de circulação fechado. Foram avaliados parâmetros da qualidade do filé no período pré-abate (7 dias): potencial hidrogeniônico (pH), rendimento de filé, cor, perdas de peso cozimento (*cooking loss*), perdas de peso por descongelamento (*drip loss*) e capacidade de retenção de água (CRA). As análises no após período de 30 dias de alimentação, foram as mesmas do período pré-abate com adição de: parâmetros de desempenho produtivo (ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico), textura do filé, oxidação lipídica (TBARS), concentração de bases voláteis totais (BVT), concentração de nitrogênio não protéico (NNP) e composição centesimal do filé. O delineamento experimental dos experimentos foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos correspondentes aos três níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos (0,0; 1,0 e 1,5%) e quatro repetições. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Duncan (5%) através do software estatístico SAS, versão 9.2. Após a alimentação pré-abate, nas variáveis de rendimento de filé, cor, *cooking loss*, e CRA não foram observadas diferenças ($p < 0,05$). No *drip loss* e pH foram observadas diferenças ($p < 0,05$). Os peixes que receberam a dieta controle (0,0%), apresentaram maior *drip loss* quando comparado com os outros tratamentos que não difeririam entre si. O menor pH foi observado nos peixes que receberam o tratamento de 1,5%. Para período de 30 dias de alimentação, não foram observadas diferenças ($p < 0,05$) no pH, rendimento de filé, cor, textura, *cooking loss*, CRA, oxidação lipídica (TBARS) e composição centesimal dos files. No *drip loss*, BVT e NNP foram observadas diferenças ($p < 0,05$), os peixes que receberam a dieta controle (0,0%) apresentaram maiores médias nestas variáveis, quando comparado aos outros tratamentos mas sem diferenças entre si. Conclui-se que o *blend* de microminerais orgânicos em ambos períodos de alimentação (7 e 30 dias), melhorou atributos de qualidade no filé de tilápia do Nilo, e que pode ser atribuído a presença de microminerais que protegem e atuam contra o estresse oxidativo resultando em menor dano celular.

Palavras-chave: nutrição, metabolismo, minerais, qualidade, pescado.

EFFECT OF ORGANIC MICROMINERALS ON GROWTH AND FILLET QUALITY OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

ABSTRACT-Microminerals play important roles in animal metabolism participate in physiological functions, growth, development and health in fish. The aim of this study was to evaluate the dietary supplementation with organic microminerals in the productive performance and quality of the tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile fillet. A 120 juveniles were used in the finishing phase with an average weight of 360.6 g, randomly distributed in 12 boxes of 1000 L in a closed circulation system. 3 practical isoproteic and isoenergetic diets were formulated with three levels of inclusion (0.0, 1.0 and 1.5%) of a blend of organic minerals composed of: iron, zinc, manganese, copper, selenium and chromium. Two different experiments were carried out, one with feeding during the pre-slaughter period (7 days) and the other, during a long feeding period (30 days). In each of the experiments, 120 juveniles were used in the finishing phase with an average weight of 360.6 g, randomly distributed in 12 boxes of 1000 L in a closed circulation system. Parameters of fillet quality in the pre-slaughter period (7 days) were evaluated: hydrogen potential (pH), fillet yield, color, *cooking loss*, weight loss by defrosting (*drip loss*) and retention capacity of water (CRA). The analyzes in the period after 30 days of feeding were the same as in the pre-slaughter period with the addition of: production performance parameters (weight gain, feed conversion and specific growth rate), fillet texture, lipid oxidation (TBARS), concentration of total volatile bases (BVT), concentration of non-protein nitrogen (NNP) and centesimal composition of the fillet. The experimental design of the experiments was completely randomized, with three treatments corresponding to the three levels of inclusion of the blend of organic micro minerals (0.0, 1.0 and 1.5%) and four replications. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means compared by the Duncan test (5%) using the SAS statistical software, version 9.2. After pre-slaughter feeding, in the variables of fillet yield, color, *cooking loss*, and CRA, no differences were observed ($p < 0.05$). Differences in *drip loss* and pH ($p < 0.05$) were observed. The fish that received the control diet (0.0%), presented greater *drip loss* when compared to other treatments that would not differ from each other. The lowest pH was observed in fish that received the 1.5% treatment. For a 30-day feeding period, there were no differences ($p < 0.05$) in pH, fillet yield, color, texture, *cooking loss*, CRA, lipid oxidation (TBARS) and centesimal composition of the files. In the *drip loss*, BVT and NNP differences were observed ($p < 0.05$), the fish that received the control diet (0.0%) presented higher averages in these variables, when compared to other treatments but without differences between them. It is concluded that the blend of organic micro minerals in both feeding periods (7 and 30 days), improved quality attributes in the Nile tilapia fillet, and that it can be attributed to the presence of micro minerals that protect and act against oxidative stress resulting less cell damage.

Keywords - nutrition, metabolism, minerals, quality, *Oreochromis niloticus*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ingredientes e composição centesimal das dietas experimentais.....	37
Tabela 2 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH e concentração de amônia total na água dos tanques de tilápia do Nilo alimentadas com <i>blend</i> de microminerais orgânicos.	40
Tabela 3 - Rendimento (RND) e potencial hidrogeniônico (pH) de filé de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com a inclusão do <i>blend</i> de microminerais orgânicos durante 7 dias.	41
Tabela 4 - Análises físicas de filés de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) após alimentação de 7 dias com <i>blend</i> de microminerais orgânicos.	42
Tabela 5 - Médias de cor em filés de tilápias do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) após alimentação por 7 dias em níveis de inclusão do <i>blend</i> de microminerais orgânicos.	45
Tabela 6 - Composição centesimal das dietas experimentais com inclusão de microminerais orgânicos.....	56
Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos da água dos tanques com detilápia do Niloalimentadas com <i>blend</i> de microminerais orgânicos.....	61
Tabela 8 - Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e consumo de ração de tilápias alimentadas com o <i>blend</i> de microminerais orgânicos durante 30 dias.	62
Tabela 9 - Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento (RND) de filé de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentadas com <i>blend</i> de microminerais orgânicos durante 30 dias.....	63
Tabela 10 - Cor e textura de filés de tilápia do Niloalimentadas por 30 dias em níveis de inclusão do <i>blend</i> de microminerais orgânicos.	64
Tabela 11 - Resultados de análises físicas em filés de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) após alimentação de 30 dias com <i>blend</i> de microminerais orgânicos.....	65
Tabela 12 - Médias de indicadores de frescor em filés de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) após alimentação de 30 dias com <i>blend</i> de microminerais orgânicos no período de armazenamento dos filés por 20 dias.	66
Tabela 13 - Composição centesimal (matéria seca, umidade, cinzas, proteína e extrato etéreo) em filés de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) após alimentação por 30 dias com <i>blend</i> de microminerais orgânicos.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Métodos de avaliação de qualidade do pescado	25
--	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1.1 Introdução	17
1.2 Revisão de Literatura	18
1.2.1 Minerais na nutrição de peixes	18
1.2.2 Micromineirais utilizados na nutrição de peixes.....	19
1.2.3 Qualidade de pescado	24
1.2.4 Tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	26
1.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
 CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA EM FILÉS DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) ALIMENTADAS COM BLEND DE MICROMINEIRAIS ORGÂNICOS	 32
2.1 Introdução	34
2.2 Material e métodos	35
2.2.1 Protocolo experimental.....	35
2.2.2 Dietas experimentais.....	36
2.2.3 Coleta de material biológico	38
2.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH), rendimento de filé, cor e textura	38
2.2.5 Perdas de peso por cozimento (<i>cooking loss</i>), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (<i>drip loss</i>)	39
2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística	40
2.3 Resultados e Discussão.....	40
2.3.1 Parâmetros da qualidade de água.....	40
2.3.2 Rendimento de filé e pH.....	41
2.3.3 Perdas de peso por cozimento (<i>cooking loss</i>), capacidade de retenção de água (CRA), perdas de peso por descongelamento (<i>drip loss</i>)	42
2.3.4 Cor	44
2.4 Conclusão	45
2.5 Referências	46

CAPÍTULO III– MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO PRODUTIVO E ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>)	50
3.1 Introdução	53
3.2 Material e Métodos	54
3.2.1 Instalações experimentais e animais.....	54
3.2.2 Análises da qualidade de água	54
3.2.3 Dietas experimentais e Protocolo experimental.....	55
3.2.4 Material biológico	57
3.2.5 Avaliação de desempenho produtivo e eficiência nutricional	57
3.2.6 Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento de filé.....	57
3.2.7 Cor e textura.....	58
3.2.8 Perda de peso por cozimento (<i>cooking loss</i>), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (<i>drip loss</i>)	58
3.2.9 Oxidação lipídica, Bases voláteis totais (BVT) e Nitrogênio não proteico (NNP)	59
3.2.10 Composição centesimal.....	60
3.2.11 Análises estatísticas e delineamento experimental	60
3.3 Resultados e Discussão.....	61
3.3.1 Parâmetros físico-químicos da água	61
3.3.2 Avaliação de desempenho produtivo e eficiência nutricional	61
3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento de filé.....	62
3.3.4 Cor e textura.....	63
3.3.5 Perdas de peso por cozimento (<i>cookingloss</i>), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (<i>drip loss</i>)	64
3.3.6 Oxidação lipídica (TBARS), Bases voláteis totais (BVT) e Nitrogênio não protéico (NNP)	66
3.3.7 Composição centesimal.....	68
3.4 Conclusão	68
3.5 Referências Bibliográficas.....	69

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução

A produção mundial de pescado no ano de 2017 foi de 80 milhões de toneladas sendo o setor que mais cresce diante de outros grandes setores de produção de alimentos (FAO, 2018). O Brasil produziu 691.700 toneladas de peixes cultivados em 2017 (PEIXE BR, 2018). Este cenário foi propiciado por diversos fatores, como crescimento demográfico, aumento da renda *per capita*, surgimento de canais de distribuição mais eficientes e principalmente pela significativa expansão da aquicultura. Outros fatores relevantes para tal aumento, deve-se tanto pela maior demanda quanto pelas mudanças no hábito alimentar da população, que busca produtos com perfil nutricional adequado.

Desta forma, cada vez mais a carne de pescado faz parte do cardápio da população brasileira, e conseqüentemente, é exigido produto com qualidade e praticidade (FERNANDES, 2000). Uma preocupação crescente está relacionada à qualidade do pescado, onde se procura atingir um padrão de qualidade para garantir a comercialização (MACEDO-VIEGAS; SOUZA, 2004).

Com o crescimento e intensificação da aquicultura é indispensável o uso de dietas balanceadas, que atendam às exigências nutricionais dos organismos. Nos atuais sistemas de criação de peixes, somente a alimentação natural não atende completamente as exigências nutricionais dos peixes, sendo necessária a oferta de alimento exógeno (CYRINO *et al.*, 2010).

Todas as formas de vida exigem minerais para manter suas funções fisiológicas (McDOWELL, 2003). A suplementação de minerais permite o desempenho adequado e a saúde dos peixes (SIGNOR *et al.*, 2010).

Os minerais são classificados em dois grupos dependendo da quantidade exigida na dieta e armazenagem no tecido do animal. Os macrominerais são aqueles exigidos em maior quantidade, na escala de gramas e os microminerais são exigidos na escala de miligramas ou microgramas (GATLIN III, 2010). As principais funções dos minerais no organismo incluem a formação da estrutura óssea, manutenção de sistemas coloidais, e a regulação do equilíbrio ácido-base, além disso, formam componentes importantes de hormônios, enzimas e ativadores de enzimas (LALL, 2002). Os microminerais são componentes de hormônios e enzimas, servindo como cofatores e ativadores de diversas enzimas além de participarem de uma variedade de processos bioquímicos (NRC, 2011).

Apesar dos peixes possuírem a capacidade de absorver microminerais dissolvidos na água, nos sistemas de produção a principal via de absorção é por meio da dieta. Tendo em vista que o maior objetivo na formulação de ração é a maximização da produção com o menor custo possível (HARDY e BARROWS 2002), a suplementação adequada de microminerais se mostra benéfica para a produção de peixes na aquicultura. Segundo Gatlin III (2010), o cobre, ferro, manganês, zinco e selênio são os mais importantes a serem suplementados nas dietas para peixes, isso porque as rações práticas contêm níveis baixos destes microminerais, além disso, interações com outros componentes da dieta podem reduzir a sua biodisponibilidade.

Há indícios de que os microminerais possuem relação com a qualidade da carne de pescados (HAMRE *et al.*, 2020; MOAZENZADEH *et al.*, 2020), mas poucos estudos foram realizados no Brasil sobre o efeito nutricional de microminerais em dietas para peixes, reforçando a necessidade de realização de pesquisas em nutrição mineral para melhor compreensão dos benefícios zootécnicos. Nesse sentido, um dos grandes desafios da piscicultura é associar a nutrição animal, atendendo as exigências nutricionais dos peixes e apresentar ao consumidor um produto com elevado padrão de qualidade.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de um *blend* de microminerais orgânicos na dieta sobre o desempenho produtivo e qualidade do filé de tilápias do Nilo em fase de terminação (*Oreochromis niloticus*).

1.2 Revisão de Literatura

1.2.1 Minerais na nutrição de peixes

As informações sobre nutrição mineral de peixes são bastante limitadas se comparadas com aquelas disponíveis sobre outros grupos de nutrientes (NRC, 2011). A concentração de minerais no corpo de um peixe depende da fonte alimentar, do ambiente, da espécie, da fase e do estado fisiológico do animal (LALL, 2002).

Os macrominerais são utilizados no organismo em estruturas de tecidos, rotas metabólicas, osmorregulação e balanço ácido-básico dos peixes (JOBLING, 2001). Os microminerais são componentes de hormônios e enzimas,

servindo como cofatores e ativadores de uma variedade de enzimas, além de participarem de uma variedade de processos bioquímicos (NRC, 2011).

Outra classificação é sobre a composição química dos minerais, sendo classificados em inorgânicos e orgânicos. Os minerais inorgânicos são substâncias formadas por átomos ou moléculas de pelo menos dois elementos diferentes, e que não contém em sua estrutura átomos de carbono formando cadeias e ligados ao hidrogênio. Nos minerais orgânicos, por sua vez, o microelemento mineral está associado ou complexado com moléculas orgânicas (RUTZ; MURPHY, 2009). De acordo com Sarker *et al.* (2007), os minerais orgânicos, também chamados de quelatados, obtiveram maior disponibilidade e absorção em peixes, quando comparados às fontes inorgânicas.

Diferentemente dos animais terrestres, os peixes podem absorver alguns minerais diretamente do ambiente aquático. Alguns minerais como: cálcio, magnésio, sódio, potássio, ferro, zinco, cobre e selênio oriundos da água podem satisfazer parte das exigências nutricionais dos peixes (NRC, 2011). Entretanto, segundo Furuya (2008), os minerais disponíveis na água não são suficientes para atender às exigências de peixes em sistema intensivo de produção, tornando necessária a suplementação através da dieta.

1.2.2 Micromineerais utilizados na nutrição de peixes

Os microminerais se forem ingeridos em quantidades insuficientes podem levar os peixes a apresentarem sinais clínicos de deficiência. Em excesso, podem promover toxicidade (GONÇALVES *et al.*, 2005), sendo necessário um balanceamento equilibrado para suprir as exigências nutricionais de cada micromineral. Alguns microminerais, como o ferro, zinco, cobre, selênio, cromo e manganês por sua participação em funções fisiológicas específicas, têm demonstrado resultados interessantes no desempenho produtivo de peixes e alguns indícios de que podem contribuir com a qualidade de carne de pescado (HAMRE *et al.*, 2020; MOAZENZADEH *et al.*, 2020).

O ferro é um mineral importante para os peixes existindo em baixas concentrações na água. Por isso, o fornecimento deve ser por meio da alimentação, pois são essenciais (NRC, 2011). É fundamental para o funcionamento dos órgãos e tecidos nos vertebrados, pois desempenha um papel importante no transporte de oxigênio e na respiração celular (LIM *et al.*,

2000). É encontrado nos vertebrados principalmente na forma complexa, ligada a proteínas, como compostos heme: hemoglobina e mioglobina, enzimas heme: citocromos mitocondriais, microssomais, catalase, peroxidase entre outras, além disso, é encontrado em compostos não heme como: transferrina, ferritina, flavoproteínas, ferredoxina e desidrogenases (LALL, 2002).

Barros *et al.* (2000) avaliaram a suplementação de ferro em catfish (*Ictalurus punctatus*) na forma de sulfato ferroso, em dietas contendo níveis de inclusão de farelo de algodão e observaram que o incremento no nível de suplementação de ferro determinou aumento linear significativo no ganho de peso, consumo de ração e taxa de eficiência proteica. Outra função do ferro é estimular a resposta imunológica do animal, realizando a proliferação dos linfócitos. Rigos *et al.* (2010) observaram que a resposta imune em juvenis de dourada (*Coryphaena hippurus*) foi maior nos animais alimentados com as dietas suplementadas com ferro.

Dietas com baixos níveis resultaram em redução no crescimento, má conversão alimentar e anemia hipocrômica e microcística em tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) (SHIAU; SU, 2003). Por outro lado, a suplementação com níveis elevados de ferro, afetou de modo direto o crescimento do animal, resultando em pior conversão alimentar, baixo consumo da dieta, mortalidade, distúrbios intestinais e danos histopatológicos nas células do fígado de catfish (*Ictalurus punctatus*) (LIM *et al.*, 2001). Segundo Furuya (2010), para o crescimento a exigência nutricional desse micromineral é de 60,00 mg kg⁻¹ para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

O zinco participa como componente ativo ou cofator de importantes sistemas enzimáticos e é componente essencial para as metaloenzimas, como: a anidrase carbônica, carboxipeptidase A e B, álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica, D-gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, lactato desidrogenase, malato desidrogenase, fosfatase alcalina, superóxido dismutase e DNA polimerase (LIM *et al.*, 2001; HISANO *et al.*, 2004; NRC, 2011).

Este mineral afeta fortemente a absorção de fósforo, pois em conjunto com o cálcio forma complexos indigestíveis como o fitato. Os peixes e outros animais monogástricos não possuem atividade suficiente de fitase, enzima responsável pela hidrólise do fitato. Portanto, mesmo que a dieta contenha concentração de zinco endógena igual ou superior à quantidade exigida, é

necessária uma suplementação de fonte de zinco nas rações com ingredientes de origem vegetal ricos em fitato (SÁ *et al.*, 2004). De acordo com Lall (2002), este micromineral participa ainda na regulação de muitos processos, tais como o metabolismo de carboidratos, proteína e lipídios.

Sá *et al.* (2005) observaram relação positiva de zinco no corpo de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de modo que quanto maior o aporte de zinco na dieta, maior a taxa de crescimento corporal. A exigência nutricional em zinco é maior na fase inicial de vida dos animais, visto que nesse período, sua taxa de crescimento é mais elevada. Evans e Halliwell (2001) descreveram que o zinco juntamente com o cobre, é componente da enzima superóxido dismutase, que tem papel antioxidante no organismo. Previne a peroxidação dos lipídios das membranas celulares e ainda, atua na estabilização química dos tecidos vivos. Dessa maneira, evidencia-se seu efeito antioxidante, aumentando o tempo de vida útil do pescado.

Em um estudo realizado por Buentello *et al.* (2009), juvenis de catfish (*Ictalurus punctatus*) alimentados com dietas deficientes em zinco apresentaram crescimento reduzido, redução do apetite, catarata, anorexia, erosão das nadadeiras, dentre outros sinais clínicos. A toxicidade de zinco causa interações antagônicas com outros elementos-traço, que competem por um mesmo sítio de ligação, podendo assim ocasionar sua deficiência (SIGNOR, 2006). Por outro lado, Evans e Halliwell (2001) concluíram que o zinco em superdoses na dieta, atua como agente pró-oxidante, promovendo o aumento de radicais livres no organismo. A exigência nutricional de zinco para o crescimento de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é de 79,51 mg kg⁻¹ (FURUYA, 2010).

O cobre é um micromineral essencial para todos os animais. É componente de uma série de metaloenzimas, como: citocromo c oxidase, superóxido dismutase, hidroxilase, lisil oxidase e tirosinase. Essas metaloenzimas desempenham funções vitais no organismo, como a produção de energia, proteção de células contra radicais livres, participa da síntese de colágeno e produção de melanina (LALL, 2002). A exigência desse mineral depende do estado fisiológico do animal, da quantidade de cobre disponível na água, além dos níveis de zinco, ferro, cádmio e molibdênio na ração, os quais são antagonistas ao cobre (WATANABE *et al.*, 1997).

Alguns autores atribuem a redução no desempenho zootécnico a um menor consumo de níveis de cobre na ração (SHAW; HANDY, 2006). Em dietas deficientes de cobre, observou-se crescimento reduzido, catarata e redução na atividade de enzimas cobre-dependentes, tais como a superóxido dismutase e a citocromo oxidase (SHIAU; NING, 2003; LIN *et al.*, 2008). Entretanto, a toxicidade desse micromineral causa redução no crescimento, piora na conversão alimentar, danos e necrose do fígado e rins em truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (WATANABE *et al.*, 1997). De acordo com Furuya (2010), para um bom desenvolvimento e crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), o cobre é exigido na concentração de 4,00 mg kg⁻¹.

Na nutrição de peixes, o selênio é considerado um micromineral essencial ao crescimento e metabolismo. Este mineral tem importantes funções biológicas, sendo constituinte da glutathione peroxidase, enzima com destacada atividade antioxidante, que atua em sinergismo com a vitamina E no combate aos radicais livres hidropéroxidos (FRACALLOSSI; CYRINO, 2012). Estudos tem mostrado que a adequada suplementação de selênio e vitamina E nas dietas para peixes, proporcionam mútuo efeito poupador (NRC, 2011).

De acordo Monteiro *et al.* (2007), a utilização de selênio nas dietas passa a ter papel importante, pois trata-se de um antioxidante mineral constituinte de selenoproteínas, que contêm resíduos de selenocisteína em seus sítios ativos agindo diretamente nas defesas antioxidantes dos animais, sendo um importante fator para qualidade de pescado. Estudo realizado por Jamirillo Jr *et al.* (2009) demonstrou que juvenis híbridos da espécie de *Morone saxatilis* X *Morone chrysops*, alimentados com dietas suplementadas com selênio, apresentaram maior ganho de peso quando comparados aos peixes do grupo controle que não receberam selênio na dieta.

A deficiência em selênio resulta em redução no crescimento, perda de apetite, mortalidade e baixa atividade da enzima glutathione peroxidase (NRC, 2011). Entretanto, concentrações de selênio um pouco maiores que o valor exigido nutricionalmente já podem causar toxicidade. A toxicidade por selênio em peixes resulta em crescimento reduzido, calcinose renal, alterações hematológicas e teciduais (LEMLY, 2002). De acordo com Furuya (2010), para um bom desenvolvimento e crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), o selênio é exigido em 0,25 mg kg⁻¹.

O cromo é um elemento micromineral essencial para os animais. Foram reportados efeitos do cromo sobre a insulina, que demonstrou que esse micromineral potencializa sua ação, a qual induz uma melhor resposta dos animais em relação ao metabolismo de proteínas, lipídios e carboidratos (PAULINO *et al.*, 2008). A insulina tem grande importância no controle de crescimento do peixe, pois afeta direta ou indiretamente no metabolismo celular, além de regular a síntese de proteína (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

Segundo Okada *et al.* (1984), o cromo tem efeito positivo sobre a utilização e incorporação de aminoácidos e na síntese de proteínas que atuam no RNA mensageiro, proporcionando carcaças com maior teor de proteína. Shiau e Lin (1993) observaram que tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) alimentadas com ração suplementada com cromo ganharam mais peso, apresentaram maior deposição de proteína e menor deposição de gordura.

Segundo trabalho realizado por Fujimoto *et al.* (2008), juvenis de *Piaractus mesopotamicus* alimentados com ração suplementada com até 12 mg kg⁻¹ de cromo apresentaram melhora na qualidade da carcaça. A suplementação com cromo é benéfica e possibilita a produção de carcaças mais magras e com mais proteína. A exigência nutricional do cromo ainda não foi determinada para as espécies de peixe.

O manganês é um cofator de uma série de enzimas como a superóxido dismutase e aquelas envolvidas na oxidação da glicose, metabolismo de ácidos graxos e aminoácidos. Em animais terrestres é responsável pelo funcionamento normal do cérebro, prevenção de deformidades ósseas e reprodução (SATO *et al.*, 2001). Arginase, piruvato carboxilase e superóxido dismutase são metaloenzimas que contêm manganês, enquanto quinases, transferases, hidrolases e decarboxilases são enzimas que podem ser ativadas por este micromineral (LALL, 2002). Algumas enzimas são ativadas especificamente pelo manganês, como a glicosiltransferase (WATANABE *et al.*, 1997).

Sabe-se que dietas deficientes em manganês podem acarretar crescimento reduzido, crescimento anormal da cauda e nanismo (LOVELL, 1998; PAN *et al.*, 2008). Excesso de manganês na dieta causam toxicidade em peixes, quebra na homeostase do sódio, prejuízo na absorção e metabolismo do

cálcio, disfunção no metabolismo de carboidratos, além de comprometimento da resposta imune (PARTRIDGE; LYMBERY, 2009).

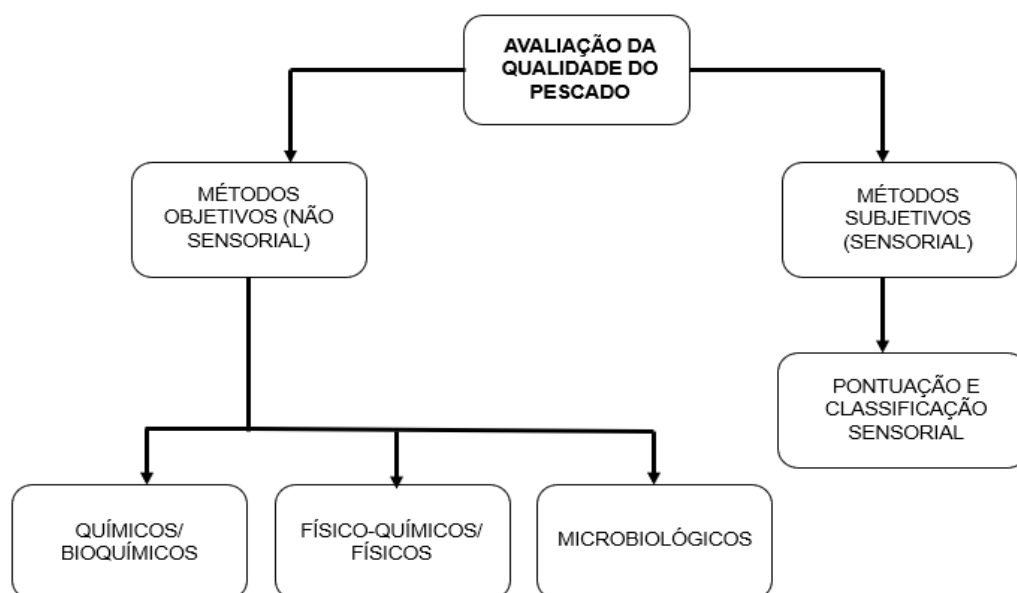
Atender as exigências dos microminerais é uma estratégia viável para potencializar as funções fisiológicas nos peixes. Cada micromineral desempenha funções diferentes no organismo animal, resultando em melhora na qualidade do produto.

1.2.3 Qualidade de pescado

Nos últimos anos, verificou-se uma preocupação crescente por parte dos consumidores que buscam alimentos seguros, de boa qualidade, saudáveis, nutricionalmente equilibrados (FAO, 2018). De acordo com Sartori e Amancio (2012), o pescado é um alimento nutricionalmente completo em quantidade e qualidade das proteínas e excelente fonte de ácidos graxos poli-insaturados. Para acompanhar as exigências do mercado consumidor, o conhecimento sobre qualidade de pescado tornou-se essencial (LAMBOOIJ *et al.*, 2008).

Conforme a Comissão do Codex Alimentarius (2013), há diversas definições para o termo qualidade, que abrange o conjunto de características de um produto que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades estabelecidas ou subjetivas. Segundo Huss (2003), a indústria de alimentos está aumentando seu interesse em avaliar os atributos de qualidade, para atender o novo perfil de consumidores. A verificação desses atributos pode ser dividida em métodos objetivos que são: físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos, e métodos subjetivos, como os sensoriais (GONÇALVES, 2011) (Figura 1).

Figura 1- Métodos de avaliação de qualidade do pescado



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2011).

De acordo com Macedo-Viegas e Souza (2004), a finalidade é atingir um bom padrão para a comercialização do pescado, a fim de garantir ao consumidor um produto que atenda às exigências em qualidade.

O método químico é importante para a indústria de pescado, pois caracteriza a qualidade durante a sua estocagem, garante o estado higiênico sanitário, estende a vida de prateleira e contribui para a segurança alimentar. Os métodos bioquímicos são usados para avaliar as transformações bioquímicas existentes no pescado, como a alteração do teor de nitrogênio não protéico e outros compostos como a amônia (EMBRAPA, 2009).

Os métodos físico-químicos são utilizados para detectar a formação de compostos que degradam o pescado (SOARES *et al.*, 2012). De acordo com Tavares e Moreno (2005), as análises mais utilizadas são: pH, concentração de bases voláteis totais e reação de Éber. Os consumidores frequentemente avaliam o pescado principalmente com base em atributos físicos, como a cor e textura, portanto, esses parâmetros apoiariam a decisão da escolha de pescado, tornando os métodos físicos um importante fator para a indústria (SKJERVOLD *et al.*, 2001).

Com a complexidade do processo de decomposição do pescado, é impossível adotar apenas um método para avaliar sua qualidade, sendo assim é necessário a utilização de vários métodos em conjunto. Entretanto, esses dados

resultantes de pesquisas são contraditórios, pois atualmente existem poucos dados na literatura para comparação dos resultados.

Poucas pesquisas que objetivam a qualidade de pescado foram desenvolvidas. Dessa maneira são necessários novos estudos, pois a perda de qualidade da carne de pescado, implica diretamente em perdas econômicas ao produtor e a indústria.

1.2.4 Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

O nome tilápia é a denominação popular de peixes da família Cichlidae (Perciformes), originalmente endêmicas do continente africano, mas que hoje encontram-se presentes por todos os continentes. Dentre as espécies conhecidas, a de maior importância para a aquicultura é a *Oreochromis niloticus* (WATANABE *et al.*, 2002).

A espécie apresenta características favoráveis para a produção em sistemas intensivos, tais como: boa conversão alimentar, rusticidade, alta taxa de prolificidade, boa aceitação de alimentação exógena, bons índices zootécnicos entre outras características que a consolidam como a espécie mais produzida no mundo (PEIXE BR, 2018).

No Brasil, a tilápia foi introduzida no ano de 1971 e tornou-se uma das espécies mais produzida na piscicultura nacional, devido à rápida taxa de crescimento, à fácil adaptação a diversas condições de criação e as boas características sensoriais da carne, com filés isentos de espinhas intramusculares em "Y" (RIGHETTI, *et al.*, 2011). O Brasil é o quarto maior produtor mundial, em 2017 produziu 357 mil toneladas, ficando atrás apenas de países de grande expressão para a produção mundial, como China, Indonésia e Egito. A tilápia ainda representa 51,7% da piscicultura total brasileira, sendo a espécie mais produzida e presente em praticamente todos os estados do país (PEIXE BR, 2018).

A produção global de tilápia cresce anualmente, por ser uma espécie que apresenta rápido desenvolvimento e crescimento atendendo a demanda mundial de alimentos. A tendência é que os dados de produção continuem a aumentar e ocupar mais áreas a curto prazo. Estudos que associam a nutrição animal e qualidade do produto final, como os realizados neste trabalho são fundamentais

para o desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápias e oferecimento de um produto de qualidade ao consumidor.

1.3 Referências Bibliográficas

BARROS, M. M.; LIM, C.; EVANS, J. J.; KLESIUS, P. H. Effect of iron supplementation to cottonseed meal diets on the growth performance of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 10, p. 65-86, 2000.

BUENTELLO, J. A.; GOLF, J. B.; GATLIN, D. M. Dietary zinc requirement of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *Morone saxatilis*, and bioavailability of two chemically diferente zinc compounds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 40, p. 687-694, 2009.

CODEX ALIMENTARIUS. **Code of practice for fish and fishery products**. 2. ed. Roma: FAO and WHO, 2013. 250 p.

CYRINO, J. E. P.; BICUDO, J. A.; SADO, R. Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J. K. A piscicultura e o ambiente – o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Métodos para Análise de Pescado**. [S.l.: s.n.], 2009.189 p.

EVANS, P.; HALLIWELL, B. Micronutrients: oxidant/antioxidant status. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. 67-74, 2001.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2018**. Rome: FAO, 2018.

FERNANDES, E.S. **QUALIPESC**: sistema inteligente para auxílio na avaliação da qualidade de pescados. 2000. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FRACALOSS, D. M.; CYRINO, J. E. P. **Nutriaqua**: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012. p.375.

FUJIMOTO, R. Y.; CASTRO, M. P.; MATINS, M. L.; MORAES, F. R.; MONFORT, K. C. Parâmetros sanguíneos de pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg,1887), alimentados com dietas suplementadas com cromo trivalente em duas densidades de estocagem. **Acta Science**, v. 29, p. 465-471, 2008.

FURUYA, W. M.; FUJII, K. M.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SILVA, L. C. R.; SALES, P. J. P. Exigência de fósforo disponível para juvenis de tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa (MG), v. 37, n. 9, p. 1517-1522, 2008.

FURUYA, W. M. **Tabelas brasileiras para nutrição de Tilápias**. 21. ed. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

GATLIN III, D. M. Principles of fish nutrition. **Souther Regional Aquaculture Center**, Texas, n. 5003, p.1-8, 2010.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação** 1. ed. [S.l.]: Atheneu, 2011.

GONÇALVES, G. S.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; KLEEMAN, G. K.; ROCHA, D. F. Efeitos da suplementação da fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para Tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2155-2163, 2005.

HAMRE, K.; BJØRNEVIK, M.; ESPE, M.; CONCEIÇÃO, E. C.; JOHANSEN, J.; SILVA, J.; HILLESTAD, M.; PRABHU, A. J.; TAYLOR, J. F.; TOCHER, D. R. Dietary micronutrient composition affects fillet texture and muscle cell size in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, p.1-9, 2020.

HARDY, R. W.; BARROWS, F. T. Diet formulation and manufacture. *In*: HALVER, J. E.; HARDY, R. W. Fish Nutrition Third Edition Washington: **Academic Press**, p. 506-596, 2002.

HISANO, H.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FREIRE, E. S.; GONÇALVES, G. S.; FERRARI, J. E. C. Zinco e levedura desidratada de álcool como pró-nutrientes para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Animal Scienciarum Animal Sciences**, v. 26, n. 2, p. 171-179, 2004.

HUSS, H. H. **Assessment and management of sea food safety and quality**. Rome: FAO, 2003. (Fisheries Technical Paper, 444).

JAMIRILLO JR, F.; PENG, L. GATLIN, D. M. Selenium nutrition of hybrid striped bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) bioavailability, toxicity and interaction with vitamin E. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, p. 190-165, 2009.

JOBLING, M. Feed composition and analysis. *In*: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. **Food intake in fish**. Oxford-UK: Blackwell-Science, 2001. p.1-21.

LALL, S. P. The minerals. *In*: HALVER J. E.; HARDY, R. W. (eds.). **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 2002. p. 259-308.

LAMBOOIJ, B.; GERRITZEN, M. A.; REIMERT, H.; BURGGRAAF, D.; ANDRÉ, G.; VAN DE VIS, H. Evaluation of electrical stunning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in seawater and killing by chilling: welfare aspects, product quality and possibilities for implementation. **Aquaculture Research**, v. 39, p.50-58, 2008.

LEMLY, A. D. Symptoms and implications of selenium toxicity in fish: the Bekewes Lake case example. **Aquatic Toxicology**, v. 57, p. 39-49, 2002.

LIM, C.; KLESIOUS, P. H.; LI, M. H.; ROBINSON, E. H. Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. **Aquaculture**, v. 185, p. 313-327, 2000.

LIM, C.; KLESIOUS, P. H.; WEBSTER, C. D. The role of dietary phosphorus, zinc, and selenium in fish health. *In*: LIM, C.; WEBSTER, C. D. **Nutrition and fish health**. New York: Food Products Press, 2001. p. 201-212.

LIN, Y. H.; SHIE, Y. Y.; SHIAU, S. Y. Dietary copper requirements of juvenile grouper, *Epinephelus malabaricus*. **Aquaculture**, v. 74, p. 161-165, 2008.

LOVELL, T. Dietary Requirements. *In*: NUTRITION and feeding of fish. 2. ed. Auburn: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 61-68.

MACEDO-VIEGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. *In*: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. et al. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. cap. 14, p. 405-480.

MOAZENZADEH, K.; ISLAMI, H. R.; ZAMINI, A.; SOLTANI, M. Quantitative dietary copper requirement of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, and effects on muscle composition and some enzymatic activities. **Aquaculture Nutrition**, p.1-11, 2020.

MCDOWELL, L.R. Minerals in animal nutrition and Human Nutrition. Second Edition Amsterdam: **Elsevier Science B. V**, p.614, 2003.

MONTEIRO, D. A.; RANTIN, F. T.; KALININ, A. L. Uso do selênio na dieta de matrinxã, *Bryconcephalus*. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, p. 32-47, 2007.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirement of fish and shrimp**. Washington: National Academic Press, 2011. p. 164-184.

OKADA, S.; TSUKADA, H.; OHBA, H. Enhancement of nucleolar RNA synthesis by chromium (III) in regenerating rat liver. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 21, p. 113-124, 1984.

OLIVEIRA, A. M. B. M. S.; CYRINO, J. E. P. **Regulação hormonal do crescimento em peixes**. 2003. Disponível em: http://www.pisciculturapaulista.com.br/pdf/regulacao_hormonal_crescimento_peixes.pdf. Acesso em: 20 set. 2019.

PAN, L.; ZHU, X.; XIE, S.; LEI, D.; HAN, D.; YANG, Y. Effects of dietary manganese on growth and tissue manganese concentrations of juvenile gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. **Aquaculture Amsterdam**, v. 14, p. 459-463, 2008.

PARTRIGDE, G. J.; LYMBERY, A. J. Effects of manganese on juvenile mullet (*Argyrosomus japonicus*) cultured in water with varying salinity implications for inland mariculture. **Aquaculture**, v. 290, p. 311-316, 2009.

PAULINO, A. T.; MALAGUTTI, A. R.; GONÇALVES, E. T.; RODRIGUES, C.; MAEBARA, C. C.; NOGAMI, E. M.; NOZAKI, J. **Teor de gorduras em tilápias, *Oreochromis niloticus*, alimentadas com ração comercial suplementados**

com cromo. 2008. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade estadual de Maringá, Departamento de Química, 2008.

PEIXE BR. **Anuário peixe BR da piscicultura 2018**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2018. p.138.

RIGHETTI, J. S.; FURUYA, W. M.; CONEJERI, I. C.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; MICHELLATO, M. Redução da proteína em dietas para a tilápia-do-Nio pela suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 469-476, 2011.

RIGOS, G.; SAMARTZIS M.; HENRY, E.; FOUNTOULAKI, E.; COTOU, J.; SWEETMAN S.; DAVIS, I. Effects of additive iron on growth, tissue distribution, haematology and immunology of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. **Aquaculture Internacional**, v. 18, p, 1093-1104, 2010.

RUTZ, F.; MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE USO DA LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL - CBNA, 1., 2009, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: [s.n.], 2009.

SÁ, M. V. C.; PEZZATO, M. M.; BARROS, M. M.; PADILHA, P. M. Apparent absorption of zinc from supplemental inorganic and organic sources to Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, p. 375-383, 2005.

SÁ, M. V. C.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PADILHA, P. M. Optimum zinc supplementation level in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juvenile diets. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 238, p. 385-401, 2004.

SARKER, S. A.; SATOH, S.; KIRON, V. Inclusion of citric acid and/or amino acid chelated trace elements in alternate plant protein source diets affects growth and excretion of nitrogen and phosphorus in red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 262, p. 436-443, 2007.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Pescado: importância nutricional e consumo no Brasil. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v.2, p. 83-93, 2012.

SATOH, S.; TSUKIOKA, T.; KIRON, V.; WATANABE, T.; FUJITA, S. Bioavailability of amino acid-chelated and glass-embedded manganese to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 18- 25, 2001.

SHAW, B. J.; HANDY, R. D. Dietary copper exposure and recovery in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquatic Toxicology**, v. 76, p. 111-121, 2006.

SHIAU, S. Y.; NING, Y. C. Estimation of dietary copper requirements for juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. **Animal Science**, v. 77, p. 287-292, 2003.

SHIAU, S.; LIN, S. Effect of supplemental dietary chromium and vanadium on the utilization of different carbohydrates in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, v. 110, p. 321-330, 1993.

SHIAU, S. Y.; SU, L. W. Ferric citrate is half as effective as ferrous sulfate in meeting the iron requirement of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Journal of nutrition**, v. 133, p. 483-488, 2003.

SIGNOR, A. **Desempenho produtivo e resistência ao estresse pelo frio da tilápia do Nilo alimentada com dietas suplementadas com levedura autolisada e zinco**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Jaboticabal, 2006.

SIGNOR, A.; BARROS, M. M.; PEZZATO, L. E; FALCON, D. R.; GUIMÃRAES, I. G. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo: efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, p. 509-520, 2010.

SKJERVOLD, P. O.; FJAERA, S. O.; OSTBY, P. B.; ISAKSSON, T.; EINEN, O.; TAYLOR, R. Properties of salmon flesh from different locations on pre- and postrigor fillets. **Aquaculture**, v. 201, p. 91–106, 2001.

SOARES, V. M.; PEREIRA, J. G.; IZIDORO, T. B; MARTINS, O. A.; PINTO, J. P. A.; BIONDI, G. F. Qualidade microbiológica de filés de peixe congelados distribuídos na cidade de Botucatu. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 85-88, 2012.

TAVARES, M.; MORENO, R. B. **Pescado e derivados: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. Brasília: Instituto Adolfo Lutz, 2005., , cap. 18, p. 633-643.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, p.185-207, 1997.

WATANABE, W. O.; LOSORDO, T. M.; FITZSIMMONS, K.; HANLEY, F. Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. **Reviews in Fisheries Science**, v. 10, p. 465-498, 2002.

**CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA EM FILÉS DE TILÁPIA DO
NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM *BLEND* DE
MICROMINEIRAIS ORGÂNICOS**

PHYSICAL AND CHEMICAL EVALUATION OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) FILLET FEEDED WITH ORGANIC MICROMINERALS BLEND

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA EM FILÉS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) ALIMENTADAS COM BLEND DE MICROMINEIRAIS ORGÂNICOS

Abstract

Micro minerals are required for fish growth, development, health and metabolism. The study aim was to evaluate the effect of a blend of organic micro-minerals on the physicochemical variables of the Nile tilapia fillet (*Oreochromis niloticus*) in a pre-slaughter diet. Three isoproteic and isoenergetic experimental diets were used with inclusion levels of 0.0; 1.0 and 1.5% of a blend of organic micro minerals composed of: iron, zinc, manganese, copper, selenium and chromium, in the pre-slaughter period (7 days). As physical-chemical quality indicators were evaluated: fillet yield, hydrogenionic potential (pH), *cooking loss*, water retention capacity (CRA), loss of defrosting weight (*drip loss*) and color. After 7 days of feeding in the parameters: fillet yield, *cooking loss*, CRA and color, there were no differences between treatments. In the results of the *drip loss* and pH variables, differences between treatments were observed ($p < 0.05$). The control treatment (0.0%), presented a higher average (2.24%) of *drip loss* when compared with the other treatments that would not differ statistically from each other. These differences are probably related to the composition of the blend (chromium, manganese, copper and selenium), enzyme precursors (superoxide dismutase and glutathione peroxidase), which act against free radicals, resulting in less disruption of the cell membrane. For the pH variable, the lowest mean was found at the inclusion level of 1.5% (6.83). The inclusion of the blend of organic micro minerals in a pre-slaughter diet contributed in a beneficial way to the physicochemical attributes of quality in Nile tilapia fillets.

Index terms: quality, fish, nutrition, metabolism.

Resumo

Os microminerais são exigidos para crescimento, desenvolvimento, saúde e metabolismo dos peixes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de um *blend* de micromineirais orgânicos nas variáveis físico-químicas do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dieta pré-abate. Foram utilizadas três dietas experimentais isoprotéicas e isoenergéticas com níveis de inclusão de 0,0; 1,0 e 1,5% de um *blend* de microminerais orgânicos composto por: ferro, zinco, manganês, cobre, selênio e cromo, em período pré-abate (7 dias). Como indicadores físico-químicos de qualidade foram avaliados: rendimento de filé, potencial hidrogeniônico (pH), perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso pelo descongelamento (*drip loss*) e cor. Após 7 dias de alimentação nos parâmetros: rendimento de filé, *cooking loss*, CRA e cor não foram observadas diferenças entre tratamentos.

Nos resultados das variáveis *drip loss* e pH foram observadas diferenças entre tratamentos ($p < 0,05$). O tratamento controle (0,0%), apresentou maior média (2,24%) de *drip loss* quando comparado com os outros tratamentos que não difeririam estatisticamente entre si. Estas diferenças estão provavelmente relacionadas a composição do *blend* (cromo, manganês, cobre e selênio), precursores de enzimas (superóxido dismutase e a glutathione peroxidase), que atuam contra os radicais livres, resultando em menor rompimento da membrana celular. Para a variável de pH a menor média foi encontrada no nível de inclusão de 1,5% (6,83). A inclusão do *blend* de microminerais orgânicos em dieta pré-abate contribuiu de forma benéfica em atributos físico-químicos da qualidade em filés de tilápia do Nilo.

Termos para indexação: qualidade, pescado, nutrição, microminerais.

2.1 Introdução

A produção mundial de aquicultura tem crescido anualmente cerca de 5,8%. No ano de 2018 a piscicultura atingiu 54,1 milhões de toneladas, sendo o setor que mais cresceu diante de outros grandes setores de produção de alimentos (FAO, 2019). Dentre as espécies produzidas no Brasil, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), é o peixe mais produzido, o que torna o país o 4º produtor mundial, com a produção de 400 mil toneladas (PEIXE BR, 2019). Esta espécie tem grande destaque no cenário nacional e mundial por apresentar alta adaptação a dietas comerciais, boa conversão alimentar, crescimento rápido e elevado ganho de peso (MELO *et al.*, 2013).

Apesar do aumento na produção e do avanço tecnológico em diversas áreas na piscicultura nos últimos anos, pouco é abordado sobre a questão da qualidade do produto. As características físico-químicas do pescado interferem e determinam sua qualidade e aceitabilidade para o mercado consumidor, que atualmente buscam carne com alto teor proteico e elevado valor nutricional (SOARES; GONÇALVES, 2012).

Há indícios de que os microminerais possuem relação com a qualidade da carne de pescados (HAMRE *et al.*, 2020; MOAZENZADEH *et al.*, 2020), mas poucos estudos foram realizados no Brasil sobre o efeito nutricional em dietas para peixes. Novos produtos comerciais ligados a nutrição animal são lançados periodicamente no mercado, mas sem nenhuma comprovação científica de seu efeito zootécnico. Para isso a pesquisa torna-se fundamental afim de comprovar o seu real benefício ao produtor.

O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de um *blend* de microminerais orgânicos em dieta pré-abate (7 dias) sobre os atributos físico-químicos de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Protocolo experimental

Foram utilizados 120 exemplares de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de $360,6 \pm 52,5$ g, e comprimento médio total de $26,6 \pm 1,6$ cm adquiridos de produtores comerciais. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 12 caixas de polietileno de 1000 L (10 peixes/caixa), em um sistema fechado com recirculação, por meio de bomba hidráulica (vazão 8,54 m³ h⁻¹) e sistema de filtragem com decantação de material sólido suspenso e filtro biológico com mídias biológicas. A oxigenação das caixas foi realizada por meio de soprador radial de ar (2,02 m³ min⁻¹, 0,6 CV) com mangueiras e pedras porosas. A iluminação do sistema foi realizada por meio de 8 lâmpadas de Led tubular (10 Watts) e o fotoperíodo foi mantido com 10 horas claro e 14 horas escuro.

Os animais foram aclimatados às condições laboratoriais durante 3 dias, receberam alimentação três vezes ao dia com a dieta controle. Os procedimentos de manipulação de animais estavam de acordo com os preceitos e normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) (Certificado n°. 05/2019.R1-CEUA). O experimento foi conduzido no mês de outubro do ano de 2019.

Foram monitoradas, a cada dois dias, as variáveis físico-químicas da água: concentração de oxigênio dissolvido e temperatura, com equipamento portátil YSI - Pro ODO oxímetro (Yellow Springs Instrument, Ohio, USA), semanalmente foram realizadas análises de pH com YSI – Professional Plus (Yellow Springs Instrument, Ohio, USA) e concentração de amônia total pelo método de Nessler no espectrofotômetro Iris (modelo HI801, Hanna, Woonsocket, USA).

2.2.2 Dietas experimentais

Três dietas experimentais isoprotéicas e isoenergéticas foram utilizadas para suprir as exigências nutricionais da espécie segundo recomendações de Furuya *et al.* (2010) (Tabela 2). A ração fornecida foi extrusada e possuía granulometria de 0,6 mm. Foram avaliados três níveis de inclusão 0,0, 1,0 e 1,5% do *blend* de microminerais AquateTMMQ (Alltech®). Este *blend* é composto por: farinha da alga Schizochytrium sp., levedura hidrolisada, proteinato de ferro, proteinato de zinco, cromo levedura, levedura enriquecida com selênio, levedura seca de cervejaria, proteinato de manganês, aluminosilicato de sódio e cálcio, proteinato de cobre, farinha da alga Chlorella vulgaris, ácido ascórbico, produto seco de fermentação de Aspergillus niger.

As dietas experimentais foram fornecidas durante 7 dias e o arraçoamento foi feito em três refeições diárias, até a saciedade aparente. Foi considerada saciedade aparente o momento em que os animais deixarem de consumir os peletes de ração. Desta forma as rações foram fornecidas em pequenas porções/quantidades durante alguns minutos, com cautela e observação do comportamento animal.

Tabela 1 - Ingredientes e composição centesimal das dietas experimentais.

Ingredientes(%)	Nível de inclusão Aquate TM MQ (Alltech®)		
	0,0%	1,0%	1,5%
Milho moído	28,03	28,03	28,03
Farelo de soja	28,04	28,04	28,04
Farelo de trigo	18,00	18,00	18,00
Farinha de vísceras	11,34	11,34	11,34
Farinha de carne	6,33	6,33	6,33
Farelo de arroz cru	5,00	5,00	5,00
Mistura vitamínica e mineral ¹	0,50	0,50	0,50
Antifúngico ²	0,30	0,30	0,30
Fosfato bicálcico	0,24	0,24	0,24
L-Lisina	0,22	0,22	0,22
DL-Metionina	0,19	0,19	0,19
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01
Caulim	1,50	0,50	0,00
Aquate TM MQ ⁴	0,00	1,00	1,50
Composição analisada⁶			
Proteína bruta (%)	28,59	28,55	28,51
Proteína digestíveis ⁵ (%)	23,83	23,83	23,83
Extrato etéreo (%)	5,41	5,45	5,49
FDN(%)	3,03	3,11	3,07
FDA (%)	1,20	1,24	1,22
Matéria mineral (%)	7,31	7,35	7,33
Energia digestível kcal/kg	2800	2800	2800
Matéria seca (%)	95,45	95,49	95,47
Umidade (%)	4,55	4,51	4,53

¹Premix MCassab, níveis de garantia do produto: vitamina A, 500.000 UI; vitamina D3, 250.000 UI; vitamina E, 5.000 mg; vitamina K3, 500 mg; vitamina C, 10.000 mg; vitamina B1, 1.000 mg; vitamina B2, 1.000 mg; vitamina B6, 1.000 mg; vitamina B12, 2.000 mg; pantotenato de cálcico, 4.000 mg; niacina, 2.500 mg; ácido fólico, 500 mg; biotina, 10 mg; cloreto de colina, 100.000 mg; Cu, 1.000 mg; Fe, 5.000 mg; I, 200 mg; Co, 50 mg; B8 1.000 mg; Mn, 5.000 mg; Se, 30 mg; Zn, 9.000 mg.

²Mold-zap® Alltech, composição: ácido propiônico tamponado.

³Banox® Alltech

⁴AquateTMMQ *blend* de microminerais, com níveis de garantia mínimos: ferro (22,5 gkg⁻¹), zinco (8010 mgkg⁻¹), manganês (2670 mgkg⁻¹), cobre (660 mgkg⁻¹), selênio (60 mgkg⁻¹) e cromo (40 mgkg⁻¹).

⁵Valores determinados em ensaio de digestibilidade (PEZZATO, 2002).

⁶AOAC,2019. n=3.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.3 Coleta de material biológico

Foram coletados 3 peixes de cada caixa após jejum por 24 horas. Posteriormente, os animais foram transportados em caixa com cilindros de oxigênio acoplados à mangueiras microperfuradas para manutenção da concentração de oxigênio na água durante o transporte dos peixes

O processo de filetagem foi efetuado em um entreposto de pescados, localizado na cidade de Dracena/SP. Os animais foram eutanaziados por imersão em gelo e água, depois da perda de resposta aos estímulos físicos, os animais receberam um corte nas brânquias e foi realizado o procedimento de sangria. A filetagem consistiu na retirada da espinha e separação do filé do restante da carcaça da tilápia, por meio de um corte no sentido do dorso para o ventre, sentido crânio-caudal, obtendo-se dois filés (lado esquerdo e lado direito), dos quais foi retirada a pele.

2.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH), rendimento de filé, cor e textura

O pH foi determinado segundo o método descrito por Beltrán *et al.* (1997), com medições por meio de peagâmetro (Modelo HI 99163, Marca Hanna, Woonsocket, USA), com eletrodo combinado para leitura em triplicata com perfurações em um ponto de cada repetição, em filés esquerdos frescos. O equipamento foi calibrado antes do uso, utilizando-se solução tampão 4,1 e 7,1.

Para estimar o rendimento de filé, cada peixe foi pesado antes do processo de filetagem e logo após a filetagem foram pesados os filés direito e esquerdo sem pele. O rendimento de filé foi estimado utilizando a equação:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso dos filés (direito e esquerdo)} \times 100}{\text{Peso inteiro com vísceras}}$$

A cor da carne foi determinada mediante leitura em três pontos aleatórios da superfície de filés frescos, por meio de espectrofotômetro portátil (CR-410-Konica Minolta, Câmera Co., Ltda Osaka, Japão) com iluminante D65, abertura de 8 mm de diâmetro e ângulo de observação de 10° (AMSA, 2012), previamente calibrado com padrão branco, conforme instruções do fabricante. Foi considerado o sistema CIELAB por meio de leituras de refletância da luz em

três dimensões: L* (luminosidade), a* (vermelho) e b* (amarelo), segundo metodologia descrita por Honikel (1998).

2.2.5 Perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (*drip loss*)

Para a determinação das perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), os filés da musculatura esquerda de cada tratamento foram pesados e posteriormente colocados em banho-maria a 85° C, onde foram deixados por 5 minutos de acordo com metodologia de Honikel (1987) com adaptações. Logo após este procedimento, as amostras foram removidas do banho-maria e resfriadas até a temperatura ambiente (25° C), com a temperatura verificada por termômetro infravermelho, sendo novamente pesadas para a determinação do *Cooking loss*, calculado pela equação:

$$Cooking\ loss(\%) = \frac{(\text{Peso da amostra crua} - \text{Peso da amostra cozida}) \times 100}{\text{Peso da amostra crua}}$$

Para determinar a capacidade de retenção de água (CRA), aproximadamente 2 g do filé fresco da musculatura esquerda foram colocados em papéis filtro circulares e dispostos entre duas placas de plástico sob um peso de 10 kg durante 5 minutos, de acordo com a metodologia de Hamm (1960) modificada. A CRA foi determinada e expressa em porcentagem:

$$CRA (\%) = \frac{(\text{Peso amostra final}) \times 100}{\text{Peso amostra inicial}}$$

A determinação da perda de peso pelo descongelamento (*drip loss*), foi definida pela diferença gravimétrica entre o filé congelado e o filé descongelado, mantidos em refrigerador por 48 h a 4° C em sacos plásticos suspensos identificados conforme descrito por Honikel (1998). Nesta análise foram utilizados filés da musculatura direita. Os resultados foram expressos em porcentagem em relação a perda de peso ao peso inicial, conforme a equação descrita:

$$Drip\ loss(\%) = \frac{(\text{Peso inicial da amostra}) - (\text{Peso final da amostra}) \times 100}{(\text{Peso final da amostra})}$$

2.2.6 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos correspondentes aos três níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos (0,0; 1,0 e 1,5%) e quatro repetições. As análises físico-químicas foram realizadas em triplicatas. Os resultados, após teste de normalidade e homogeneidade de variância, foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%), através do software estatístico SAS, versão 9.2 (2012).

2.3 Resultados e Discussão

Durante o período experimental com a duração de 7 dias, não foram observadas mortalidades dos peixes alimentados com níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos na dieta (0,0; 1,0 e 1,5%). Neste período experimental com alimentação pré-abate, o consumo total de ração do experimento foi de 10.920,52 g.

2.3.1 Parâmetros da qualidade de água

As médias dos parâmetros de qualidade da água obtidas no período experimental (7 dias), são demonstradas na Tabela 1.

Tabela 2 - Concentração de oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH e concentração de amônia total na água dos tanques de tilápia do Nilo alimentadas com *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis físico-químicas da água	Valores
OD (mgL ⁻¹)	7,76±0,5
Temperatura (°C)	27,5±3,2
pH	6,36±0,7
Amônia total (mgL ⁻¹)	0,03±1,3

Valores são médias ± desvio padrão. Fonte: Elaborado pela autora.

Estes valores se encontraram dentro do recomendado para peixes tropicais de água doce, com a temperatura média entre 26 e 30° C, pH de 6 a 9,

concentração de oxigênio dissolvido $>5,0 \text{ mg L}^{-1}$ e concentração de amônia total $<0,2 \text{ mg L}^{-1}$ (TORRES e PINHEIROS, 2002).

2.3.2 Rendimento de filé e pH

No rendimento de filé, não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos avaliados durante 7 dias, conforme apresentado na Tabela 3. Os peixes que foram filetados tinham uma média de peso de $360,2 \pm 53,8 \text{ g}$.

Tabela 3 - Rendimento (RND) e potencial hidrogeniônico (pH) de filé de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com a inclusão do *blend* de microminerais orgânicos durante 7 dias.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	P
RND (%)	27,2±2,3	27,5±1,4	27,5±2,7	0,87
pH	7,0±0,2a	7,0±0,2a	6,8±0,2b	0,04

Valores são médias $\pm$ desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan 5% ($p \leq 0,05$). Fonte: Elaborado pela autora.

O filé é o item de maior valor econômico para a indústria. O rendimento pode ser influenciado por fatores como: espécie, formato anatômico, peso corporal, sexo, composição corporal, grau de mecanização na filetagem, método de filetagem e destreza do operador, dentre outros fatores (SILVA *et al.*, 2016). Dados da literatura corroboram com os resultados encontrados na pesquisa cujos valores de rendimentos de filé de tilápia do Nilo, variaram de 25% até valores próximos a 42,0% (MACEDO-VIEGAS *et al.*, 1997; SOUZA *et al.*, 1999; SOUZA; MARANHÃO, 2001).

Nos valores de potencial hidrogeniônico (pH) dos filés foram observadas diferenças ($p<0,05$). Nos peixes que receberam a dieta com 1,5% do *blend* de microminerais orgânicos foram observados menores valores de pH (6,83) e entre os níveis de 0,0 % e 1,0% foram semelhantes estatisticamente entre si.

O pH final da carne é resultado do teor de glicogênio no músculo e está relacionado com todas as variáveis da qualidade (YUE *et al.*, 2004). A carne de pescado possui um pH alto no período post mortem, por que em seu tecido muscular há pouca quantidade de glicogênio, que resulta na baixa produção de

ácido láctico (GRAM; HUSS, 1996). Estas considerações se relacionam com os altos valores de pH encontrados no presente estudo.

Situações de pré-abate, em que o animal se encontra em estresse agudo, podem influenciar diretamente na diminuição do pH muscular (ZUANAZZI *et al.*, 2019; GOES *et al.*, 2018; GOES *et al.*, 2019). Segundo Soares e Gonçalves (2012), o tempo entre a captura e o abate exerce influência sobre o pH do animal, quanto maior for o tempo desse procedimento, menor será o pH, pois haverá um acúmulo de ácido láctico.

No presente estudo, não foram observadas situações de estresse *ante-mortem* nos animais coletados, o que permite concluir que o uso do *blend* de microminerais orgânicos no nível maior de inclusão (1,5%) na dieta pré-abate causou diminuição do pH nos filés de tilápia do Nilo.

2.3.3 Perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA), perdas de peso por descongelamento (*drip loss*)

Na perda de peso por cozimento (*cooking loss*) não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos avaliados durante 7 dias de alimentação (Tabela 4). As perdas de água por cozimento ocorrem durante o processo de preparo dos filés para o consumo. Segundo Gonçalves (2004), durante a cocção ocorrem transformações musculares que resultam em perdas de líquido, que contêm vitaminas e minerais, o que resulta em perda no valor nutritivo e de qualidade sensorial, tornando os filés secos e rígidos.

Tabela 4 - Análises físicas de filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após alimentação de 7 dias com *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate TM MQ 1,0%	Aquate TM MQ 1,5%	P
¹ Cookingloss (%)	14,7±2,9	14,4±3,1	15,5±5,6	0,79
² CRA (%)	84,8±4,0	87,2±2,1	84,3±3,5	0,09
³ Drip loss (%)	2,2±0,5a	1,7±0,6b	1,6±0,6b	0,04

Valores são médias ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($\leq 0,05$).

¹Perdas de peso por cozimento (*cooking loss*).

²capacidade de retenção de água (CRA).

³Perdas de peso descongelamento (*drip loss*).

Fonte: Elaborado pela autora.

De acordo com Sá (2004), o *cooking loss* altera significativamente a cor e a textura, sendo parâmetros de qualidade importantes para a decisão de compra do consumidor. Essas perdas por cozimento são resultantes do aumento de temperatura em função da cocção, que estimula o encurtamento dos sarcômeros das fibras musculares forçando a saída dos fluídos líquidos e diminuindo a capacidade de retenção de água. Para a maioria das carnes, há uma relação entre o aumento na capacidade de retenção de água e a diminuição do *cooking loss* (PINHO; MCMANUS, 2012), o que foi observado na presente pesquisa.

Para a variável capacidade de retenção de água (CRA) também não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 4). A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade física que tem efeito na qualidade e comercialização de produtos como o pescado. Ela quantifica a competência da carne em reter a água contida em sua estrutura. Algumas características físicas como: cor, textura, suculência e maciez são parcialmente dependentes da capacidade de retenção de água (MORÓN-FUENMAYOR; ZAMORANO-GARCÍA, 2003)

As proteínas miofibrilares são encarregadas pela retenção de água no músculo, sendo que aproximadamente 70% da água está retida dentro ou entre as miofibrilas. De acordo com Huff-Ionergan e Lonergan (2005), a CRA baixa pode afetar a qualidade dos produtos cárneos como a textura e cor, diminuir a vida de prateleira, afetar a economia e as indústrias, pois a perda de água resulta em desperdício de dinheiro.

A CRA pode ser influenciada pelo pH muscular, pois com o aumento do pH no músculo as proteínas se afastam do seu ponto isoelétrico, e portanto, há um aumento da carga líquida negativa o que favorece a retenção de água no produto (CARNEIRO *et al*, 2013). Foram observados no presente estudo, valores de pH, que podem ter influenciado positivamente na capacidade de retenção de água nos filés de tilápia.

Para a variável de *drip loss* os resultados estão apresentados na Tabela 5. Foram observadas diferenças ($p<0,05$) entre os níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos. Nos filés de peixes alimentados com o tratamento controle (0,0%) ocorreu maior perda por descongelamento ($2,2\pm0,5\%$) quando comparado com os níveis de 1,0% e 1,5% do *blend* que não difeririam

estatisticamente entre si. Evidencia-se que o *blend* de microminerais utilizado no experimento contribuiu de forma benéfica para a diminuição do *drip loss* em filé de tilápia, pois em sua composição estão presente microminerais como: cromo, manganês, cobre e selênio, precursores de enzimas como a superóxido dismutase e a glutathione peroxidase, que atuam contra os radicais livres, diminuindo o estresse oxidativo, resultando em menor rompimento da membrana celular, possibilitando menor perda de água para o meio e menor *drip loss*.

O *drip loss* é o resultado do dano celular e posterior liberação de água, que é assimilada como um sinal de desidratação das proteínas musculares devido a desnaturação proteica. Nesse processo, há perda de proteínas e minerais em forma de exsudato, diminuindo o valor nutritivo da carne (SUTTON, 1969). De acordo com Hong-ju He *et al.* (2014), valores relativamente altos para o *drip loss* interferem diretamente na comercialização do pescado, pois influência na perda de aspectos importante da qualidade, como a cor e textura.

O filé é o produto de maior valor agregado do peixe para a indústria. Em termos econômicos valores altos de *drip loss* é prejudicial. Quando os filés de tilápia são comercializados, são feitas pesagens geralmente realizadas no entreposto de pescado e depois aonde o produto será comercializado, sendo o valor pago pela pesagem final do produto. Desta forma, o *drip loss* acarreta menor lucro para quem produz, pois as alterações causadas pelo transporte, armazenamento entre outras, serão verificadas e descontados do valor comercial pago.

2.3.4 Cor

Não houve diferença nos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) (Tabela 5) entre os níveis do *blend* de microminerais orgânicos avaliados (0,0; 1,0 e 1,5%). Erikson e Misimi (2008) relataram que as mudanças de cor nos pescados são provenientes de reações enzimáticas e microbiológicas. Além disso, fatores intrínsecos ao animal e fatores extrínsecos são responsáveis pela alteração da cor da carne.

Segundo Uttaro *et al.* (1993), o parâmetro a^* da coloração é um indicativo da presença de oximioglobina na carne. Quando a sangria é realizada corretamente nos animais, a tendência é que os valores de a^* sejam baixos. De

acordo com Joo *et al.* (2002), o teor de amarelo é verificado através do parâmetro b^* . Valores altos podem indicar mudanças na composição de ácidos graxos ou microbiológica. Os consumidores têm a preferência por filé com a coloração branca, que é mensurado através do parâmetro L^* .

Tabela 5 - Médias de cor em filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após alimentação por 7 dias em níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	P
¹ L*	44,1±1,7	42,6±2,1	43,6±1,3	0,13
² a*	0,98±0,7	1,1±0,8	0,5±0,5	0,16
³ b*	-0,7±1,5	-0,1±0,8	-0,9±0,7	0,11

Valores são médias ± desvio padrão. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($p \leq 0,05$).

¹Luminosidade coordenada branca.

²a* coordenada vermelho/verde

³b* coordenada amarelo/azul.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.4 Conclusão

A inclusão do *blend* de microminerais orgânicos em dieta pré-abate contribuiu de forma benéfica nos atributos físico-químicos da qualidade de filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Agradecimentos

A CAPES pelo pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor e a empresa Alltech pelo fornecimento do produto.

2.5 Referências

- BAINY, E. M.; BERTAN, L. C.; CORAZZA, M. L.; LENZI, M. K. Physical changes of tilapia fish burger during frozen storage. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, p. 155-160, 2015.
- BELTRÁN, J. A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Sci.**, v. 45, n. 2, p. 201-207, 1997.
- BUREAU, D. P. Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. **Aquaculture**, v. 212, n. 4, p.404-405, 2002.
- CARNEIRO, S. C.; MARSICO, E. T.; RIBEIRO, R. O. R.; CONTE JÚNIOR, C. A.; ALVARES, T. S.; JESUS, E. F. O. Studies of the effect of sodium tripolyphosphate on frozen shrimp byphysicochemical analytical methods and Low Field Nuclear Magnetic Resonance (LF 1H NMR). **LWT: Food Science and Technology**, v. 50, p. 401-407, 2013.
- ERIKSON, U.; MISIMI, E. Atlantic salmon skin and fillet color changes effected by perimortem handling stress, rigor mortis, and ice storage. **J. Food Sci.**, v. 73, p. 50-59, 2008.
- EVANS, P.; HALLIWELL, B. Micronutrients: oxidant/antioxidant status. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. 67-74, 2001.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2019**. Rome: FAO, 2019.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.
- GOES, E. S.R.; GOES, M.D.; CASTRO, P.L.; LARA, J.A.F.; VITAL, A.C.P.; RIBEIRO, R.P. Imbalance of the redox system and quality of tilapia fillets subjected to pre-slaughter stress. **Plos One**, p.1-15, 2019.
- GOES, E. S. R.; LARA, J. A. F.; GASPARINO, E.; GOES, M. D.; ZUANAZZI, J. D. G.; LOPERA-BARRERO, N. M.; RODRIGUEZ, M. P. R.; CASTRO, P. L.; RINEIRO, R. P. Effects of transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 4, p. 321-328, 2018.
- GONÇALVES, A. A. Los fosfatos em el pescado: ¿fraude o mejora de localidad? **Revista INFOPECA**, n. 20, p. 19-28, 2004.
- GRAM, L; HUSS, H. H. Microbiological spoilage of fish and fish products. **Int. J. Food Microbiol.**, v. 33, p. 121–13, 1996.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v.10, p. 33-36, 1960.

HAMRE, K.; BJØRNEVIK, M.; ESPE, M.; CONCEIÇÃO, E. C.; JOHANSEN, J.; SILVA, J.; HILLESTAD, M.; PRABHU, A. J.; TAYLOR, J. F.; TOCHER, D. R. Dietary micronutrient composition affects fillet texture and muscle cell size in Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture Nutrition**, p.1-9, 2020.

HONG-JU, H.; DI WU; DA-WEN, S. Rapid and non-destructive determination of *drip loss* and pH distribution in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets using visible and near-infrared (Vis–NIR) hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v. 156, p. 394–401, 2014.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Sci. Barking**, v. 49, p. 447-457, 1998.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft**, v. 67, p. 1098-1102, 1987.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. **Journal Food Science**, p. 194-204, 2005.

JOO, S. T.; LEE, J. I.; HA, Y. L.; PARK, G. B Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 108-112, 2002.

MACEDO-VIEGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R.; KRONKA, S. N. Estudo da carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em quatro categorias de peso. **Rev. Unimar**, v. 19, p. 863-870, 1997.

MELO, C. C. V.; REIS NETO, R. V.; COSTA, A. C.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; SOUZA, U. N. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Acta Sci., Anim. Sci.**, v. 35, n. 4, p. 356-367, 2013.

MORÓN-FUENMAYOR, O. E.; ZAMORANO-GARCÍA, L. Pérdida por goteo en diferentes carnes crudas. **Arch. Latino am. prod. anim.**, v. 11, n. 2, p. 125-127, 2003.

MOAZENZADEH, K.; ISLAMI, H. R.; ZAMINI, A.; SOLTANI, M. Quantitative Quantitative dietary copper requirement of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii*, and effects on muscle composition and some enzymatic activities. **Aquaculture Nutrition**, p.1-11, 2020.

PEIXE BR. **Anuário peixe BR da piscicultura 2018**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2018. p.138.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M; PINTO, L. G.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PINHO, A. P. S.; KINDLEIN, L.; MCMANUS, C. Lipídios totais, textura e perda por cocção de cortes de carne bovina de diferentes marcas comerciais. **Acta Sci. Vet.**, v. 40 n. 3, p. 1-8, 2012.

REBOUÇAS, L. O. S.; FIGUEIREDO, J. P. V.; FIGUEIREDO, A. C. N.; MESQUITA, J.; SANTOS JÚNIOR, A. P. P. Qualidade física e sensorial da tilápia (*oreochromis niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. **Bol. Ind. Anim.**, Nova Odessa, v. 74, n. 2, p. 116-121, 2017.

SÁ, E. M. F. A influência da água nas propriedades da carne: parte II. **Rev. Nac. Carne**, v. 325, p. 51-54, 2004.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEISSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 199-104, 1999.

SILVA, L. M.; SAVAY-DA-SILVA, L. K.; ABREU, J. K.; FIGUEIREDO, E. E. S. Determinação de índices morfométricos que favorecem o rendimento industrial de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 1, p. 252– 257, 2016.

SOARES, K. M. P.; GONÇALVES, A. G. Sea food quality and safety. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 1-10, 2012.

SOUZA, M. L. R.; MARANHÃO, T. C. F. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 23, n. 4, p. 897-901, 2001.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M.; KRONKA, S. N. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Zootec.**, v. 28, p. 1-6, 1999.

SUTTON, A. H. Polyphosphate treatment of cod muscle. *In*: FREEZING and irradiation of fish. [S.l.]: Rudolf Kreuzer, 1969. p.172-178.

TORRES, T. E. L.; PINHEIRO, P. R. C. Reúso das águas tratadas por lodos ativados na aquicultura. **Sanare: Revista técnica da Saranepar**, v. 1, n. 1, p. 20-81, 2002.

UTTARO, B. E.; BALL, R. O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L. E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2439-2449, 1993.

YUE, S.; MOCCIA, R. D.; DUNCAN, I. J. H. Investigating fear in domestic rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*), using an avoidance learning task. **Appl. Anim. Behav. Sci.**, v. 87, p. 343–354, 2004.

ZUANAZZI, J. S. G.; LARA, J. A. F.; GOES, E. S. R.; ALMEIDA, F. L. A.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P. Anoxia stress and effect on flesh quality and gene expression of tilapia. **Food Science And Technology**, v. 39, n. 1, p.195-202, 2018.

**CAPÍTULO III– MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO
PRODUTIVO E ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM FILÉ DE TILÁPIA DO NILO
(*Oreochromis niloticus*)**

MICROMINERAIS ORGÂNICOS NO DESEMPENHO PRODUTIVO E ATRIBUTOS DE QUALIDADE EM FILÉ DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de um *blend* de microminerais orgânicos na dieta por 30 dias no desempenho produtivo e qualidade do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Foram utilizadas três dietas isoprotéicas e isoenergéticas com níveis de inclusão de 0,0; 1,0 e 1,5% de um *blend* de microminerais composto por: ferro, zinco, manganês, cobre, selênio e cromo, correspondendo aos três tratamentos com 4 repetições por tratamento. Foram utilizados 120 exemplares de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com peso médio inicial de $433,7 \pm 22,8$ g e comprimento médio de $29,1 \pm 5,3$ cm. Os parâmetros avaliados foram: ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, potencial hidrogeniônico (pH), rendimento de filé, cor, textura, perdas por cozimento (*cooking loss*), perdas de peso por descongelamento (*drip loss*), capacidade de retenção de água (CRA), oxidação lipídica (TBARS), bases voláteis totais (BVT), nitrogênio não protéico (NNP) e composição centesimal dos files. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%). Não foram observadas diferenças estatísticas no desempenho produtivo, pH, rendimento de filé, cor, textura, *cooking loss*, CRA, TBARS. No *drip loss*, BVT e NNP, o tratamento controle (0,0%) mostrou maiores médias ($p < 0,05$) quando comparados aos outros tratamentos que não diferiram entre si. Conclui-se que o *blend* de microminerais orgânicos, melhorou atributos da qualidade no filé de tilápia do Nilo, devido à presença de microminerais como o zinco, selênio, manganês e cobre que atuam protegendo a célula contra o estresse oxidativo, resultando em menor dano celular.

Palavras-chave: pescado, *blend*, metabolismo, estresse oxidativo.

ORGANIC MICROMINERALS ON PRODUCTIVE PERFORMANCE AND QUALITY ATTRIBUTES IN NILE TILAPIA FILLET (*Oreochromis niloticus*)

Abstract

The aim of study was to evaluate the inclusion of a blend of organic micro minerals in the diet for 30 days in the productive performance and quality of the Nile tilapia fillet (*Oreochromis niloticus*). Three isoproteic and isoenergetic diets were used with inclusion levels of 0.0; 1.0 and 1.5% of a blend of micro minerals composed of: iron, zinc, manganese, copper, selenium and chromium, corresponding to the three treatments with 4 repetitions per treatment. 120 specimens of Nile tilapia (*Oerochromis niloticus*) were used, with an average initial weight of 433.7 ± 22.8 g and an average length of 29.1 ± 5.3 cm. The parameters evaluated were: weight gain, feed conversion, specific growth rate, feed conversion, hydrogen potential (pH), fillet yield, color, texture, *cooking loss*, weight loss due to defrosting (*drip loss*), water retention capacity (CRA), lipid oxidation (TBARS), total volatile bases (BVT), non-protein nitrogen (NNP) and centesimal composition of the files. The experimental design was completely randomized and the results were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means compared by the Duncan test (5%). There were no statistical differences in production performance, pH, fillet yield, color, texture, *cooking loss*, CRA, TBARS. In *drip loss*, BVT and NNP, the tratament control (0.0%) showed higher means ($p < 0.05$) when compared to other treatments that did not differ from each other. It is concluded that the blend of organic micro minerals, improved quality attributes in the Nile tilapia fillet, due to the presence of micro minerals such as zinc, selenium, manganese and copper that act protecting the cell against oxidative stress, resulting in less cell damage .

Keywords: fish, blend, metabolism, oxidative stress.

3.1 Introdução

A aquicultura está se expandindo para atender a demanda mundial por pescado, haja visto que é previsto que o consumo per capita mundial atinja 21,5 kg no ano de 2030 (FAO, 2014). Um dos fatores que impulsionou tal aumento, é a procura por uma alimentação mais saudável. Nos últimos anos, houve uma mudança no perfil dos consumidores. Além da preferência por produtos benéficos para saúde, cresceu a busca de padronização em qualidade, o que o torna cada vez mais exigente com o produto final. A qualidade é o resultado da soma de atributos físicos, sensoriais, químicos e microbiológicos dos alimentos (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994).

Nesse contexto, se fazem necessários estudos constantes sobre a exigência e nutrição animal, e sua influência nos aspectos qualitativos da carne, para acompanhar as tendências de mercado. Uma exigência nutricional importante a ser atendida aos peixes são de microminerais. Estes são componentes de hormônios e enzimas, cofatores e ativadores de enzimas e que participam de processos bioquímicos no organismo animal (NRC, 2011). Segundo Gatlin III (2010), devem ser adicionados em dietas para peixes, porque as rações práticas contêm baixos níveis desses elementos. Há indícios de que os microminerais possuem relação com a qualidade de carne do pescado, porém estudos são escassos e demonstram a necessidade de pesquisas.

A tilápia é a espécie de peixe mais cultivada e a segunda mais consumida do mundo (PEIXE BR, 2019). Sua ampla produção é resultado de características como: rusticidade, crescimento rápido, alta adaptação a dietas exógenas, boa aceitação no mercado consumidor, carne com características organolépticas e nutricionais desejáveis, com baixo teor de gordura e ausência de espinhos na forma de “Y”, característica interessante para a produção de filés (STEVANATO *et al.*, 2005). Segundo Bombardelli *et al.* (2005), a filetagem é a principal forma de processamento de pescado no Brasil. No caso da tilápia, os filés congelados ou in natura são os produtos mais consumidos (SEBRAE, 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão de um *blend* de microminerais orgânicos na dieta por 30 dias no desempenho produtivo e a qualidade do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Instalações experimentais e animais

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) - UNESP, Câmpus de Dracena, no Laboratório de Aquicultura, na cidade de Dracena-SP, com duração de 30 dias. Foram utilizados 120 exemplares de tilápia do Nilo (*Oerochromis niloticus*) com peso médio inicial de $433,7 \pm 22,8$ g e comprimento médio de $29,1 \pm 5,3$ cm. Os peixes, provenientes do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), foram distribuídos de forma aleatória em 12 caixas de polietileno com a capacidade de 1000 L, em um sistema fechado com recirculação de água por meio de bomba hidráulica (vazão $8,54 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) e com sistema de filtragem com decantação de material sólido suspenso e filtro biológico com mídias biológicas. A oxigenação das caixas foi realizada por meio de soprador radial de ar ($2,02 \text{ m}^3 \text{ min}^{-1}$, 0,6 CV) com mangueiras e pedras porosas. A iluminação do sistema foi realizada por meio de 8 lâmpadas de Led tubular (10 Watts) e o fotoperíodo mantido em 10 horas claro e 14 horas escuro.

Os peixes foram aclimatados às condições laboratoriais, recebendo alimentação três vezes ao dia com a dieta controle durante sete dias. Os procedimentos de manipulação dos animais estiveram de acordo com os preceitos e normas do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) (Certificado n°. 05/2019.R1-CEUA).

3.2.2 Análises da qualidade de água

Os parâmetros físico-químicos da água: concentração de oxigênio dissolvido, temperatura e pH foram verificados semanalmente, utilizando medidores multi-parâmetros da YSI (Yellow Springs Instrument, Ohio, USA e Yellow Springs Instrument, Ohio, USA) e a concentração de amônia total, pelo método de Nessler no espectrofotômetro Iris (modelo HI801, Hanna, Woonsocket, USA).

3.2.3 Dietas experimentais e Protocolo experimental

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações nutricionais de Furuya *et al.* (2010) para a espécie, sendo dietas isoprotéicas e isoenergéticas (Tabela 7). O presente experimento, avaliou a inclusão de um *blend* de microminerais orgânicos Aquate™MQ (Alltech®), composto por: farinha da alga Schizochytrium sp., levedura hidrolisada, proteinato de ferro, proteinato de zinco, cromo levedura, selênio levedura, levedura seca de cervejaria, proteinato de manganês, aluminosilicato de sódio e cálcio, proteinato de cobre, farinha da alga Chlorella vulgaris, ácido ascórbico, produto seco de fermentação de Aspergillus niger. Foram avaliados três níveis de inclusão do produto na dieta:

- Tratamento 1 (T1): dieta sem o acréscimo do *blend* de microminerais orgânicos Aquate™MQ (Alltech®);
- Tratamento 2 (T2): dieta com acréscimo de 1,0% do *blend* de microminerais orgânicos Aquate™MQ (Alltech®);
- Tratamento 3 (T3): dieta com acréscimo de 1,5% do *blend* de microminerais orgânicos Aquate™MQ (Alltech®).

Tabela 6 - Composição centesimal das dietas experimentais com inclusão de microminerais orgânicos.

Ingredientes(%)	Nível de inclusão Aquate TM MQ (Alltech®)		
	0,0%	1,0%	1,5%
Milho moído	28,03	28,03	28,03
Farelo de soja	28,04	28,04	28,04
Farelo de trigo	18,00	18,00	18,00
Farinha de vísceras	11,34	11,34	11,34
Farinha de carne	6,33	6,33	6,33
Farelo de arroz cru	5,00	5,00	5,00
Mistura vitamínica e mineral ¹	0,50	0,50	0,50
Antifúngico ²	0,30	0,30	0,30
Fosfato bicálcico	0,24	0,24	0,24
L-Lisina	0,22	0,22	0,22
DL-Metionina	0,19	0,19	0,19
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01
Caulim	1,50	0,50	0,00
Aquate TM MQ ⁴	0,00	1,00	1,50
Composição analisada⁶			
Proteína bruta (%)	28,59	28,55	28,51
Proteína digestíveis ⁵ (%)	23,83	23,83	23,83
Extrato etéreo (%)	5,41	5,45	5,49
FDN(%)	3,03	3,11	3,07
FDA (%)	1,20	1,24	1,22
Matéria mineral (%)	7,31	7,35	7,33
Energia digestível kcal/kg	2800	2800	2800
Matéria seca (%)	95,45	95,49	95,47
Umidade (%)	4,55	4,51	4,53

¹Premix MCassab, níveis de garantia do produto: vitamina A, 500.000 UI; vitamina D3, 250.000 UI; vitamina E, 5.000 mg; vitamina K3, 500 mg; vitamina C, 10.000 mg; vitamina B1, 1.000 mg; vitamina B2, 1.000 mg; vitamina B6, 1.000 mg; vitamina B12, 2.000 mg; pantotenato de cálcico, 4.000 mg; niacina, 2.500 mg; ácido fólico, 500 mg; biotina, 10 mg; cloreto de colina, 100.000 mg; Cu, 1.000 mg; Fe, 5.000 mg; I, 200 mg; Co, 50 mg; B8 1.000 mg; Mn, 5.000 mg; Se, 30 mg; Zn, 9.000 mg.

²Mold-zap® Alltech, composição: ácido propiônico tamponado.

³Banox® Alltech

⁴AquateTMMQ *blend* de microminerais, com níveis de garantia mínimos: ferro (22,5 gkg⁻¹), zinco (8010 mgkg⁻¹), manganês (2670 mgkg⁻¹), cobre (660 mgkg⁻¹), selênio (60 mgkg⁻¹) e cromo (40 mgkg⁻¹).

⁵Valores determinados em ensaio de digestibilidade (PEZZATO, 2002).

⁶ AOAC,2019. n=3.

Fonte: Elaborado pela autora.

O fornecimento das dietas experimentais para os animais, foi realizado 3 vezes ao dia durante 30 dias até a saciedade aparente. Desta forma, foi considerada saciedade aparente o momento em que os animais deixassem de consumir as dietas.

3.2.4 Material biológico

Ao final do período experimental, após jejum por 24 horas, foram coletados 3 peixes de cada caixa, totalizando 12 peixes por tratamento. Os peixes foram transportados adequadamente em caixas, para um entreposto de pescado, localizado na cidade de Dracena/SP. Posteriormente, os animais foram insensibilizados por imersão em gelo e água e foi efetuado um corte branquial para realização da sangria. Após este procedimento foi realizada a filetagem, que consistiu na retirada dos filés esquerdos e direito sem pele.

3.2.5 Avaliação de desempenho produtivo e eficiência nutricional

Não houve mortalidade durante todo o ensaio (30 dias). No início e ao final do período experimental, 12 horas após a última refeição, os peixes foram insensibilizados, por meio da imersão dos animais em um balde com anestésico (eugenol, 100 mg L⁻¹). Os peixes foram pesados (Balança semi-analítica – ATX224, Shimadzu, São Paulo) e medidos para determinar as variáveis de desempenho produtivo. Para o desempenho foram determinadas as seguintes variáveis: peso final (PF), taxa de crescimento específico (TCE), consumo alimentar, ganho de peso (GP) e conversão alimentar aparente (CA).

3.2.6 Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento de filé

Para determinação do pH, foi utilizado um peagâmetro (Modelo HI 99163, Marca Hanna, Woonsocket, USA), segundo metodologia de Beltrán *et al.* (1997). A leitura foi realizada em triplicada em filés frescos esquerdos, registrando-se o valor mensurado após a estabilização da leitura do equipamento.

Para calcular o rendimento de filé, cada peixe foi pesado antes do procedimento de filetagem, e os filés direitos e esquerdos foram pesados sem pele após a filetagem. O rendimento de filé foi estimado pela seguinte equação:

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso dos filés (direito e esquerdo)} \times 100}{\text{Peso inteiro com vísceras}}$$

3.2.7 Cor e textura

Para avaliação da cor utilizou-se a metodologia descrita por Honikel (1998), com leitura em três pontos aleatórios da superfície de filés frescos direitos utilizando um colorímetro portátil (CR-410-Konica Minolta, Câmera Co., Ltda Osaka, Japão), previamente calibrado com padrão branco e preto, operando com fonte de luz D65, abertura de célula de 8 mm e ângulo de observação de 10°. Os valores para a cor foram expressos utilizando os padrões de cor do sistema CIE: L*, a* e b* – “Comission Internationale de L'Eclairage”, onde: L* (luminosidade), a* (intensidade da cor vermelho-verde) e b* (intensidade da cor amarelo-azul).

A textura da carne foi avaliada através da determinação da força de cisalhamento dos filés direitos de tilápia cozidos em texturômetro (CT3 Brookfield, USA) com célula de carga de 25 kg, equipado com lâmina Warner Bratzler de espessura de 3,0 mm e largura de 70 mm, aplicada transversalmente às fibras para a obtenção da força de corte da carne. O instrumento foi operado com velocidade do teste de 2 mm s⁻¹, seguindo metodologia de Sigurgisladdottir *et al.* (1999) adaptada. A espessura do filé de tilápia cozido varia da cabeça para a cauda, sendo necessária precisão no preparo da amostra, que foi cortada em cinco pedaços cubóides de tamanho igual (2 x 2 x 1 cm, comprimento x largura x espessura), acima da linha lateral. A força de cisalhamento foi expressa em quilograma-força (kgf).

3.2.8 Perda de peso por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (*drip loss*)

Para determinação da perda de peso no cozimento (*cooking loss*), foi utilizada a metodologia de Honikel *et al.* (1987) modificada. Os filés esquerdos, foram pesados individualmente e acondicionados em sacos de polietileno, fechados a vácuo e submetidos à cocção por cinco minutos em banho-maria com temperatura de 85°C, seguido de resfriamento, ainda na embalagem, em água

gelada, secos em papel absorvente e pesados. A diferença entre o peso inicial e o final do filé correspondeu à perda de água pelo cozimento.

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{Peso da amostra crua} - \text{Peso da amostra cozida} \times 100}{\text{Peso da amostra crua}}$$

Para determinação da capacidade de retenção de água (CRA) seguiu-se a metodologia proposta por Hamm (1960) modificada. Cerca de 2 g de filé fresco esquerdo de cada animal, foi colocado em papéis filtro e dispostos entre duas placas de plástico, sendo comprimidas por um peso de 10 kg durante 5 minutos. A CRA foi estimada pela diferença de peso da amostra:

$$\text{CRA (\%)} = \frac{(\text{Peso amostra final}) \times 100}{\text{Peso amostra inicial}}$$

Para avaliar a perda de peso por descongelamento (*drip loss*), as amostras de filés direitos foram pesadas congeladas, identificadas e submetidas ao descongelamento em refrigerador convencional a 4°C durante 48 horas, segundo metodologia descrita por Honikel (1998). Depois de descongelados, os filés foram levemente enxugados com papel toalha e novamente pesados para a obtenção da perda de peso. O resultado foi expresso em porcentagem pela seguinte equação:

$$\text{Drip loss (\%)} = 100 \times \frac{(\text{Peso inicial da amostra}) - (\text{Peso final da amostra})}{(\text{Peso final da amostra})}$$

3.2.9 Oxidação lipídica, Bases voláteis totais (BVT) e Nitrogênio não proteico (NNP)

As análises de indicadores de frescor (oxidação lipídica, bases voláteis totais e nitrogênio não proteico) foram realizadas após 20 dias da coleta experimental. Nesse período os filés de tilápia foram armazenados em freezer (-18°C), identificados e posteriormente descongelados para realização das análises. O procedimento de descongelamento foi realizado através da retirada

das amostras do freezer (-18°C) para a temperatura ambiente, sendo verificada por meio de termômetro infravermelho.

A oxidação lipídica da carne foi avaliada pela formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), pelo método de Vyncke (1970). A quantidade de malonaldeído (MDA), foi calculada pela equação de uma curva padrão previamente determinada a partir de uma solução de tetraetoxipropano (TEP), com leitura em espectrofotômetro (Espectrofotômetro – Evolution 60S, Thermo Scientific, Madison – USA) em comprimento de onda de 532 nm.

Para estimar o teor de bases Voláteis Totais, foram utilizados filés da musculatura esquerda e a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1985). Neste método a amônia e as aminas voláteis são destiladas por arraste de vapor, em meio levemente alcalino e quantificadas por volumetria de neutralização.

Para determinar o teor de nitrogênio não protéico (NNP), foram utilizados filés da musculatura esquerda de cada peixe. A análise consistiu na precipitação da proteína com ácido tricloroacético e depois dosagem do teor de nitrogênio solúvel, utilizando o procedimento micro Kjeldahl, conforme metodologia da AOAC (2019) modificada.

3.2.10 Composição centesimal

Para determinação da composição centesimal do filé: proteína bruta, extrato etéreo, umidade e cinzas foram utilizadas as metodologias da AOAC (2019) nos filés direitos de cada peixe. A proteína bruta foi determinada pelo método micro Kjeldhal, a partir da quantificação do nitrogênio das amostras, efetuando-se as etapas de digestão, destilação e titulação; a determinação do teor de extrato etéreo foi realizada pelo método de extração Soxhlet, em que os lipídios foram extraídos da amostra por contato com solvente orgânico; a umidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C; as cinzas foram obtidas por gravimetria após incineração em forno mufla a 550°C.

3.2.11 Análises estatísticas e delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (0,0; 1,0 e 1,5%) correspondentes aos níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos AquateTMMQ (Alltech®), com quatro repetições por tratamento. Os dados obtidos, após teste de normalidade e homogeneidade de

variância, foram submetidos a análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo Teste de Duncan (5%), utilizando-se o software estatístico SAS, versão 9.2 (2012).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Parâmetros físico-químicos da água

Os valores encontrados para variáveis físico-químicas da água durante o experimento (Tabela 6), se encontraram dentro do recomendado para tilápia do Nilo (KUBITZA, 1998).

Tabela 7 – Parâmetros físico-químicos da água dos tanques com de tilápia do Nilo alimentadas com *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Valores médios
Oxigênio dissolvido (mgL ⁻¹)	7,89±0,7
Temperatura (°C)	28,21±4,4
pH	6,34±0,5
Amônia total (mgL ⁻¹)	0,05±0,98

Valores são médias ± desvio padrão.
Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.2 Avaliação de desempenho produtivo e eficiência nutricional

Os resultados observados de desempenho produtivo e eficiência nutricional de juvenis de tilápia alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de *blend* de microminerais orgânicos estão apresentados na Tabela 8. Não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre tratamentos durante os 30 dias.

Tabela 8 - Peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e consumo de ração de tilápias alimentadas com o *blend* de microminerais orgânicos durante 30 dias.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate TM MQ 1,0%	Aquate TM MQ 1,5%	EPM ¹	P
PI (g)	423,7	447,0	430,6	10,1	0,3739
PF (g)	556,5	581,5	587,9	15,8	0,3756
GP (g)	132,8	134,5	157,3	9,3	0,1706
TCE (% dia⁻¹)	0,90	0,88	1,03	0,05	0,1371
CA	2,53	2,96	2,75	0,30	0,6109
CONSUMO (g)	3107,2	3145,7	3114,6	14,3	0,2251

Médias (n=4) seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan 5% (p≤0,05).

¹Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

As dietas experimentais fornecidas foram isoprotéicas e isoenergéticas apresentando o mesmo teor nutricional, com exceção da inclusão dos diferentes níveis de *blend* de microminerais orgânicos (0,0; 1,0 e 1,5%). Possivelmente, em razão disso não foram observadas diferenças entre os tratamentos e melhora nos parâmetros de desempenho produtivo.

Os animais que receberam as dietas experimentais estavam em fase de terminação. Em fase inicial de vida, a tilápia do Nilo apresenta melhores valores de desempenho produtivo (OLIVEIRA *et al.*, 1997). Com o aumento da idade ocorre piora na conversão alimentar e no crescimento, o consumo diminui com aumento do peso e diminui a retenção de nitrogênio (SILVA, 2008).

Os valores encontrados na taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar (CA) e ganho de peso (GP) pode estar ligado ao fato dos peixes estarem alocados em um ambiente de volume restrito (caixas de polietileno 1000 L) e com água com elevada transparência, potencializando as interações sociais e impossibilitando de expressar o máximo desempenho zootécnico.

3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento de filé

Para os valores de potencial hidrogeniônico (pH) não foram observadas diferenças (p>0,05) entre os tratamentos após alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 9). Em geral, o pH do músculo dos

peixes é próximo da neutralidade. Nesta pesquisa os resultados observados não são diferentes aos encontrados na literatura (MOURA *et al.*, 2009; BARTOLOMEU *et al.*, 2011; MONTEIRO *et al.*, 2012).

Segundo Gasco *et al.* (2014), o pH muscular dos peixes sofre variações devido ao método de abate e estresse pré-abate. Em situações de estresse *ante-mortem*, há um rápido consumo nas suas reservas de glicogênio e ATP por via anaeróbica, o que resulta na produção de ácido lático, o que causa a diminuição do pH da carne (SATTARI, 2010).

Tabela 9 - Potencial hidrogeniônico (pH) e rendimento (RND) de filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com *blend* de microminerais orgânicos durante 30 dias.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	EPM ¹	P
Ph	6,90	6,83	6,85	0,01	0,053
RND (%)	26,4	27,5	27,9	0,58	0,212

Médias (n=4) seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan 5% ($p \leq 0,05$).

¹Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados de rendimento de filé estão apresentados na Tabela 9. Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$). Os peixes que foram filetados tinham uma média de peso de $422,7 \pm 22,8$ g. O valor médio de rendimento de filé dos peixes foi de 27,0 a 36,0%, valores semelhantes aos encontrados por outros autores (SOUZA *et al.*, 2001; MACEDO-VIEGAS *et al.*, 1997).

3.3.4 Cor e textura

Não houve diferença ($p > 0,05$) nos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) entre os tratamentos de alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 10). As alterações autolíticas e microbiológicas que ocorrem durante a degradação provocam alteração da cor. Outros fatores que podem levar a alteração da cor de um produto de pescado são as condições de criação (HALLIER *et al.*, 2007).

Tabela 10 - Cor e textura de filés de tilápia do Nilo alimentadas por 30 dias em níveis de inclusão do *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	EPM ⁴	P
¹ L*	44,4	43,6	44,3	0,727	0,774
² a*	0,27	0,53	0,19	0,329	0,766
³ b*	-1,41	-0,96	-1,10	0,544	0,839
Textura (kgf/cm²)	5,53	5,01	5,54	0,390	0,526

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($p \leq 0,05$).

¹Luminosidade coordenada branca.

²a* coordenada vermelho/verde.

³b* coordenada amarelo/azul.

⁴Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a variável textura, não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos após alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 10). A textura é uma característica dependente de vários fatores como celularidade muscular, pH, componentes da matriz extracelular como o colágeno e proteoglicanos (PERIAGO *et al.*, 2005).

Maiores perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), aumentam a concentração de componentes estruturais e tecido conjuntivo muscular, o que aumenta diretamente a dureza da carne (OLSEN *et al.*, 2013). No presente estudo, foram observados valores baixos de força de cisalhamento, o que permite relacionar com menores perdas de água no procedimento de cocção, resultando em um filé de carne macia.

3.3.5 Perdas de peso por cozimento (*cooking loss*), capacidade de retenção de água (CRA) e perda de peso por descongelamento (*drip loss*)

Na perda de peso por cozimento (*cooking loss*) não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos com alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 11). O processo de cocção causa diminuição nos espaços interfibrilares do tecido muscular, o que resulta em uma menor capacidade de retenção de água (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Na presente pesquisa, os filés de tilápia apresentaram reduzido *cooking loss*, o que resultou em maior capacidade de retenção de água nos filés de tilapia.

Tabela 11 - Resultados de análises físicas em filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após alimentação de 30 dias com *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	EPM ⁴	P
Cooking loss (%)¹	15,07	19,68	15,10	2,344	0,566
CRA (%)²	89,39	90,93	90,68	0,912	0,494
Drip loss (%)³	2,43a	1,69b	1,64b	0,113	0,001

Médias (n=4) seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($p \leq 0,05$).

¹Perdas de peso cozimento (*cooking loss*).

²Capacidade de retenção de água (CRA).

³Perdas de peso descongelamento (*drip loss*).

⁴ Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

Na capacidade de retenção de água (CRA) não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos após alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 11). A CRA é uma das características mais importantes na determinação da qualidade de carne (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005) por sua alta importância econômica (TROUT, 1988).

De acordo com Alkobaby *et al.* (2008), um pH baixo entre 6 e 6,5, resultado do acúmulo de ácido láctico em situações de estresse pré-abate nos peixes, acelera a desnaturação proteica, resultando em menor capacidade de retenção de água. Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) encontrados na presente pesquisa, pode ter influenciado nos valores encontrados de CRA, tendo sido observado aumento dessa variável em função do pH.

Para perda de peso por descongelamento (*drip loss*) foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos após alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos (Tabela 11). Os filés de peixes que receberam a dieta sem inclusão do *blend* (controle, 0,0%) apresentaram maior perda por descongelamento (2,43%) quando comparado com os outros tratamentos que não diferiram ($p > 0,05$) entre si. O *drip loss* é uma das características mais importantes de qualidade, pois além da perda de peso do produto final, que resulta em perdas comerciais, ocorre também a perda nutricional de proteínas e lipídios hidrossolúveis encontrados no exsudato liberado (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005). Segundo Bosworth *et al.* (2007) essas alterações na carne afetam a qualidade e diminuem o tempo de vida de prateleira do pescado.

A utilização do *blend* contribuiu de forma benéfica para a diminuição do *drip loss*, pois em sua composição estão presentes microminerais que atuam contra o estresse oxidativo, resultando em menor dano celular, consequentemente menor *drip loss*. Cromo, manganês, cobre e selênio, que são microminerais precursores de enzimas como a superóxido dismutase e a glutathione peroxidase (LALL, 2002; WATANABE *et al.*, 1997; OKADA *et al.*, 1984).

3.3.6 Oxidação lipídica (TBARS), Bases voláteis totais (BVT) e Nitrogênio não protéico (NNP)

Na variável oxidação lipídica (TBARS) não foram observadas diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos após a alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais e armazenamento de 20 dias (Tabela 12).

Tabela 12 - Médias de indicadores de frescor em filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após alimentação de 30 dias com *blend* de microminerais orgânicos no período de armazenamento dos filés por 20 dias.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	EPM ⁴	P
TBARS (100 g mg⁻¹)¹	0,111	0,111	0,112	0,002	0,911
BVT (mg N 100g⁻¹)²	13,71a	11,11b	11,09b	0,912	0,013
NNP (mg N 100⁻¹)³	2,28a	1,45b	1,36b	0,052	0,001

Médias (n=4) seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($p\leq 0,05$)

¹Oxidação lipídica (TBARS);

²Bases Voláteis Totais;

³Nitrogênio não proteico;

⁴ Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

Os valores do TBARS são amplamente utilizados como indicador do grau de oxidação lipídica em carnes e quantifica o malonaldeído, que é a principal substância formada durante o processo oxidativo (OSAWA *et al.*, 2005).

De acordo com Luzia *et al.* (2000), os peixes têm como característica a presença de ácidos graxos insaturados em sua fração lipídica. Embora seja uma ótima característica do ponto de vista nutricional, por outro lado é preocupante para indústria, pois quanto maior a presença de ácidos graxos insaturados maior a possibilidade de peroxidação. Valores altos de TBARS contribuem para a

formação de compostos como: álcoois, cetonas, ácidos, hidrocarbonetos e aldeídos que geram rancidez do produto (OLIVO, 2006). No presente estudo foi observado baixos valores de malonaldeído nos filés analisados, devido ao período de armazenamento (20 dias) em freezer com temperatura de -18°C , o que resultou menor oxidação lipídica (TBARS).

Para as variáveis bases Voláteis totais (BVT) e nitrogênio não proteico (NNP) foram observadas diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos após alimentação por 30 dias com o *blend* de microminerais orgânicos e armazenamento de 20 dias (Tabela 12). O tratamento sem a suplementação do *blend* (controle, 0,0%) apresentou a maior concentração de BVT (13,71 mg N 100 g⁻¹) e NNP (2,28 mg N 100 g⁻¹), quando comparado aos outros tratamentos que não difeririam ($P > 0,05$) entre si.

O teor de Bases Voláteis Totais (amônia, trimetilamina e dimetilamina) e o teor de nitrogênio não proteico (amônia, trimetilamina, uréia, taurina, aminoácidos livres e peptídeo) têm sido empregados como índices de frescor para o pescado (RUIZ-CAPILLAS; MORAL, 2001).

Alguns microminerais presentes no *blend* avaliado no estudo, têm como função diminuir o estresse oxidativo e consequentemente aumentar a integridade celular e de membrana, sendo esses microminerais: o zinco, o manganês, o cobre e o selênio.

O zinco é responsável por manter a integridade celular, protegendo-a contra o efeito do estresse oxidativo (KOURY; DONANGELO, 2003). Este mineral desempenha papel importante no funcionamento dos sistemas antioxidantes e realiza a proteção da membrana celular da ação lesiva das espécies reativas de oxigênio (KOURY; DONANGELO, 2003), contribuindo contra os efeitos de ruptura de membranas (BETTGER; O'DELL, 1993).

O manganês é cofator da enzima superóxido dismutase que no metabolismo dos peixes, realiza a dismutação do radical livre superóxido atuando contra o estresse oxidativo. O selênio e o cobre participam da atividade da enzima glutathione peroxidase, que têm função de remoção dos peróxidos. A deficiência desses microminerais acarreta em atividade reduzida da glutathione peroxidase, tendo como consequência maior estresse oxidativo (LALL, 2002; NRC, 2011).

A suplementação de microminerais orgânicos resultou em menor deterioração nos filés dos tratamentos 2 e 3 e conseqüentemente foi observado menores concentrações de BVT e NNP, fato não observado no grupo controle, que apresentou maior média (2,43%) de perda de peso por descongelamento (*drip loss*), possível indicativo de rompimento de membrana celular e que foi acompanhado por uma maior concentração de BVT e NNP.

3.3.7 Composição centesimal

Os resultados das análises de composição centesimal dos files de tilápia do Nilo estão apresentados na Tabela 13. Não foram observadas diferenças ($p>0,05$) nos parâmetros avaliados: matéria seca, umidade, cinzas, proteína e extrato etéreo, entre os tratamentos após 30 dias de alimentação com o *blend* de microminerais orgânicos.

Os resultados foram semelhantes aos encontrados na literatura, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que apresentou entre 75 e 76,87% de umidade, 18,23% e 18,5% de proteína, 2,64% e 3,6% de lipídios e 1,09% e 2,4% de cinza (SALES; SALES, 1990; YANAR, CELIK; AKAMCA, 2006).

Tabela 13 - Composição centesimal (matéria seca, umidade, cinzas, proteína e extrato etéreo) em filés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) após alimentação por 30 dias com *blend* de microminerais orgânicos.

Variáveis	Controle 0,0%	Aquate™MQ 1,0%	Aquate™MQ 1,5%	EPM ¹	P
Matéria seca (%)	21,06	21,20	21,04	0,366	0,943
Umidade (%)	78,90	78,79	78,95	0,912	0,950
Cinzas (%)	1,42	1,44	1,35	0,015	0,399
Proteína (%)	19,86	19,82	19,72	0,098	0,631
Extrato Etéreo (%)	2,14	2,11	2,27	0,044	0,0848

Médias (n=4) seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan 5 % ($p \leq 0,05$).

¹Erro padrão médio.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 Conclusão

Conclui-se que o *blend* de microminerais orgânicos, nos dois níveis de inclusão avaliados, melhorou atributos da qualidade no filé de tilápia do Nilo,

devido à sua composição de microminerais que atuam protegendo a célula contra o estresse oxidativo, resultando em menor dano celular.

3.5 Referências Bibliográficas

- ALKOBABY, A. I.; SAMI, A. S.; GHADA, I.A. Effect of protein sources on characteristics and quality traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In :INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 8., 2008. **Proceedings** [...]. [S.l.: s.n.], 2008. p.551-567.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 21. ed. Arlington: AOAC, 2019.
- BARTOLOMEU, D. A. F. S.; DALLABONA, B. R.; MACEDO, R.E. F.; KIRSCHNIK, P.G. Contaminação microbiológica durante as etapas de processamento de filé de tilápia (*oreochromis niloticus*). **Archives of Veterinary Science**, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2011.
- BELTRÁN, J. A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; ALBERTI, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Sci.**, v. 45, n. 2, p. 201-207, 1997.
- BETTGER, W. J.; O'DELL, B. L. Physiological roles of zinc in the plasma membrane of mammalian cells. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 4, p. 194-207, 1993.
- BOMBARDELLI, R. A.; SYPERRECK, M. A.; SANCHES, E. A. Situação atual e perspectivas para o consumo, processamento e agregação de valor ao pescado. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**, n. 2, p. 181-195, 2005.
- BOSWORTH, B. G.; SMALL, B. C.; GREGORY, D.; KIMB, J; BLACK, S.; JERETT, A. Effects of rested harvest using the anesthetic AQUI-S™ on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and fillet quality. **Aquaculture**, v. 262, p. 302-318, 2007.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de tba aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Quim. Nova**, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2018**. Rome: FAO, 2014.
- FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; BOSCOLO, W. R.; CYRINO, J. E. P.; FURUYA, V. R. B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

GASCO, L. L.; GAI, F.; ROTOLO, G.; PARIS, I. Effects of different slaughtering methods on rigor mortis development and flesh quality of tench (*Tinca tinca*). **Journal of Applied Ichthyology**, v. 30, p. 58–63, 2014.

GATLIN III, D. M. Principles of fish nutrition. **Souther Regional Aquaculture Center**, Texas, n. 5003, p.1-8, 2010.

HALLIER, A.; CHEVALLIER, S.; SEROT, T.; PROST, C. Influence of farming conditions on colour and texture of European catfish (*Silurus glanis*) flesh. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 87, p. 814–823, 2007.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v. 10, p. 33-36, 1960.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Sci. Barking**, v. 49, p. 447-457, 1998.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtschaft**, v. 67, p. 1098-1102, 1987.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat science**, v. 71, n. 1, p. 194–204, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 274-275.

KOURY, J. C.; DONANGELO, C. M. Zinco estresse oxidativo e atividade física. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 433-441, 2003.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes: parte I. **Panor. Aquic.**, v. 8, n. 45, p. 36-41, 1998.

LALL, S. P. The minerals. In: HALVER J.E.; HARDY, R.W. (eds.). **Fish Nutrition**. London: Academic Press, 2002. p. 259-308.

LUZIA, L. A.; SAMPAIO, G. R.; CASTELLUCCI, C. M. N.; TORRES, E. A. F. S. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. **Food Chemistry**, v. 83, n. 1, p. 93-97, 2003.

MACEDO-VIEGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R.; KRONKA, S. N. Estudo da carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em quatro categorias de peso. **Rev. Unimar**, v. 19, p. 863-870, 1997.

MONTEIRO, M. L. G.; MÁRSICO, E. T.; TEIXEIRA, C. E.; MANO, S. B.; CONTE JÚNIOR, A. C; VITAL, H. C. Validade comercial de filés de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) resfriados embalados em atmosfera modificada e irradiados. **Cienc. Rural**, v. 42, n. 4, p. 737-743, 2012.

MOURA, M. A. M.; GALVÃO, J. A.; HENRIQUE, C. M.; SILVA, L. K. S.; OETTERER, M. Caracterização físico-química e de frescor de filés de tilápia do

Nilo (*Oreochromis niloticus*) oriundas da pesca extrativista no médio Rio Tietê/SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 3, p. 487-495, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirement of fish and shrimp**. Washington: National Academic Press, 2011. p. 164-184.

OKADA, S.; TSUKADA, H.; OHBA, H. Enhancement of nucleolar RNA synthesis by chromium (III) in regenerating rat liver. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 21, p. 113-124, 1984.

OLIVEIRA, A. C. B.; PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; PEZZATO, A. C.; SILVEIRA, A. C. Torta de dendê em dieta para a tilápia-do-Nilo: desempenho produtivo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 32, n. 4, p. 443-449, 1997.

OLIVO, R. Alterações oxidativas em produtos cárneos. In: SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO, R.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.D.G.M. **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 2006. p.155-163.

OLSEN, S. H.; SORENSEN, N. K.; LARSEN, R.; ELVEVOLL, E. O.; NILSEN, H. Impact of pre-slaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): measured chemically and visible and near infrared spectroscopy. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 284, p. 90- 97, 2008.

PEIXE BR. **Anuário peixe BR da piscicultura 2019**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultura, 2018. p. 138.

PERIAGO, M. J.; AYALA, M. D.; LOPEZ-ALBORS, O.; ABDEL, I., MARTÍNEZ, C.; GARCÍA-ALCAZAR, A.; ROSA, G.; GIL, F. Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. **Aquaculture**, v. 249, p. 175–188, 2005.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; PINTO, L. G.; FURUYA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

RUIZ-CAPILLAS, C.; MORAL, A. Production of biogenic amines and their potential use as quality control indices for hake (*Merluccius merluccius*, L) stored in ice. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 1030–1032, 2001.

SALES, R. O.; SALES, A. M.; Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciências Agronômicas**, v. 1-2, n. 21, p. 27-30, 1990.

SATTARI, A.; LAMBOOIJ, E.; SHARIFI, H.; ABBINK, W.; REIMERT, H; VAN DE VIS, J. W. (2010). Industrial dry electro-stunning followed by chilling and decapitation as a slaughter method in Claresse® (*Heteroclaris sp.*) and African catfish (*Clarias gariepinus*). **Aquaculture**, v. 302, p. 100-105, 2012.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS. **Aquicultura e pesca**: tilápias: relatório completo: estudos de mercado SEBRAE/ESPM 2008. São Paulo: SEBRAE, 2008. 160 p.

SIGURGISLADOTTIR, S.; HAFSTEISSON, H.; JONSSON, A.; LIE, O.; NORTVEDT, R.; THOMASSEN, M.; TORRISSEN, O. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. **Journal of Food Science**, v. 64, n. 1, p. 199-104, 1999.

SILVA, T. S. C. **Modelos de crescimento e desempenho de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*; linhagem supreme) alimentadas com dietas sem ou com suplementação de lisina e treonina, em gaiolas**. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, 2008.

SOUZA, M. L. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Comparação de quatro métodos de filetagem utilizado para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento do processamento. **Infopesca Internacional**, p. 26-31, 2001.

STEVANATO, F. B.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Aproveitamento dos resíduos de pescado. **Aquicultura & Pesca**, v. 14, p. 15-17, 2005.

TROUT, G. R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods; a review of methodology. **Meat Science**, v. 23, p. 235-252, 1988.

VYNCKE, W. Direct determination of the TBA value in trichloroacetic acid extract of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Sceifen Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084 -1087, 1970.

YANAR Y.; CELIK, M.; AKAMCA, E. Effects of brine concentration on shelf-life of hot-smoked tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 °C. **Food Chemistry**, v. 97, n. 2 p. 244–247, 2006.

WATANABE, T.; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 151, p.185-207, 1997.