

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE MESTRADO/DOCTORADO**

**Qualidade de carne, desempenho produtivo e curvas de  
crescimento de três grupos genéticos de tilápia-do-Nilo  
(*Oreochromis niloticus*)**

**André Luiz Nunes**

**CAMPO GRANDE – MS**

**2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**  
**CURSO DE MESTRADO/DOCTORADO**

Qualidade de carne, desempenho produtivo e curvas de crescimento de três grupos genéticos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Meat quality, productive performance and growth pattern of three genetic groups of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

**André Luiz Nunes**

**Orientador: Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh**

**Coorientador: Prof. Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

**CAMPO GRANDE – MS, 2019**

Certificado de aprovação

André Luiz Nunes

Qualidade de carne, desempenho produtivo e curvas de crescimento de três grupos genéticos de tilápia-do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Meat quality, productive performance and growth pattern of three genetic groups of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Mato Grosso  
do Sul, como requisito à obtenção do  
título de Doutor em Ciência Animal.

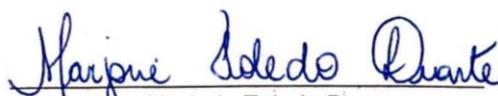
Aprovado(a) em: 06-12-2019  
BANCA EXAMINADORA:



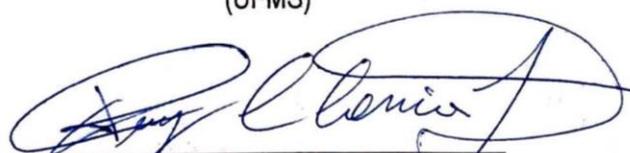
Dr. Jayme Aparecido Povh  
Orientador (UFMS)



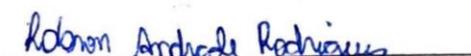
Dra. Milena Wolff Ferreira  
(UCDB)



Dra. Marjorie Toledo Duarte  
(UFMS)



Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho  
(UFMS)



Dr. Robson Andrade Rodrigues  
(UEMS)

## **Dedicatória**

Dedico a minha esposa, Deise Bresan, por me completar e auxiliar em todos os momentos após o nosso primeiro encontro.

Dedico aos meus pais Carlos Nunes e Loreci Nunes. Tudo que sou e tenho, é graças ao esforço e dedicação de vocês. Também a minha família, irmãos Giva e Maninha, minha cunhada Cris e meu lindo sobrinho Pedro.

Amo vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Sempre e primeiramente à Deus. Ele nos presenteia diariamente e nos houve a cada segundo da nossa vida.

Ao meu querido e compreensível orientador e professor Dr. Jayme Aparecido Povh. Sou eternamente grato pela oportunidade e pelos ensinamentos. Sua paciência e compreensão são exemplos de como viver. Obrigado pela confiança e críticas, da melhor forma possível mostrou os melhores caminhos a seguir na pós-graduação. Sempre foi compreensível e atencioso, independentemente da situação. Um exemplo de profissional. Obrigado mais uma vez.

Ao meu querido Coorientador Dr. Ruy Alberto Caetâno Corrêa Filho. Cada momento junto foi de muito aprendizado. Suas opiniões enriquecem todos. Solucionou todos os problemas que foram surgindo na caminhada. Nunca mediu esforços para ensinar, independente da hora e dia. Sigo os seus passos. Obrigado.

A eterna orientadora Cristiane Meldau, que mesmo de longe, sempre se mostrou preocupada. Graças a senhora estou buscando evolução constantemente.

Ao professor Carlos Eurico, mesmo nos poucos momentos juntos, demonstrou ser um profissional criterioso e deu dicas valiosas.

Agradeço ao professor Carlos Oliveira, famoso professor Carlão, que passou para mim os seus ensinamentos em estatística e melhoramento genético animal desde a graduação na UEMS, muito obrigado por auxiliar no delineamento. Ao Carlão, professor Ricardo da UEM e a AquaAmérica, meu muito obrigado por ceder o material genético e proporcionar este estudo para a Tilapicultura no Brasil.

Aos senhores Delmo, Eliezer e Jacaré, técnicos e funcionários da estação de piscicultura da UFMS, que me auxiliaram em todo o período experimental. Sem eles, o projeto não seria o mesmo.

Aos amigos e colegas da pós-graduação e da graduação Luana, Guilherme, Robson, Thiago Martins, Michel, Felipe, Ana Cremilda, Laice, João Pedro, Felix, Leandro, Lucas, Yasmin, André Nascimento, Bruna e Rebeca. Todos têm mérito nessa pesquisa.

A todos os professores que ensinaram em todas as disciplinas que participei. A chegada até este momento não ocorreria sem a participação deles.

À Capes, pela bolsa de estudo no tempo que precisei, até atingir os anseios profissionais.

E por último, a enorme Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, que representa o futuro de todas as pessoas que ali passam. Proporcionou desafios e vivência única, obrigado pela oportunidade de cursar uma pós-graduação.

*Mais calma, concentração e atenção. Comunicação é a essência e tudo depende do seu olhar.*

*Paz e amor!*

## Resumo

NUNES, A. L. Qualidade de carne, desempenho produtivo e curvas de crescimento de três grupos genéticos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2019. 117 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

A tilápia-do-Nilo é a espécie aquícola mais produzida no Brasil. Embora seja conhecido o desempenho produtivo das variedades Tilamax e AquaAmérica, pouco se sabe sobre o desempenho dos indivíduos/animais provenientes do cruzamento dessas variedades e o impacto da endogamia em linhagens melhoradas geneticamente. Assim, com este estudo o objetivo foi avaliar o desempenho produtivo, curvas de crescimento, rendimento corporal e qualidade do filé fresco e congelado de machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo da variedade AquaAmérica com e sem grau de parentesco e do híbrido proveniente do cruzamento entre as variedades AquaAmérica e Tilamax. Os juvenis de cada grupo genético (n=40; 20 machos e 20 fêmeas) foram alocados em quatro hapas de 48 m<sup>3</sup>, aos 51 dias de idade e produzidos durante 269 dias. As biometrias foram realizadas a cada 30 dias para mensuração de peso (g) comprimento padrão (cm), comprimento de cabeça, altura do corpo, largura do corpo determinar as variáveis de desempenho e curvas de crescimento, totalizando nove biometrias. Ao final do experimento determinou-se: ganho de peso médio, taxa de crescimento específico, fator de condição de Fulton e taxa de sobrevivência. Além disso, foi analisado as curvas de crescimento para o peso e características morfométricas. Após o abate foram avaliados o rendimento corporal e a qualidade do filé fresco e congelado (pH, cor, perda por cozimento, perda por exsudação e força de cisalhamento) nos diferentes grupos genéticos. Todas as medidas biométricas avaliadas apresentaram diferenças (P<0,05) entre machos e fêmeas, independente do grupo genético. O peso médio final, ganho de peso médio e taxa de crescimento específico nos machos do grupo genético AquaAmérica x Tilamax (785,10 g; 771,47 g; 1,54%), foi maior (P<0,05) quando comparada aos grupos AquaAmérica não endogâmica (708,49 g; 694,85 g; 1,48%) e AquaAmérica endogâmica (670,91 g; 663,37 g; 1,46%). Não houve diferença na taxa de sobrevivência entre os grupos. O fator de condição de Fulton foi maior (P<0,05) nos machos dos grupos AquaAmérica não endogâmica (1,91) e AquaAmérica x Tilamax (1,93) em relação ao grupo AquaAmérica endogâmica (1,80). Não houve diferença entre os grupos genéticos para todas as variáveis nas fêmeas. Machos AquaAmérica x Tilamax apresentaram melhores parâmetros de curva de crescimento para peso (valor assintótico de 1.063,8 kg; taxa de crescimento específico de 0,009 g/dia por g de peso vivo; e idade no ponto de inflexão de 203,9 dias) quando comparados ao grupo genético AquaAmérica não endogâmica (valor assintótico de 799,8 kg; taxa de crescimento específico de 0,010 g/dia por g de peso vivo; e idade no ponto de inflexão de 198,1 dias) e grupo genético AquaAmérica endogâmica (valor assintótico de 769,8 kg; taxa de crescimento específico de 0,011 g/dia por g de peso vivo; e idade no ponto de inflexão de 176,4 dias). O rendimento de filé foi maior (P<0,05) nos machos AquaAmérica x Tilamax (32,14 ±4,72%) em relação a AquaAmérica endogâmica (28,15 ±2,67%) e não endogâmica (29,06 ±2,80%). O rendimento de cabeça, de vísceras, pH, valores de cor L\*, cor a\*, cor b\*, força de cisalhamento, perda por exsudação e perda por cozimento não diferiram (P>0,05) entre os grupos genéticos e sexo. A endogamia proporciona peixes com menor peso assintótico e maior idade no ponto de inflexão em machos. Os peixes machos provenientes do cruzamento AquaAmérica x Tilamax apresentam melhor desempenho em relação aos da variedade AquaAmérica, sendo que a endogamia nesta variedade afetou negativamente o fator de condução de Fulton, e peixes machos possuem maior crescimento que fêmeas a partir de 88 dias de idade; 2) A tilápia-do-Nilo proveniente do cruzamento entre as variedades AquaAmérica e Tilamax revelou heterose positiva para peso e comprimento total final comparativamente à

variedade AquaAmérica, inclusive com maior valor assintótico para peso; além disso, a endogamia afeta negativamente o peso assintótico das fêmeas (efeito não observado nos machos; e 3) A endogamia na variedade AquaAmérica resulta em menor peso de abate nos machos; machos AquaAmérica x Tilamax apresentam maior rendimento de filé; e a qualidade do filé não é influenciada pelo cruzamento, endogamia e sexo, mas é alterada após o descongelamento.

Palavras-chave: AquaAmérica; aquicultura; curvas de crescimento; endogamia; filé fresco; filé congelado; heterose.

NUNES, A. L. Meat quality, productive performance and growth pattern of three genetic groups of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). 2019. 117 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2019.

Nile tilapia is the most produced aquaculture species in Brazil. Although the productive performance of the Tilamax and AquaAmérica varieties is known, little is known about the performance of individuals / animals coming from crossing these varieties and the impact of inbreeding on genetically improved strains. Thus, with this study the objective was to evaluate the productive performance, growth curves, body yield and quality of fresh and frozen fillet of male and female Nile tilapia of the variety AquaAmérica with and without kinship and the hybrid from crossing between the varieties AquaAmérica and Tilamax. Juveniles from each genetic group (n = 40; 20 males and 20 females) were allocated to four 48 m<sup>3</sup> hapas at 51 days of age and produced for 269 days. Biometrics were performed every 30 days to measure weight (g) standard length (cm), head length, body height, body width to determine performance variables and growth curves, totaling nine biometrics. At the end of the experiment it was determined: average weight gain, specific growth rate, Fulton condition factor and survival rate. In addition, growth curves for weight and morphometric characteristics were analyzed. After slaughter, the yield and quality of fresh and frozen fillet (pH, color, cooking loss, exudation loss and shear force) in the different genetic groups were evaluated. All biometric measurements evaluated showed differences (P <0.05) between males and females, regardless of the genetic group. The final average weight, average weight gain and specific growth rate in males of the AquaAmérica x Tilamax genetic group (785.10 g; 771.47 g; 1.54%) was higher (P <0.05) when compared. to the non-inorganic AquaAmerica (708.49 g; 694.85 g; 1.48%) and inbred AquaAmerica (670.91 g; 663.37 g; 1.46%) groups. There was no difference in survival rate between the groups. The Fulton condition factor was higher (P <0.05) in males of the non-endogamic AquaAmérica (1.91) and AquaAmérica x Tilamax (1.93) males compared to the endogamic AquaAmérica (1.80) group. There was no difference between genetic groups for all variables in females. AquaAmérica x Tilamax males presented better growth curve parameters for weight (asymptotic value of 1,063.8 kg; specific growth rate of 0.009 g / day per g of live weight; and age at inflection point of 203.9 days) when compared to the non-inbred AquaAmérica genetic group (asymptotic value of 799.8 kg; specific growth rate of 0.010 g / day per g bodyweight; and inflection age of 198.1 days) and inbred AquaAmérica genetic group (value 769.8 kg, specific growth rate of 0.011 g / day per g body weight, and inflection point age of 176.4 days). Fillet yield was higher (P <0.05) in AquaAmérica x Tilamax males (32.14 ± 4.72%) compared to inbreeding (28.15 ± 2.67%) and non-inbreeding AquaAmérica males (29.06 ± 2.80%). Head, viscera yield, pH, L \* color, a \* color, b \* color, shear force, exudation loss and cooking loss values did not differ (P > 0.05) between genetic groups and gender. . Inbreeding provides fish with less asymptotic weight and older age at tipping point in males. Male fish from the crossing AquaAmérica x Tilamax have better performance than those from the AquaAmérica variety, with inbreeding in this variety negatively affecting Fulton's conduction factor, and male fish have higher growth than females from 88 days of age; 2) Nile tilapia from the crossing between the AquaAmérica and Tilamax varieties showed positive heterosis for weight and final total length compared to the AquaAmérica variety, even with higher asymptotic value for weight; In addition, inbreeding negatively affects the asymptotic weight of females (effect not observed in males; and 3) Inbreeding in the AquaAmérica variety

results in lower slaughter weight in males; AquaAmérica x Tilamax males show higher fillet yield; and fillet quality is not influenced by crossbreeding, inbreeding and sex, but is altered after thawing.

**Keywords:** AquaAmérica; aquaculture; growth curves; inbreeding; fresh fillet; frozen fillet; heterosis.

## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| <b>INTRODUÇÃO</b> .....   | 1   |
| <b>Melhoramento genético da tilápia-do-Nilo</b> .....   | 2   |
| <b>Rendimento e Qualidade do filé de tilápia-do-Nilo</b> .....  | 6   |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....  | 9   |
| <b>ARTIGO 1 - Desempenho produtivo de machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) com diferentes graus de parentesco e heterose</b> ..... | 15  |
| <b>Introdução</b> .....   | 15  |
| <b>Métodos</b> .....  | 17  |
| <b>Resultados</b> .....   | 20  |
| <b>Discussão</b> .....  | 26  |
| <b>Conclusão</b> .....  | 30  |
| <b>Agradecimentos</b> .....   | 31  |
| <b>Referências</b> .....  | 31  |
| <b>ARTIGO 2 – Curvas de crescimento de machos e fêmeas de diferentes grupos genéticos de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)</b> .....               | 37  |
| <b>Introdução</b> .....   | 38  |
| <b>Métodos</b> .....  | 39  |
| <b>Resultados</b> .....   | 42  |
| <b>Discussão</b> .....  | 49  |
| <b>Conclusão</b> .....  | 52  |
| <b>Referências</b> .....  | 52  |
| <b>ARTIGO 3 – Rendimento corporal e qualidade do filé fresco e congelado de grupos genéticos de tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)</b> .....        | 57  |
| <b>Introdução</b> .....   | 57  |
| <b>Material e Métodos</b> .....   | 59  |
| <b>Resultados</b> .....   | 62  |
| <b>Discussão</b> .....  | 67  |
| <b>Conclusão</b> .....  | 70  |
| <b>Agradecimentos</b> .....   | 70  |
| <b>Referências</b> .....  | 71  |
| <b>ANEXO 1 – Artigo aceito para publicação no periódico Annals of the Brazilian Academy of Sciences, em 07/10/2019</b> .....                                    | 78  |
| <b>ANEXO 2 – Aprovação do projeto de pesquisa</b> .....   | 104 |
| <b>ANEXO 3 – Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFMS)</b> .....   | 105 |

## 1 INTRODUÇÃO

2 Segundo os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e  
3 Agricultura (FAO, 2018), a aquicultura é um dos setores da produção de alimentos que  
4 mais crescem no mundo, com uma taxa de crescimento anual médio entre 2001 e 2016  
5 de 5,8%. Estes dados mostram ainda que a contribuição da aquicultura na produção  
6 mundial de pescados tem aumentado de forma constante atingindo 46,8% da produção  
7 em 2016, correspondendo a um aumento de 25,7% desde o ano 2000. Além disso, estes  
8 dados indicam que na América do Sul, o Brasil foi o quarto maior produtor de pescados  
9 em 2016, atingindo 1,28 mil toneladas, com uma projeção de aumento para 2030 de  
10 46,6%, sendo que somente para a aquicultura a projeção de crescimento estimada é de  
11 89,0% até 2030.

12 Entre os pescados, os peixes corresponderam a 67,6% da produção mundial em  
13 2016, com 54,1 milhões de toneladas, seguido dos moluscos, crustáceos e outros animais  
14 aquáticos. No grupo dos peixes, a tilápia-do-Nilo tem um importante destaque, sendo a  
15 segunda espécie de peixe mais produzida no mundo, estando atrás apenas das carpas  
16 (FAO, 2018). O Brasil é o quarto maior produtor de tilápia-do-Nilo no mundo, e a espécie  
17 aquícola mais produzida no país, representando 55,4% da produção em 2018, com um  
18 crescimento de 11,9% com relação ao ano anterior (PEIXEBR, 2019).

19 A tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* é uma espécie oriunda da região Leste da  
20 África (bacia do rio Nilo), pertencente à família Cichlidae e é cultivada em quase todo  
21 mundo, com maior destaque para nas regiões com predominância de clima tropical e  
22 subtropical, como é o caso da Ásia (China, Indonésia, Filipinas), Estados Unidos, México,  
23 Panamá e toda a América do Sul (GALLI e TORLONI, 1999; FAO, 2018). Esta espécie  
24 está adaptada às várias condições climáticas existentes no Brasil, além de possuir  
25 características zootécnicas e de produção favoráveis ao cultivo, como: fácil manejo,  
26 resistente a doenças e a baixos níveis de saturação de oxigênio, hábito alimentar onívoro  
27 e rápido crescimento (HILSDORF, 1995; POPMA e LOVSHIN, 1995).

28 O primeiro registro de introdução oficial da tilápia-do-Nilo no Brasil foi através  
29 da linhagem Bouaké em 1971 no Ceará (cerca de 100 fundadores) pelo programa do  
30 Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), por meio do convênio com  
31 *Centre Technique Forétier Tropical* (CTFT), da França (CASTAGNOLLI, 1992). A  
32 segunda foi a Chitralada em 1996 no município de Londrina-PR (20.800 peixes jovens),  
33 a qual teve uma primeira domesticação no Japão, por volta dos anos 1940, e  
34 posteriormente na Tailândia (ZIMMERMANN, 1999).

35 Em 2002 a piscicultura Aquabel introduziu no Brasil a linhagem Supreme,  
36 linhagem GST (*Genomar Supreme Tilápia*), proveniente da empresa Genomar,  
37 responsável pelo melhoramento da linhagem pelo mundo (CYRINO et al., 2004). Já em  
38 2005 foi importado da Malásia a linhagem GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*),  
39 especificamente para o município de Maringá-PR (OLIVEIRA et al., 2012). As linhagens  
40 GST da Supreme e GIFT são consideradas da mesma origem, sendo apenas desenvolvida  
41 de forma separada a partir do ano de 1999 (ZIMMERMANN, 2003).

42 A variedade GIFT resultou do programa de melhoramento genético da tilápia-do-  
43 Nilo realizado pelo *World Fish Center*, da Malásia, e inicialmente domesticada pelo  
44 *International Center for Living Aquatic Resources Management* (ICLARM), por meio de  
45 cruzamento de quatro linhagens africanas selvagens oriundas de Gana, Egito, Quênia e  
46 Senegal, e quatro linhagens domesticada na Ásia (de proveniência egípcia), cultivadas  
47 nas Filipinas, Israel e Tailândia (BENTSEN et al., 1998; PONZONI et al., 2005). No  
48 Brasil, em 2005 iniciou o programa de melhoramento da linhagem GIFT, havendo a  
49 introdução de 30 famílias de animais na Universidade Estadual de Maringá (UEM),  
50 Maringá-PR, por meio de convênio com o *World Fish Center*, em parceria com a  
51 Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP) (OLIVEIRA et al., 2012). Após a  
52 sexta geração da variedade GIFT, melhorada geneticamente na UEM, houve introdução  
53 de variedades locais de tilápia-do-Nilo, originando uma nova variedade denominada  
54 Tilamax (ZARDIN, 2016).

55 Uma nova variedade de tilápia-do-Nilo, que tem sido explorada no Brasil desde  
56 2012 é a AquaAmérica (CARVALHO, 2016). Esta variedade foi desenvolvida por uma  
57 empresa privada, chamada AquaAmérica, no município de Alfenas-MG (AquaAmérica,  
58 2019) a partir do melhoramento genético da variedade GIFT. Variedades de peixes  
59 melhoradas geneticamente apresentam, em geral, alta velocidade de crescimento, redução  
60 do tempo de cultivo e maior rendimento nos cortes comerciais (CARVALHO, 2016;  
61 AQUAAMÉRICA, 2019).

62

### 63 **Melhoramento genético da tilápia-do-Nilo**

64 Há mais de 2000 anos, romanos e chineses iniciaram estudos com carpas,  
65 *Cyprinus carpio*, realizando a sua domesticação, conhecimento do seu ciclo reprodutivo  
66 e seleção de reprodutores, representando os primeiros experimentos com melhoramento  
67 genético de peixe (ALVES et al., 2013). As características zootécnicas comumente  
68 incorporadas nas seleções tradicionais são a taxa de crescimento, conversão alimentar,

69 resistência a doenças, tolerância a temperaturas, forma e coloração corporal, rendimento  
70 de filé e fertilidade (ALVES et al., 2013).

71 Os programas de melhoramento genético têm o objetivo de aumentar a taxa de  
72 crescimento, utilizando critério de seleção para ganho de peso por meio de  
73 acompanhamento individual de animais, mediante biometrias mensais (PONZONI et al.,  
74 2005), visando atender as demandas do setor produtivo que buscam animais com maior  
75 padronização e com maior rendimento econômico (OLIVEIRA et al., 2012). Os trabalhos  
76 com algumas espécies aquáticas (tilápia, salmão, carpas, etc.) mostram que o  
77 melhoramento genético pode acarretar um aumento na taxa de crescimento de até 15%  
78 por geração (PONZONI et al. 2005; GJEDREM & RYE, 2018). Na literatura existem  
79 várias estimativas de resposta de seleção para taxa de crescimento em experimentos com  
80 reprodução em grande escala e programas de melhoramento: para salmão do pacífico,  
81 10,1%; truta arco-íris, 13%; salmão do atlântico, 10,6 – 14,2%; bagre-de-canal, 12,0-  
82 18,0%; e para tilápia-do-Nilo, 15,0% (GJEDREM, 2000). Estas médias possibilitam  
83 dobrar a taxa de crescimento em sete gerações (GJEDREM, 2000; RIBEIRO & LEGAT,  
84 2008; GJEDREM & RYE, 2018).

85 Em relação a tilápia-do-Nilo, a variedade GIFT foi desenvolvida após 20 anos  
86 de seleção, a partir de quatro linhagens silvestres e quatro linhagens cultivadas. As  
87 primeiras foram capturadas entre 1988 a 1989 no Egito, Gana, Quênia e Senegal, e as  
88 linhagens cultivadas, oriundas de Israel, Singapura, Tailândia e Taiwan, foram  
89 introduzidas nas Filipinas entre 1979 a 1984 (BENTSEN et al., 1998). Entre programas  
90 de melhoramento genético com peixes, o da variedade GIFT é considerado o mais longo  
91 (GUPTA & ACOSTA, 2004). As características de crescimento, parâmetros genéticos de  
92 tamanho à maturação, resistência a doenças, e características de conformação corporal,  
93 bem como a adaptação a diversos climas centralizam este programa de melhoramento  
94 (EL-SAYED, 2006).

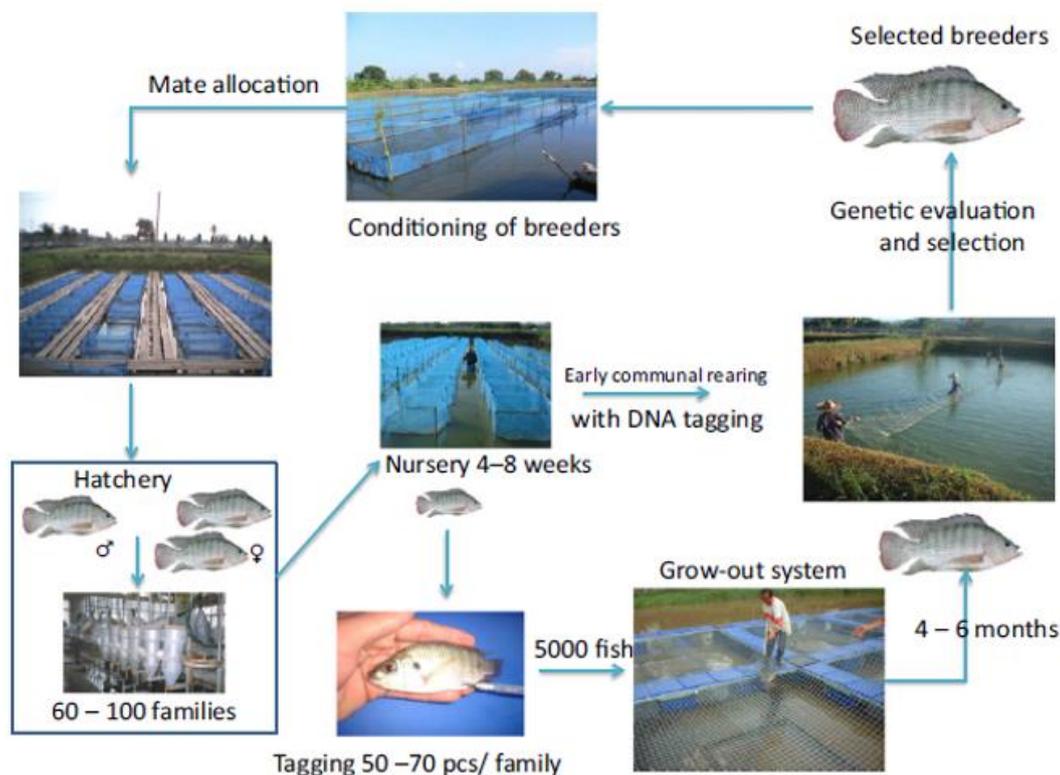
95 No que se refere aos organismos aquáticos, o Brasil conta com programas de  
96 melhoramento genético com tilápia-do-Nilo e também com tambaqui (*Colossoma*  
97 *macropomum*), embora os programas com essas espécies avancem a passos mais lentos  
98 quando comparado aqueles que envolvem bovinos, aves e suínos (OLIVEIRA et al.,  
99 2012; MARCOS et al., 2016). Desde 2002 é comercializado no Brasil a linhagem  
100 Supreme (Geno Mar Supreme Tilápia – GST), que se constituem em tilápias melhoradas  
101 monosexo, evitando a possibilidade de formação de plantéis de reprodutores com esses  
102 indivíduos (ZIMMERMAN, 2003; RIBEIRO e LEGAT, 2008; OLIVEIRA et al., 2012).

103 Além dessa linhagem melhorada geneticamente, há no Brasil, desde 2005, um programa  
104 de melhoramento na UEM, que iniciou a partir da importação de 600 animais, os quais  
105 eram derivados de 30 famílias de tilápias-do-Nilo da linhagem GIFT (Genetically  
106 Improved Farmed Tilapia), originária da Malásia (LUPCHINSKI JÚNIOR et al., 2008).

107 No referido programa, o uso de variedades locais de tilápias-do-Nilo, para a  
108 produção das famílias, proporcionou a formação de uma nova variedade de tilápia-do-  
109 Nilo, que é denominada Tilamax (ZARDIN, 2016). Ao longo da existência desse  
110 programa, diversos avanços foram alcançados, sendo registrados incrementos  
111 acumulados médios de mais 17,0% nas características referentes à velocidade de  
112 crescimento, aumento de cerca de 14,0% no volume corporal e aumento de 9,5% na área  
113 corporal dos animais em comparação aos que foram inicialmente introduzidos (RIBEIRO  
114 et al., 2016).

115 Além do programa da UEM, desde 2012, há outro programa de melhoramento  
116 genético de tilápias no país, o qual é conduzido por uma empresa privada, a  
117 AquaAmérica, localizada em Alfenas-MG (AQUAAMÉRICA, 2019). O programa existe  
118 desde de 2012 e seleciona animais (avós) que irão produzir as matrizes a cada ciclo e  
119 também (anualmente) são selecionados os animais para produzir a próxima geração em  
120 seleção (Núcleo) (BARBOSA et al., 2018). Os acasalamentos para produção de matrizes  
121 levam em conta métodos de controle de endogamia, o que impede o acasalamento de  
122 animais aparentados até a terceira geração (BARBOSA et al., 2018).

123 As etapas do programa de melhoramento genético adotado para a tilápia-do-Nilo  
124 é detalhada por Nguyen (2016) nas seguintes etapas: 1) Os peixes da população base ou  
125 selecionados da geração anterior são alocados em hapas para crescimento para formação  
126 dos reprodutores; 2) Machos e fêmeas são alocados em hapas individualizadas (duas  
127 fêmeas:1 macho) para reprodução; 3) Coleta de ovos na boca e incubação individualizada;  
128 4) produção dos peixes jovens até idade para marcação com microchip no ventre; 5)  
129 produção em ambiente comum por 4 a 6 meses (idade à reprodução); 6) avaliação e  
130 seleção genética; 7) Obtenção da próxima geração (Figura 1).



131

132 **Figura 1.** Etapas do programa de melhoramento genético da tilápia-do-Nilo, variedade  
 133 GIFT. Fonte: Nguyen, 2016.

134

135 A disseminação da população melhorada ocorre com a multiplicação do estoque  
 136 melhorado, sendo que após a produção das famílias irmãos completos e meios-irmãos, os  
 137 parentes selecionados são utilizados para a produção de alevinos (RIBEIRO & LEGAT,  
 138 2008). Atingindo a maturidade sexual, a progênie dos parentes selecionados é  
 139 considerada como o melhor da qualidade genética e, a partir desse ponto é possível  
 140 continuar o programa de melhoramento, buscando o ganho de peso, além de distribuir  
 141 linhagens melhoradas de geração em geração para os produtores (RIBEIRO & LEGAT,  
 142 2008).

143 As avaliações e critérios de acompanhamento das gerações genéticas devem ser  
 144 bem planejadas, evidenciando as características de importância econômica das linhagens  
 145 de interesse, crescimento em diferentes ambientes, grau de endogamia e genótipos que  
 146 permitam uma maior lucratividade do sistema de produção (PONZONI et al., 2005;  
 147 MOREIRA et al., 2007; LOPES et al., 2009). Lind et al. (2012) ressalta a importância de  
 148 ter linhagens melhoradas específicas para a característica de interesse e não somente  
 149 linhagens selecionadas por meio de características fenotípicas.

150 Os programas de melhoramento genético evitam a deterioração do material  
 151 genético que pode ser causada pelo efeito da endogamia (SILVA et al., 2018). A

152 endogamia pode ser responsável pelo nascimento de animais com má formação, além de  
153 ocasionar uma capacidade reprodutiva reduzida (EMBRAPA, 2012). Em peixes, a alta  
154 taxa de endogamia normalmente pode ser evidenciada quando há diminuição da taxa de  
155 crescimento, baixa taxa de sobrevivência, menor resistência a doenças e defeito na  
156 formação dos opérculos e na coluna vertebral (EMBRAPA, 2012). Estudos com tilápia-  
157 do-Nilo, têm evidenciado os efeitos negativos da endogamia, como a diminuição da  
158 fecundidade de fêmeas e diminuição do sucesso reprodutivo de machos (FESSEHAYE  
159 et al., 2009), além de pesos corporais inferiores e sobrevivência reduzida (FESSEHAYE  
160 et al., 2007).

161

### 162 **Rendimento e Qualidade do filé de tilápia-do-Nilo**

163

164 Os programas de melhoramento genético de peixes têm como principal objetivo  
165 melhorar as taxas de crescimento, contudo, o rendimento de filé também é considerado  
166 uma característica importante para a melhoria da eficiência econômica da cadeia  
167 produtiva (RUTTEN et al. 2004; TURRA et al. 2010). O rendimento industrial da tilápia-  
168 do-Nilo está relacionado ao peso corporal, aos métodos de processamento (AZEVEDO  
169 et al. 2016), da matéria-prima e às características intrínsecas (CONTRERAS-GUZMÁN  
170 1994). O filé é o principal produto na industrialização da tilápia-do-Nilo (BOSCOLO et  
171 al. 2001) e o peso do mesmo deve ser considerado em um programa de melhoramento  
172 genético (RUTTEN et al. 2005), assim como a qualidade da carne, que é determinante  
173 para uma boa percepção consumidor (OLSSON, OLSEN E OFSTAD 2003;  
174 LAURITZSEN et al. 2004; OLIVEIRA et al. 2008).

175 O peso bruto e as medidas morfométricas estão associados linearmente ao  
176 rendimento de filé, havendo uma proporcionalidade positiva ao longo do crescimento do  
177 animal (RUTTEN et al., 2005). A correlação entre a largura / altura do corpo e o  
178 comprimento padrão em tilápias-do-Nilo, representa um critério de seleção para animais  
179 com maior peso final e maior rendimento de filé (GONÇALVES et al., 2001; RUTTEN  
180 et al., 2005).

181 As medidas morfométricas do animal vivo podem ser utilizadas para definir o  
182 rendimento de carcaça, buscando determinar o melhor peso de abate e os rendimentos  
183 corporais, padronizando as medidas conforme a espécie (FREATO et al., 2005; GOMES,  
184 2009). Assim, as medidas morfométricas possuem um papel de grande importância na  
185 industrialização, sendo um fator indispensável para definição dos processos de cortes,

186 eficiência das máquinas filetadoras, destreza manual dos funcionários e seu  
187 beneficiamento final (CONTRERAS-GUZMAN, 1994; CIBERT, 1999; BOSWORTH et  
188 al., 2001). O rendimento corporal do animal permite verificar se o ganho de peso de  
189 determinado grupo genético se reflete em maior produtividade de partes comestíveis ou  
190 de partes não comestíveis (ex: vísceras, gordura visceral e cabeça). A avaliação dos  
191 rendimentos corporais em peixes é importante do ponto de vista econômico, sendo que a  
192 partir destas informações, tanto o produtor quanto a indústria de beneficiamento  
193 conseguem avaliar o rendimento da produção (HONORATO et al. 2014).

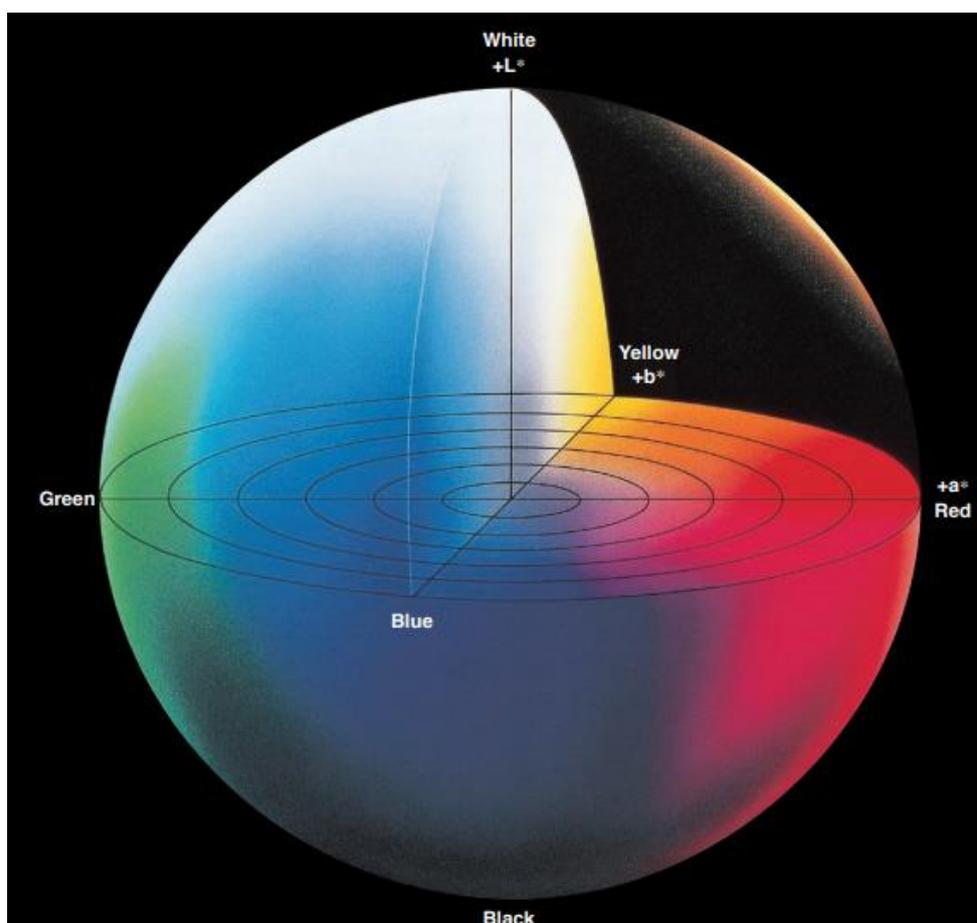
194 Além do rendimento de filé, a qualidade da carne produzida também apresenta  
195 grande importância na cadeia produtiva da tilápia-do-Nilo. Produtos com baixa qualidade,  
196 como odor desagradável, escamas se soltando, coloração da carne indesejável e olhos  
197 opacos, dificultam a comercialização e o desenvolvimento do hábito de consumir maiores  
198 quantidades de pescados, que apesar de ser um hábito reconhecidamente saudável ainda  
199 é baixo em comparação com outros tipos de carnes (THEODORO, 2004).

200 A qualidade da carne do pescado é dependente de uma gama de fatores como,  
201 estação do ano, idade do animal, local de captura, manuseio, sistema de produção,  
202 transporte, processamento e armazenamento (CREPALDI et al, 2006; MEDINA et al.,  
203 2009). O consumidor valoriza e deseja carne de qualidade, e as características de aspectos  
204 sensoriais (cor, sabor, suculência, aparência, textura), tecnológicos (pH, capacidade de  
205 retenção de água, conteúdo de água) e nutricionais (conteúdo de proteico, lipídico, de  
206 ácidos graxos insaturados) definem a qualidade de carne (WARRISS E BROWN, 2000).

207 A qualidade da carne pode ser medida por meio de análises físicas, químicas e  
208 microbiológicas, além de avaliações sensoriais (WILLS et al., 2004). A verificação da  
209 capacidade do músculo em manter a água em seu interior é uma avaliação das  
210 propriedades físico-químicas que possibilita verificar a qualidade da carne no aspecto  
211 sensorial, sendo que a água representa mais de 70% da composição muscular do peixe, e  
212 cerca de 90% dela está na forma livre nos espaços intracelulares (WILLS et al., 2004). A  
213 capacidade de retenção de água de um músculo tem relação positiva com o pH,  
214 influenciando significativamente nos parâmetros de textura, firmeza e cor do produto,  
215 considerados importantes atributos na percepção sensorial de qualidade pelo consumidor  
216 (WILLS et al., 2004). A carne de peixe possui elevada atividade de água, pH próximo ao  
217 neutro, grande quantidade de aminoácidos livres e outros constituintes nitrogenados não  
218 proteicos, fatores que viabilizam o desenvolvimento de bactérias heterotróficas, que

219 poderão atuar na degradação da carne, ou ainda contribuir para menor capacidade de  
220 retenção de água (LOUGOVOIS E KYRANA, 2005).

221 Entre outras características de produto final, que determinam a qualidade da carne,  
222 está a cor, a qual é considerada um atributo de grande importância, evidenciando  
223 mudanças químicas e bioquímicas na carne, decorrentes das etapas de processamento e  
224 armazenamento (RIBEIRO 2007). A cor é um dos atributos sensoriais com maior  
225 influência na aceitação de peixes, sendo uma das principais análises para avaliação do  
226 frescor do produto, impactando na decisão de compra de consumidores (OLIVEIRA et  
227 al., 2017; TEIXEIRA et al., 2014; LIU, ZENG E SUN, 2013). A avaliação da cor pode  
228 ser determinada pelo sistema CIELAB, determinando os valores  $L^*$   $a^*$   $b^*$ , onde  $L^*$  está  
229 relacionado a luminosidade da amostra, e varia de 0 (preto) a 100 (branco), o  $a^*$   
230 corresponde aos tons de verde (-60) e vermelho (+60), e o  $b^*$  a tons de azul (-60) e  
231 amarelo (+60), conforme a Figura 2.



232

233 Figura 2: Espaço de cor CIELAB. Fonte: KONICA MINOLTA, (2007).

234 A deterioração do pescado pode ser ocasionada por essas mudanças, e a oxidação  
235 lipídica é um dos processos mais importantes de degradação por originar sabores e odores  
236 desagradáveis nos alimentos (LAROSA, 2011), podendo ser minimizada com a utilização

237 de substâncias antioxidantes, como aquelas que possuem alguns carotenoides. Outro  
238 processo comum para desacelerar essa deterioração, é de utilizar a técnica de congelar os  
239 filés. Entretanto, a carne congelada pode sofrer alterações físicas e químicas após o  
240 congelamento (ASGHARI et al., 2014), afetando de maneira negativa a sua qualidade  
241 sensorial. Em peixes de carne branca, que não possuem teores elevados de mioglobina, a  
242 mudança de cor está associada à desnaturação proteica que ocorre sob altas pressões, de  
243 forma similar ao processo de cozimento.

244 Outro aspecto que determina a qualidade e aceitação do filé de peixes é a sua  
245 textura. Este atributo está ligado aos processos que ocorre na transformação do musculo  
246 em carne. Várias reações químicas, bioquímicas e físicas acontecem nos músculos dos  
247 animais após o abate, resultando na perda do frescor (AYALA et al., 2010; DELBARRE-  
248 LADRAT et al., 2006). A ação de proteases e a hidrólise de gordura (DELBARRE-  
249 LADRAT et al., 2006), desfaz a estrutura do tecido muscular, deixando o músculo mais  
250 macio (AYALA et al., 2010).

251 Embora seja conhecido o desempenho produtivo das variedades Tilamax e  
252 AquaAmérica, pouco se sabe sobre o desempenho do cruzamento dessas variedades e o  
253 impacto da endogamia em linhagens melhoradas geneticamente. O panorama de  
254 crescimento da produção de tilápia-do-Nilo no Brasil, reforça a necessidade de estudos  
255 que avaliem esses aspectos. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar o  
256 desempenho produtivo, curvas de crescimento, rendimento corporal e qualidade do filé  
257 fresco e congelado de tilápia-do-Nilo da variedade AquaAmérica com e sem grau de  
258 parentesco e do híbrido proveniente do cruzamento entre as variedades AquaAmérica e  
259 Tilamax.

260

## 261 REFERÊNCIAS

262

263 ALVES, A. L.; VARELA, E. S.; HASHIMOTO, D. T. Genética aplicada a piscicultura.  
264 In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L.  
265 S.; SANTOS, V. R. V. dos (ed.). **Piscicultura de água doce: multiplicando**  
266 **conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 273-300.

267

268 AQUAAMÉRICA. **AquaAmérica Genética Superior**. 2019. Disponível em:  
269 <http://www.aquaamerica.com.br/novo/index.php>. Acesso em 18 out. 2019.

270

271 ASGHARI, M.; SHABANPOUR, B.; PAKRAVAN, S. Evaluation of some  
272 qualitative variations of beluga (*Huso huso*) fed by different carbohydrate to lipid ratios.  
273 **J Food Sci Technol**, v. 51, n. 3, p. 430-439, 2014.

274

- 275 AYALA, M. D.; ABDEL, I.; SANTAELLA, M.; MARTÍNEZ, C.; PERIAGO, M. J.;  
276 GIL, F.; BLANCO, A.; ALBORS, O. L. Muscle tissue structural changes and texture  
277 development in sea bream, *Sparus aurata* L., during post-mortem storage. **LWT - J**  
278 **Food Sci Technol**, v. 43, n. 3, p. 465-475, 2010.
- 279  
280 AZEVEDO, A. V.; FEIDEN, A.; GRANDI, A. M.; DEPARIS, A.; DEBONA, F. M. V.;  
281 FRIGO, K. D. A.; SIVIDANES, V. P.; SILVA, A. M. Análise de rendimento industrial  
282 da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758). **Acta Iguazu**, v. 5, n. 3, p.  
283 111-127, 2016.
- 284  
285 BARBOSA, J. V.; RIZZATO, G. S.; KUNITA, N.; HAINFELNNER, P. Avanços no  
286 melhoramento genético através de parceria empresa-universidade. **Aquaculture Brasil**,  
287 2018.
- 288  
289 BENTSEN, H. B.; EKNATH, A. E.; PALADA DE VERA, M.S; DANTING, J.C.,  
290 BOLIVAR, H.L., REYES, R.A., DIONISIO, E.E., LONGALONG, F.M., CIRCA,  
291 A.V., TAYAMEN, M.M., GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilápias:  
292 growth performance in a complete diallyl cross experiment with eight strains of  
293 *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 160, n. 1/2, p. 145-173, 1998.
- 294  
295 BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; MEURER, F.  
296 Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo  
297 (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de  
298 crescimento. **R Bras Zootec**, v. 30, n. 5, p. 1391-1396, 2001.
- 299  
300 BOSWORTH, B. G.; HOLLAND, M.; BRAZIL, B. L. Evaluation of ultrasound  
301 imagery and body shape to predict carcass and fillet yield in farmed raised catfish. **J**  
302 **Anim Sci**, v. 79, n. 6, p. 1483-1490, 2001.
- 303  
304 CARVALHO, J. C. **Desempenho zootécnico e curvas de crescimento de tilápia-do-**  
305 **Nilo (*Oreochromis niloticus*) melhoradas geneticamente para ganho em peso.** 2016.  
306 Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência  
307 Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato  
308 Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.
- 309  
310 CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce.** Jaboticabal: FUNEP, 1992.
- 311  
312 CIBERT, C., FERMON, Y., VALLOD, D., MEUNIER, J. F. Morphological screening  
313 of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. **Aquat**  
314 **Living Resour**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 1999.
- 315  
316 CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados.** Jaboticabal:  
317 Funep, 1994.
- 318  
319 CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. P.; MELO, D.  
320 C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A. B.; SATURNINO, H. M. Sistemas de Produção na  
321 piscicultura. **Rev Bras Reprod Anim**, v. 30, n. 3/4, p. 86-99, 2006.
- 322

- 323 CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N.  
324 **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva.** São Paulo:  
325 TecArt, 2004.  
326
- 327 DELBARRE-LADRAT, C.; CHÉRET, R.; TAYLOR, R.; VERREZ-BAGNIS, V.  
328 Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of  
329 the myofibrillar structure. **Crit Rev Food Sci Nutr**, v. 46, n. 5, p. 409-421, 2006.  
330
- 331 EMBRAPA. Cartilha de Genética na Piscicultura: Importância da variabilidade  
332 genética, marcação e coleta para análise de DNA. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012.  
333
- 334 EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture.** London: CABI Publishing, 2006.  
335
- 336 FESSEHAYE, Y.; KOMEN, J.; REZK, M. A.; PONZONI, R. W.; BOVENHUIS, H.  
337 Effect of inbreeding on the performance of Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 272, p. S246-  
338 S247, 2007.  
339
- 340 FESSEHAYE, Y.; BOUVENHUIS, H.; REZK, M.A.; CROOIJMANS, R.; VAN  
341 ARENDONK, J.; KOMEN, H. Effects of relatedness and inbreeding on reproductive  
342 success of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 294, p. 180-186, 2009.  
343
- 344 FREATO, T. A.; FREITAS, R. T. F.; SANTOS, V. B.; LOGATO P. V. R.; VIVEIROS,  
345 A. T. M. Efeito do peso de abate nos rendimentos do processamento da piracanjuba  
346 (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849). **Cienc Agrotec**, v. 29, n. 3, p. 676-682,  
347 2005.  
348
- 349 GALLI, L. F; TORLONI, C. E. C. **Criação de Peixes.** São Paulo: Nobel, 1999.  
350 GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquac Res**, v. 31, n. 1,  
351 p. 25-33, 2000.  
352
- 353 GJEDREM, T.; RYE M. Selection response in fish and shellfish: a review. **Rev**  
354 **Aquacult**, v. 10, n. 1, p. 168–179, 2018.  
355
- 356 GOMES, F. P. **Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*) da pirapitinga**  
357 **(*Piaractus brachypomum*), e do híbrido tambatinga (*C. macropomum* x *P.***  
358 ***brachypomum*) mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda.** Dissertação  
359 (Mestrado em Ciência Animal) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás,  
360 Goiânia, 2009.  
361
- 362 GONÇALVES, T. M.; ALMEIDA, A. J. L.; OLIVEIRA, H. N. Avaliação de  
363 características de carcaças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: REUNIÃO  
364 ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba, SP.  
365 **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 38.  
366
- 367 GUPTA, M. V.; ACOSTA, B. O. From drawing board to dining table: The success  
368 story of the GIFT project. **NAGA, WorldFish Center Quarterly**, v. 27, n. 3-4, p. 4-14,  
369 2004.  
370
- 371 HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Bol Inst**  
372 **Pesca**, v. 22, n. 1, p. 73-84, 1995.

- 373 HONORATO, C. A.; CANEPPELE, A.; MATOSO, J. C.; PRADO, M. R.; SIQUEIRA,  
374 M. S.; SOUZA, L. R. O. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma*  
375 *sp.*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). **Arq Cienc Vet**  
376 **Zool Unipar**, v. 17, n. 4, p. 237-242, 2014.
- 377  
378 KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception**  
379 **to instrumentation**. Tokyo, 2007. 62 p.
- 380  
381 LAROSA, G. **Desenvolvimento de produto cárneo de tilápia com antioxidantes**  
382 **naturais**. 2011. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências  
383 Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2011.
- 384  
385 LAURITZSEN, K.; AKSE, L.; GUNDERSEN, B.; OLSEN, R. L. Effects of calcium,  
386 magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua* L). **J Sci Food Agric**, v.  
387 84, n. 7, p. 683-92, 2004.
- 388  
389 LIND, C. E.; PONZONI, R. W.; NGUYEN, N. H.; KHAW, H. L. Selective breeding in  
390 fish and conservation of genetic resources for aquaculture. **Reprod Domest Anim**, v.  
391 47, Supl 4, p. 255-263, 2012.
- 392  
393 LIU, D.; ZENG, X.; SUN, D. NIR spectroscopy and imaging techniques for evaluation  
394 of fish quality – a review. **Appl Spectrosc Rev**, v. 48, n. 8, p. 609- 628, 2013.
- 395  
396 LOPES, T. S.; STREIT JR., D. P.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; LOPERA-  
397 BARRERO, N. M.; VARGAS, L.; PINTO FILHO, C.; QUEIROZ, J. R. Diversidade  
398 genética de estoques de reprodutores de *Colossoma macropomum*. **Arq Bras Med Vet**  
399 **Zootec**, v. 61, n. 3, p.728-735, 2009.
- 400  
401 LOUGOVOIS, V. P.; KYRANA, V. R. Freshness Quality and Spoilage Of Chill-Stored  
402 Fish. In: RILEY, A. P. (ed.). **Food Policy, Control and Research**. Nova York: Nova  
403 Science Publishers, 2005. p. 35-86.
- 404  
405 LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J. A.; RIBEIRO, R. P.;  
406 MANGOLIM, C. A.; LOPERABARRERO, N. M. Avaliação da variabilidade das  
407 gerações G0 e F1 da linhagem GIFT de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por  
408 RAPD. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 2, p.233-240, 2008.
- 409  
410 MARCOS, R.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; OLIVEIRA, C. A. L.; RIBEIRO, R. P.;  
411 LOPERA-BARRERO, N. M.; CORRÊA FILHO, R. A. C; ABREU, J. S.; MURARI, P.  
412 J. F. Weight gain and morphometric growth of genetically improved tambaqui  
413 (*Colossoma macropomum*). **Semin-Cienc Agrar**, v. 37, n. 4, Supl 1, p. 2521-2528,  
414 2016.
- 415  
416 MEDINA, I.; GALLARDO, J. M.; AUBOURG, S. P. Quality preservation in chilled  
417 and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. **J Food**  
418 **Sci Technol**, v. 44, n. 8, p. 1467-1479, 2009.
- 419  
420 MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W. S.; SILVA, J. V.; SOUZA, V. R. Variabilidade  
421 genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites.  
422 **Pesq Agropec Bras**, v. 42, n. 4, p.521-526, 2007.

- 423  
424 NGUYEN, N. H. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a  
425 reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges.  
426 **Fish Fish**, v. 17, n. 2, p. 483-506, 2016.
- 427  
428 OLIVEIRA, C. A.; RIBEIRO, R. P.; STREIT JUNIOR, D. P.; POVH, J. A.;  
429 RESENDE, E. K. Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura  
430 Brasileira. **Panorama da Aquicultura**, 2012.
- 431  
432 OLIVEIRA, F. A.; NETO, O. C.; SANTOS, L. M. R.; FERREIRA, E. H. R.;  
433 ROSENTHAL, A. Effect of high pressure on fish meat quality – a review. **Trends Food**  
434 **Sci Technol**, v. 66, p. 1-19, 2017.
- 435  
436 OLIVEIRA, N. M. S.; OLIVEIRA, W. R. M.; NASCIMENTO, L. C.; SILVA, J. M. S.  
437 F.; VICENTE, E.; FIORINI, J. E.; BRESSAN, M. C. Avaliação físico-química de filés  
438 de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à sanitização. **Ciênc Technol Aliment**, v.  
439 28, n. 1, p. 83-89, 2008.
- 440  
441 OLSSON, G. B.; OLSEN, R. L.; OFSTAD, R. Post-mortem structural characteristics  
442 and water holding capacity in Atlantic halibut muscle. **Lebensm Wiss Technol**, v. 36,  
443 n. 1, p. 125-33, 2003.
- 444  
445 ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E  
446 AGRICULTURA (Itália). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los  
447 objetivos de desarrollo sostenible. Roma: FAO, 2018.
- 448  
449 PEIXEBR. **Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019**. São Paulo: PeixeBR, 2019.
- 450  
451 PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; KAMARUZZAMANA, N. Genetic  
452 parameters and response for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis*  
453 *Niloticus*). **Aquaculture**, v. 247, n. 1-4, p. 203-210, 2005.
- 454  
455 POPMA, T. J.; LOVSHIN, L. L. **Worldwide prospects for commercial production of**  
456 **tilapia**. Auburn: International Center for Aquaculture, 1995.
- 457  
458 RIBEIRO, R. P.; LEGAT, A. P. **Delineamento de programas de melhoramento**  
459 **genético de espécies aquícolas no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008.
- 460  
461 RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, C. A. L. Dez anos da tilápia GIFT no  
462 Brasil. **Aquaculture Brasil**, 2016.
- 463  
464 RIBEIRO, S. C. A.; RIBEIRO, C. F. A.; PARK, K. J.; ARAUJO, E. A. F.;  
465 TOBINAGA, S. Alteração da cor da carne de mapará (*Hypophthalmus edentatus*)  
466 desidratada osmoticamente e seca. **Braz J Agroindustrial Prod**, v. 9, n.2, p. 125–35,  
467 2007.
- 468  
469 RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUI, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body  
470 measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.  
471 231, n. 1-4, p. 113-122, 2004.
- 472

- 473 RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits  
474 and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.  
475 246, n. 1-4, p. 125-132, 2005.
- 476
- 477 SILVA, G. F.; SHIOTSUKI, L.; TEIXEIRA, R. A.; DIAS, L. T.; VILLELA, L. C. V.;  
478 FREITAS, L. E. L. et al. Programas de melhoramento genético na. Palmas, TO:  
479 Embrapa Pesca e Aquicultura, 2018.
- 480
- 481 TEIXEIRA, B.; FIDALGO, L.; MENDES, R.; COSTA, G.; CORDEIRO, C.;  
482 MARQUES, A.; SARAIVA, J. A.; NUNES, M. L. Effect of high pressure processing in  
483 the quality of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets: pressurization rate, pressure level  
484 and holding time. **Innov Food Sci Emerg Technol**, v. 22, p. 31-39, 2014.
- 485
- 486 THEODORO, A. C. M. **Efeito de peso e de sexo sobre as características de**  
487 **processamento de surubins (*Pseudoplatystoma sp.*) cultivados**. 2004. Dissertação  
488 (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo  
489 Grande, 2004.
- 490
- 491 TURRA, E. M.; OLIVEIRA, D. A. A.; TEIXEIRA, E. A.; PRADO, S. A.; MELO, D.  
492 C.; SOUZA, A. B. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do  
493 rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev Bras Reprod Anim**,  
494 v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.
- 495
- 496 WARRISS, P. D.; BROWN, S. N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão  
497 britânica. *In: I CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE*  
498 *QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2000, Concórdia, SC. Anais...* Concórdia, SC:  
499 EMBRAPA, 2000.
- 500
- 501 WILLS, C. C.; PROCTOR, M. R. M.; MCLOUGHLIN, J. V. Integrated Studies on the  
502 freshness of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) postmortem during chilled  
503 and frozen storage. **J Food Biochem**, v. 28, n. 3, p. 213-244, 2004.
- 504
- 505 ZARDIN, A. M. S. O. **Impacto da seleção genética na morfometria e desempenho**  
506 **de tilápias do Nilo**. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-  
507 Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016.
- 508
- 509 ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias do Nilo  
510 geneticamente superiores. **Panorama da Aquicultura**, v. 9, n. 5, p. 15-21, 1999.
- 511
- 512 ZIMMERMANN, S. Um moderno instrumental genético no melhoramento e na  
513 rastreabilidade de tilápias nilóticas. **Panorama da Aquicultura**, v. 13, n. 76, p. 69,  
514 2003.

515 **ARTIGO 1** - Desempenho produtivo de machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo  
516 (*Oreochromis niloticus*) com diferentes graus de parentesco e heterose

517

518 **Resumo:** Com este estudo o objetivo foi avaliar o desempenho produtivo de machos e  
519 fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica, AquaAmérica não endogâmica  
520 e do cruzamento entre as variedades AquaAmérica com Tilamax. Ao todo foram  
521 avaliados 480 indivíduos, sendo 160 para cada grupo genético (80 machos e 80 fêmeas).  
522 O período experimental foi de 269 dias. Foram avaliados a cada 30 dias, peso,  
523 comprimento padrão, comprimento de cabeça, altura do corpo, largura do corpo, ganho  
524 de peso médio, taxa de crescimento específico, fator de condição de Fulton e taxa de  
525 sobrevivência. Todas as medidas avaliadas apresentaram diferenças ( $P < 0,05$ ) entre  
526 machos e fêmeas, independente do grupo genético. O peso final, ganho de peso e taxa de  
527 crescimento específico nos machos do grupo genético AquaAmérica x Tilamax (785,10  
528 g; 771,47 g; 1,54%), foi maior ( $P < 0,05$ ) quando comparada aos grupos AquaAmérica não  
529 endogâmica (708,49 g; 694,85 g; 1,48%) e AquaAmérica endogâmica (670,91 g; 663,37  
530 g; 1,46%). Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) na taxa de sobrevivência entre os grupos. O  
531 fator de condição de Fulton foi maior ( $P < 0,05$ ) nos machos dos grupos AquaAmérica não  
532 endogâmica (1,91) e AquaAmérica com Tilamax (1,93) em relação ao grupo  
533 AquaAmérica endogâmica (1,80). Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os grupos  
534 genéticos para todas as variáveis nas fêmeas. Peixes machos provenientes do cruzamento  
535 AquaAmérica x Tilamax apresentam melhor desempenho em relação aos da variedade  
536 AquaAmérica, sendo que a endogamia nesta variedade afetou negativamente o fator de  
537 condição de Fulton, e peixes machos possuem maior desempenho que fêmeas a partir de  
538 88 dias de idade.

539

540 Palavras-chave: aquicultura, endogamia, heterose, melhoramento genético de peixes.

541

542 **Introdução**

543 A produção de tilápia-do-Nilo tem mostrado um constante crescimento mundial  
544 nos últimos anos, duplicando a produção em 2016 e se consolidando como o segundo  
545 grupo de peixe mais cultivado no mundo, ficando atrás do grupo das carpas (FAO, 2018).  
546 A tilápia-do-Nilo é o organismo aquático mais produzido no Brasil, representando em  
547 2018, 55,4% da produção total de peixes de cultivo, com crescimento de 11,9% com

548 relação ao ano anterior, colocando o Brasil como o quarto maior produtor da espécie no  
549 mundo (PeixeBr, 2019).

550 Na busca pela melhora dos indicadores produtivos, os programas de  
551 melhoramento genético para produção animal, realizados desde a década de 1930 para  
552 bovinos e aves, foram introduzidos na piscicultura mundial na década de 1970 para carpas  
553 e tilápia-do-Nilo (Gjedrem e Thodesen, 2005). No Brasil, a tilápia-do-Nilo é a única  
554 espécie aquícola com programa de melhoramento genético consolidado (Oliveira et al.,  
555 2012; Oliveira et al., 2016).

556 Os programas de melhoramento têm como objetivo impulsionar as bases para uma  
557 produção sustentável, melhorando características como a taxa de crescimento, resistência  
558 a doenças, sobrevivência, eficiência alimentar e qualidade da carne (Gjedrem e Baranski,  
559 2009; Silva et al., 2018). Em peixes, o ganho produtivo proveniente do melhoramento  
560 genético pode representar de 8 a 15% por geração de seleção (Nguyen 2016; Ponzoni et  
561 al., 2005; Ponzoni et al., 2011).

562 O melhoramento genético de organismos aquáticos é recente no país, e o primeiro  
563 registro de organismo melhorado, ocorreu em 2002, com a importação da tilápia-do-Nilo  
564 da variedade Supreme (GenoMar Supreme Tilápia), com foco na comercialização de  
565 indivíduos monossexo (Cyrino et al., 2004). Em 2005 foi introduzida 30 famílias da  
566 variedade GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia), sendo a importação realizada na  
567 Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada no município de Maringá, Paraná,  
568 Brasil, por meio de convênio com o World Fish Center (Oliveira et al., 2012). Esta  
569 variedade foi composta a partir de um cruzamento de quatro variedades africanas  
570 selvagens (Gana, Egito, Quênia e Senegal) e quatro variedades domesticadas na Ásia  
571 (Israel, Singapura, Taiwan e Tailândia) (Eknath et al., 2007). A variedade de tilápia-do-  
572 Nilo AquaAmérica é uma das mais recentes no Brasil, a qual foi formada em 2012 em  
573 Alfenas, Minas Gerais, Brasil, a partir de peixes da variedade GIFT (Oliveira et al., 2016).

574 Machos de tilápia-do-Nilo apresentam maior peso em relação a fêmeas de  
575 variedades melhoradas geneticamente (Gjerde et al. 2012; Bentsen et al. 2017; Lind et al.  
576 2015) e não melhoradas geneticamente (Verdal et al. 2017; Pires et al. 2011), justificando  
577 a utilização da reversão sexual para obter populações monossexos (Cyrino et al., 2004).  
578 Respostas demonstrando desempenho superior de machos são encontradas em estudos de  
579 avaliação de populações mistas e de dominância de ambiente (Kamaruzzaman et al.,  
580 2009; Ariyanto et al., 2010; Becerril-Morales e Alcántar-Vázquez, 2015).

581 Embora os programas de melhoramento genético de tilápia-do-Nilo tenham  
582 apresentado evolução contínua no desempenho, não está claro o quanto a endogamia pode  
583 prejudicar o desempenho das variedades melhoradas (Alexandru et al. 2014). Além disso,  
584 o dimorfismo sexual entre machos e fêmeas tem sido reduzido nas variedades melhoradas  
585 geneticamente (Ariyanto et al., 2010; Yoshida et al., 2015), o que talvez torne  
586 desnecessário o procedimento de reversão sexual atualmente empregado na produção de  
587 tilápia-do-Nilo. Todavia, não existem trabalhos comparativos quanto ao desempenho,  
588 efeito da endogamia e do cruzamento das diferentes variedades melhoradas  
589 geneticamente. Assim, com este estudo o objetivo foi avaliar o desempenho de machos e  
590 fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica, AquaAmérica não endogâmica  
591 e de um grupo proveniente do cruzamento entre as variedades AquaAmérica e Tilamax.

592

## 593 **Métodos**

### 594 *Local e Animais*

595 O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura  
596 (20°49'96.58"S 54°61'46.20"W) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
597 (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. Essa pesquisa foi aprovada pela  
598 Comissão de Ética no Uso de Animais/UFMS (Protocolo nº 784/2016).

599 Os peixes utilizados no experimento foram provenientes de reprodutores de tilápia-  
600 do-Nilo das variedades Tilamax e AquaAmérica, as quais representam a sétima e segunda  
601 geração de seleção de melhoramento genético para ganho de peso, respectivamente. Os  
602 animais do estudo foram obtidos por meio de acasalamentos das variedades no mesmo  
603 local de estudo. A variedade AquaAmérica foi avaliada em diferentes graus de  
604 parentesco, sendo zero (não endogâmica), 25% (endogâmica) e um grupo genético  
605 proveniente do cruzamento de fêmeas AquaAmérica com machos Tilamax.

606 Para obtenção dos grupos genéticos, machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo com 24  
607 meses de idade, identificados com microchips, foram alocados em três hapas de 15 m<sup>3</sup>  
608 distribuídas em um tanque escavado de 700 m<sup>2</sup>. O período de acasalamento durou 30 dias.  
609 Foi adotado a proporção sexual de uma fêmea para cada macho (Macintosh e Little,  
610 1995), com cinco fêmeas e cinco machos em cada hapa, totalizando 15 fêmeas e 15  
611 machos. Foram utilizados peixes dos grupos genéticos AquaAmérica e Tilamax, sendo  
612 que na primeira hapa foram alocados cinco casais de peixes AquaAmérica sem grau de  
613 parentesco; na segunda hapa foram alocados cinco casais meio irmãos AquaAmérica  
614 (25,0%); e na terceira hapa foram alocados peixes provenientes do cruzamento de cinco

615 fêmeas AquaAmérica com cinco machos Tilamax . Foram utilizados peixes com 24  
616 meses, idade em que a tilápia-do-Nilo melhorada geneticamente tem apresentado bons  
617 índices reprodutivos (Yoshida et al., 2015).

618

#### 619 *Unidade experimental e alimentação*

620 Aos 51 dias de idade, os juvenis dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica  
621 (peso inicial machos: 12,22  $\pm$ 2,50 g; fêmeas: 10,36  $\pm$ 1,85 g), AquaAmérica não  
622 endogâmica (peso inicial machos: 11,33  $\pm$ 3,55 g; fêmeas: 11,32  $\pm$ 3,35 g) e cruzamento  
623 AquaAmérica x Tilamax (peso inicial machos: 18,14  $\pm$ 6,76 g; fêmeas: 16,18  $\pm$ 7,04 g)  
624 foram divididos em quatro 4 hapas de 48 m<sup>3</sup>, sendo 40 peixes (20 machos e 20 fêmeas)  
625 de cada grupo genético em cada hapa. O período experimental teve duração de 269 dias,  
626 quando os peixes completaram 320 dias de idade.

627 Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água  
628 de 10% ao dia. Estimou-se a biomassa final de 1,5 kg de peixe/m<sup>2</sup>, conforme  
629 recomendado por Ribeiro et al. (2001) para o referido sistema de produção.

630 Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água  
631 de 10%/dia. Estimou-se a biomassa final de 1,5 kg de peixe/m<sup>2</sup>, conforme recomendado  
632 por Ribeiro et al. (2001). O manejo nutricional e alimentar foi realizado de acordo com o  
633 peso dos peixes (Tabela). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente duas  
634 vezes ao dia (09:00 horas e 16:00 horas), utilizando rações conforme o peso dos animais,  
635 sendo que na faixa de peso de 5 até 20 g foi utilizado ração farelada (45% proteína bruta,  
636 9% extrato etéreo, 2,5% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade); na  
637 faixa de peso de 20 até 100 g foi utilizada ração extrusada com pélete de 2 mm (40%  
638 proteína bruta, 11% extrato etéreo, 2,5% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de  
639 umidade); na faixa de peso de 100 até 300 g foi utilizado ração extrusada com pélete de  
640 3-4 mm (36% proteína bruta, 6% extrato etéreo, 6% matéria fibrosa, 11% matéria mineral,  
641 e 12% de umidade); na faixa de peso de 300 até 1000 g foi utilizada ração extrusada com  
642 pélete de 5-6 mm (32% proteína bruta, 6,5% extrato etéreo, 4% matéria fibrosa, 14%  
643 matéria mineral, e 12% de umidade;). Os peixes foram alimentados.

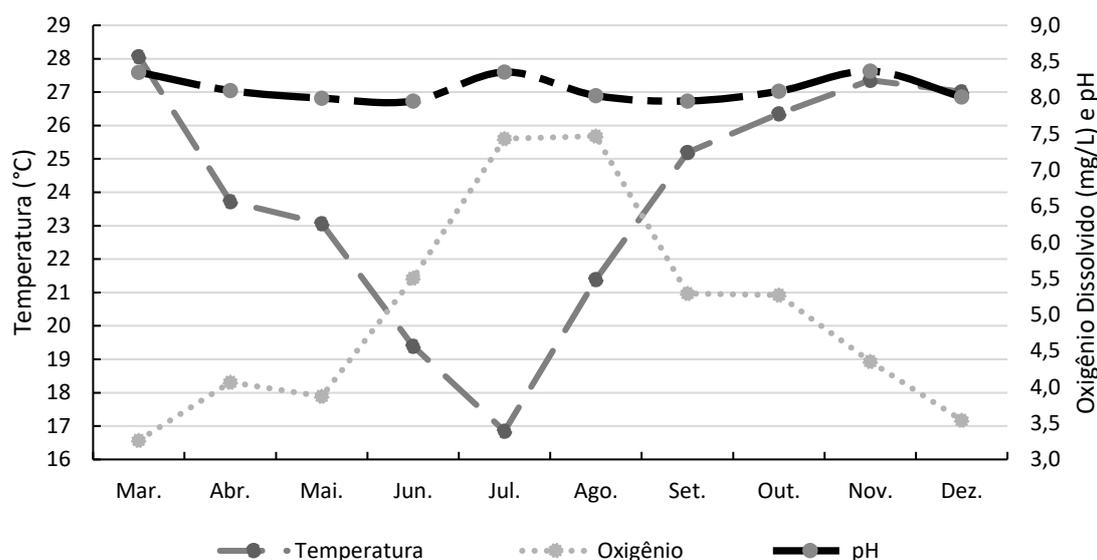
644

#### 645 *Análise da qualidade da água*

646 Diariamente foram mensuradas em dois períodos as variáveis temperatura (°C),  
647 oxigênio dissolvido (mg L<sup>-1</sup>) e pH com multiparâmetro YSI (Yellow Springs  
648 Instruments). Mensalmente, nos períodos matutinos e vespertinos, foram determinadas as

649 concentrações de nitrogênio amoniacal total ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e alcalinidade de  
 650 carbonatos ( $\text{mg/L}$ ) com kit colorimétrico (AlfaKit).

651 Foi encontrada valores médios para temperatura de  $23,8 \pm 1,7^\circ\text{C}$ , oxigênio  
 652 dissolvido de  $5,0 \pm 2,7 \text{ mg L}^{-1}$ , pH de  $8,1 \pm 0,3$ , nitrogênio amoniacal total de  $0,84 \pm 0,7$   
 653  $\text{mg/L}$ , nitrito  $0,04 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$  e alcalinidade de carbonatos de  $79,5 \pm 11,1 \text{ mg L}^{-1}$ .  
 654 Embora a temperatura no inverno tenha ficado um pouco abaixo do ideal para peixes de  
 655 clima tropical, as demais variáveis de qualidade de água mantiveram-se dentro da faixa  
 656 adequada para o desenvolvimento dos peixes de clima tropical (Boyd, 1998) (Figura1).



657

658 **Figura 1:** Valores médios mensais de temperatura, oxigênio dissolvido e pH da água do cultivo  
 659 de tilápia-do-Nilo das variedades AquaAmérica com grau de parentesco de 25% (endogâmica –  
 660 Grupo 1), zero (não endogâmica – Grupo 2) e um grupo genético com cruzamento AquaAmérica  
 661 com Tilamax (Grupo 3).

### 662 *Desempenho produtivo*

663 Para avaliação do desempenho dos animais foram realizadas nove biometrias  
 664 durante o período experimental, com intervalo de aproximadamente 30 dias. Todos os  
 665 peixes, antes da realização das biometrias, foram submetidos a um jejum de 24 horas, e  
 666 anestesiados em solução de eugenol na concentração de  $75 \text{ mg L}^{-1}$ , conforme  
 667 recomendado por Vidal et al. (2008).

668 Foram mensurados as seguintes variáveis biométricas: peso (g); comprimento  
 669 padrão (distância entre a extremidade anterior da cabeça e o início da nadadeira caudal,  
 670 em cm); comprimento da cabeça (distância entre a extremidade anterior da cabeça até o  
 671 opérculo, em cm); altura do corpo (medida no meio da nadadeira dorsal, compreendendo  
 672 a distância entre o ventre e o dorso, cm); largura do corpo (medida no meio da nadadeira  
 673 dorsal, compreendendo a distância entre os dois lados do peixe, em cm). Para pesagem

674 dos animais utilizou-se balança eletrônica (Toledo, modelo 9094). As medidas  
675 morfométricas foram realizadas com ictiômetro e paquímetro. Ambos com precisão de 1  
676 mm.

677 O ganho de peso médio foi determinado pela diferença entre o peso final e peso  
678 inicial (g). A sobrevivência foi determinada pela razão da quantidade de peixes  
679 despescados por quantidade de peixes estocados. Para calcular a Taxa de Crescimento  
680 Específico e o Fator de condição de Fulton, foi utilizado, respectivamente, a fórmula:  $\ln$   
681 peso final(g) –  $\ln$  peso inicial(g) / Período experimental (dias) x 100; e para o Fator de  
682 Fulton =  $[(\text{peso final})/(\text{comprimento total})^3] \times 100$ .

683

#### 684 *Análises estatísticas*

685 As análises foram realizadas utilizando o software SAS (Statistical Analysis  
686 System). Para as comparações entre os grupos genéticos, utilizou-se o ANOVA, com dois  
687 fatores cruzados e peso inicial como covariável, seguido do teste de T de Student para a  
688 comparação das médias entre os sexos. Para verificar a significância estatística da  
689 sobrevivência entre os grupos genéticos, utilizou o teste de Qui-quadrado. Foi utilizado  
690 média dos mínimos quadrados para dados de desempenho e utilizou-se níveis de  
691 significância de 5% em ambas análises.

692

#### 693 **Resultados**

694 Em machos o peso final, ganho de peso médio, taxa de crescimento específico e  
695 fator de condição de Fulton foram maiores ( $P < 0,05$ ) nos peixes do grupo genético  
696 AquaAmérica x Tilamax em relação aos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica e  
697 AquaAmérica não endogâmica, exceto o fator de condição de Fulton que não diferiu da  
698 AquaAmérica não endogâmica. As demais variáveis dos machos assim como todas as  
699 variáveis nas fêmeas não diferiram significativamente entre os grupos genéticos. Todas  
700 as variáveis biométricas avaliadas foram maiores ( $P < 0,05$ ) nos machos em relação as  
701 fêmeas, independente do grupo genético (Tabela 1).

702 A partir dos 88 dias até o final do experimento (320 dias) os machos de todos os  
703 grupos genéticos apresentaram maior peso ( $P < 0,05$ ) em relação as fêmeas (Tabela 2). Na  
704 Figura 2 fica evidenciado o maior peso final dos machos em relação as fêmeas, com  
705 grande destaque no peso final dos peixes machos provenientes do cruzamento  
706 AquaAmérica x Tilamax.

707            Em machos, o ganho de peso médio diário no início do experimento (88, 116 e  
708 158 dias) foi maior ( $P<0,05$ ) no grupo genético AquaAmérica x Tilamax e AquaAmérica  
709 endogâmica, mas no final do experimento (284 e 320 dias) foi maior ( $P<0,05$ ) no grupo  
710 genético AquaAmérica x Tilamax e AquaAmérica não endogâmica. Em fêmeas, apenas  
711 no início do experimento (88, 116 e 158 dias) foi observado maior ganho de peso médio  
712 diário na AquaAmérica endogâmica (Tabela 3, Figura 3).

713 **Tabela 1:** Médias das variáveis biométricas, desempenho e sobrevivência de tilápia-do-Nilo de diferentes grupos genéticos.

| Variáveis                  | Machos                 |                            |                       |       |         | Fêmeas                 |                            |                       |       |         |
|----------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------|---------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------|---------|
|                            | AquaAmérica Endogâmico | AquaAmérica não Endogâmico | AquaAmérica X Tilamax | CV    | P-valor | AquaAmérica Endogâmico | AquaAmérica não Endogâmico | AquaAmérica X Tilamax | CV    | P-valor |
| PF (g)                     | 670,91 <sup>Ab</sup>   | 708,49 <sup>Ab</sup>       | 785,10 <sup>Aa</sup>  | 19,82 | 0,0047  | 446,74 <sup>B</sup>    | 459,96 <sup>B</sup>        | 420,50 <sup>B</sup>   | 30,99 | 0,5241  |
| CP (cm)                    | 26,78 <sup>Aa</sup>    | 26,71 <sup>Aa</sup>        | 27,54 <sup>Aa</sup>   | 5,84  | 0,0822  | 23,65 <sup>B</sup>     | 23,50 <sup>B</sup>         | 23,20 <sup>B</sup>    | 8,53  | 0,7225  |
| CC (cm)                    | 9,53 <sup>Aa</sup>     | 9,31 <sup>Aa</sup>         | 9,73 <sup>Aa</sup>    | 6,82  | 0,0537  | 8,48 <sup>B</sup>      | 8,27 <sup>B</sup>          | 8,43 <sup>B</sup>     | 9,04  | 0,4526  |
| ALTC (cm)                  | 9,07 <sup>Aa</sup>     | 8,92 <sup>Aa</sup>         | 9,51 <sup>Aa</sup>    | 13,12 | 0,1645  | 7,82 <sup>B</sup>      | 7,74 <sup>B</sup>          | 7,86 <sup>B</sup>     | 13,27 | 0,8862  |
| LC (cm)                    | 5,28 <sup>Aa</sup>     | 5,20 <sup>Aa</sup>         | 5,49 <sup>Aa</sup>    | 10,50 | 0,1265  | 4,54 <sup>B</sup>      | 4,53 <sup>B</sup>          | 4,46 <sup>B</sup>     | 12,31 | 0,8587  |
| GPM (g dia <sup>-1</sup> ) | 663,37 <sup>Ab</sup>   | 694,85 <sup>Ab</sup>       | 771,47 <sup>Aa</sup>  | 20,20 | 0,0047  | 434,21 <sup>B</sup>    | 447,43 <sup>B</sup>        | 407,97 <sup>B</sup>   | 31,89 | 0,5241  |
| TCE (%)                    | 1,46 <sup>Ab</sup>     | 1,48 <sup>Ab</sup>         | 1,54 <sup>Aa</sup>    | 5,52  | <0,0001 | 1,32 <sup>B</sup>      | 1,34 <sup>B</sup>          | 1,35 <sup>B</sup>     | 8,42  | 0,8037  |
| K                          | 1,80 <sup>Ab</sup>     | 1,91 <sup>Aa</sup>         | 1,93 <sup>Aa</sup>    | 8,26  | <0,0001 | 1,79 <sup>B</sup>      | 1,87 <sup>B</sup>          | 1,78 <sup>B</sup>     | 11,65 | 0,1071  |
| TS (%)                     | 94,40 <sup>Aa</sup>    | 95,60 <sup>Aa</sup>        | 93,80 <sup>Aa</sup>   | -     | 0,5693  | 94,40 <sup>B</sup>     | 95,60 <sup>B</sup>         | 93,80 <sup>B</sup>    | -     | 0,5693  |

714 PF: peso final; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; ALTC: altura do corpo; LC: largura do corpo; GPM: ganho de peso médio; TCE: taxa de crescimento  
715 específico; K: Fator de condição de Fulton; TS: taxa de sobrevivência; CV: Coeficiente de variação. Letra maiúscula para comparar macho e fêmea e minúscula para comparar  
716 os grupos dentro de um mesmo sexo. Médias seguidas de letras minúsculas ou maiúsculas, iguais na mesma linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).  
717

718

719

720

721

722

723

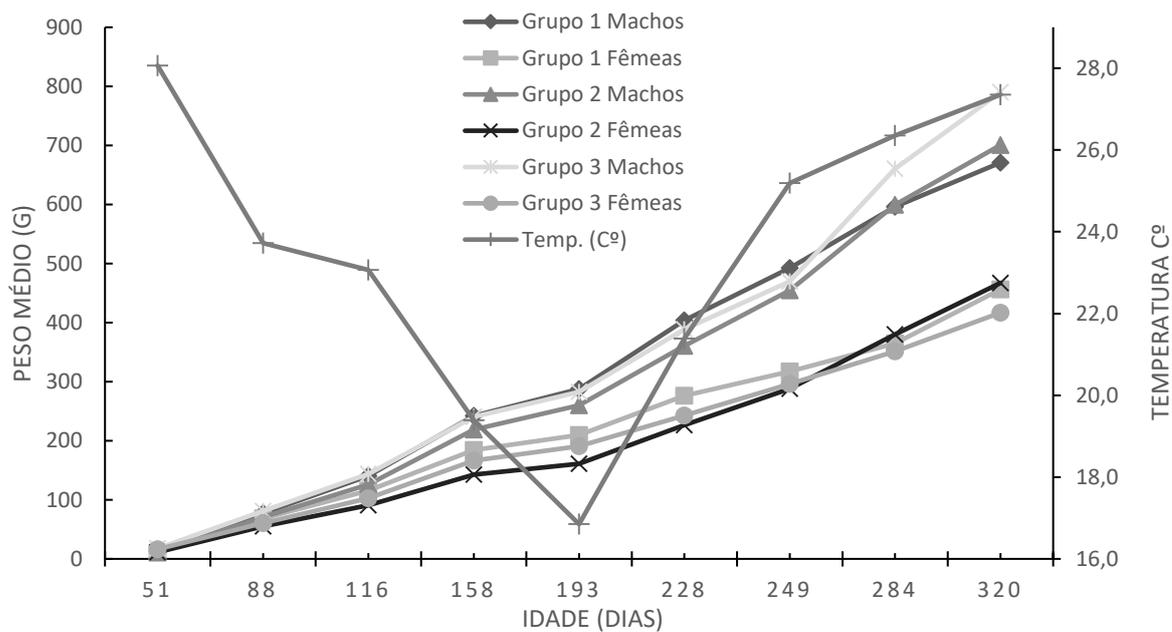
724

725

726 **Tabela 2:** Peso médio final em diferentes idades em função do sexo em diferentes grupos genéticos de Tilápia-do-Nilo.

| Idade<br>(dias) | Machos                    |                                  |                             | Fêmeas                    |                                  |                             | CV    | P-valor<br>Interação |
|-----------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------|----------------------|
|                 | AquaAmérica<br>Endogâmico | AquaAmérica<br>não<br>endogâmico | AquaAmérica<br>X<br>Tilamax | AquaAmérica<br>Endogâmico | AquaAmérica<br>não<br>endogâmico | AquaAmérica<br>X<br>Tilamax |       |                      |
| 51              | 12,22                     | 11,33                            | 17,77                       | 10,36                     | 11,32                            | 16,48                       | 34,71 | 0,0690               |
| 88              | 77,36 <sup>a</sup>        | 71,05 <sup>a</sup>               | 80,84 <sup>a</sup>          | 68,91 <sup>b</sup>        | 55,08 <sup>b</sup>               | 60,62 <sup>b</sup>          | 20,35 | <0,0001              |
| 116             | 140,65 <sup>a</sup>       | 126,21 <sup>a</sup>              | 143,82 <sup>a</sup>         | 115,58 <sup>b</sup>       | 90,90 <sup>b</sup>               | 102,79 <sup>b</sup>         | 23,10 | <0,0001              |
| 158             | 242,14 <sup>a</sup>       | 219,12 <sup>a</sup>              | 240,55 <sup>a</sup>         | 184,48 <sup>b</sup>       | 142,75 <sup>b</sup>              | 166,67 <sup>b</sup>         | 17,77 | <0,0001              |
| 193             | 287,36 <sup>a</sup>       | 259,96 <sup>a</sup>              | 282,90 <sup>a</sup>         | 209,50 <sup>b</sup>       | 160,99 <sup>b</sup>              | 190,93 <sup>b</sup>         | 18,45 | <0,0001              |
| 228             | 403,98 <sup>a</sup>       | 360,52 <sup>a</sup>              | 388,69 <sup>a</sup>         | 276,15 <sup>b</sup>       | 226,29 <sup>b</sup>              | 242,72 <sup>b</sup>         | 18,79 | <0,0001              |
| 249             | 492,19 <sup>a</sup>       | 454,63 <sup>a</sup>              | 469,80 <sup>a</sup>         | 317,52 <sup>b</sup>       | 287,84 <sup>b</sup>              | 296,47 <sup>b</sup>         | 18,76 | <0,0001              |
| 284             | 596,07 <sup>a</sup>       | 599,28 <sup>a</sup>              | 660,72 <sup>a</sup>         | 364,76 <sup>b</sup>       | 379,80 <sup>b</sup>              | 351,34 <sup>b</sup>         | 21,48 | <0,0001              |
| 320             | 670,91 <sup>a</sup>       | 708,49 <sup>a</sup>              | 785,10 <sup>a</sup>         | 446,74 <sup>b</sup>       | 459,96 <sup>b</sup>              | 420,50 <sup>b</sup>         | 23,40 | <0,0001              |

727 Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha, não diferem estatisticamente (P&lt;0,05).



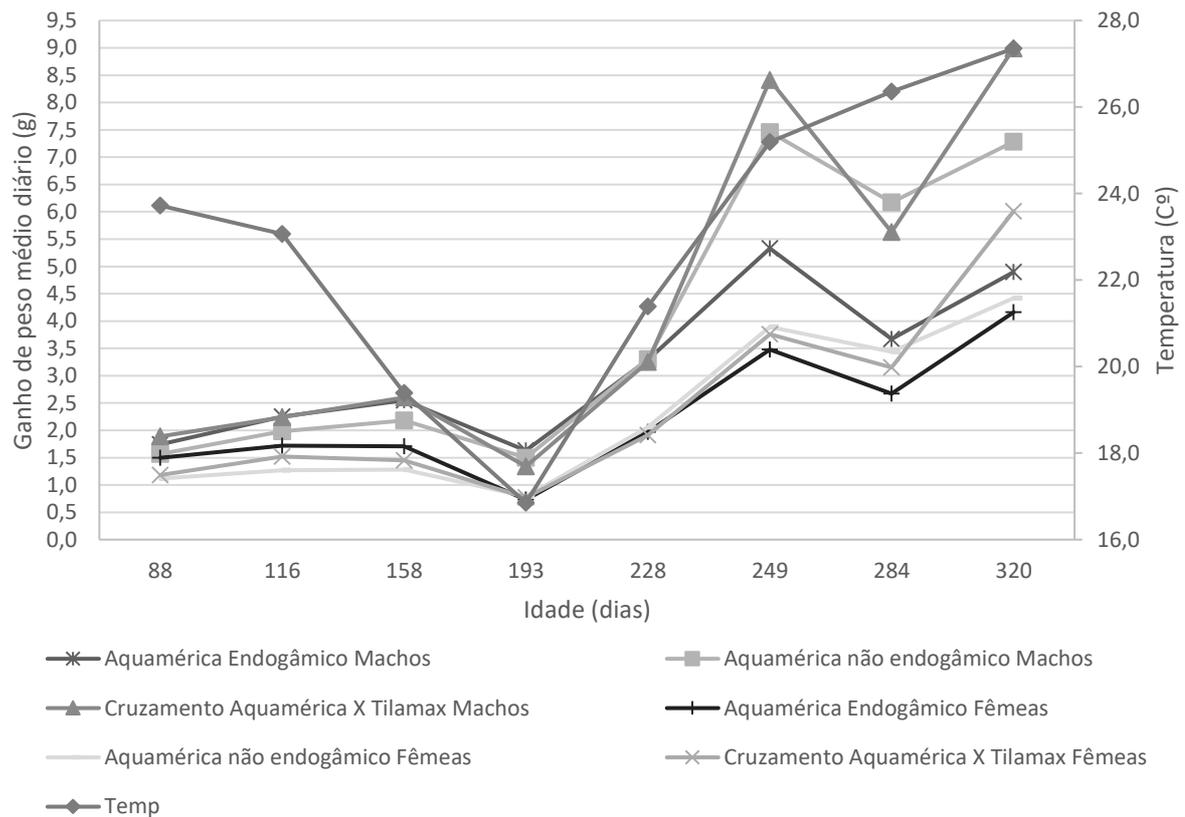
728

729 **Figura 2** – Temperatura média e peso médio das variedades AquaAmérica com grau de  
 730 parentesco de 25% (endogâmica – Grupo 1), zero (não endogâmica – Grupo 2) e um  
 731 grupo genético com cruzamento AquaAmérica com Tilamax (Grupo 3).

732 **Tabela 3:** Ganho de peso médio diário em função da idade de machos e fêmeas de diferentes grupos genéticos de tilápia-do-Nilo.

| Idade | Machos*                   |                                  |                             | CV     | P-valor<br>Interação | Fêmeas*                   |                                  |                             | CV     | P-valor<br>Interação |
|-------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------|----------------------|
|       | AquaAmérica<br>Endogâmico | AquaAmérica<br>não<br>endogâmico | AquaAmérica<br>X<br>Tilamax |        |                      | AquaAmérica<br>Endogâmico | AquaAmérica<br>não<br>endogâmico | AquaAmérica<br>X<br>Tilamax |        |                      |
| 88    | 1,74 <sup>a</sup>         | 1,57 <sup>b</sup>                | 1,89 <sup>a</sup>           | 22,91  | 0,0079               | 1,5 <sup>a</sup>          | 1,12 <sup>b</sup>                | 1,18 <sup>b</sup>           | 25,9   | <0,0001              |
| 116   | 2,25 <sup>a</sup>         | 1,98 <sup>b</sup>                | 2,24 <sup>a</sup>           | 17,94  | 0,0035               | 1,72 <sup>a</sup>         | 1,27 <sup>b</sup>                | 1,52 <sup>ab</sup>          | 35,85  | 0,0010               |
| 158   | 2,55 <sup>a</sup>         | 2,18 <sup>b</sup>                | 2,60 <sup>a</sup>           | 29,31  | 0,0297               | 1,71 <sup>a</sup>         | 1,28 <sup>b</sup>                | 1,45 <sup>ab</sup>          | 45,06  | 0,0198               |
| 193   | 1,63 <sup>a</sup>         | 1,50 <sup>a</sup>                | 1,34 <sup>a</sup>           | 92,25  | 0,6361               | 0,73 <sup>a</sup>         | 0,79 <sup>a</sup>                | 0,77 <sup>a</sup>           | 86,53  | 0,9210               |
| 228   | 3,29 <sup>a</sup>         | 3,30 <sup>a</sup>                | 3,25 <sup>a</sup>           | 36,16  | 0,9876               | 1,97 <sup>a</sup>         | 2,06 <sup>a</sup>                | 1,91 <sup>a</sup>           | 57,38  | 0,8612               |
| 249   | 5,33 <sup>a</sup>         | 7,46 <sup>a</sup>                | 8,41 <sup>a</sup>           | 94,49  | 0,0698               | 3,48 <sup>a</sup>         | 3,89 <sup>a</sup>                | 3,76 <sup>a</sup>           | 101,42 | 0,9111               |
| 284   | 3,67 <sup>b</sup>         | 6,17 <sup>a</sup>                | 5,63 <sup>ab</sup>          | 85,18  | 0,0159               | 2,67 <sup>a</sup>         | 3,44 <sup>a</sup>                | 3,15 <sup>a</sup>           | 87,05  | 0,5508               |
| 320   | 4,9 <sup>b</sup>          | 7,28 <sup>ab</sup>               | 8,99 <sup>a</sup>           | 102,37 | 0,0209               | 4,16 <sup>a</sup>         | 4,42 <sup>a</sup>                | 6,01 <sup>a</sup>           | 97,02  | 0,3213               |

733 Médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha, não diferem estatisticamente (P<0,05).\* A comparação é entre grupos dentre de  
734 cada sexo.



735

736 **Figura 3** – Ganho de peso médio diário das variedades AquaAmérica com grau de parentesco  
 737 de 25% (endogâmica – Grupo 1), zero (não endogâmica – Grupo 2) e um grupo genético com  
 738 cruzamento AquaAmérica com Tilamax (Grupo 3).

### 739 **Discussão**

740 As variáveis de desempenho diferiram entre machos e fêmeas e estão dentro Todas as  
 741 variáveis foram diferentes entre machos e fêmeas, mas está dentro do observado na literatura.  
 742 O maior desempenho dos machos comparativamente as fêmeas do grupo genético  
 743 AquaAmérica (não endogâmico) evidencia a necessidade de reversão sexual. As diferenças de  
 744 peso e características morfométricas entre machos e fêmeas são bem conhecidas (Rutten et al.,  
 745 2005; Ariyanto et al., 2010), sendo nos machos consideravelmente maiores, assim como  
 746 registrado no presente estudo. Em tilápia-do-Nilo é evidente o dimorfismo sexual,  
 747 demonstradas pelas predisposições genéticas, diferenças no comportamento, dominância, bem  
 748 como o fato das fêmeas terem a alimentação privada durante a reprodução quando estão com  
 749 os ovos e larvas na boca (Toguyeni et al., 2002; Valentin et al., 2015; Sarmiento et al., 2018).  
 750 Além disso, a maturidade sexual precoce na tilápia-do-Nilo inibe o crescimento do animal  
 751 devido ao compartilhamento de energia para a maturação das gônadas (Mair et al. 1995).

752 O desempenho produtivo superior observado nos machos se deve ao efeito da heterose.  
 753 Evidencia-se grande superioridade nos machos dos peixes provenientes do cruzamento entre

754 AquaAmérica x Tilamax. Cabe destacar que as duas variedades utilizadas no cruzamento são  
755 melhoradas geneticamente e que o referido cruzamento apresentou heterose positiva para as  
756 variáveis de desempenho (peso final, ganho de peso médio, taxa de crescimento específico e  
757 fator de condição de Fulton). Interessante observar que o peso médio nesta fase foi um pouco  
758 inferior ao observado pelos grupos genéticos da AIC (Aqua Corporación Internacional - tilápia-  
759 do-Nilo oriundo do programa de melhoramento genético de 1986 da Universidade de Auburn  
760 e da Fishgen de 1992) (Neira et al., 2016), em um período de produção de 390 dias. No entanto,  
761 o ganho de peso e ganho de peso médio diário foram semelhantes aos observados em híbridos  
762 F1 da variedade GIFT do estudo de Ridha (2014).

763         Importante destacar que durante o estudo, houve um período de inverno e que os peixes  
764 foram produzidos durante 180 dias (269 dias de idade), ou seja, 89 dias a mais do que o ciclo  
765 comercial da tilápia, o que obviamente pode ter contribuído para um maior dimorfismo. O  
766 menor desempenho dos peixes deste trabalho, é reflexo da baixa temperatura (t° média de  
767 23,8°C e mínima de 16,8 °C) na aos 193 dias de idade. Isso é evidenciado pela evolução do  
768 ganho de peso médio diário ao longo das idades, em que o menor ganho é observado com a  
769 menor temperatura, sendo que com o restabelecimento da temperatura um maior ganho de peso  
770 é observado. Segundo Salomão et al. (2018), a temperatura da água em 22°C pode influenciar  
771 para a hipertrofia das fibras musculares brancas e dos adipócitos viscerais, resultando em menor  
772 peso. Santos et al. (2013) também identificaram que temperatura (22°C) da água de cultivo  
773 influencia o crescimento de tilápias das linhagens Vermelha, GIFT e Supreme, alterando a idade  
774 e o peso ao ponto de inflexão, a qualidade dos ajustes dos modelos e a uniformidade dos lotes.

775         Ponzoni et al. (2005) relata que a discordância na performance do ganho de peso médio  
776 entre os grupos genéticos está relacionada a alguns fatores como a diversidade genética presente  
777 nas populações. Assim, os resultados encontrados reiteram a importância da variabilidade  
778 genética nas populações de tilápia-do-Nilo. No Brasil, há uma tendência da formação de  
779 plantéis com alto grau de parentesco, o que tem influência direta na produtividade da espécie  
780 (Embrapa, 2012; Ponzoni et al. 2005).

781         Interessante observar que embora se espere um efeito negativo da endogamia, observou-  
782 se tanto em fêmeas quanto em machos um maior ganho médio de peso no período de 88 a 158  
783 dias em relação a AquaAmérica não endogâmica. Este efeito foi inesperado, no entanto, não foi  
784 mantido a partir dos 193 dias em machos, sendo que a partir dos 284 dias, o ganho de peso  
785 médio da AquaAmérica não endogâmica foi quase o dobro da AquaAmérica endogâmica. Este  
786 resultado evidencia que a endogamia pode prejudicar não apenas os aspectos reprodutivos  
787 (Alexandru et al., 2014), mas também o desempenho. Massago et al. (2010) não encontraram

788 diferenças de ganho de peso médio entre as variedades GIFT e Supreme de tilápia-do-Nilo. Este  
789 efeito no desempenho também foi observado por Fessehaye et al. (2007).

790 No presente trabalho, o dimorfismo sexual para peso é evidente após 88 dias de idade,  
791 sendo que o grupo genético proveniente do cruzamento AquaAmérica x Tilamax apresentou o  
792 maior peso final. Interessante observar que o dimorfismo sexual para peso entre machos e  
793 fêmeas não foi afetado pela endogâmia, tendo em vista que as fêmeas do grupo endogâmico  
794 apresentaram 66,6% do peso dos machos enquanto as fêmeas do grupo não endogâmico  
795 representaram 64,9% do peso dos machos. Todavia, evidencia-se que o grupo do cruzamento  
796 AquaAmérica x Tilamax, o peso das fêmeas foi de 53,6% do peso dos machos.

797 Fica evidente que com 193 dias as fêmeas representaram 73%, 61% e 67% do peso dos  
798 machos para os grupos genéticos endogâmicos, AquaAmérica não endogâmico, e cruzamento  
799 AquaAmérica x Tilamax, respectivamente. Em estudo realizado por Ariyanto et al. (2010),  
800 machos revertidos sexualmente e machos naturais não diferiram das fêmeas até os 95 dias de  
801 idade e concluiu que o grupo composto por machos naturais apresentam peso médio final maior  
802 que as fêmeas após cultivo de 215 dias. Estes dados corroboram com o presente trabalho, em  
803 que os machos de todos os grupos genéticos não diferem das fêmeas ( $P < 0,005$ ) até os 55 dias  
804 de idade e que após 259 dias, o maior peso médio final é visto nos machos em todos os grupos  
805 genéticos. Estes dados evidenciam que esta redução no desempenho das fêmeas é devido a  
806 reprodução. Neste sentido, a obtenção futura de uma geração ou linhagem, em que a reprodução  
807 seja mais tardia é fundamental para a exclusão do hormônio sexual na tilapicultura atual.

808 A endogamia no grupo genético avaliado justifica a menor taxa de crescimento  
809 específico, pois é uma variável que relaciona o ambiente, crescimento, idade e fisiologia dos  
810 animais. Tachibana et al. (2004), também encontraram valores maiores para taxa de  
811 crescimento específico para a linhagem de tilápia-do-Nilo Tailandesa, quando comparadas  
812 variedades regionais. Taxa de crescimento específico de 1,46% foi encontrada por Moreira et  
813 al. (2005) em cultivo intensivo de tilápia Chitralada. Ahmad e Zulqurnain (2018) avaliando  
814 duas linhagens de tilápias-do-Nilo, concluíram que a taxa de crescimento específico e o fator  
815 de condição de Fulton são semelhantes nas Tilápias GIFT importadas da Tailândia e nas tilápias  
816 GIFT (Paquistão), após 180 dias de cultivo.

817 A AquaAmérica não endogâmica apresentou resultados de desempenho final, tanto para  
818 machos quanto para em fêmeas, muito semelhante a AquaAmérica endogâmica, exceto para o  
819 fator de condição de Fulton que evidenciou efeito negativo da endogamia nos machos,  
820 demonstrando que é necessário um rígido controle de reprodutores em programas de  
821 melhoramento genético. Segundo Leonhardt e Urbinati (1998), onde foi avaliado o crescimento

822 de machos sexados e revertidos sexualmente de tilápias-do-Nilo, o fator de condição Fulton  
823 obtido sugere que as condições alimentares e ambientais e, conseqüentemente, o “bem estar  
824 dos peixes” foram similares para as tilápias macho sexadas e tilápias sexo-revertidas, diferente  
825 do presente trabalho, onde os machos de tilápias do grupo genético endogâmico, apresentou  
826 fator de condição menor que os outros grupos genéticos. Isto pode ocorrer devido a fatores  
827 fisiológicos causados pelo grau de endogamia, não permitindo o bem-estar dos animais. A  
828 heterose é um fenômeno em que os indivíduos gerados são tipicamente diferentes em alguns  
829 aspectos de sua biologia, podendo expressar melhor o desempenho produtivo do que a média  
830 do grupo dos parentais (Bartley et al., 2001; Helfman et al., 2009).

831 As variáveis biométricas fornecem informações para determinar as linhagens que irão  
832 apresentar maiores rendimentos corporais. No presente trabalho não foram evidenciadas  
833 alterações nas medidas de comprimento padrão, comprimento de cabeça, altura do corpo e  
834 largura do corpo promovidas pela endogamia ou com o cruzamento, indicando que ausência de  
835 efeito do grupo genético nesta característica. Em tilápia-do-Nilo, a medida altura do corpo está  
836 relacionada com produção do filé e rendimento de carcaça (Gonçalves et al., 2003). Esses  
837 autores verificaram uma alta correlação entre a altura do corpo e o peso de filé e que o peso  
838 ideal de abate ocorre quando os peixes atingem maior altura corporal. Segundo Turra et al.  
839 (2010), é importante a avaliação do tamanho da cabeça, e esta medida pode ser considerado  
840 uma característica importante para a seleção de genótipos em programas de melhoramento que  
841 visam a melhorias no rendimento de filé de tilápia.

842 As taxas de sobrevivência de todos os grupos genéticos de tilápia-do-Nilo avaliadas  
843 neste estudo foram maiores que 93%. Esta sobrevivência foi durante todo o período de cultivo,  
844 e o período de mortalidade maior foi antes de 88 dias de idade. Mrakovcic e Haley (1979)  
845 relataram efeito significativo de endogamia na sobrevivência até 30 dias em peixe-zebra  
846 (*Brachydanio rerio*). De acordo com vários estudos, cruzamentos genéticos e diferentes  
847 variedades de tilápias não afetam a taxa de sobrevivência (Boscolo et al., 2001; Dan e Little,  
848 2000).

849 Embora não seja muito difundido no setor produtivo que o crescimento dos peixes  
850 endogâmicos é menor que outros grupos genéticos, este trabalho evidenciou esta inferioridade  
851 nos machos endogâmicos. As diferenças no crescimento em diferentes grupos genéticos podem  
852 ser afetadas por muitos fatores, como por exemplo, espécies, condições ambientais, tamanho  
853 do peixe, nível de proteína na dieta e taxa de alimentação (Ogata e Shearer, 2000). Durante os  
854 meses de inverno, fica claro que os grupos genéticos não conseguem expressar o seu  
855 crescimento, como o ganho de peso médio. Contudo, ficou evidente que os animais foram

856 criados nas mesmas condições, e os resultados demonstraram que a endogamia prejudica a taxa  
857 de crescimento dos machos de tilápia-do-Nilo.

858 O cruzamento entre variedades diferentes, geram híbridos, que apresentam redução do  
859 tempo de terminação, indivíduos mais dóceis e aptos ao manejo, aumentar a resistência à  
860 patógenos e a diferentes ambientes (ex: menor temperatura) são os principais motivos para se  
861 produzir híbridos (Lopera-Barrero et al., 2011). O presente estudo mostra que o macho híbrido  
862 oriundo do cruzamento do grupo genético AquaAmérica com Tilamax apresenta maior  
863 crescimento, comparado com os outros grupos genéticos, evidenciando que o híbrido gera  
864 animais mais pesados, e portanto, mais produtivos que seus progenitores.

865 Devido a heterose, em determinadas situações o híbrido apresenta melhor desempenho  
866 em relação à média dos parentais (Bartley et al., 2001; Helfman et al., 2009). Por estes motivos,  
867 fica evidente que o melhoramento genético resulta em animais de gerações seguintes mais  
868 produtivos, evidenciando a importância do desenvolvimento de programas de melhoramento  
869 genético com tilápia-do-Nilo, como ocorre com outros animais de interesse zootécnico, como  
870 suínos e aves.

871 No Brasil, já foram verificadas diferentes espécies de tilápia, como a *Tilápia rendalli*,  
872 *Tilápia zanzibar* e a *Oreochromis niloticus* (Vicente et al., 2014), e diferentes variedades de  
873 tilápia-do-Nilo como a Tailandesa ou Chitralada, a Genomar Supreme, GIFT Vermelha  
874 (Santos, 2006), AquaAmérica, Tilamax, Bouake (Oliveira et al. 2016; Garcia et al. 2017), Saint  
875 Peter (Marengoni et al., 2015), entre outras, existindo grande possibilidade de cruzamentos e  
876 de diferentes graus de heterose, podendo refletir em diferentes resultados de desempenho e  
877 crescimento. Sempre que ocorrer cruzamentos deve se ter cuidados com os estoques dos  
878 plantéis e o melhoramento já ocorrido destas variedades, evidenciando que nem todos os  
879 cruzamentos geram animais com crescimento superior aos parentais. Por este fator, os  
880 programas de melhoramento genético são de suma importância para os cruzamentos  
881 intraespecíficos na tilapicultura, demonstrando que os ganhos genéticos podem ser grandes  
882 (Ponzoni et al., 2005), quando comparados aos cruzamentos interespecíficos, que normalmente  
883 o ganho é restrito a apenas uma geração.

884

## 885 **Conclusão**

886 Há dimorfismo sexual em tilápia-do-Nilo geneticamente melhorada independente do  
887 grau de endogamia e cruzamento, com peso superior nos machos; o cruzamento entre as  
888 variedades AquaAmérica e Tilamax proporcionou peixes com maior peso e a endogamia afeta  
889 o fator de condição de Fulton nos machos.

890 **Agradecimentos**

891 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
892 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Universidade  
893 Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

894

895 **Referências**

896

897 AHMAD N, ZULQURNAIN. 2018. Growth Performance of Two GIFT Strains of Nile Tilapia  
898 *Oreochromis niloticus* Reared under Semi-Intensive Culture. Pakistan J Zool 50(6): 2301-2305.

899 ALEXANDRU VB, GABRIEL C, LUCIAN I, ALIN BI. 2014. Morphological abnormalities  
900 as a result of inbreeding in controlled reproduction in *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1757.  
901 J Biotech 185: 18-36.

902 ARIYANTO D, SUMANTADINATA K, SUDRAJAT AO. 2010. Sex differentiation and  
903 growth performance trials of two genotypes of tilapia administered with androgenic hormone.  
904 Indones Aquac J 5(2).

905 BARTLEY DM, RANA K, IMMINK AJ. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture  
906 and fisheries. Rev Fish Biol Fish 10: 325–337.

907 BECERRIL-MORALES F, ALCÁNTAR-VÁZQUEZ J P. 2015. Atypical feminized male's  
908 agonistic behavior relative to males and females of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Lat  
909 Am J Aquat Res 43(5): 986-992.

910 BENTSEN HB, GJERDE B, EKNATH AE, VERA MSP, VELASCO RR, DANTING JC,  
911 DIONISIO EE, LONGALONG FM, REYES RA, ABELLA TA, TAYAMEN MM, PONZONI  
912 RW. 2017. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five generations of selection  
913 for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the further impact of the  
914 Project. Aquaculture 468: 206-217.

915 BENTSEN HB, GJERDE B, NGUYEN NH, RYE M, PONZONI RW, PALADA DE VERA  
916 MS, BOLIVAR HL, VELASCO RR, DANTING JC, DIONISIO EE, LONGALONG FM,  
917 REYES RA, ABELLA TA, TAYAMEN MM, EKNATH AE. 2012. Genetic improvement of  
918 farmed tilapias: Genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis*  
919 *niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. Aquaculture, 338-341:  
920 56-65.

921 BOSCOLO WR, HAYASHI C, SOARES CM, FURUYA WM, NAGAE MY. 2001.  
922 Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis*

- 923 *Niloticus*, linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. Rev Bras Zootec  
924 30(5): 1391-1396.
- 925 BOYD CE. 1998. Water quality for pond aquaculture, Auburn: Auburn University, 39 p.
- 926 CYRINO JEP, URBINATI EC, FRACALOSSO DM, CASTAGNOLLI N. 2004. Tópicos  
927 Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva, Jaboticabal: TecArt, 533 p.
- 928 DAN NC, LITTLE DC. 2000. The culture performance of monosex and mixed-sex new-season  
929 and overwintered fry in three strains of Nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in northern  
930 Vietnam. Aquaculture 184: 221- 231.
- 931 EKNATH AE, BENTSEN HB, PONZONI RW, RYE M, NGUYEN NH, THODESEN J,  
932 GJERDE B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic  
933 parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding.  
934 Aquaculture 273:1-14.
- 935 EMBRAPA. 2012. Cartilha de Genética na Piscicultura: Importância da variabilidade genética,  
936 marcação e coleta para análise de DNA, Brasília: EMBRAPA, 2012.
- 937 FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo  
938 sostenible, Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 233 p.
- 939 FESSEHAYE Y, KOMEN H, REZK MA, VAN ARENDONK JAM, BOVENHUIS H. 2007.  
940 Effects of inbreeding on survival, body weight and fluctuating asymmetry (FA) in Nile tilapia,  
941 *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 264: 27-35.
- 942 GARCIA ALS, OLIVEIRA CAL, KARIM HM, SARY C, TODESCO H, RIBEIRO RP. 2017.  
943 Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile tilapia  
944 (*Oreochromis niloticus*). J Appl Genetics 58: 527–533.
- 945 GJEDREM T, BARANSKI M. 2009. Selective Breeding in Aquaculture: an introduction.  
946 Series: Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, Switzerland:  
947 Editora Springer, 221 p.
- 948 GJEDREM T, THODESEN J. 2005. Selection. In: GJEDREM T. (Eds), Selection and breeding  
949 programs in aquaculture. Dordrecht: Springer, p. 89-111.
- 950 GJERDE B, MENGISTU SB, ODEGÅRD J, JOHANSEN H, ALTAMIRANO DS. 2012.  
951 Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis*  
952 *niloticus*). Aquaculture 342-343: 117–124.
- 953 GONÇALVES TM, ALMEIDA AJL, BORGES EES. 2003. Características de carcaça de  
954 tilápias do 3qui (*Oreochromis niloticus*) em quatro classes de peso ao abate. Acta scientiarum  
955 25(1): 25-29.

- 956 HELFMAN G, COLLETTE BB, FACEY DE, BOWEN BW. 2009. The diversity of fishes:  
957 biology, evolution, and ecology, Hoboken: Wiley-Blackwell, 736 p.
- 958 KAMARUZZAMAN N, NGUYEN NH, HAMZAH A, PONZONI RW. 2009. Growth  
959 performance of mixed sex, hormonally sex reversed and progeny of YY male tilapia of the  
960 GIFT strain, *Oreochromis niloticus*. *Aquac Res* 40: 720-728.
- 961 LEONHARDT JH, URBINATI EC. 1998/1999. Estudo comparativo do crescimento entre  
962 machos de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis Niloticus*, sexados e revertidos. *Bol Inst Pesca* 25: 19-  
963 26.
- 964 LIND CE, SAFARI A, AGYAKWAH SK, ATTIPOE FYK, EL-NAGGAR GO, HAMZAH A,  
965 HULATA G, IBRAHIM NA, KHAW HL, NGUYEN NH, MALUWA AO, ZAID M, ZAK T,  
966 PONZONI RW. 2015. Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species and  
967 strains undergoing genetic improvement for body weight. *Aquaculture Rep* 1: 20-27.
- 968 LOPERA-BARRERO NM, RIBEIRO RP, POVH JA, VARGAS LDM, POVEDA-PARRA  
969 AR, DIGMAYER M. 2011. As principais espécies produzidas no Brasil. In: LOPERA-  
970 BARRERO NM, RIBEIRO RP, POVH JA, VARGAS LDM, POVEDA-PARRA AR,  
971 DIGMAYER M. (Eds), *Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no*  
972 *mundo*, Guaíba: Agrolivros, p. 143-215.
- 973 MACINTOSH DJ, LITTLE DC. 1995. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: BROMAGE  
974 NR, ROBERTS RJ. *Broodstock management and egg and lerval quality*, London: Blackwell  
975 Science, p. 277-320.
- 976 MAIR GC, ABUCAY JS, BEARDMORE JA, SKIBINSKI DOF. 1995. Growth performance  
977 trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.:  
978 On station comparisons with mixed sex and reversed male populations. *J Aqu* 137: 313-322.
- 979 MARENGONI NG, MACHADO LMC, OLIVEIRA CAL, YOSHIDA GM, KUNITA NM,  
980 RIBEIRO RP. 2015. Características morfológicas e desempenho de crescimento de monossexo  
981 macho de tilápia da variedade GIFT e Saint Peter®. *Semina* 36(5): 3399-3410.
- 982 MASSAGO H, CASTAGNOLLI N, MALHEIROS EB, KOBERSTEIN TCR, SANTOS MA,  
983 RIBEIRO RP. 2017. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. *Rev*  
984 *Acad Ciên Agrár Ambient* 8(4): 397-403.
- 985 MOREIRA AA, HEDEN MOREIRA LM, HILSDORF AWS. 2005. Comparative growth  
986 performance of two Nile tilápia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra  
987 hybrid ND-56. *Aquaculture Res* 36(11): 1049-1055.
- 988 MRAKOVIC M, HALEY LE. 1979. Inbreeding depression in the zebra fish *Brachydanio*  
989 *rerio* (Hamilton Buchana). *J Fish Biol* 15: 323-327.

- 990 NEIRA R, GARCÍA X, LHORENTE JP, FILP M, YÁÑEZ JM, CASCANTE AM. 2016.  
991 Evaluation of the growth and carcass quality of diallel crosses of four strains of Nile tilapia  
992 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 451: 213-222.
- 993 NGUYEN NH. 2016. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a  
994 reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. *Fish Fish*  
995 17: 483-506.
- 996 OLIVEIRA MAS, OLIVEIRA CAL, RODRIGUES RA, SANCHEZ MSS, NUNES AL,  
997 FANTINI LE, CAMPOS CM. 2014. Crescimento de juvenis de *Pseudoplatystoma reticulatum*  
998 e *Pseudoplatystoma* spp. em viveiro. *Semina* 35(2): 1091-1098.
- 999 OLIVEIRA CA, RIBEIRO RP, STREIT JDP, POVH JÁ, RESENDE EK. 2012. Melhoramento  
1000 genético de peixes, uma realidade para piscicultura Brasileira. *Panorama da Aquicultura* 130:  
1001 38-47.
- 1002 OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, YOSHIDA GM, KUNITA NM, RIZZATO GS, OLIVEIRA  
1003 SN, NGUYEN NH. 2016. Correlated changes in body shape after Five generations of selection  
1004 to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil.  
1005 *J Appl Genet* 57: 487-493.
- 1006 OGATA H, SHEARER K, 2000. Influence of dietary fat and adiposity on feed intake of  
1007 juvenile red sea bream *Pargus major*, *Aquaculture* 189(3/4): 237-249.
- 1008 PEIXEBR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019. 2019. São Paulo: PeixeBR, 146 p.
- 1009 PIRES AV, PEDREIRA MM, PEREIRA IG, JÚNIOR AF, ARAÚJO CV, SILVA E SILVA  
1010 LH. 2011. Predição do rendimento e do peso do filé de tilápia-do-Nilo. *Acta Sci Animal Sci*  
1011 33(3): 315-319.
- 1012 PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S, KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic parameters and  
1013 response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).  
1014 *Aquaculture* 247(4): 203-210.
- 1015 PONZONI RW, NGUYEN NH, KHAW HL, HAMZAH A, BAKAR KRA, YEE HY. 2011.  
1016 Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work  
1017 conducted by the WorldFish center with the GIFT strain. *Rev Aquac* 3: 27-41.
- 1018 RIBEIRO RP. 2001. Construção de tanques, In: MOREIRA HLM, VARGAS L, RIBEIRO RP,  
1019 ZIMMERMANN S. (Eds.), *Fundamentos da moderna aquicultura*. Canoas: ULBRA, p. 45–52.
- 1020 RIDHA MT. 2014. Preliminary observations on growth and survival of *Oreochromis spilurus*  
1021 x GIFT *Oreochromis niloticus* F1 reciprocal hybrids in fresh and seawater. *Aquaculture Res*  
1022 45: 528-536.

- 1023 RUTTEN MJM, KOMEN H, BOVENHUIS H. 2005. Longitudinal genetic analysis of Nile  
1024 tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture*  
1025 246: 101-113.
- 1026 SALOMÃO RAS, SANTOS VB, MARECO EA. 2018. Influence of rearing temperature on  
1027 muscle growth and adipose tissue in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains. *Acta Sci*  
1028 *Animal Sci* 40: e35686.
- 1029 SANTOS VB. 2006. A disponibilidade de diferentes linhagens de tilápias. *Pesquisa &*  
1030 *Tecnologia* 3(1).
- 1031 SANTOS VB, MARECO EA, SILVA MDP. 2013. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis*  
1032 *niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum. Acta Sci Animal Sci*  
1033 35(3): 235-242.
- 1034 SARMENTO NLAFF, MARTINS EFF, COSTA DC, MATTIOLI CC, JULIO GSC,  
1035 FIGUEIREDO LG, LUZ MR, LUZ RK. 2018. Reproductive efficiency and egg and larvae  
1036 quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. *Aquaculture* 482: 96-102.
- 1037 SILVA GF, SHIOTSUKI L, TEIXEIRA RA, DIAS LT, VILLELA LCV, FREITAS LEL,  
1038 KIRSCHNIK LNG, VARELA ES. 2018. Programas de melhoramento genético na piscicultura,  
1039 Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 58 p.
- 1040 STREIT JR DP, POVH JA, FORNARI DC, GALO JM, GUERREIRO LRJ, OLIVEIRA D,  
1041 DIGMAYER M, GODOY LC. 2012. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui,  
1042 Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 30 p.
- 1043 TACHIBANA L, CASTAGNOLI N, PEZZATO LE, BARROS MM, VALLE JB, SIQUEIRA  
1044 MR. 2004. Desempenho de diferentes linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na  
1045 fase de reversão sexual. *Acta Sci Animal Sci* 26(3): 305-311.
- 1046 TOGUYENI A, FAUCONNEAU B, FOSTIER A, ABUCAY J, MAIR G, BAROILLER JF.  
1047 2002. Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth performances in  
1048 tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 207:249-261.
- 1049 TURRA EM, OLIVEIRA DAA, TEIXEIRA EA, PRADO SA, MELO DC, SOUSA AB. 2010.  
1050 Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia-do-  
1051 Nilo (*Oreochromis Niloticus*). *Rev Bras Reprod Anim* 34(1): 29-36.
- 1052 VALENTIN FN, NASCIMENTO NF, SILVA RC, TSUJI EA, PAES MCF, KOBERSTEIN  
1053 TCRD, NAKAGHI LSO. 2015. Maternal age influences on reproductive rates in Nile tilapia  
1054 (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Zootec* 44: 161-163.

- 1055 VERDAL H, MEKKAWY W, LIND C, VANDEPUTTE M, CHATAIN B, BENZIE J. 2017.  
1056 Measuring individual feed efficiency and its correlations with performance traits in Nile tilapia,  
1057 *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 468: 489-495.
- 1058 VICENTE IST, ELIAS F, FONSECA-ALVES CE. 2014. Perspectivas da produção de tilápia-  
1059 do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Rev Cienc Agrar* 37(4): 392-398.
- 1060 VIDAL LVO, ALBINATI RCB, ALBINATI ACL, DE LIRA AD, DE ALMEIDA TR,  
1061 SANTOS GB. 2008. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-Nilo. *Pesquisa Agr Brasil* 43:  
1062 1069-1074.
- 1063 YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, RIZZATO GS, RIBEIRO RP. 2015a.  
1064 Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes.  
1065 *Acta Sci Anim Sci* 37: 221–226.
- 1066 YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, RIZZATO GS, FILHO LA, RIBEIRO RP  
1067 2015b. Genotype by sex interaction at different phases during Nile tilapia culture period. *Acta*  
1068 *Sci Anim Sci* 37(4): 343-349.

1069 **ARTIGO 2** – Curvas de crescimento de machos e fêmeas de diferentes grupos genéticos de  
1070 tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

1071

1072 **RESUMO:** Objetivou-se avaliar o padrão de crescimento de machos e fêmeas de tilápias-  
1073 do-Nilo dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica, AquaAmérica não endogâmica e  
1074 de um grupo proveniente do cruzamento entre as variedades AquaAmérica com Tilamax.  
1075 Foram analisadas oito variações do modelo de Gompertz para as variáveis de peso,  
1076 comprimento total, comprimento padrão, comprimento de cabeça, altura da cabeça, altura  
1077 do corpo, largura do corpo e largura da cabeça. De cada grupo genético, avaliou-se a cada  
1078 30 dias, 160 peixes (80 machos e 80 fêmeas) de cada grupo genético, totalizando 480 peixes.  
1079 As curvas de crescimento foram determinadas para um período de 1200 dias. Maior peso e  
1080 comprimento total ( $P<0,05$ ) foi observado nos machos do grupo genético AquaAmérica x  
1081 Tilamax (1063,8 g; 34,37 cm) em relação aos grupos, AquaAmérica endogâmico (769,8 g;  
1082 33,40 cm) e AquaAmérica não endogâmico (779,9 g; 33,00 cm). Não houve diferença  
1083 ( $P<0,05$ ) em todas variáveis analisadas para as fêmeas entre os grupos genéticos avaliados.  
1084 Tanto para machos quanto para fêmeas, o modelo de melhor ajuste para comprimento total,  
1085 comprimento padrão, comprimento de cabeça, altura da cabeça, altura do corpo, largura do  
1086 corpo e largura da cabeça foi o M8, que indica que todos os parâmetros (A: valor assintótico;  
1087 B: taxa de crescimento específico; e C: idade no ponto de inflexão) foram semelhantes entre  
1088 os grupos genéticos. Todavia, para o peso o modelo de melhor ajuste diferiu ( $P<0,05$ ) entre  
1089 os grupos genéticos AquaAmérica endogâmico e AquaAmérica não endogâmico nas  
1090 fêmeas (M7), com maior valor assintótico no grupo não endogâmico; AquaAmérica  
1091 endogâmica e AquaAmérica x Tilamax nos machos (M1), com maior valor assintótico no  
1092 grupo híbrido; e AquaAmérica não endogâmica e AquaAmérica x Tilamax nos machos  
1093 (M4), com maior valor assintótico no grupo híbrido. O híbrido AquaAmérica x Tilamax  
1094 apresenta maior peso e comprimento total em relação à variedade AquaAmérica; a  
1095 endogâmia proporciona fêmeas com menor valor assintótico para o peso; e o híbrido  
1096 AquaAmérica x Tilamax proporciona maior peso assintótico nos machos.

1097

1098 **Palavras-chave:** AquaAmérica, endogâmia, heterose, modelo de crescimento, taxa de  
1099 crescimento relativo, Tilápia-do-Nilo.

1100

## 1101 **Introdução**

1102 A tilápia-do-Nilo se destaca por ser o segundo grupo de peixe mais cultivado no mundo,  
1103 representando 8,0% da produção mundial em 2016 (FAO, 2018). No Brasil, é a única espécie  
1104 aquícola que possui um programa de melhoramento genético consolidado (Oliveira et al.,  
1105 2012), o que contribuiu para o aumento da sua produção em comparação a outras espécies de  
1106 peixes.

1107 O ganho proveniente do melhoramento genético de peixes pode representar entre 8 a 12%  
1108 por geração de seleção em programas bem gerenciados (Nguyen, 2016), podendo atingir até  
1109 15% (Ponzoni et al. 2005; Ponzoni et al. 2011). Machos de tilápia-do-Nilo apresentam maior  
1110 peso em relação a fêmeas de variedades melhoradas geneticamente (Gjerde et al. 2012; Lind et  
1111 al. 2015; Bentsen et al. 2017) e não melhoradas geneticamente (Verdal et al. 2017), o que  
1112 justifica a utilização da reversão sexual para obtenção de populações monossexo (Cyrino et al.  
1113 2004). O dimorfismo sexual entre machos e fêmeas tem sido reduzido nas variedades  
1114 melhoradas geneticamente (Ariyanto et al., 2010), o que talvez torne desnecessário o  
1115 procedimento de reversão sexual atualmente empregado na produção de tilápia-do-Nilo.  
1116 Embora os programas de melhoramento genético de tilápia-do-Nilo têm apresentado evolução  
1117 continua no desempenho, não está claro o quanto a endogamia pode modificar a curva de  
1118 crescimento das variedades melhoradas (Alexandru et al. 2014).

1119 A velocidade de crescimento de peixes cultivados depende de fatores, tais como a  
1120 genética, sexo, nutrição e meio ambiente (Oliva-Teles, 2012). O uso de modelos não lineares  
1121 para a avaliação de dados de crescimento é muito útil (Dumas et al., 2010), pois interage várias  
1122 medidas em alguns parâmetros interpretáveis biologicamente (Brown et al., 1976). Por meio  
1123 das curvas é possível interpretar vários parâmetros biológicos, estudando o crescimento por  
1124 meio do ajuste específico de uma função, descrevendo todo o período de vida do animal,  
1125 possibilitando ter respostas mais específicas das suas taxas de crescimento e ganho em peso,  
1126 grau de maturidade sexual ou de outro estágio no desenvolvimento do animal, bem como avaliar  
1127 o desempenho produtivo e econômico da produção (Gamito, 1998; Massago et al., 2010; Silva  
1128 et al., 2011).

1129 Curvas de crescimento são utilizadas para descrever o padrão de crescimento de várias  
1130 espécies de peixes (Oliveira et al., 2013; Mello et al., 2015; Fantini et al, 2019). O modelo  
1131 matemático não linear de Gompertz, é o mais usual, e pode descrever tanto o crescimento em  
1132 comprimento, quanto o crescimento em peso dos peixes, possuindo parâmetros interpretáveis.  
1133 Dentro dos programas de melhoramento genético e dos sistemas produtivos, as curvas de  
1134 crescimento de tilápia-do-Nilo são importantes para definir os potenciais de desempenho e a

1135 viabilidade de produção da espécie, tanto para o desenvolvimento de machos e fêmeas. Assim,  
1136 com este trabalho o objetivo foi analisar as curvas de crescimento de machos e fêmeas da  
1137 variedade AquaAmérica endogâmica, não endogâmica e de um grupo proveniente do  
1138 cruzamento entre as variedades AquaAmérica x Tilamax.

1139

## 1140 **Métodos**

### 1141 *2.1. Instalações, unidades experimentais e alimentação*

1142 O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura (20°49'96.58"S  
1143 54°61'46.20"W) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande,  
1144 Mato Grosso do Sul, Brasil. Essa pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de  
1145 Animais/UFMS (Protocolo nº 784/2016).

1146 Os peixes utilizados no experimento foram provenientes de reprodutores de tilápia-do-  
1147 Nilo das variedades Tilamax e AquaAmérica, as quais representam a sétima e segunda geração  
1148 de seleção de melhoramento genético para ganho de peso, respectivamente. Os animais do  
1149 estudo foram obtidos por meio de acasalamentos das variedades no mesmo local de estudo. A  
1150 variedade AquaAmérica foi avaliada em diferentes graus de parentesco, sendo zero (não  
1151 endogâmica), 25% (endogâmica) e um grupo genético proveniente do cruzamento de fêmeas  
1152 AquaAmérica com machos Tilamax.

1153 Para obtenção dos grupos genéticos, machos e fêmeas de tilápia-do-Nilo com 24 meses  
1154 de idade foram alocados em três hapas de 15 m<sup>3</sup> distribuídas em um tanque escavado de 700  
1155 m<sup>2</sup>. O período de acasalamento durou 30 dias. Foi adotado a proporção sexual de uma fêmea  
1156 para cada macho (Macintosh e Little, 1995), com cinco fêmeas e cinco machos em cada hapa,  
1157 totalizando 15 fêmeas e 15 machos. Foram utilizados peixes dos grupos genéticos  
1158 AquaAmérica e Tilamax, sendo que na primeira hapa foram alocados cinco casais de peixes  
1159 AquaAmérica sem grau de parentesco; na segunda hapa foram alocados cinco casais meio  
1160 irmãos AquaAmérica (25,0%); e na terceira hapa foram alocados peixes provenientes do  
1161 cruzamento de cinco fêmeas AquaAmérica com cinco machos Tilamax . Foram utilizados  
1162 peixes com 24 meses, idade em que a tilápia-do-Nilo melhorada geneticamente tem apresentado  
1163 bons índices reprodutivos (Yoshida et al., 2015).

1164 Aos 51 dias de idade, a progênie (n=40; 20 machos e 20 fêmeas) de cada grupo genético  
1165 foi alocada em quatro hapas de 48 m<sup>3</sup>, totalizando 120 peixes/hapa, e 480 peixes no total do  
1166 experimento, sendo 160 animais por grupo genético. Todos os peixes foram identificados  
1167 individualmente com microchip (Animal tag) implantados no dorso. Machos e fêmeas foram  
1168 produzidos juntos durante 269 dias, até completarem 320 dias de idade. O peso médio inicial

1169 para machos e fêmeas, respectivamente, foi de  $12,23 \pm 2,50$  e  $10,36 \pm 1,85$  g (AquaAmérica  
1170 endogâmico),  $11,33 \pm 3,55$  e  $11,32 \pm 3,35$  g (AquaAmérica não endogâmico), e,  $18,14 \pm 6,76$  e  
1171  $16,18 \pm 7,04$  g (AquaAmérica x Tilamax), sendo produzidos por.

1172 Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água de  
1173 10%/dia. Estimou-se a biomassa final de 1,5 kg de peixe/m<sup>2</sup>, conforme recomendado por  
1174 Ribeiro et al. (2001). O manejo nutricional e alimentar foi realizado de acordo com o peso dos  
1175 peixes (Tabela). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente duas vezes ao dia (09:00  
1176 horas e 16:00 horas), utilizando rações conforme o peso dos animais, sendo que na faixa de  
1177 peso de 5 até 20 g foi utilizado ração farelada (45% proteína bruta, 9% extrato etéreo, 2,5%  
1178 matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade); na faixa de peso de 20 até 100 g foi  
1179 utilizada ração extrusada com pélete de 2 mm (40% proteína bruta, 11% extrato etéreo, 2,5%  
1180 matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade); na faixa de peso de 100 até 300 g  
1181 foi utilizado ração extrusada com pélete de 3-4 mm (36% proteína bruta, 6% extrato etéreo,  
1182 6% matéria fibrosa, 11% matéria mineral, e 12% de umidade); na faixa de peso de 300 até 1000  
1183 g foi utilizada ração extrusada com pélete de 5-6 mm (32% proteína bruta, 6,5% extrato etéreo,  
1184 4% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade;).

1185 Diariamente durante período experimental (janeiro/dezembro) foram mensuradas as  
1186 variáveis temperatura ( $23,8 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $5,0 \pm 2,7$  mg L<sup>-1</sup>), pH ( $8,1 \pm 0,3$ ) e  
1187 condutividade elétrica ( $109,3 \pm 8,8$  μS cm<sup>-1</sup>) com multiparâmetro YSI (Yellow Springs  
1188 Instruments). Mensalmente foram determinadas as concentrações de nitrogênio amoniacal  
1189 ( $0,84 \pm 0,7$  mg L<sup>-1</sup> N-NH<sub>3</sub>), nitrito ( $0,04 \pm 0,04$  mg L<sup>-1</sup> N-NO<sub>2</sub>) e alcalinidade de carbonatos  
1190 ( $79,5$  CaCO<sub>3</sub>  $\pm 11,1$  mg L<sup>-1</sup>) com kit colorimétrico (AlfaKit). Durante o inverno, a temperatura  
1191 ficou abaixo do valor preconizado para peixes tropicais. Os demais indicadores de qualidade  
1192 de água avaliados mantiveram-se dentro da faixa adequada para o desenvolvimento dos peixes  
1193 de clima tropical (Boyd 1998).

1194

## 1195 *2.2 Medidas biométricas*

1196 Para avaliação das medidas biométricas foram realizadas nove biometrias durante o  
1197 período experimental, com intervalo de aproximadamente 30 dias. Todos os peixes, antes da  
1198 realização das biometrias, foram submetidos a um jejum de 24 horas, e anestesiados em solução  
1199 de eugenol na concentração de 75 mg L<sup>-1</sup>, conforme recomendado por Vidal et al. (2008).

1200 Nas biometrias foram mensurados: peso; comprimento padrão: distância entre a  
1201 extremidade anterior da cabeça e o início da nadadeira caudal; comprimento da cabeça:  
1202 distância entre a extremidade anterior da cabeça até o opérculo; altura do corpo: medida no

1203 meio da nadadeira dorsal, compreendendo a distância entre o ventre e o dorso; largura do corpo:  
 1204 medida no meio da nadadeira dorsal, compreendendo a distância entre os dois lados do peixe.  
 1205 Para pesagem dos animais utilizou-se balança eletrônica (Toledo®). As medidas morfométricas  
 1206 foram realizadas com ictiômetro e paquímetro, ambos com precisão de 1 mm.

1207

### 1208 *2.3 Análise estatística*

1209 Para descrever o comportamento do crescimento dos grupos genéticos de tilápia-do-Nilo  
 1210 utilizou-se o modelo matemático de regressão não linear de Gompertz (Fialho, 1999), descrito  
 1211 a seguir:

$$1212 \quad y_i = A \cdot e^{-e^{-B \cdot (t-C)}}$$

1213 Em que:

1214  $Y_i$  = peso (g) ou tamanho (cm) estimado à idade  $t$ ;

1215  $A$  = peso (g) ou tamanho (cm) assintótico quando  $t$  tende a mais infinito, ou seja, este  
 1216 parâmetro pode ser interpretado como peso ou tamanho quando cessa o crescimento;

1217  $B$  = crescimento relativo no ponto de inflexão (g/dia por g ou cm/dia por cm);

1218  $C$  = idade no ponto de inflexão (dias);

1219  $t$  = idade (dias);

1220  $e = 2,718281828459$ .

1221 Os modelos foram ajustados para descrever o padrão de crescimento dos peixes nos três  
 1222 grupos genéticos com os dois sexos para peso e todas as características morfométricas medidas.  
 1223 Os parâmetros das curvas de crescimento dos peixes foram estimados pelo método de  
 1224 Marquardt modificado, utilizando o procedimento NLIN do programa SAS versão 9.0.

1225 Para comparar os modelos de crescimento dos grupos genéticos entre sexos, foram  
 1226 utilizados oito modelos diferentes, em cada uma das diferentes características, sendo que o  
 1227 modelo mais simples ( $M_8$ ) considera que os parâmetros das funções de Gompertz são únicos  
 1228 para variedades e sexo, e no modelo completo ( $M_1$ ), considera que cada variedade e sexo possui  
 1229 um parâmetro específico. Os demais modelos avaliados na comparação das curvas de  
 1230 crescimento consideram diferentes restrições, apresentando um ou dois parâmetros em comum,  
 1231 de acordo com a Tabela 1.

1232

1233

1234

1235 Tabela 1 – Parâmetros dos diferentes modelos utilizados na comparação das curvas de crescimento  
 1236 machos e fêmeas da variedade AquaAmérica endogâmica, não endogâmica e do cruzamento  
 1237 AquaAmérica com Tilamax.

| <b>Modelos</b>    |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
|                   | M <sub>1</sub>       | M <sub>2</sub>       | M <sub>3</sub>       | M <sub>4</sub>       | M <sub>5</sub>       | M <sub>6</sub>       | M <sub>7</sub>       | M <sub>8</sub> |
| <b>Parâmetros</b> | <i>A<sub>i</sub></i> | <i>A</i>             | <i>A<sub>i</sub></i> | <i>A<sub>i</sub></i> | <i>A</i>             | <i>A</i>             | <i>A<sub>i</sub></i> | <i>A</i>       |
|                   | <i>B<sub>i</sub></i> | <i>B<sub>i</sub></i> | <i>B</i>             | <i>B<sub>i</sub></i> | <i>B</i>             | <i>B<sub>i</sub></i> | <i>B</i>             | <i>B</i>       |
|                   | <i>C<sub>i</sub></i> | <i>C<sub>i</sub></i> | <i>C<sub>i</sub></i> | <i>C</i>             | <i>C<sub>i</sub></i> | <i>C</i>             | <i>C</i>             | <i>C</i>       |

1238 Parâmetros *A*, *B* e *C* pertencentes ao modelo de Gompertz. *i*= índice para identificação dos grupos  
 1239 genéticos peixes endogâmicos, não endogâmicos e do cruzamento AquaAmérica x Tilamax.

1240  
 1241 Para comparar as curvas de crescimento de machos e fêmeas da variedade AquaAmérica  
 1242 endogâmica, não endogâmica e de grupo proveniente do cruzamento AquaAmérica x Tilamax  
 1243 e avaliar a adequabilidade dos modelos, utilizou-se o teste da razão de verossimilhança para  
 1244 igualdade de parâmetros de modelos não lineares, com aproximação pela estatística qui-  
 1245 quadrado ( $X^2$ ) conforme proposto por Regazzi e Silva (2004).

1246 Para comparar o desempenho das variedades genéticas e sexos, e identificar a interação  
 1247 entre genética e sexo, fez-se a análise utilizando as informações das biometrias. As análises de  
 1248 variância tiveram como causas de variação os efeitos de grupos genéticos (variedade  
 1249 AquaAmérica endogâmica, não endogâmica e cruzamento AquaAmérica x Tilamax), sexo,  
 1250 interação grupo genético\*sexo e erro. Foi utilizado média dos mínimos quadrados e para as  
 1251 comparações entre os grupos genéticos e entre os sexos foi utilizado o teste de Tukey a 5% de  
 1252 significância.

1253

## 1254 **Resultados**

1255 O peso e o comprimento total dos machos do grupo genético do cruzamento  
 1256 AquaAmérica x Tilamax foi maior ( $P<0,05$ ) em relação aos grupos genéticos AquaAmérica  
 1257 endogâmica e AquaAmérica não endogâmica. As demais variáveis morfométricas dos machos  
 1258 não diferiram significativamente entre os grupos genéticos. Para as fêmeas não houve diferença  
 1259 ( $P<0,05$ ) para todas as variáveis analisadas entre os grupos genéticos. Houve interação grupo  
 1260 genético\*sexo, com maior peso ( $P<0,05$ ) nos machos híbridos AquaAmérica x Tilamax, o que  
 1261 não foi evidenciado nas fêmeas (Tabela 2).

1262 Tabela 2 – Peso e características morfométricas de machos e fêmeas de três grupos genéticos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) após 269  
1263 dias de cultivo.

| <b>Grupo Genético</b>                     | <b>PESO (g)</b>     | <b>CT (cm)</b>     | <b>CP (cm)</b> | <b>CC (cm)</b> | <b>ALTC (cm)</b> | <b>ALT1 (cm)</b> | <b>L1 (cm)</b> | <b>LC (cm)</b> |
|---|---------------------|--------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| <b>MACHOS</b>                             |                     |                    |                |                |                  |                  |                |                |
| <b>AquaAmérica Endogâmico</b>             | 670,91 <sup>b</sup> | 33,40 <sup>b</sup> | 26,78          | 9,53           | 9,07             | 11,96            | 5,07           | 5,28           |
| <b>AquaAmérica não Endogâmico</b>         | 708,49 <sup>b</sup> | 33,00 <sup>b</sup> | 26,71          | 9,31           | 8,92             | 11,83            | 5,16           | 5,2            |
| <b>Cruzamento AquaAmérica com Tilamax</b> | 785,10 <sup>a</sup> | 34,37 <sup>a</sup> | 27,54          | 9,73           | 9,51             | 12,41            | 5,31           | 5,49           |
| <b>Coefficiente de Variação</b>           | 19,82               | 5,81               | 5,84           | 6,82           | 13,12            | 9,03             | 12,31          | 10,5           |
| <b>Valor de P</b>                         | 0,0047              | 0,0308             | 0,0822         | 0,0537         | 0,1645           | 0,1152           | 0,2666         | 0,1265         |
| <b>FÊMEAS</b>                             |                     |                    |                |                |                  |                  |                |                |
| <b>AquaAmérica Endogâmico</b>             | 446,74              | 29,06              | 23,65          | 8,48           | 7,82             | 9,71             | 4,43           | 4,54           |
| <b>AquaAmérica não Endogâmico</b>         | 459,96              | 28,77              | 23,5           | 8,27           | 7,74             | 9,77             | 4,5            | 4,53           |
| <b>Cruzamento AquaAmérica com Tilamax</b> | 420,50              | 28,51              | 23,2           | 8,43           | 7,86             | 9,62             | 4,45           | 4,46           |
| <b>Coefficiente de Variação</b>           | 30,99               | 8,56               | 8,53           | 9,04           | 13,27            | 13,31            | 13,99          | 12,31          |
| <b>Valor de P</b>                         | 0,5241              | 0,7377             | 0,7225         | 0,4526         | 0,8862           | 0,8957           | 0,8866         | 0,8587         |
| <b>Interação Grupo Genético*Sexo</b>      | 0,0009              | 0,1122             | 0,1397         | 0,7397         | 0,1102           | 0,1102           | 0,5795         | 0,5795         |

1264 CT: comprimento total; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; Altc: altura da cabeça; Alt1: altura do corpo; L1: largura do corpo; LC: largura da cabeça; Letras  
1265 iguais na coluna indicam que as médias não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

1266

1267 O modelo de melhor ajuste para comparar as fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica  
1268 não endogâmica e AquaAmérica endogâmica foi o M7, em que apenas o valor assintótico para  
1269 peso foi maior ( $P < 0,05$ ) no primeiro grupo genético em relação ao segundo (Tabela 3; Figura  
1270 1). Ainda na comparação destes dois grupos genéticos, as demais variáveis nas fêmeas e todas  
1271 as variáveis no macho foi evidenciado o M8 como modelo de melhor ajuste em que todos os  
1272 parâmetros (A: valor assintótico; B: taxa de crescimento específico; e C: idade no ponto de  
1273 inflexão) não diferiram significativamente (Tabela 3).

1274 Ao comparar os grupos genéticos AquaAmérica endogâmico e cruzamento AquaAmérica  
1275 x Tilamax, o modelo de melhor ajuste para peso nos machos foi o M1, em que todos os  
1276 parâmetros foram diferentes ( $P < 0,05$ ), sendo observado maior valor assintótico, menor taxa de  
1277 crescimento relativo e maior idade no ponto de inflexão no grupo genético híbrido (Tabela 4;  
1278 Figura 2). Ainda considerando estes dois grupos genéticos, as demais variáveis nos machos e  
1279 todas as variáveis analisadas nas fêmeas não diferiram em nenhum parâmetro (modelo de  
1280 melhor ajuste M8).

1281 Os grupos genéticos AquaAmérica não endogâmico e híbrido AquaAmérica x Tilamax  
1282 não apresentaram diferença significativa para o peso quanto a idade no ponto de inflexão, mas  
1283 foi diferente ( $P < 0,05$ ) nos demais parâmetros, com maior valor assintótico e menor taxa de  
1284 crescimento específico para o peso no grupo genético cruzamento AquaAmérica com Tilamax  
1285 (Tabela 4; Figura 3). Para as demais variáveis analisadas nos machos e todas as variáveis  
1286 analisadas nas fêmeas, o M8 foi o modelo de melhor ajuste (Tabela 5).

1287 Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros dos modelos completos (M1) e dos melhores modelos ajustados para descrever o padrão de crescimento de  
 1288 machos e fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica e não endogâmica de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivados em  
 1289 hapas durante 269 dias em Campo Grande (MS).

| Parâmetros***                     | MACHOS    |           |           |           |           |           |           |           | FÊMEAS    |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                   | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        |           |
| <b>AquaAmérica endogâmica</b>     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>            | A         | 769,8     | 35,2      | 28,6      | 11,1      | 9,6       | 11,8      | 4,7       | 5,5       | 514,3     | 28,6      | 23,4      | 8,3       | 8,4       | 8,5       | 4,1       | 4,3       |
|                                   | B         | 0,011     | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,012     | 0,012     | 0,009     | 0,013     | 0,012     | 0,011     | 0,01      | 0,009     | 0,016     | 0,013     | 0,011     |
|                                   | C         | 176       | 76,6      | 74,2      | 100       | 91,3      | 81,6      | 71,1      | 85,3      | 175,5     | 63,3      | 60,2      | 70,2      | 84,4      | 63,3      | 66,8      | 64,5      |
| <b>AquaAmérica não endogâmica</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>            | A         | 799,75    | 33,6      | 27,9      | 10,3      | 9,3       | 11,7      | 4,5       | 5,7       | 605,5     | 29,7      | 23,9      | 9,6       | 9         | 9,6       | 4,6       | 5,9       |
|                                   | B         | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,012     | 0,008     | 0,012     | 0,009     | 0,01      | 0,007     | 0,007     | 0,01      | 0,008     | 0,006     |
|                                   | C         | 189       | 79,5      | 81,8      | 94,9      | 89,6      | 83,5      | 69,8      | 95,7      | 202       | 73,9      | 72,3      | 98,8      | 101       | 75,3      | 83,2      | 119,9     |
| <b>Modelo</b>                     | <b>M1</b> |
| <b>AquaAmérica endogâmica</b>     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>    | A         | 779,9     | 35,3      | 28,6      | 10,8      | 9,5       | 11,9      | 4,5       | 5,5       | 514,3*    | 28,5      | 23,2      | 8,6       | 8,9       | 9         | 4,2       | 4,8       |
|                                   | B         | 0,011     | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,012     | 0,012     | 0,009     | 0,013     | 0,011     | 0,011     | 0,009     | 0,007     | 0,013     | 0,011     | 0,008     |
|                                   | C         | 179,6     | 78,4      | 76,5      | 98,1      | 91,8      | 82,9      | 69,1      | 86,5      | 189       | 65,2      | 64,2      | 76,3      | 95,5      | 68        | 70,6      | 83,6      |
| <b>AquaAmérica não endogâmica</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>    | A         | 779,9     | 35,3      | 28,6      | 10,8      | 9,5       | 11,9      | 4,5       | 5,5       | 605,6*    | 28,5      | 23,2      | 8,3       | 8,9       | 9         | 4,2       | 4,8       |
|                                   | B         | 0,011     | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,012     | 0,012     | 0,009     | 0,013     | 0,011     | 0,011     | 0,009     | 0,007     | 0,013     | 0,011     | 0,008     |
|                                   | C         | 179,6     | 78,4      | 76,5      | 98,1      | 91,8      | 82,9      | 69,1      | 86,5      | 189       | 65,2      | 64,2      | 76,3      | 95,5      | 68        | 70,6      | 83,6      |
| <b>Modelo **</b>                  | <b>M8</b> | <b>M7</b> | <b>M8</b> |

1290 CT: comprimento total; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AltC: altura da cabeça; Alt1: altura do corpo; L1: largura do corpo; LC: largura da cabeça;  
 1291 \*\*\*Parâmetros A, B e C pertencentes ao modelo de Gompertz. A: peso (g) ou tamanho (cm) assintótico; B: crescimento relativo no ponto de inflexão, expresso em g/dia por g  
 1292 ou cm/dia por cm; e C: idade no ponto de inflexão, expresso em dias. \*\*Modelo de melhor ajuste pela estatística  $X^2$  ( $P < 0,05$ ). \*Parâmetros seguidos de asterisco são diferentes  
 1293 entre os grupos genéticos para mesma característica.

1294 Tabela 4 – Estimativas dos parâmetros dos modelos completos (M1) e dos melhores modelos ajustados para descrever o padrão de crescimento de  
 1295 machos e fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica e Cruzamento AquaAmérica x Tilamax de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis*  
 1296 *niloticus*) cultivados em hapas durante 269 dias em Campo Grande (MS).

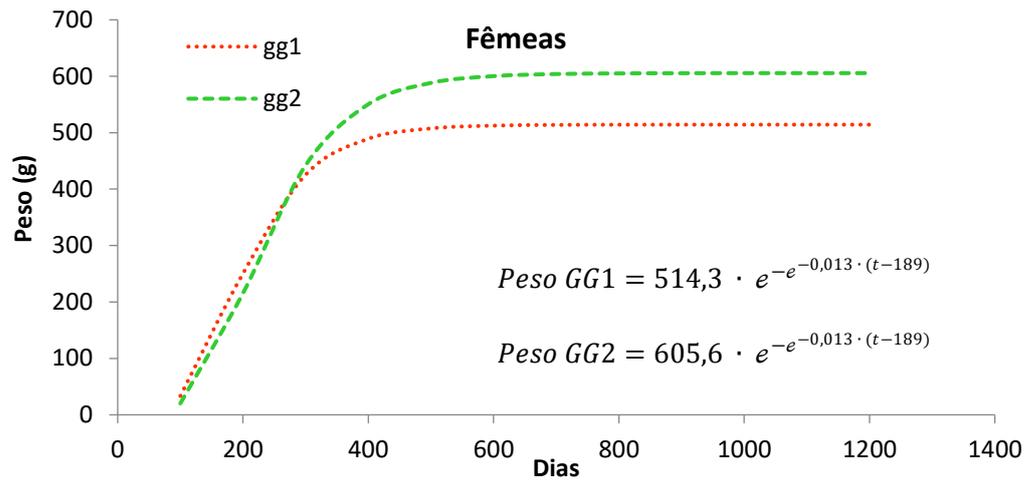
| Parâmetros***                           | MACHOS    |           |           |           |           |           |           |           | FÊMEAS    |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        |           |
| <b>AquaAmérica endogâmica</b>           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>                  | <b>A</b>  | 769,8     | 35,2      | 28,6      | 11,1      | 9,6       | 11,8      | 4,7       | 5,5       | 514,3     | 28,6      | 23,4      | 8,3       | 8,4       | 8,5       | 4,1       | 4,3       |
|   | <b>B</b>  | 0,011     | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,012     | 0,012     | 0,009     | 0,013     | 0,012     | 0,011     | 0,01      | 0,009     | 0,016     | 0,013     | 0,011     |
|   | <b>C</b>  | 176       | 76,6      | 74,2      | 100       | 91,3      | 81,6      | 71,1      | 85,3      | 175,5     | 63,3      | 60,2      | 70,2      | 84,4      | 63,3      | 66,8      | 64,5      |
| <b>Cruzamento AquaAmérica x Tilamax</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>                  | <b>A</b>  | 1063,8    | 38        | 31,1      | 11,3      | 12,1      | 13,8      | 5,6       | 7,5       | 556,7     | 31,2      | 25,3      | 11,1      | 9,7       | 10,2      | 5,6       | 6,5       |
|   | <b>B</b>  | 0,009     | 0,008     | 0,008     | 0,007     | 0,006     | 0,008     | 0,008     | 0,005     | 0,009     | 0,009     | 0,009     | 0,005     | 0,006     | 0,009     | 0,006     | 0,005     |
|   | <b>C</b>  | 204       | 80,1      | 79,8      | 93        | 115,9     | 90,4      | 81,8      | 126,3     | 185       | 67,2      | 65,3      | 106,4     | 93,5      | 66,8      | 98,7      | 121,2     |
| <b>Modelo</b>                           | <b>M1</b> |
| <b>AquaAmérica endogâmica</b>           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>          | <b>A</b>  | 769,8*    | 35,8      | 29,5      | 11,2      | 9,9       | 12,1      | 4,8       | 6         | 557,7     | 28,7      | 23,7      | 9,7       | 8,6       | 9,3       | 16,4      | 4,8       |
|   | <b>B</b>  | 0,011*    | 0,01      | 0,009     | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,011     | 0,008     | 0,01      | 0,011     | 0,011     | 0,007     | 0,009     | 0,013     | 0,012     | 0,008     |
|   | <b>C</b>  | 176,4*    | 77,9      | 76,9      | 99,9      | 93,1      | 83,2      | 71,7      | 95,1      | 182,7     | 63,2      | 61,1      | 90,7      | 84,9      | 68,8      | 70        | 77,7      |
| <b>Cruzamento AquaAmérica x Tilamax</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>          | <b>A</b>  | 1063,8*   | 35,8      | 29,5      | 11,2      | 9,9       | 12,1      | 4,8       | 6         | 557,7     | 28,7      | 23,7      | 9,7       | 8,6       | 9,3       | 16,4      | 4,8       |
|   | <b>B</b>  | 0,009*    | 0,01      | 0,009     | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,011     | 0,008     | 0,01      | 0,011     | 0,011     | 0,007     | 0,009     | 0,013     | 0,012     | 0,008     |
|   | <b>C</b>  | 203,9*    | 77,9      | 76,9      | 99,9      | 93,1      | 83,2      | 71,7      | 95,1      | 182,7     | 63,2      | 61,1      | 90,7      | 84,9      | 68,8      | 70        | 77,7      |
| <b>Modelo **</b>                        | <b>M1</b> | <b>M8</b> |

1297 CT: comprimento total; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AltC: altura da cabeça; Alt1: altura do corpo; L1: largura do corpo; LC: largura da cabeça;  
 1298 \*\*\*Parâmetros A, B e C pertencentes ao modelo de Gompertz. A: peso (g) ou tamanho (cm) assintótico; B: crescimento relativo no ponto de inflexão, expresso em g/dia por g  
 1299 ou cm/dia por cm; e C: idade no ponto de inflexão, expresso em dias. \*\*Modelo de melhor ajuste pela estatística  $X^2$  ( $P < 0,05$ ). \*Parâmetros seguidos de asterisco são diferentes  
 1300 entre os grupos genéticos para mesma característica.

1301 Tabela 5 – Estimativas dos parâmetros dos modelos completos (M1) e dos melhores modelos ajustados para descrever o padrão de crescimento de  
 1302 machos e fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica não endogâmica e Cruzamento AquaAmérica x Tilamax de Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis*  
 1303 *niloticus*) cultivados em hapas durante 269 dias em Campo Grande (MS).

| Parâmetros***                           | MACHOS    |           |           |           |           |           |           |           | FÊMEAS    |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|   | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        | PESO      | CT        | CP        | CC        | ALTC      | ALT1      | L1        | LC        |           |
| <b>AquaAmérica não endogâmica</b>       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>                  | <b>A</b>  | 799,75    | 33,6      | 27,9      | 10,3      | 9,3       | 11,7      | 4,5       | 5,7       | 605,5     | 29,7      | 23,9      | 9,6       | 9,0       | 9,6       | 4,6       | 5,9       |
|   | <b>B</b>  | 0,01      | 0,01      | 0,01      | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,012     | 0,008     | 0,012     | 0,009     | 0,01      | 0,007     | 0,007     | 0,01      | 0,008     | 0,006     |
|   | <b>C</b>  | 189,0     | 79,5      | 81,8      | 94,9      | 89,6      | 83,5      | 69,8      | 95,7      | 202,0     | 73,9      | 72,3      | 98,8      | 101       | 75,3      | 83,2      | 119,9     |
| <b>Cruzamento AquaAmérica x Tilamax</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo Completo</b>                  | <b>A</b>  | 1063,8    | 38        | 31,1      | 11,3      | 12,1      | 13,8      | 5,6       | 7,5       | 556,7     | 31,2      | 25,3      | 11,1      | 9,7       | 10,2      | 5,6       | 6,5       |
|   | <b>B</b>  | 0,009     | 0,008     | 0,008     | 0,007     | 0,006     | 0,008     | 0,008     | 0,005     | 0,009     | 0,009     | 0,009     | 0,005     | 0,006     | 0,009     | 0,006     | 0,005     |
|   | <b>C</b>  | 204,0     | 80,1      | 79,8      | 93,0      | 115,9     | 90,4      | 81,8      | 126,3     | 185,0     | 67,2      | 65,3      | 106,4     | 93,5      | 66,8      | 98,7      | 121,2     |
| <b>Modelo</b>                           | <b>M1</b> |
| <b>AquaAmérica não endogâmica</b>       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>          | <b>A</b>  | 799,8*    | 37,4      | 30,5      | 10,9      | 10,3      | 13,0      | 4,8       | 6,6       | 558,9     | 30,9      | 24,9      | 10,3      | 9,2       | 9,8       | 4,7       | 6,0       |
|   | <b>B</b>  | 0,010*    | 0,009     | 0,009     | 0,007     | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,007     | 0,012     | 0,009     | 0,009     | 0,006     | 0,007     | 0,01      | 0,008     | 0,006     |
|   | <b>C</b>  | 198,1     | 86,3      | 86,5      | 95,8      | 98,6      | 90,8      | 71,8      | 112,1     | 186,0     | 76,6      | 75        | 108       | 101       | 75,5      | 82,2      | 121,5     |
| <b>Cruzamento AquaAmérica x Tilamax</b> |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>Modelo de melhor ajuste</b>          | <b>A</b>  | 1063,8*   | 37,4      | 30,5      | 10,9      | 10,3      | 13,0      | 4,8       | 6,6       | 558,9     | 30,9      | 24,9      | 10,3      | 9,2       | 9,8       | 4,7       | 6,0       |
|   | <b>B</b>  | 0,008*    | 0,009     | 0,009     | 0,007     | 0,007     | 0,009     | 0,011     | 0,007     | 0,012     | 0,009     | 0,009     | 0,006     | 0,007     | 0,01      | 0,008     | 0,006     |
|   | <b>C</b>  | 198,1     | 86,3      | 86,5      | 95,8      | 98,6      | 90,8      | 71,8      | 112,1     | 186,0     | 76,6      | 75        | 108       | 101       | 75,5      | 82,2      | 121,5     |
| <b>Modelo **</b>                        | <b>M4</b> | <b>M8</b> |

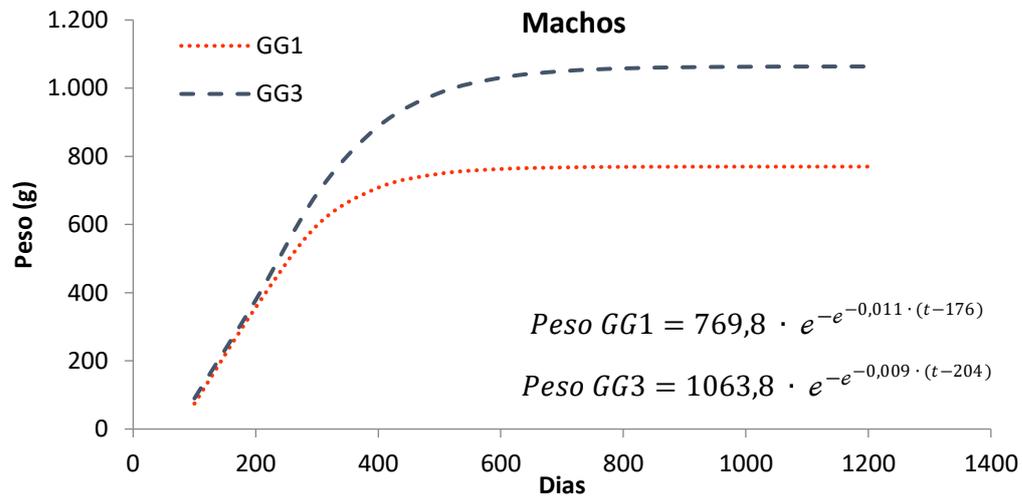
1304 CT: comprimento total; CP: comprimento padrão; CC: comprimento de cabeça; AltC: altura da cabeça; Alt1: altura do corpo; L1: largura do corpo; LC: largura da cabeça;  
 1305 \*\*\*Parâmetros A, B e C pertencentes ao modelo de Gompertz. A: peso (g) ou tamanho (cm) assintótico; B: crescimento relativo no ponto de inflexão, expresso em g/dia por g  
 1306 ou cm/dia por cm; e C: idade no ponto de inflexão, expresso em dias. \*\*Modelo de melhor ajuste pela estatística  $X^2$  ( $P < 0,05$ ). \*Parâmetros seguidos de asterisco são diferentes  
 1307 entre os grupos genéticos para mesma característica.



1308

1309 Figura 1: Curvas de crescimento para modelo de melhor ajuste (M7) do peso (g) em função da  
 1310 idade (dias) de fêmeas de AquaAmérica endogâmica (GG1) e AquaAmérica não endogâmica  
 1311 (GG2) cultivados em hapas em Campo Grande (MS).

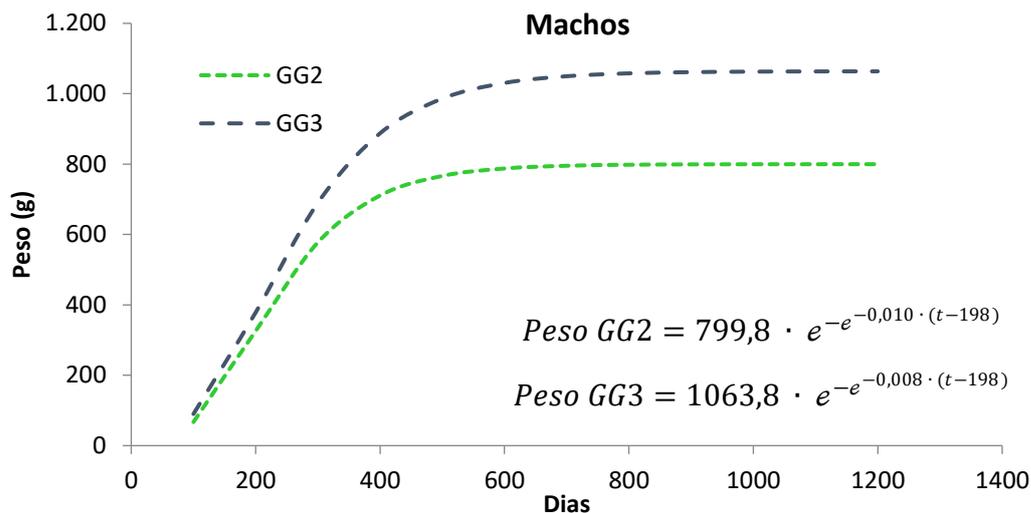
1312



1313

1314 Figura 2: Curvas de crescimento para modelo de melhor ajuste (M1) do peso (g) em função da  
 1315 idade (dias) de machos de AquaAmérica endogâmica (GG1) e do cruzamento AquaAmérica x  
 1316 Tilamax (GG3) cultivados em hapas em Campo Grande (MS).

1317



1318

1319 Figura 3: Curvas de crescimento para modelo de melhor ajuste (M4) do peso (g) em função da  
 1320 idade (dias) de machos de AquaAmérica não endogâmica (GG2) e do cruzamento AquaAmérica  
 1321 x Tilamax (GG3) cultivados em hapas em Campo Grande (MS).

1322

### 1323 **Discussão**

1324 A progênie proveniente do cruzamento e AquaAmérica x Tilamax apresentou  
 1325 maior peso e comprimento total ( $P < 0,05$ ) entre os grupos genéticos estudados. A análise  
 1326 destas variáveis não indica efeito negativo da endogamia nos machos e fêmeas,  
 1327 corroborando com os dados de Alexandru et al. (2014), que a endogamia altera  
 1328 principalmente características reprodutivas.

1329 Embora o peso final das fêmeas não tenha sido prejudicado com a endogamia, fica  
 1330 evidente na curva de crescimento a superioridade no valor assintótico das fêmeas (91,3 g  
 1331 superior) do grupo genético AquaAmérica não endogâmica comparativamente à  
 1332 AquaAmérica endogâmica. Este resultado fica evidenciado no gráfico da curva de  
 1333 crescimento para o peso das fêmeas, em que a estimativa de crescimento para esta variável  
 1334 é bastante superior nas fêmeas não endogâmica. Portanto, mesmo que durante o  
 1335 experimento não tenha sido observado diferença significativa, estima-se que a endogamia  
 1336 afetará o peso assintótico após os 269 dias. A reprodução de peixes endogâmicos geram  
 1337 lotes com baixo desempenho (Alves, Varela, Hashimoto, 2013), e provavelmente, com  
 1338 esta diferença de peso assintótico, o desempenho também será prejudicado, destacando a  
 1339 importância de analisar características reprodutivas para determinar os possíveis impactos  
 1340 da seleção ao longo de gerações em um programa de criação de características  
 1341 reprodutivas (Trong et al., 2013). Por outro lado, as demais características morfométricas

1342 entre os grupos genéticos AquaAmérica endogâmico e AquaAmérica não endogâmico  
1343 não foram influenciadas pela endogamia.

1344 Em machos não foi encontrado padrão de crescimento distinto com a endogamia  
1345 para o peso e características morfométricas, o que evidencia maior efeito negativo da  
1346 endogamia nas fêmeas comparativamente aos machos. Em tilápia-do-Nilo é explícito o  
1347 dimorfismo sexual, demonstradas pelas predisposições genéticas, diferenças no  
1348 comportamento, dominância, bem como o fato das fêmeas terem a alimentação privada  
1349 durante a reprodução quando estão com os ovos e larvas na boca (Toguyeni et al., 2002;  
1350 Valentin et al., 2015; Sarmiento et al., 2018).

1351 Interessante observar que a comparação entre os grupos genéticos com, híbrido  
1352 AquaAmérica x Tilamax apresentou efeito positivo no valor assintótico para a variável  
1353 peso nem relação ao grupo AquaAmérica endogâmica, mas a taxa de crescimento  
1354 específico (parâmetro B) foi menor e a idade no ponto de inflexão maior. Este resultado  
1355 indica maior crescimento no grupo genético proveniente do cruzamento AquaAmérica x  
1356 Tilamax. Menor valor assintótico para o peso foi obtido por Amâncio et al. (2014), os  
1357 quais observaram valores do parâmetro A, para peso, de 763,6 g, todavia, o período de  
1358 avaliação foi de 180 dias e a densidade foi de 25 peixes/m<sup>3</sup> (18kg/m<sup>3</sup>), demonstrando que  
1359 a densidade de estocagem utilizada no experimento foi correta, não interferindo no  
1360 crescimento de todos os grupos genéticos.

1361 A partir das estimativas dos valores obtidos para o ajuste dos modelos de  
1362 Gompertz para predição das curvas de crescimento, verificou-se o maior valor assintótico  
1363 para o peso nos machos do grupo genético proveniente do cruzamento AquaAmérica x  
1364 Tilamax tanto em relação ao grupo genético AquaAmérica endogâmica quanto ao grupo  
1365 genético AquaAmérica não endogâmica, apresentando crescimento superior de 14,6% em  
1366 relação aos animais endogâmicos, e de 9,8% quando comparadas ao grupo AquaAmérica  
1367 não endogâmico. Estes resultados corroboram com um efeito negativo no peso assintótico  
1368 nos machos. Moav e Wohlfart (1963), em trabalho pioneiro de identificação da depressão  
1369 consanguínea em organismos aquáticos, encontraram uma redução de 15% na taxa  
1370 relativa de crescimento de três progênies de acasalamento de irmãos com irmãs, mesmo  
1371 havendo seleção de reprodutores consanguíneos de maior peso. A depressão por  
1372 endogamia resulta do aumento da homozigose dos genes deletérios recessivos ocultos nas  
1373 populações e do fato dos indivíduos biologicamente aparentados terem maior  
1374 probabilidade de possuírem os mesmos genes recessivos danosos (Toledo-Filho et al.,  
1375 1998).

1376 Quanto maior for o parâmetro B (taxa de crescimento relativo), significa que os  
1377 peixes apresentam crescimento inicial e final mais lento, deixando o crescimento em torno  
1378 do ponto de inflexão, resultando em taxa de crescimento máximo. Valores menores para  
1379 o parâmetro B, fazem com que o crescimento seja mais distribuído ao longo do tempo  
1380 (Fialho, 1999). Amâncio et al. (2014), encontraram valores para o parâmetro C (idade no  
1381 ponto de inflexão) de 186,6 dias no modelo de Gompertz, abaixo dos valores obtidos  
1382 nesta pesquisa. Oliveira et al. (2013) encontrou valores do parâmetro C de 348,2 dias para  
1383 machos e de 306, 2 dias para fêmeas, também no modelo de Gompertz.

1384 As curvas de crescimento têm sido aplicadas para identificar as melhorias na  
1385 eficiência da produção animal, associando fatores intrínsecos e extrínsecos, identificando  
1386 em diferentes grupos genéticos o momento adequado para o abate (Guedes et al., 2004).  
1387 No presente estudo, o modelo utilizado foi de Gompertz, e foi o que melhor se ajustou  
1388 para todas as características avaliadas de curvas de crescimento, e mostrou-se adequado  
1389 para aplicação no padrão de crescimento de variedades de tilápia-do-Nilo. Hernandez-  
1390 Llamas e Ratkowsky (2004), Katsanevakis e Maravelias (2008) e Oliveira et al (2013)  
1391 obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, avaliando modelos matemáticos  
1392 para descrever o crescimento de peixes. Os modelos utilizados descreveram  
1393 adequadamente o padrão de crescimento das características estudadas para machos e  
1394 fêmeas. Diferentemente do peso, as características morfométricas, o modelo 8, que é o  
1395 modelo reduzido, foi o de melhor ajuste para explicar o crescimento dos peixes nos  
1396 diferentes grupos genéticos.

1397 A endogamia proporciona uma depressão consanguínea, tanto em caracteres  
1398 relacionados com efeitos biológicos como em características de crescimento (Caicyt,  
1399 1987). A utilidade desse tipo de experimento não é para ser instrumento de melhoramento  
1400 genético e sim de avaliar os componentes dominantes para características de interesse  
1401 produtivo. Uma forma de reduzir os efeitos ambientais no valor fenotípico e produzir  
1402 linhagens geneticamente homogêneas, é utilizando o cruzamento de animais aparentados  
1403 (endogamia). Entretanto, as progênes geradas por pais de aparentados tem mais chances  
1404 de herdarem genes deletérios. Os lotes gerados por reproduções de peixes endogâmicos  
1405 apresentam baixo desempenho, alta taxa de mortalidade, deformidades corporais, e  
1406 sobretudo vulnerabilidade às doenças (Alves, Varela, Hashimoto, 2013). A alta  
1407 variabilidade genética é essencial na formação de bancos genéticos utilizados em  
1408 programas de melhoramento genético (Alves, Varela, Hashimoto, 2013).

1409

**1410 Conclusão**

1411 Para machos, o grupo genético híbrido AquaAmérica x Tilamax apresentou maior  
1412 peso final e peso assintótico em relação aos grupos genéticos AquaAmérica endogâmico  
1413 e não endogâmico. Para as fêmeas, a endogamia proporcionou efeito negativo no peso  
1414 assintótico.

1415

**1416 Agradecimentos**

1417 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento  
1418 de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da  
1419 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

1420

**1421 Referências**

1422

1423 ALEXANDRU VB, GABRIEL C, LUCIAN I, ALIN BI. 2014. Morphological  
1424 abnormalities as a result of inbreeding in controlled reproduction in *Oreochromis*  
1425 *niloticus*, Linnaeus, 1757. J Biotech 185: 18-36.

1426 ALVES A L, VARELA ES, HASHIMOTO DT. 2013. Genética aplicada a piscicultura.  
1427 In: RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.;  
1428 SANTOS, V. R. V. dos (Ed.). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos,  
1429 Brasília: Embrapa.

1430 AMANCIO ALL, SILVA JHV, FERNANDES JBK, SAKOMURA NK, CRUZ GRB.  
1431 2014. Use of mathematical models in the study of bodily growth in GIFT strain Nile  
1432 tilapia. Rev Ciência Agronômica 45: 257-266.

1433 ARIYANTO D, SUMANTADINATA K, SUDRAJAT AO. 2010. Sex differentiation and  
1434 growth performance trials of two genotypes of tilapia administered with androgenic  
1435 hormone. Indones Aquac J 5(2).

1436 BENTSEN HB, GJERDE B, EKNATH AE, VERA MSP, VELASCO RR, DANTING J  
1437 C, DIONISIO EE, LONGALONG FM, REYES RA, ABELLA TA, TAYAMEN MM,  
1438 PONZONI RW. 2017. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five  
1439 generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus*  
1440 and the further impact of the Project. Aquaculture, 468: 206-217.

1441 BOYD CE. 1998. Water quality for pond aquaculture. Auburn University, Auburn.

- 1442 BROWN JE, FITZHUGH JrHA, CARTWRIGHT TCA. 1976. Comparison of  
1443 nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *J Anim Sci* 42: 810-  
1444 818.
- 1445 CAICYT, MONTEROS JE, LABARTA U. 1987. *Genética em acuicultura*. Madrid:  
1446 Mundi Prensa Livros, 279 p.
- 1447 CYRINO JEP, URBINATI EC, FRACALOSSI DM, CASTAGNOLLI N. 2004. *Tópicos*  
1448 *Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*, Jaboticabal: TecArt, 533 p.
- 1449 DUMAS A, FRANCE J, BUREAU D. 2010. Modelling growth and body composition in  
1450 fish nutrition: where have we been and where are we going? *Aquaculture Res*  
1451 41:161-181.
- 1452 FANTINI LE, CORREA FILHO RAC, MARTINS TX, LAICE ML, SERAPHIM GN,  
1453 SILVA ALN, HANSON T, POVH JA. 2019. Growth curve comparison of native fish  
1454 cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) and cachapinta hybrid (*P. reticulatum* ×  
1455 *Pseudoplatystoma corruscans*). *Aquaculture* 506: 70-74.
- 1456 FAO. 2018. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de*  
1457 *desarrollo sostenible*, Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 233 p.
- 1458 FIALHO FB. 1999. *Interpretação da curva de crescimento de Gompertz*. Comunicado  
1459 Técnico 237. Concórdia: Embrapa-CNPSA: 4.
- 1460 GAMITO S. 1998. Growth models and their use in ecological modelling: an application  
1461 to a fish population. *Ecological Modelling* 133: 83-94.
- 1462 GJERDE B, MENGISTU SB, ODEGÅRD J, JOHANSEN H, ALTAMIRANO DS. 2012  
1463 Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia  
1464 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 342-343: 117-124.
- 1465 GUEDES MHP, MUNIZ JÁ, PÉREZ JRO, SILVA FFE, AQUINO LH, SANTOS-CRUZ  
1466 CL. 2004 *Estudos das curvas de crescimento de cordeiros das raças Santa Inês e*  
1467 *Bergamácia considerando heterogeneidade de variâncias*. *Ciência e Agrotecnologia* 28:  
1468 383-390.
- 1469 HERNANDEZ-LLAMAS F, RATKOWSKY DA. 2004. Growth of fishes, crustaceans  
1470 and molluscs: estimation of the von Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards curves  
1471 and a new growth model. *Marine Ecology Progress Series* 282: 237-244.
- 1472 KATSANEVAKIS S, MARAVELIAS CD. 2008. Modelling fish growth: multi-model  
1473 inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and*  
1474 *Fisheries*. 9: 178- 187.

- 1475 LIND CE, SAFARI A, AGYAKWAH SK, ATTIPOE FYK, EL-NAGGAR GO,  
1476 HAMZAH A, HULATA G, IBRAHIM NA, KHAW HL, NGUYEN NH, MALUWA  
1477 AO, ZAID M, ZAK T, PONZONI RW. 2015. Differences in sexual size dimorphism  
1478 among farmed tilapia species and strains undergoing genetic improvement for body  
1479 weight. *Aquaculture Rep.* 1: 20–27.
- 1480 MACINTOSH DJ, LITTLE DC. 1995. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In:  
1481 BROMAGE, N.R., ROBERTS, R.J. *Broodstock management and egg and larval quality*.  
1482 London: Blackwell Science. 12: 277-320.
- 1483 MASSAGO H, CASTAGNOLLI N, MALHEIROS B, KOBERSTEIN TCRD,  
1484 SANTOS MA, RIBEIRO RP. 2010. Crescimento de quatro linhagens de tilápia  
1485 *Oreochromis niloticus*. *Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais.* 8: 397-203.
- 1486 MELLO F, OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, RESENDE EK, POVH JA, FORNARI DC,  
1487 BARRETO RV, MCMANUS C, STREIT JÚNIOR D. 2015. Growth curve by Gompertz  
1488 nonlinear regression model in female and males in tambaqui (*Colossoma macropomum*).  
1489 *Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro.* 87 (4): 2309-2315.
- 1490 MOAV R, WOHLFARTH GW. 1963. Breeding schemes for the improvement of edible  
1491 fish. *Prog. Rep., 1962. Fish Breeding Assoc. Israel,* 44 págs.
- 1492 NGUYEN NH. 2016. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with  
1493 a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. *Fish*  
1494 *and Fisheries.* 17: 483–506.
- 1495 OLIVA-TELES A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *J Fish Dis.* 35: 83-108.
- 1496 OLIVEIRA MAS, OLIVEIRA CAL, MATSUBARA BJA, OLIVEIRA SN, KUNITA N  
1497 M, YOSHIDA GM, RIBEIRO RP. 2013. Padrões de crescimento de machos e fêmeas de  
1498 tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT. *Semina* 34(4): 1891-1899.
- 1499 OLIVEIRA CA, RIBEIRO RP, STREIT JDP, POVH JA, RESENDE EK. 2012.  
1500 Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura Brasileira. *Panorama*  
1501 *da Aquicultura* 130: 38-47.
- 1502 PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S, KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic  
1503 parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia  
1504 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247(4): 203-210.
- 1505 PONZONI RW, NGUYEN NH, KHAW HL, HAMZAH A, BAKAR KRA, YEE HY.  
1506 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference  
1507 to the work conducted by the WorldFish center with the GIFT strain. *Rev Aquac* 3: 27-  
1508 41.

- 1509 REGAZZI AJ, SILVA CHO. 2004. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a  
1510 identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente  
1511 casualizado. Rev. Mat Estatist 22: 33–45.
- 1512 RIBEIRO RP. 2001. Construção de tanques, In: MOREIRA HLM, VARGAS L,  
1513 RIBEIRO RP, ZIMMERMANN S. (Eds.), Fundamentos da moderna aquicultura.  
1514 Canoas: ULBRA, p. 45–52.
- 1515 SARMENTO NLAFF, MARTINS EFF, COSTA DC, MATTIOLI CC, JULIO GSC,  
1516 FIGUEIREDO LG, LUZ MR, LUZ RK. 2018. Reproductive efficiency and egg and  
1517 larvae quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. Aquaculture 482: 96-102.
- 1518 SILVA FL, ALENCAR MM, FREITAS AR, PACKER IU, MOURÃO GB. 2011. Curvas  
1519 de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. Pesquisa Agr Brasil  
1520 46(3): 262-271.
- 1521 STREIT JR DP, POVH JA, FORNARI DC, GALO JM, GUERREIRO LRJ, OLIVEIRA  
1522 D, DIGMAYER M, GODOY LC. 2012. Recomendações técnicas para a reprodução do  
1523 tabaqui, Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 30 p.
- 1524 TOGUYENI A, FAUCONNEAU B, FOSTIER A, ABUCAY J, MAIR G, BAROILLER  
1525 JF. 2002. Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth  
1526 performances in tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 207:249-261.
- 1527 TOLEDO-FILHO SA, ALMEIDA-TOLEDO LF, FORESTI F, CALCAGNOTTO D,  
1528 SANTOS SBAF E BERNARDINO G. 1998. Programas genéticos de seleção, hibridação  
1529 e endocruzamento aplicados à piscicultura. Cadernos de Ictiogenética, São Paulo: USP,  
1530 56 p.
- 1531 TRÔNG TQ, ARENDONK JAMV, KOMEN H. 2013. Genetic parameters for  
1532 reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): II. Fecundity and  
1533 fertility. Aquaculture 416–417: 72-77.
- 1534 VALENTIN FN, NASCIMENTO NF, SILVA RC, TSUJI EA, PAES MCF,  
1535 KOBERSTEIN TCRD, NAKAGHI LSO. 2015. Maternal age influences on reproductive  
1536 rates in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Rev Bras Zootec 44: 161-163.
- 1537 VERDAL H, MEKKAWY W, LIND C, VANDEPUTTE M, CHATAIN B, BENZIE J.  
1538 2017. Measuring individual feed efficiency and its correlations with performance traits in  
1539 Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 468: 489-495.
- 1540 VIDAL LVO, ALBINATI RCB, ALBINATI ACL, DE LIRA AD, DE ALMEIDA TR,  
1541 SANTOS GB. 2008. Eugenol como anestésico para a tilápia-do-Nilo. Pesquisa Agr Brasil  
1542 43: 1069-1074.

- 1543 YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, RIZZATO GS, RIBEIRO RP. 2015a.  
1544 Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age  
1545 classes. *Acta Sci Anim Sci* 37: 221–226.

1546 **ARTIGO 3** – Rendimento corporal e qualidade do filé fresco e congelado de grupos  
1547 genéticos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)<sup>1</sup>  
1548

1549 **Resumo:** O objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento corporal e qualidade do filé  
1550 fresco e congelado de machos e fêmeas dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica,  
1551 AquaAmérica não endogâmica e do cruzamento das variedades AquaAmérica e Tilamax.  
1552 Foram alocados em quatro hapas de 48 m<sup>3</sup>, 40 peixes (20 machos e 20 fêmeas) de cada  
1553 grupo genético. Os peixes foram alocados com 51 dias de idade e produzidos por 269  
1554 dias. O peso pré-abate foi maior ( $P<0,05$ ) para os machos AquaAmérica x Tilamax  
1555 ( $0,805\pm 0,204$  kg) em relação ao grupo AquaAmérica endogâmico ( $0,643\pm 0,115$  kg). A  
1556 porcentagem de rendimento de filé foi maior ( $P<0,05$ ) nos machos AquaAmérica x  
1557 Tilamax ( $32,14\pm 4,72\%$ ) em relação a AquaAmérica endogâmica ( $28,15\pm 2,67\%$ ) e não  
1558 endogâmica ( $29,06\pm 2,80\%$ ). A porcentagem de rendimento de cabeça, porcentagem de  
1559 rendimento de vísceras, pH, valores de cor L\*, cor a\*, cor b\*, força de cisalhamento,  
1560 perda por exsudação e perda por cozimento não diferiram significativamente entre os  
1561 grupos genéticos e sexo. Observou-se alterações na qualidade da carne após o  
1562 descongelamento. Conclui-se que a endogamia na variedade AquaAmérica resulta em  
1563 menor peso de abate nos machos; machos AquaAmérica x Tilamax apresentam maior  
1564 rendimento de filé; e a qualidade do filé não é influenciada pelo cruzamento, endogamia  
1565 e sexo, mas é alterada após o descongelamento.  
1566

1567 **Palavras-chave:** aquicultura, endogamia, filé fresco, filé de peixe, qualidade de carne,  
1568 variedades de tilápia-do-Nilo.  
1569

### 1570 **Introdução**

1571

1572 A tilápia-do-Nilo se destaca por ser o segundo grupo de peixe mais cultivado no  
1573 mundo, representando 8,0% da produção mundial em 2016 (FAO 2018). No Brasil, a  
1574 tilápia-do-Nilo representou em 2018 o organismo aquático mais produzido, com 400,3  
1575 mil toneladas, o que colocou o país como o quarto maior produtor desta espécie no  
1576 mundo, atrás apenas da China, Indonésia e Egito (PeixeBR 2019).

---

<sup>1</sup> Artigo aceito para publicação no periódico Annals of the Brazilian Academy of Sciences, em 07/10/2019. Versão aceita em anexo.

1577 A tilápia-do-Nilo é a única espécie aquícola no Brasil que possui um programa de  
1578 melhoramento genético consolidado, contribuindo nos últimos anos para o aumento da  
1579 sua produção em comparação a outras espécies de peixes. O ganho proveniente do  
1580 melhoramento genético de peixes pode representar entre 8 a 12% por geração de seleção  
1581 em programas bem gerenciados (Nguyen 2016), podendo atingir até 15% (Ponzoni et al.  
1582 2005; Ponzoni et al. 2011). A seleção para peso na despesca (principal objetivo dos  
1583 programas de melhoramento genético de peixes) podem não representar correlação  
1584 significativa para rendimento corporal e qualidade do filé. Além disso, a seleção pode  
1585 levar a um aumento da endogamia, a qual pode afetar estas características (Alexandru et  
1586 al. 2014). Estas situações salientam a importância do monitoramento das características  
1587 nas gerações de seleção para peso na despesca.

1588 A variedade GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) foi introduzida no Brasil  
1589 no ano de 2005 (30 famílias), sendo a importação realizada na Universidade Estadual de  
1590 Maringá (UEM), localizada no Município de Maringá, Paraná, Brasil, por meio de  
1591 convênio com o *World Fish Center* (Oliveira et al. 2012). Esta variedade foi composta a  
1592 partir de um cruzamento de quatro variedades africanas selvagens (Gana, Egito, Quênia  
1593 e Senegal) e quatro variedades domesticadas na Ásia (Israel, Singapura, Taiwan e  
1594 Tailândia) (Eknath et al. 2007). A variedade de tilápia-do-Nilo AquaAmérica foi formada  
1595 a partir da variedade GIFT cruzada com variedades de tilápia-do-Nilo Chitralala e Bouaké  
1596 (Oliveira et al. 2016; Garcia et al. 2017). Após a 6ª geração da tilápia GIFT, melhorada  
1597 geneticamente na UEM, houve introdução de variedades locais de tilápias para a produção  
1598 das famílias, criando uma nova variedade de tilápia-do-Nilo, sendo denominada de  
1599 Tilamax.

1600 Os programas de melhoramento genético de peixes têm como principal objetivo  
1601 melhorar as taxas de crescimento, contudo, o rendimento de filé também é considerado  
1602 como característica importante para o aumento de eficiência econômica da cadeia  
1603 produtiva (Turra et al. 2010; Rutten et al. 2004). O rendimento industrial da tilápia-do-  
1604 Nilo está relacionado ao peso corporal, aos métodos de processamento (Azevedo et al.  
1605 2016), da matéria prima e das características intrínsecas (Contreras-guzmán 1994). O filé  
1606 é o principal produto na industrialização da tilápia-do-Nilo (Boscolo et al. 2001) e o peso  
1607 do filé é uma característica que deve ser considerada em um programa de melhoramento  
1608 genético (Rutten et al. 2005), assim como a qualidade da carne, que é determinante para  
1609 a percepção do consumidor (Olsson Olsen e Ofstad 2003; Lauritzsen et al. 2004; Oliveira

1610 et al. 2008) e, portanto, também deve ser considerada em programas de melhoramento  
1611 genético.

1612 Embora existam trabalhos avaliando desempenho (Lima et al. 2015; Rodrigues et  
1613 al. 2018), parâmetros genéticos (Oliveira et al. 2015), características reprodutivas  
1614 (Yoshida et al. 2015; Sarmiento et al. 2018) de variedades melhoradas geneticamente, não  
1615 há trabalhos comparativos das variedades melhoradas geneticamente mais recentemente  
1616 no Brasil quanto aos aspectos de rendimento corporal e qualidade de filé, e principalmente  
1617 quanto ao efeito da endogamia e cruzamento das diferentes variedades melhoradas nestas  
1618 características. O objetivo do trabalho foi avaliar o rendimento corporal e qualidade do  
1619 filé fresco e congelado em diferentes grupos genéticos de tilápia-do-Nilo.

1620

1621

## Material e Métodos

1622

### 1623 INSTALAÇÕES E ANIMAIS

1624 O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Piscicultura  
1625 (20°49'96.58"S 54°61'46.20"W) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
1626 (UFMS), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil. O abate, análises qualitativas de  
1627 carne e análise de rendimento foram realizadas no Laboratório de Processamento e  
1628 Qualidade de Carne da UFMS (Qualicarne/UFMS-FAMEZ). Essa pesquisa foi aprovada  
1629 pela Comissão de Ética no Uso de Animais/UFMS (Protocolo nº 784/2016).

1630 Os peixes utilizados no experimento foram provenientes de reprodutores de tilápia-  
1631 do-Nilo das variedades Tilamax e AquaAmérica, as quais representam a sétima e segunda  
1632 geração de seleção de melhoramento genético para ganho de peso, respectivamente. Os  
1633 animais do estudo foram obtidos por meio de acasalamentos das variedades no mesmo  
1634 local de estudo. A variedade AquaAmérica foi avaliada em diferentes graus de  
1635 parentesco, sendo zero (não endogâmica), 25% (endogâmica) e um grupo genético  
1636 proveniente do cruzamento de fêmeas AquaAmérica com machos Tilamax.

1637 Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água de  
1638 10% ao dia. Estimou-se a biomassa final de 1,5 kg de peixe/m<sup>2</sup>, conforme recomendado  
1639 por Ribeiro et al. (2001). A alimentação dos peixes foi realizada duas vezes ao dia (09:00  
1640 horas e 16:00 horas), utilizando rações conforme o peso dos animais, sendo que na faixa  
1641 de peso de 5 até 20 g foi utilizado ração farelada (45% proteína bruta, 9% extrato etéreo,  
1642 2,5% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade); na faixa de peso de 20  
1643 até 100 g foi utilizada ração extrusada com péletes de 2 mm (40% proteína bruta, 11%

1644 extrato etéreo, 2,5% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e 12% de umidade); na faixa  
1645 de peso de 100 até 300 g foi utilizado ração extrusada com péletes 3-4 mm (36% proteína  
1646 bruta, 6% extrato etéreo, 6% matéria fibrosa, 11% matéria mineral, e 12% de umidade);  
1647 na faixa de peso de 300 até 1000 g foi utilizada ração extrusada com péletes de 5-6 mm  
1648 (32% proteína bruta, 6,5% extrato etéreo, 4% matéria fibrosa, 14% matéria mineral, e  
1649 12% de umidade;). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente.

1650 Diariamente durante período experimental (janeiro/dezembro) foram mensuradas  
1651 as variáveis temperatura ( $23,8 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $5,0 \pm 2,7 \text{ mg/l}$ ), pH ( $8,1 \pm$   
1652  $0,3$ ) e condutividade elétrica ( $109,3 \pm 8,8 \mu\text{S/cm}$ ) com multiparâmetro YSI (Yellow  
1653 Springs Instruments). Mensalmente foi determinado as concentrações de nitrogênio  
1654 amoniacal ( $0,84 \pm 0,7 \text{ mg/L N-NH}_3$ ), nitrito ( $0,04 \pm 0,04 \text{ mg/L N-NO}_2$ ) e alcalinidade de  
1655 carbonatos ( $79,5 \text{ CaCO}_3 \pm 11,1 \text{ mg/L}$ ) com kit colorimétrico (AlfaKit). Todos os  
1656 indicadores de qualidade de água mantiveram-se dentro da faixa adequada para o  
1657 desenvolvimento dos peixes de clima tropical (Boyd 1998).

1658 Foram alocados em quatro hapas de  $48 \text{ m}^3$  40 peixes (20 machos e 20 fêmeas) de  
1659 cada grupo genético, obtendo 120 peixes por hapa e 480 peixes no total do experimento,  
1660 sendo 160 animais por grupo genético. Machos e fêmeas foram criados juntos Todos os  
1661 peixes foram identificados individualmente com microchip (Animal tag). Os peixes  
1662 foram alocados com 51 dias de idade e peso médio inicial para machos e fêmeas,  
1663 respectivamente, de  $12,23 (\pm 2,50)$  e  $10,36 (\pm 1,85)$  g (AquaAmérica Endogâmico),  $11,33$   
1664  $(\pm 3,55)$  e  $11,32 (\pm 3,35)$  g (AquaAmérica não endogâmico), e,  $18,14 (\pm 6,76)$  e  $16,18$   
1665  $(\pm 7,04)$  g (Cruzamento Tilamax X AquaAmérica) e produzidos por 269 dias, até  
1666 completarem 320 dias de idade.

1667

## 1668 CARACTERÍSTICAS MENSURADAS, ABATE E DETERMINAÇÃO DO 1669 RENDIMENTO DE CARCAÇA

1670 Após jejum de 24 horas, foi realizado biometria para determinação do peso final, e  
1671 antes do abate, todos os peixes foram anestesiados em solução de Eugenol (100 mg/l) e,  
1672 posteriormente decapitados conforme indicação nas diretrizes estabelecidas no Conselho  
1673 Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) para peixes maiores que  
1674 200 g. Em seguida, os peixes foram mantidos em caixas térmicas com gelo até o momento  
1675 das análises.

1676 Para a verificação do peso dos animais e rendimento dos cortes foi utilizado uma  
1677 balança eletrônica digital (Toledo, modelo 9094). O processo de abate, cortes e filetagem

1678 foi manual e realizada por uma única pessoa treinada. O cálculo de percentual das partes  
1679 de rendimento foi feito em relação ao peso total do peixe antes do abate dado pela equação  
1680  $PRA (\%) = (PPA / PPS) \times 100$ , onde a PRA consiste em percentagem do rendimento  
1681 avaliado (peso filés, vísceras e cabeça), PPA em porcentagem de peso da parte avaliada  
1682 e PPS em porcentagem de peso abate. Posteriormente as amostras foram envoltas em  
1683 papel filme de polietileno e congeladas para póstera análise.

1684 Para as análises de pH, cor, perda por cozimento, perda por exsudação e força de  
1685 cisalhamento foram utilizados 120 filés do lado esquerdo (40 de cada grupo genético,  
1686 sendo metade machos e metade fêmeas). Os atributos qualitativos foram realizados  
1687 conforme AMSA (2015). Todas as variáveis foram mensuradas no filé pós congelamento,  
1688 e para o filé fresco foi analisado apenas a cor e ph. Após a análise dos atributos de filé  
1689 fresco, os filés identificados desde o abate, foram congelados em freezer com temperatura  
1690 de  $-16^{\circ}\text{C}$  por 150 dias (Franco et al. 2013) posteriormente colocadas em câmara fria para  
1691 descongelamento a  $0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

1692 Para mensuração do pH foi utilizado peagâmetro portátil (Hanna, modelo HI  
1693 99163), calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7. O pH intramuscular foi avaliado  
1694 em triplicata (três regiões distintas de cada filé) antes da realização dos demais testes e  
1695 20 minutos pós morte.

1696 Para a determinação da cor foi utilizado um aparelho marca Konica Minolta,  
1697 modelo CR-400, adotando-se o sistema como CIELAB, determinado por valores  $L^*$   $a^*$   
1698  $b^*$ , onde  $L^*$  está relacionado a luminosidade da amostra, variando de 0 (Preto) a 100  
1699 (Branco), o  $a^*$  aos tons de verde (-60) e vermelho (+60) e  $b^*$  com tons de azul (-60) e  
1700 amarelo (+60). Após essas análises todos os filés foram identificados e armazenados em  
1701 freezer.

1702 Para determinar as perdas por exsudação, todas as amostras foram pesadas antes do  
1703 descongelamento. Depois de 24 hrs, as amostras descongeladas foram pesadas, e os  
1704 exsudatos liberados de cada amostra também foram pesados. A relação dos pesos  
1705 determinou a perda por exsudação.

1706 As perdas por cozimento foram determinadas pela pesagem das amostras antes e  
1707 depois do cozimento. Para isso, as amostras foram pesadas cruas e submetidas ao  
1708 cozimento em forno elétrico convencional a temperatura de  $170^{\circ}\text{C}$ . A temperatura foi  
1709 monitorada até que as amostras atingissem  $71^{\circ}\text{C}$  no centro geométrico das amostras. Após  
1710 o cozimento, as amostras foram pesadas novamente para cálculo da perda de líquido  
1711 durante o cozimento.

1712 Para realização da força de cisalhamento, os filés após o cozimento foram envoltos  
1713 em filme de polietileno e resfriados a 20°C, após duas horas de descanso em bancada.  
1714 Para a determinação da força de cisalhamento utilizou-se texturômetro (Brookfield CT3),  
1715 com capacidade para 25 kg, com velocidade do seccionador de 3,3 mm/s e equipado com  
1716 lâmina do tipo Warner-Bratzler (HDP/WBV), expressando a resposta em kg/cm<sup>2</sup>. Cinco  
1717 sub-amostras (2mc x 1cm) de cada região do filé foram retiradas de cada filé com o auxílio  
1718 de um suporte retangular, de maneira que os filés foram comprimidos no sentido axial até  
1719 corte completo da amostra. As sub-amostras, 200 por tratamento, foram colocadas no  
1720 texturômetro para realização do corte e cálculo da força. A força de cisalhamento média  
1721 das sub-amostras de cada filé foi usada como o valor da força de cisalhamento de cada  
1722 animal (Fantini et al., 2015).

1723

## 1724 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

1725 Todas as análises foram realizadas utilizando o procedimento GLM do programa  
1726 SAS 9.0. Para as comparações entre os grupos genéticos, filé fresco e descongelado  
1727 utilizou-se o teste T de Student a 5% de probabilidade.

1728

## 1729 **Resultados**

1730

1731 O peso pré-abate foi maior ( $P<0,05$ ) nos machos do grupo genético AquaAmérica  
1732 x Tilamax em relação ao grupo AquaAmérica endogâmico. A porcentagem de rendimento  
1733 de filé foi maior ( $P<0,05$ ) nos machos do grupo genético AquaAmérica x Tilamax em  
1734 relação aos grupos AquaAmérica endogâmico e não endogâmico. Não houve diferença  
1735 no peso pré-abate e porcentagem de rendimento de filé nas fêmeas nos diferentes grupos  
1736 genéticos. A porcentagem de rendimento de cabeça e a porcentagem de rendimento de  
1737 vísceras dos machos e fêmeas não diferiram significativamente entre os grupos genéticos  
1738 (Tabela 1).

1739

1740

1741

1742

1743 Tabela 1. Rendimento corporal (média  $\pm$  desvio padrão) em machos e fêmeas de diferentes variedades genéticas de tilápia do Nilo após produção  
 1744 de 269 dias em Campo Grande, MS, Brasil.

| Variável        | Machos                            |                                       |  |         | Fêmeas                            |                                       |  |         |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|---------|
|                 | AquaAmérica<br>Endogâmico<br>n=20 | AquaAmérica não<br>Endogâmico<br>n=20 | Cruzamento<br>AquaAmérica<br>com Tilamax<br>n=20 | Valor-P | AquaAmérica<br>Endogâmico<br>n=20 | AquaAmérica não<br>Endogâmico<br>n=20 | Cruzamento<br>AquaAmérica<br>com Tilamax<br>n=20 | Valor-P |
| Peso abate (kg) | 0,643 $\pm$ 0,115 <sup>b</sup>    | 0,714 $\pm$ 0,095 <sup>ab</sup>       | 0,805 $\pm$ 0,204 <sup>a</sup>                   | 0,0087  | 0,393 $\pm$ 0,100                 | 0,470 $\pm$ 0,197                     | 0,441 $\pm$ 0,145                                | 0,2671  |
| Prfilé (%)      | 28,15 $\pm$ 2,67 <sup>b</sup>     | 29,06 $\pm$ 2,80 <sup>b</sup>         | 32,14 $\pm$ 4,72 <sup>a</sup>                    | 0,0043  | 29,32 $\pm$ 2,61                  | 31,30 $\pm$ 2,19                      | 30,16 $\pm$ 3,19                                 | 0,0756  |
| Prcab (%)       | 23,50 $\pm$ 2,13                  | 22,47 $\pm$ 2,72                      | 22,29 $\pm$ 2,82                                 | 0,3482  | 24,64 $\pm$ 3,18                  | 23,00 $\pm$ 1,93                      | 24,42 $\pm$ 2,54                                 | 0,1203  |
| Prvisc (%)      | 5,38 $\pm$ 1,66                   | 5,46 $\pm$ 0,66                       | 5,90 $\pm$ 0,93                                  | 0,3354  | 6,32 $\pm$ 1,43                   | 6,24 $\pm$ 1,25                       | 6,56 $\pm$ 1,50                                  | 0,7825  |

1745 Letras diferentes indicam que as médias dos grupos genéticos dentro de cada sexo diferem estatisticamente entre si pelo teste de T ( $P < 0,05$ ). Prfilé  
 1746 (%): Porcentagem de rendimento de filé; Prcab (%): Porcentagem de rendimento de cabeça; Prvisc (%): Porcentagem de rendimento de vísceras.

1747

1748 As características pH, Cor (L\*, a\* e b\*), força de cisalhamento, perdas por  
1749 exsudação e perdas por cozimento não diferiram significativamente tanto para machos  
1750 (Tabela 2) como para fêmeas (Tabela 3) entre os grupos genéticos para as variáveis filé  
1751 fresco e filé descongelado. Todavia, o pH e Cor a\* foram maiores ( $P < 0,05$ ) no filé fresco  
1752 em relação ao filé descongelado independente do sexo dos peixes. Por outro lado, a Cor  
1753 L\* e Cor b\* foram maiores ( $P < 0,05$ ) no filé descongelado em relação ao filé fresco tanto  
1754 em machos quanto em fêmeas (Tabela 2; Tabela 3).

1755

1756

1757

1758

1759

1760

1761

1762

1763

1764

1765

1766

1767

1768

1769

1770

1771

1772

1773

1774

1775

1776

1777

1778

1779

1780

1781

1782

Tabela 2. Qualidade do filé fresco e congelado por 150 dias (média  $\pm$  desvio padrão) de machos em 3 grupos genéticos de tilápia do Nilo.

| Variável                                 | AquaAmérica endogâmico        |                               | AquaAmérica não endogâmico    |                               | Cruzamento AquaAmérica x Tilamax |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
|  | Filé Fresco                   | Filé descongelado             | Filé Fresco                   | Filé descongelado             | Filé Fresco                      | Filé descongelado             |
|  | n=20                          | n=20                          | n=20                          | n=20                          | n=20                             | n=20                          |
| pH                                       | 6,33 $\pm$ 0,23 <sup>a</sup>  | 6,01 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>  | 6,30 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>  | 6,06 $\pm$ 0,21 <sup>b</sup>  | 6,39 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>     | 5,97 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>  |
| Cor L*                                   | 43,67 $\pm$ 1,92 <sup>b</sup> | 55,28 $\pm$ 3,84 <sup>a</sup> | 43,50 $\pm$ 2,05 <sup>b</sup> | 53,72 $\pm$ 4,68 <sup>a</sup> | 43,33 $\pm$ 2,12 <sup>b</sup>    | 56,25 $\pm$ 2,98 <sup>a</sup> |
| Cor A*                                   | 1,18 $\pm$ 0,82 <sup>a</sup>  | 0,34 $\pm$ 0,78 <sup>b</sup>  | 1,46 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>  | 0,52 $\pm$ 0,63 <sup>b</sup>  | 1,11 $\pm$ 1,25 <sup>a</sup>     | 0,19 $\pm$ 1,21 <sup>b</sup>  |
| Cor B*                                   | 0,71 $\pm$ 1,39 <sup>b</sup>  | 7,66 $\pm$ 2,34 <sup>a</sup>  | 0,74 $\pm$ 1,03 <sup>b</sup>  | 7,42 $\pm$ 1,78 <sup>a</sup>  | 0,52 $\pm$ 1,53 <sup>b</sup>     | 7,72 $\pm$ 2,16 <sup>a</sup>  |
| Força Cisalhamento (kg/cm <sup>2</sup> ) | -                             | 1,04 $\pm$ 0,14               | -                             | 1,08 $\pm$ 0,15               | -                                | 1,11 $\pm$ 0,17               |
| Perdas por exsudação (%)                 | -                             | 7,85 $\pm$ 3,06               | -                             | 7,43 $\pm$ 2,08               | -                                | 7,06 $\pm$ 2,46               |
| Perdas por cozimento (%)                 | -                             | 29,38 $\pm$ 5,91              | -                             | 27,42 $\pm$ 10,94             | -                                | 27,92 $\pm$ 5,13              |

1783

1784

1785

1786

1787

1788

1789

1790

1791

Letras diferentes nos grupos genéticos indicam que as médias para filé fresco e filé pós-congelamento diferem estatisticamente de acordo com o teste T (P <0,05). Não houve diferença significativa entre os grupos genéticos para filé fresco e pós-congelamento. Para cada amostra da variável Força de cisalhamento, foram realizadas cinco subamostras.

1792

1793 Tabela 3. Qualidade do filé fresco e congelado por 150 dias (média  $\pm$  desvio padrão) de fêmeas em 3 grupos genéticos de tilápia do Nilo.

| Variável                                 | AquaAmérica endogâmico        |                               | AquaAmérica não endogâmico    |                               | Cruzamento AquaAmérica x Tilamax |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
|  | Filé Fresco                   | Filé descongelado             | Filé Fresco                   | Filé descongelado             | Filé Fresco                      | Filé descongelado             |
|  | n=20                          | n=20                          | n=20                          | n=20                          | n=20                             | n=20                          |
| pH*                                      | 6,21 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>  | 5,91 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>  | 6,19 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>  | 5,92 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>  | 6,13 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>     | 5,96 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>  |
| Cor L*                                   | 44,09 $\pm$ 2,81 <sup>b</sup> | 57,40 $\pm$ 4,00 <sup>a</sup> | 43,83 $\pm$ 2,64 <sup>b</sup> | 55,82 $\pm$ 3,73 <sup>a</sup> | 44,30 $\pm$ 3,37 <sup>b</sup>    | 56,45 $\pm$ 3,35 <sup>a</sup> |
| Cor A*                                   | 0,83 $\pm$ 1,30 <sup>a</sup>  | -0,18 $\pm$ 1,33 <sup>b</sup> | 0,91 $\pm$ 1,07 <sup>a</sup>  | 0,36 $\pm$ 1,38 <sup>b</sup>  | 1,12 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>     | 0,08 $\pm$ 1,29 <sup>b</sup>  |
| Cor B*                                   | 0,66 $\pm$ 1,37 <sup>b</sup>  | 7,65 $\pm$ 1,98 <sup>a</sup>  | 0,76 $\pm$ 1,31 <sup>b</sup>  | 8,38 $\pm$ 3,38 <sup>a</sup>  | 0,78 $\pm$ 1,00 <sup>b</sup>     | 7,78 $\pm$ 1,81 <sup>a</sup>  |
| Força Cisalhamento (kg/cm <sup>2</sup> ) | -                             | 1,08 $\pm$ 0,186              | -                             | 1,10 $\pm$ 0,184              | -                                | 1,01 $\pm$ 0,162              |
| Perdas por exsudação (%)                 | -                             | 10,09 $\pm$ 2,88              | -                             | 9,84 $\pm$ 2,94               | -                                | 9,67 $\pm$ 4,30               |
| Perdas por cozimento (%)                 | -                             | 32,94 $\pm$ 10,80             | -                             | 31,36 $\pm$ 4,44              | -                                | 30,36 $\pm$ 7,50              |

1794 Letras diferentes nos grupos genéticos indicam que as médias para filé fresco e filé pós-congelamento diferem estatisticamente de acordo com o  
1795 teste T (P <0,05). Não houve diferença significativa entre os grupos genéticos para filé fresco e pós-congelamento. Para cada amostra da variável  
1796 Força de cisalhamento, foram realizadas cinco subamostras.

## Discussão

1797

1798

1799 Este é o primeiro trabalho comparativo do rendimento corporal e características de filés  
1800 de uma variedade de tilápia-do-Nilo melhorada geneticamente endogâmica e não endogâmica,  
1801 e de grupo genético proveniente do cruzamento de duas variedades melhoradas. Os resultados  
1802 mostram que o nível de endogamia e o sexo não alteraram a qualidade dos filés. A qualidade  
1803 da carne também foi alterada após o descongelamento em todo os grupos genéticos e sexo.  
1804 Todavia, observa-se que machos provenientes do cruzamento entre as variedades AquaAmérica  
1805 e Tilamax apresentaram maior peso pré-abate e porcentagem de rendimento de filé em relação  
1806 a AquaAmérica endogâmica, evidenciando um possível efeito da endogamia nas características  
1807 de rendimento corporal.

1808

1809

1810

1811

1812

1813

1814

1815

1816

1817

1818

1819

1820

1821

1822

1823

1824

1825

1826

1827

1828

1829

1830

Os machos dos grupos genéticos AquaAmérica endogâmica, AquaAmérica não endogâmica e proveniente do cruzamento AquaAmérica x Tilamax apresentaram peso pré-abate bastante superior as fêmeas. Estes resultados confirmam o maior peso dos machos e em relação a variedades melhoradas geneticamente (Gjerde et al. 2012; Bentsen et al. 2017; Lind et al. 2015) e não melhoradas geneticamente (Verdal et al. 2017; Pires et al. 2011). Interessante observar que as fêmeas da variedade AquaAmérica não endogâmica apresentaram 65,8% do peso dos machos, enquanto que as fêmeas da AquaAmérica endogâmica e do grupo genético AquaAmérica x Tilamax representavam 61,2% e 54,8% do peso dos machos, respectivamente. Essa diferença de peso entre machos e fêmeas após 320 dias de idade demonstra o dimorfismo sexual para tamanho corporal, que foi menos evidenciado no grupo AquaAmérica não endogâmica. De qualquer forma, os resultados ressaltam a importância da reversão sexual na produção de tilápia-do-Nilo, pois independente do grupo genético o peso dos machos é maior.

O maior peso pré-abate dos machos provenientes do grupo genético AquaAmérica x Tilamax em relação a AquaAmérica endogâmica revela um efeito negativo da endogamia. Além disso, o grupo genético AquaAmérica x Tilamax apresentaram rendimento de filé superior à variedade AquaAmérica endogâmica e não endogâmica. Considerando que o mercado atual de tilápia-do-Nilo é voltado preferencialmente na comercialização de filé, esta passa ser uma característica importante para ser melhorada nos programas de melhoramento genético. Alterações no rendimento de filé podem ser devido a genética (Geri et al. 1995), e no presente trabalho evidencia que o cruzamento favoreceu o rendimento de filé.

O rendimento de filé observado na variedade AquaAmérica (endogâmica e não endogâmica) foi um pouco abaixo do observado por Thodesen et al. (2012), que obtiveram rendimento de 30,1% para machos melhorados de primeira geração da variedade GIFT, e por

1831 Nguyen et al. (2010), que obtiveram rendimentos de 31,1%, para a quarta geração, 34,6% na  
1832 quinta geração e 34,5% na sexta geração de seleção da GIFT na Malásia. Todavia, o rendimento  
1833 de filé do grupo proveniente do cruzamento AquaAmérica x Tilamax foi próximo ao  
1834 rendimento observado por Nguyen et al. (2010) na quarta geração, mas inferior ao observado  
1835 pelos autores nas gerações seguintes. O menor rendimento de filé encontrado no presente estudo  
1836 pode ser pela faixa de peso dos peixes, em que peixes de maior tamanho tende a apresentar  
1837 maior rendimento em relação aos peixes de menor tamanho, como demonstrado por Thodesen  
1838 et al. (2012) e Gjerde et al. (2012), e devido ser a segunda geração de melhoramento de tilápia  
1839 AquaAmérica, conforme observado no trabalho de Thodesen et al. (2012).

1840        Todavia, a evolução das variedades melhoradas tende a aprimorar o rendimento de filé,  
1841 como pode-se observar no trabalho de Nguyen et al. (2010), em que após três gerações de  
1842 programa de melhoramento para peso corporal concluíram que houve um aumento significativo  
1843 do peso do filé. Isso demonstra que a porcentagem de rendimento de filé tende a ser melhorado  
1844 nas próximas gerações de seleção da variedade AquaAmérica. Interessante observar que a  
1845 variedade Tilamax utilizada para obter o grupo genético AquaAmérica x Tilamax é da sétima  
1846 geração de seleção, o que pode justificar a porcentagem de rendimento de filé similar quando  
1847 comparado com a AquaAmérica, que é da segunda geração de seleção.

1848        A porcentagem de cabeça e de vísceras não foram diferentes entre os grupos genéticos  
1849 avaliados. Os resultados foram semelhantes ao observado por outros estudos (Silva et al. 2009;  
1850 Neira et al. 2016; Rutten et al. 2005).

1851        As características qualitativas no filé não foram influenciadas pelos grupos genéticos  
1852 avaliados, indicando que mesmo na variedade endogâmica as características não são alteradas.  
1853 A qualidade da carne é fundamental visando o aumento do consumo de pescado, que ainda é  
1854 baixo em alguns países, como o Brasil que teve consumo de 5 a 10 kg habitante/ano entre 2013  
1855 e 2015 (FAO 2018).

1856        Os valores de pH do filé fresco foram semelhantes entre os grupos genéticos, indicando  
1857 que esta variável é mais dependente do manejo pré-abate do que a genética dos peixes. O tempo  
1858 entre a captura e o abate pode influenciar no pH do filé, sendo que quanto mais demorado o  
1859 abate dos peixes, maior o nível de glicogênio utilizado e, conseqüentemente, haverá menor  
1860 ácido lático produzido via anaeróbica, proporcionando menor redução do pH (Soares and  
1861 Gonçalves 2012). Estas reações químicas são dependentes do nível de estresse durante o abate,  
1862 e aceleram o estado de rigor mortis dos peixes (Poli et al. 2005). De forma geral, os valores de  
1863 pH encontrado nos diferentes grupos genéticos e sexo foram próximos ao observado em outros  
1864 trabalhos com tilápia-do-Nilo (Santo et al. 2016: 6,19 a 6,36; Goes et al. 2018: 6,15 a 6,30).

1865 Todavia, valores mais baixos também são verificados (Rebouças et al. 2017: 5,91),  
1866 evidenciando grande influência do ambiente e/ou estresse pré-abate no valor do pH no filé  
1867 fresco. A legislação brasileira estabelece limites máximos para o pH de pescado fresco de 7,0  
1868 desde que sem prejuízo da avaliação das características sensoriais (Brasil, 2017) e, portanto, os  
1869 valores obtidos para filé fresco podem ser considerados adequados.

1870 No início do rigor mortis, o pH dos peixes tende a baixar e, posteriormente, com a  
1871 finalização do rigor mortis, o pH volta a subir (Ashie, Smith e Simpson 1996; Emire e  
1872 Gebremariam 2010). Odoli (2009) encontrou variação de pH de 6,5 a 6,7 durante a estocagem  
1873 de filés de tilápia-do-Nilo à 1 °C. Cartonilho e Jesus (2011), verificou uma variação de pH de  
1874 6,66 a 6,70 em cortes de tambaqui (*Colossoma macropomum*) congelados por 180 dias. No  
1875 presente trabalho, entre todos os grupos genéticos (independente do sexo), o filé descongelado  
1876 apresentou menor pH em relação ao filé fresco, mas dentro da faixa de valor comumente  
1877 observado para peixes.

1878 No presente trabalho, após o armazenamento dos filés por 150 dias, a Cor L\* e Cor b\*  
1879 aumentaram e a Cor a\* diminuiu para todos os grupos genéticos (independente do sexo). Os  
1880 dados consolidam com o trabalho de Zhao et al. (2017), que também encontraram essa variação  
1881 com filé de tilápia-do-Nilo após o armazenamento à -18°C por 60 dias. As cores semelhantes  
1882 nos filés entre os grupos genéticos indicam que estas variáveis não são influenciadas pelos  
1883 grupos genéticos. Isso é afirmado pela proximidade dos valores observado por outros autores  
1884 (Lima et al., 2015; Rebouças, et al. 2017). Todavia, ocorrem modificações após o congelamento  
1885 em todos os grupos genéticos e sexo, em que o filé ficou mais claro após o armazenamento de  
1886 150 dias, corroborando com os resultados encontrados por Oliveira Filho et al. (2015).

1887 A cor clara é uma característica importante para a escolha do filé pelo consumidor. A  
1888 variável Cor a\* está ligada a mioglobina presente nos músculos (Maia e Ogawaa 1999), e  
1889 provavelmente o armazenamento ocasionou a oxidação da mioglobina muscular, deixando o  
1890 filé mais claro (Oliveira Filho et al. 2015; Venugopal 2006). Da mesma forma o armazenamento  
1891 de filé pode ter aumentado a oxidação lipídica (Veek et al, 2013) e modificado a estrutura do  
1892 tecido muscular, (Robb et al. 2000), o que pode justificar o aumento da cor b \* e cor L \*,  
1893 respectivamente.

1894 A força de cisalhamento não diferiu significativamente entre os grupos genéticos, sendo  
1895 os resultados semelhantes ao encontrado por Wang et al. (2018), que verificou força de  
1896 cisalhamento de 1,585 kg/cm<sup>2</sup> após o congelamento. Estes autores destacam que a dureza (força  
1897 máxima necessária para comprimir) é menor em filés de tilápia-do-Nilo que passaram por  
1898 repetidos processos de congelamento e descongelamento, evidenciando que o congelamento

1899 acelera a degradação de proteínas (Wang et al. 2018). O armazenamento de 26 dias diminui a  
1900 força de compressão (Oliveira Filho et al. 2015) e essa característica de amolecimento de files  
1901 de peixe significa deterioração e perda de qualidade (Truong et al. 2016). Essa mudança de  
1902 textura após o armazenamento é devido a redução da solubilidade e desnaturação de proteínas  
1903 musculares (Sikorski e Kolakowska 1994; Hyldig e Nielsen 2001).

1904 A perda por exsudação e perda por cozimento foram semelhantes nos grupos diferentes  
1905 grupos genéticos (independente do sexo), comprovando que não houve alteração na textura do  
1906 filé pelo grupo genético. Estas variáveis têm relação com a capacidade de retenção de água, e  
1907 quando estas perdas são altas podem gerar características indesejáveis para filés de pescado,  
1908 como a diminuição da suculência e perda de peso (Lakshmanan, Parkinson e Piggott, 2007).

1909 As perdas por exsudação em machos e fêmeas foram um pouco maiores do que as  
1910 observadas no trabalho de Wang et al. (2018) os quais observaram perdas de 6,82% após o  
1911 descongelamento. Por outro lado, as perdas por cozimento em machos e em fêmeas foram  
1912 semelhantes ao estudo de Rebouças et al. (2017), que registraram uma perda de 29,00%. A  
1913 capacidade de retenção de água é diminuída com a instalação do rigor mortis no animal, e a  
1914 idade, função do músculo e estresse *ante mortem* pode também influenciar a capacidade de  
1915 retenção de água (Judge et al. 1989). Todavia, no presente trabalho não foi observado  
1916 diferenças entre os grupos genéticos, sendo que os resultados foram muito próximos ao  
1917 observado por outros trabalhos.

1918

1919

### **Conclusão**

1920

1921 A grupo genético proveniente do cruzamento AquaAmérica x Tilamax tem maior peso  
1922 de abate e porcentagem de rendimento de filé comparativamente a AquaAmérica endogâmica.  
1923 A qualidade do filé não é influenciada pelo cruzamento, endogamia e sexo. Há diminuição do  
1924 pH e da cor A\*, e aumento da cor L\* e da cor B\* dos filés de machos e fêmeas dos grupos  
1925 genéticos após o congelamento.

1926

1927

### **Agradecimentos**

1928

1929 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
1930 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Universidade  
1931 Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

1932

**Referências**

- 1933
- 1934
- 1935 ALEXANDRU VB, GABRIEL C, LUCIAN I AND ALIN BI. 2014. Morphological  
1936 abnormalities as a result of inbreeding in controlled reproduction in *Oreochromis niloticus*,  
1937 Linnaeus, 1757. J Biotech 185: 18–36.
- 1938 AMSA. 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental  
1939 tenderness measurements of meat, 2. ed., Champaign: American Meat Science Association, 104  
1940 p.
- 1941 ASHIE INA, SMITH JP AND SIMPSON BK. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh  
1942 fish and shellfish. Crit Rev Food Sci Nutr 36: 87-121.
- 1943 AZEVEDO AV, FEIDEN A, GRANDI AM, DEPARIS A, DEBONA FMV, FRIGO KDA,  
1944 SIVIDANES VP AND SILVA AM. 2016. Análise de rendimento industrial da tilápia do Nilo  
1945 (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus,1758). Acta Iguazu 5: 111-127.
- 1946 BENTSEN HB ET AL. 2017. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five  
1947 generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the  
1948 further impact of the Project. Aquaculture: 468: 206–217.
- 1949 BOSCOLO WR, HAYASHI C, SOARES CM, FURUYA WM AND MEURER F. 2001.  
1950 Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis*  
1951 *niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. R Bras Zootec 30:  
1952 1391-1396.
- 1953 BOYD CE. 1998. Water quality for pond aquaculture, Auburn: Auburn University, 37 p.
- 1954 BRASIL. 2017. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 9.013, de 29  
1955 mar 2017. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal  
1956 (RIISPOA), Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 108 p.
- 1957 CARTONILHO MM AND JESUS RS. 2011. Qualidade de cortes congelados de tambaqui.  
1958 Pesq Agropec Bras 46: 344-350.

- 1959 CONTRERAS-GUZMÁN ES. 1994. Bioquímica de pescados e derivados, Jaboticabal: Funep,  
1960 409 p.
- 1961 EKNATH AE, BENTSEN HB, PONZONI RW, RYE M, NGUYEN NH., THODESEN J AND  
1962 GJERDE B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic  
1963 parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding.  
1964 *Aquaculture* 273:1-14.
- 1965 EMIRE SA AND GEBREMARIAM MM. 2010. Influence of frozen period on the proximate  
1966 composition and microbiological quality of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *J Food*  
1967 *Process Pres* 34: 743-757.
- 1968 FANTINI LE, LARA JAF, DELBEM ACB, USHIZIMA TT, POVH JA AND CAMPOS CM.  
1969 2015. Quality attributes and properties of surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) meat. *Semina:*  
1970 *Ciênc Agrár* 36: 3957-3964.
- 1971 FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo  
1972 sostenible, Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 233 p.
- 1973 GARCIA ALS, OLIVEIRA CAL, KARIM HM, SARY C, TODESCO H AND RIBEIRO RP.  
1974 2017. Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile  
1975 tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J Appl Genetics* 58: 527-533.
- 1976 GERI G, LUPI P, PARISI G, DELL'AGNELLO M, MARTINI A AND PONZETTA MP.  
1977 1995. Morphological characteristics and chemical composition of muscle in the mirror carp  
1978 (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) as influenced by body weight. *Aquaculture* 129: 323-327.
- 1979 GJERDE B, MENGISTU SB, ODEGÅRD J, JOHANSEN H AND ALTAMIRANO DS. 2012.  
1980 Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis*  
1981 *niloticus*). *Aquaculture* 342-343: 117-124.
- 1982 GOES ESDR, LARA JAFD, GASPARINO E, GOES MD, ZUANAZZI JSG, LOPERA-  
1983 BARRERO N. M, RODRIGUEZ MPR, CASTRO PL AND RIBEIRO RP. 2018. Effects of

- 1984 transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia fillets. *Sci Agric* 75: 321-  
1985 328.
- 1986 HYLDIG G AND NIELSEN D. 2001. A review of sensory and instrumental methods used to  
1987 evaluate the texture of fish muscle. *J Texture Stud* 32: 219-242.
- 1988 JUDGE M, ABERLE E AND FORREST J. 1989. Principles of meat science, Iowa: Kendal  
1989 Hunt Publication, 507 p.
- 1990 LAKSHMANAN R, PARKINSON JA AND PIGGOTT JR. 2007. High-pressure processing  
1991 and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). *Lebensm Wiss*  
1992 *Technol* 40: 544 -551.
- 1993 LAURITZSEN K, AKSE L, GUNDERSEN B AND OLSEN RL. 2004. Effects of calcium,  
1994 magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua* L). *J Sci Food Agric* 84: 683-92.
- 1995 LIMA ECR, SOUZA RL, WAMBACH XF, SILVA U L AND CORREIA ES. 2015. Cultivo  
1996 da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de  
1997 estocagem. *Rev Bras Saúde Prod Anim* 16: 948-957.
- 1998 LIND CE, ET AL. 2015. Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species  
1999 and strains undergoing genetic improvement for body weight. *Aquaculture Rep* 1: 20-27.
- 2000 MAIA EL AND OGAWA M. 1999. Cor. In: Manual de pesca. Ciência e tecnologia do pescado,  
2001 São Paulo: Livraria Varela Ltda, São Paulo, Brasil, p. 75-85.
- 2002 NEIRA R, GARCÍA X, LHORENTE JP, FILP M, YÁÑEZ JM AND CASCANTE AM. 2016.  
2003 Evaluation of the growth and carcass quality of diallel crosses of four strains of Nile tilapia  
2004 (*Oerochromis niloticus*). *Aquaculture* 451: 213-222.
- 2005 NGUYEN HN, PONZONI RW, ABU-BAKAR KR, HAMZAH A, KHAW HL AND YEE HY.  
2006 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in  
2007 genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 305: 1-  
2008 5.

- 2009 NGUYEN NH. 2016. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a  
2010 reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. *Fish Fish*  
2011 17: 483–506.
- 2012 ODOLI CO. 2009. Optimal storage conditions for fresh Farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*)  
2013 filets. 2009. Thesis (Masters in Science) – University of Iceland, Iceland.
- 2014 OLIVEIRA CA, RIBEIRO RP, STREIT JUNIOR DP, POVH JA AND RESENDE EK. 2012.  
2015 Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura Brasileira. *Panorama da*  
2016 *Aquicultura* 130: 38-47.
- 2017 OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, YOSHIDA GM, KUNITA NM, RIZZATO GS, OLIVEIRA  
2018 SN AND NGUYEN NH. 2016. Correlated changes in body shape after Five generations of  
2019 selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*  
2020 in Brazil. *J Appl Genet* 57: 487-493.
- 2021 OLIVEIRA CAL, YOSHIDA GM, OLIVEIRA SN, KUNITA NM, SANTOS AI,  
2022 ALEXANDRE FILHO L AND RIBEIRO RP. 2015. Avaliação genética de tilápias-do-Nilo  
2023 durante cinco anos de seleção. *Pesq Agropec Bras* 50: 871-877.
- 2024 OLIVEIRA FILHO PRC, OLIVEIRA CAF, SOBRAL PJA, BALIEIRO JCC, NATORI MM  
2025 AND VIEGAS EMM. 2015. How stunning methods affect the quality of Nile tilapia meat.  
2026 *Cyta-J Food* 13: 56-62.
- 2027 OLIVEIRA NMS, OLIVEIRA WRM, NASCIMENTO LC, SILVA JMSF, VICENTE E, FIORINI JE AND  
2028 BRESSAN MC. 2008. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à  
2029 sanitização. *Ciênc Tecnol Aliment* 28: 83-89.
- 2030 OLSSON GB, OLSEN RL AND OFSTAD R. 2003. Post-mortem structural characteristics and  
2031 water holding capacity in Atlantic halibut muscle. *Lebensm Wiss Technol* 36: 125-33.
- 2032 PEIXEBR. 2019. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019, São Paulo: PeixeBR, São Paulo,  
2033 Brasil, 146 p.

- 2034 PIRES AV, PEDREIRA MM, PEREIRA IG, JÚNIOR AF, ARAÚJO CV AND SILVA LHS.  
2035 2011. Predição do rendimento e do peso do filé de tilápia-do-Nilo. *Acta Sci Anim Sci* 33: 315-  
2036 319.
- 2037 POLI BM, PARISI G, SCAPPINI F AND ZAMPACAVALLLO G. 2005. Fish welfare and  
2038 quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquacult Int* 13: 29–49.
- 2039 PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S AND KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic  
2040 parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia  
2041 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203-210.
- 2042 PONZONI RW, NGUYEN NH, KHAW HL, HAMZAH A, BAKAR KRA AND YEE HY.  
2043 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to  
2044 the work conducted by the WorldFish center with the GIFT strain. *Rev Aquac* 3: 27-41.
- 2045 REBOUÇAS LOS, FIGUEIREDO JPV, MESQUITA ACN, SANTOS JÚNIOR J, ASSIS APP,  
2046 CAMPÊLO MCS, SILVA JBA AND LIMA PO. 2017. Qualidade física e sensorial da tilápia  
2047 (*Oreochromis niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. *Bol Ind Anim* 74: 116-  
2048 121.
- 2049 RIBEIRO RP. 2001. Construção de tanques. In: MOREIRA HLM, VARGAS L, RIBEIRO RP  
2050 AND ZIMMERMANN S (Eds), *Fundamentos da moderna aquicultura*, Canoas: ULBRA,  
2051 Canoas, Brasil, p. 45–52.
- 2052 ROBB DHF, KESTIN SC AND WARRISS PD. 2000. Muscle activity at slaughter: I. Changes  
2053 in flesh colour and gaping in rainbow trout. *Aquac* 182: 261-69.
- 2054 RODRIGUES RB, LUI TA, NEU DH, BOSCOLO WR AND BITTENCOURT F. 2018. Valine  
2055 in diets for Nile tilápia. *Rev Ciênc Agron* 49: 467-474.
- 2056 RUTTEN MJM, BOVENHUI H AND KOMEN H. 2004. Modeling fillet traits based on body  
2057 measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 231: 113-  
2058 122.

- 2059 RUTTEN MJM, BOVENHUIS H AND KOMEN H. 2005. Genetic parameters for fillet traits  
2060 and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 246: 125-132.
- 2061 SANTO EFE ET AL. 2016. Desempenho, sanidade animal e qualidade de filés de tilápias  
2062 alimentadas com ração suplementada com biomassa bacteriana. *Arq Bras Med Vet Zootec* 68:  
2063 525-534.
- 2064 SARMENTO NLAF, MARTINS EFF, COSTA DC, MATTIOLI CC, JULIO GSC,  
2065 FIGUEIREDO LG, LUZ MR AND LUZ RK. 2018. Reproductive efficiency and egg and larvae  
2066 quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. *Aquaculture* 482: 96-102.
- 2067 SIKORSKI ZE, KOLAKOWSKA A AND BURT JR. 1994. Postharvest biochemical and  
2068 microbial changes. In: SIKORSKI Z E (ed), *Seafood: Resources, Nutritional Composition and*  
2069 *Preservation*, Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, USA, p. 55-75.
- 2070 SILVA FV, SARMENTO NLAF, VIEIRA JS, TESSITORE AJA, OLIVEIRA LLS AND  
2071 SARAIVA EP. 2009. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e  
2072 resíduos em tilápias-do-Nilo em diferentes faixas de peso. *R Bras Zootec* 38: 1407-1412.
- 2073 SOARES KMP AND GONÇALVES AA. 2012. Aplicação do método do índice de qualidade  
2074 (MIQ) para o estudo da vida útil de flés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sem pele,  
2075 armazenados em gelo. *Semina: Ciênc Agrár*, 33: 2289-2300.
- 2076 THODESEN J, RYE M, WANG YX, BENTSEN HB AND GJEDREM T. 2012. Genetic  
2077 improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in fillet traits of  
2078 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and  
2079 fillet yield. *Aquaculture* 366-367: 67-75.
- 2080 TRUONG BQ, BUCKOW R, NGUYEN MH AND STATHOPOULOS CE. 2016. High  
2081 pressure processing of barramundi (*Lates calcarifer*) muscle before freezing: The effects on  
2082 selected physicochemical properties during frozen storage. *J Food Eng* 169: 72-78.

- 2083 TURRA EM, OLIVEIRA DAA, TEIXEIRA EA, PRADO SA, MELO DC, SOUZA AB. 2010.  
2084 Uso de medidas morfológicas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do  
2085 Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev Bras Reprod Anim 34: 29-36.
- 2086 VEECK APL, BOLIGON AA, ATHAYDE ML AND EMANUELLI T. 2013. Mate extract on  
2087 lipid and color changes of dourado fillets during frozen storage. Ciênc Rural 43: 1317-1322.
- 2088 VENUGOPAL V. 2006. Postharvest quality changes and safety hazards. In: VENUGOPAL V  
2089 (Ed), Seafood processing: Adding value through quick freezing, retortable packing and cook-  
2090 chilling, Hoboken: CRC press, Hoboken, USA, p. 23-60.
- 2091 VERDAL H, MEKKAWY W, LIND C, VANDEPUTTE M, CHATAIN B AND BENZIE J.  
2092 2017. Measuring individual feed efficiency and its correlations with performance traits in Nile  
2093 tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 468: 489-495.
- 2094 WANG W, CHEN W, TIAN H AND LIU Y. 2018. Detection of Frozen-Thawed Cycles for  
2095 Frozen Tilapia (*Oreochromis*) Fillets Using Near Infrared Spectroscopy. J Aquat Food Prod T  
2096 27; 609-618.
- 2097 YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, RIZZATO GS AND RIBEIRO RP. 2015.  
2098 Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes.  
2099 Acta Sci Anim Sci 37: 221-226.
- 2100 ZHAO Y, YANG X, LI L, HAO S, WEI YA, CEN J AND LIN H. 2017. Chemical,  
2101 microbiological, color and textural changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets  
2102 sterilized by ozonated water pretreatment during frozen storage. J Food Process Pres 41: e12746

2103 **ANEXO 1** – Artigo aceito para publicação no periódico Annals of the Brazilian Academy of  
 2104 Sciences, em 07/10/2019.

**Decision Letter (AABC-2019-0509.R1)**

**From:** kaefer@ufam.edu.br

**To:** andre\_inunes@hotmail.com

**CC:**

**Subject:** Annals of the Brazilian Academy of Sciences - Decision on Manuscript ID AABC-2019-0509.R1

**Body:** 07-Oct-2019

Dear Mr. Nunes:

It is a pleasure to accept your manuscript entitled "Body yield and quality of fresh and post-freezing filet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) genetic groups" in its current form for publication in the Annals of the Brazilian Academy of Sciences. The comments of the reviewer(s) who reviewed your manuscript are included at the foot of this letter.

Thank you for your fine contribution. On behalf of the Editors of the Annals of the Brazilian Academy of Sciences, we look forward to your continued contributions to the Journal.

Sincerely,  
 Dr. Igor Luis Kaefer  
 Editor-in-Chief, Annals of the Brazilian Academy of Sciences  
 kaefer@ufam.edu.br, igorkaefer@hotmail.com

Associate Editor  
 Comments to the Author:  
 (There are no comments.)

Entire Scoresheet:  
 Reviewer: 1

Recommendation: Accept

Comments:  
 The authors made the correction e the article looks good to me.

Additional Questions:  
 Does the manuscript contain new and significant information to justify publication?: Yes

Does the Abstract (Summary) clearly and accurately describe the content of the article?: Yes

Is the problem significant and concisely stated?: Yes

Are the methods described comprehensively?: Yes

Are the interpretations and conclusions justified by the results?: Yes

Is adequate reference made to other work in the field?: Yes

Is the language acceptable?: Yes

Please rate the priority for publishing this article (1 is the highest priority, 10 is the lowest priority): 8

Length of article is: Adequate

Number of tables is: Adequate

Number of figures is: Adequate

Please state any conflict(s) of interest that you have in relation to the review of this paper (state "none" if this is not applicable).: NONE

Rating:

Interest: 2. Good

Quality: 2. Good

Originality: 1. Excellent

Overall: 1. Excellent

**Date Sent:** 07-Oct-2019

**File 1:** - AABC-2019-0509.R1 September .pdf

© Clarivate Analytics | © ScholarOne, Inc., 2019. All Rights Reserved.

2105

2106

2107

2108

2109

2110

2111

2112

2113

2114

2115

2116

2117

2118 **Body yield and quality of fresh and post-freezing filet of Nile tilapia (*Oreochromis***  
2119 ***niloticus*) genetic groups**

2120

2121 ANDRÉ LUIZ NUNES<sup>1</sup>, RUY ABERTO CORREA FILHO<sup>1</sup>, GUILHERME DO  
2122 NASCIMENTO SERAPHIM<sup>1</sup>, LUANA BARBOSA PIRES<sup>1</sup>, THIAGO XAVIER  
2123 MARTINS<sup>1</sup>, MICHEL FRANKLIN MOURA PRATES<sup>1</sup>, CARLOS ANTÔNIO LOPES DE  
2124 OLIVEIRA<sup>2</sup>, MARJORIE TOLEDO DUARTE<sup>1</sup>, JAYME APARECIDO POVH<sup>1</sup>

2125

2126 <sup>1</sup>Animal Science Graduate Program, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science,  
2127 Federal University of Mato Grosso do Sul – UFMS, Avenida Senador Filinto Muller, 2443 –  
2128 Vila Ipiranga, 79074-460 Campo Grande, MS, Brazil

2129 <sup>2</sup>Department of Animal Science, State University of Maringá – UEM, Avenida Colombo, 5790  
2130 – Zona 7 - Bloco J45, 87020-900 Maringá, PR, Brazil

2131

2132 **Key words:** aquaculture, fish filet, fish meat quality, inbreeding, Nile tilapia varieties

2133

2134 **Running title:** Body yield and quality of Nile tilapia filet

2135

2136 **Academy Section:** Agrarian Sciences

2137

2138 **Correspondence to:** André Luiz Nunes. E-mail: andre\_lnunes@hotmail.com

2139

2140

2141

2142

2143 **Abstract:** The aim of this study was to evaluate the body yield and quality of fresh and post-  
2144 freezing filet of male and female fish of inbred and non-inbred AquaAmérica genetic group and  
2145 the hybrid between the AquaAmérica and Tilamax varieties. Forty fish (20 males and 20  
2146 females) of each genetic group were housed in four 48-m<sup>3</sup> hapa net cages, getting 120 fish per  
2147 cage. The fish were housed at 51 days of age and farmed for 269 days. Pre-slaughter weight  
2148 was higher ( $P<0.05$ ) in the AquaAmérica × Tilamax males ( $0.805\pm0.204$  kg) than in the inbred  
2149 AquaAmérica male ( $0.643\pm0.115$  kg). Filet yield percentage was higher ( $P<0.05$ ) in the  
2150 AquaAmérica × Tilamax males ( $32.14\pm4.72\%$ ) than in the inbred AquaAmérica ( $28.15\pm2.67\%$ )  
2151 and non-inbred AquaAmérica ( $29.06\pm2.80\%$ ) males. Head and viscera yield percentages, pH,  
2152 color values ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), shear force, drip loss and cooking loss did not differ significantly  
2153 between the genetic groups and sexes. Alterations in meat quality were observed after freezing.  
2154 In conclusion, inbreeding in the AquaAmérica variety resulted in reduced slaughter weight for  
2155 males; AquaAmérica × Tilamax males have a higher filet yield; and filet quality is not  
2156 influenced by crossing, inbreeding, or sex, but is changed after freezing.

2157 **Key words:** aquaculture, fish filet, fish meat quality, inbreeding, Nile tilapia varieties

2158

2159

2160

2161

2162

2163

2164

2165

2166

2167

## INTRODUCTION

2168

2169

2170 Nile tilapia stands out as the second most widely farmed fish group in the world,  
2171 representing 8.0% of 2016's world fish production (FAO 2018). In Brazil, Nile tilapia was the  
2172 most widely produced aquatic organism in 2018, with 400.3 t, which ranked the country fourth  
2173 in production of this species worldwide, only after China, Indonesia and Egypt (PeixeBR 2019).

2174

2175 In Brazil, Nile tilapia is the only aquaculture species for which a consolidated breeding  
2176 program exists, which has contributed in recent years to increasing its production in relation to  
2177 other species. In well-managed programs, fish breeding can provide gains of 8 to 12% per  
2178 generation (Nguyen 2016), which can reach up to 15% (Ponzoni et al. 2005; Ponzoni et al.  
2179 2011). Genetic selection for weight (the main goal of fish breeding programs) may not  
2180 necessarily reflect on body yield and filet quality. Furthermore, selection may lead to increased  
2181 inbreeding, which can affect those traits (Alexandru et al. 2014), For this reason, it is important  
2182 to monitor these variables in selecting generations in breeding programs.

2182

2183 The GIFT (genetically improved farmed tilapia) variety was introduced in Brazil in 2005  
2184 (30 families). The fish were imported by the State University of Maringá (UEM), located in  
2185 Maringá - PR, Brazil, in a partnership with the World Fish Center, located in Malaysia (Oliveira  
2186 et al. 2012). This variety was composed of a cross between four wild African varieties (Ghana,  
2187 Egypt, Kenya and Senegal) and four varieties domesticated in Asia (Israel, Singapore, Taiwan  
2188 and Thailand) (Eknath et al. 2007). After the sixth GIFT generation in Brazil, local varieties of  
2189 Nile tilapia were introduced into the UEM breeding program for the production of new families,  
2190 creating a new variety called Tilamax. The AquaAmérica Nile tilapia variety was created in  
2191 Brazil in 2012, from the GIFT variety previously bred with the tilapia varieties Chitralada Nile  
2192 and Bouaké, introduced in 1996 and 1971, respectively (Oliveira et al. 2016; Garcia et al. 2017).

2192

2193 The main goal of fish breeding programs is to increase growth rates; however, filet yield is also considered  
2194 an important trait to elevate the economic efficiency of the production chain (Turra et al. 2010; Rutten et al.  
2195 2004). In Nile tilapia, the filet yield is related to its body weight, processing methods (Azevedo  
2196 et al. 2016) and intrinsic characteristics (Contreras-guzmán 1994). The filet is the main product in the  
2197 industrialization of Nile tilapia (Boscolo et al. 2001), and filet weight is a characteristic that should be taken into  
2198 account by breeding programs (Rutten et al. 2005) just as meat quality, since it is one of the factors  
2199 determining the consumer's perception (Olsson et al. 2003; Lauritzen et al. 2004; Oliveira et al. 2008).

2200 Although previous studies have evaluated the performance (Lima et al. 2015; Rodrigues et al.  
2201 2018), genetic parameters (Oliveira et al. 2015) and reproductive traits (Yoshida et al. 2015; Sarmiento et  
2202 al. 2018) of selectively bred varieties, there are no comparative studies with the most recently selectively bred  
2203 varieties in Brazil investigating body yield and filet quality aspects, especially regarding the effects of inbreeding  
2204 and crossing between varieties bred for those traits. The present study thus proposes to examine the body yield  
2205 and quality of fresh and post-freezing filet of Nile tilapia genetic groups.

2206

2207

## MATERIALS AND METHODS

2208

### FACILITIES AND ANIMALS

2210

2211 The experiment was developed at the Experimental Fish Farming Station (20°49'96.58"  
2212 S and 54°61'46.20" W) at the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS), in Campo  
2213 Grande - MS, Brazil. Fish slaughter, qualitative analysis of meat and analysis of yield were  
2214 performed at the Laboratory of Meat Processing and Quality at UFMS (Qualicarne/UFMS-  
2215 FAMEZ). This research was approved by the Ethics Committee in Animal Use at UFMS  
2216 (approval no. 784/2016).

2217

2218 The fish used in the experiment originated from Nile tilapia breeders of varieties Tilamax  
and AquaAmérica, representing the seventh and second generations of selective breeding for

2219 weight gain, respectively. The animals were obtained by mating the varieties at the same study  
2220 site. The AquaAmérica variety was evaluated at different degrees of relatedness [zero (non-  
2221 inbred) and 25% (inbred)], and a genetic group derived from the cross between AquaAmérica  
2222 females and Tilamax males was also examined.

2223 A semi-intensive system with 10% water exchange per day was used for farming the fish.  
2224 A final biomass of 1.5 kg fish/m<sup>2</sup> was estimated as recommended by Ribeiro et al. (2001). Fish  
2225 were fed twice daily (09h00 and 16h00) with different diets according to their weight. Mash  
2226 feed was used in the weight range from 5 to 20 g (45% crude protein, 9% ether extract, 2.5%  
2227 fibrous matter, 14% mineral matter and 12% moisture). From 20 to 100 g, the fish received  
2228 extruded feed with 2-mm péletes (40% crude protein, 11% ether extract, 2.5% fibrous matter,  
2229 14% mineral matter and 12% moisture); from 100 to 300 g, the fish were fed extruded feed  
2230 with 3-4-mm péletes (36% crude protein, 6% ether extract, 6% fibrous matter, 11% mineral  
2231 matter and 12% moisture); lastly, from 300 to 1000 g, the fish received extruded feed with 5-  
2232 6-mm péletes (32% crude protein, 6.5% ether extract, 4% fibrous matter, 14% mineral matter  
2233 and 12% moisture). The animals were fed to apparent satiation.

2234 Temperature ( $23.8 \pm 1.7$  °C), dissolved oxygen ( $5.0 \pm 2.7$  mg/L), pH ( $8.1 \pm 0.3$ ) and  
2235 electrical conductivity ( $109.3 \pm 8.8$  µS/cm) were measured daily throughout the experimental  
2236 period using a YSI multiparameter meter (Yellow Springs Instruments). The concentrations of  
2237 ammoniacal nitrogen (N-NH<sub>3</sub>;  $0.84 \pm 0.7$  mg/L), nitrite (N-NO<sub>2</sub>;  $0.04 \pm 0.04$  mg/L) and  
2238 carbonate alkalinity (CaCO<sub>3</sub>;  $79.5 \pm 11.1$  mg/L) were measured monthly using a colorimetric  
2239 kit (AlfaKit). All water quality indicators were within the adequate range for the development  
2240 of tropical fish (Boyd 1998).

2241 Forty fish (20 males and 20 females) of each genetic group were housed in four 48-m<sup>3</sup>  
2242 hapa net cages, getting 120 fish per cage. Therefore, 160 fish from each genetic group (40 fish  
2243 in each of the four hapas) were used in the experiment. Males and females were raised together.

2244 All fish were identified individually by a microchip (Animal tag). The animals were placed in  
2245 the experimental units at 51 days of age. The average initial weight of the genetic groups is  
2246 described as follows: inbred AquaAmérica -  $12.23 \pm 2.50$  g (males) and  $10.36 \pm 1.85$  g  
2247 (females); non-inbred AquaAmérica -  $11.33 \pm 3.55$  g (males) and  $11.32 \pm 3.35$  g (females); and  
2248 AquaAmérica  $\times$  Tilamax hybrid -  $18.14 \pm 6.76$  g (males) and  $16.18 \pm 7.04$  g (females). The fish  
2249 were farmed for 269 days, until completing 320 days of age.

2250

#### 2251 MEASURED TRAITS, SLAUGHTER AND CARCASS YIELD DETERMINATION

2252

2253 After the fish were fasted for 24 h, biometric measurements were performed to determine  
2254 their final weight. Prior to slaughter, all fish were anesthetized in Eugenol solution (100 mg/L)  
2255 and then decapitated, as indicated in the guidelines established by the National Council of  
2256 Animal Experimentation Control (CONCEA) for fish heavier than 200 g. Next, the fish were  
2257 kept in cooler boxes with ice until analysis.

2258 An electronic scale (9094, Toledo) was used for weighing the fish and determining the  
2259 yield of their cuts. Slaughter, cutting and fileting were performed manually by a single trained  
2260 person. The yield percentage of the fish parts was determined relative to the total fish weight  
2261 before slaughter (pre-slaughter weight), according to the following equation:  $YEP (\%) =$   
2262  $(WEP/FWS) \times 100$ , where YEP represents the yield percentage of the evaluated part (filet,  
2263 viscera and head), WEP = weight of the evaluated part; and FWS = fish weight before slaughter.  
2264 Samples were subsequently wrapped in polyethylene film and frozen for later analyses. For  
2265 these analyzes, 120 fish were used, with 40 fish of each genetic group (20 males and 20  
2266 females).

2267 For the analyses of pH, color, cooking loss, drip loss and shear force, 120 filets from the  
2268 left side (40 of each genetic group, 20 males and 20 females). The qualitative attributes were

2269 measured according to AMSA (2015). All variables were measured in the post freeze fillet, and  
2270 for fresh fillet only color and pH were analyzed. After the fresh-fillet attributes were analyzed,  
2271 the filets (which were identified from slaughter) were frozen at a temperature of -16°C for 150  
2272 days. After this period, they were placed in a cold chamber for thawing at  $0 \pm 2$  °C, for 24 h.

2273 A portable pH meter (HI 99163, Hanna) calibrated with buffer solutions pH 4 and 7 was  
2274 used to measure the pH. The intramuscular pH was determined in triplicate (three distinct  
2275 regions of each filet) prior to the other tests and 20 min postmortem.

2276 A chroma meter (CR-400, Konica Minolta) was used to determine the color based on the  
2277 CIELAB system, which defines the L\* [lightness, ranging from 0 (black) to 100 (white)], a\*  
2278 [green (-60) to red (+60)] and b\* [blue (-60) to yellow (+60)] parameters. After these analyses,  
2279 all filets were identified and stored in a freezer.

2280 To determine drip losses, all samples were weighed before thawing. After 24 h, the  
2281 thawed samples were weighed and the exudate released from each sample was also weighed.  
2282 The weight values were used to determine drip loss.

2283 Cooking loss was determined by weighing the samples before and after cooking. For this  
2284 measurement, samples were weighed raw and then cooked in a conventional electric oven at  
2285 170 °C. The temperature was monitored until the samples reached 71 °C in their geometric  
2286 center. After cooking, the samples were weighed again to calculate the fluid loss (drip loss)  
2287 during cooking.

2288 Shear force was determined using a texturometer (Brookfield CT3) with 25-kg capacity  
2289 equipped with a Warner-Bratzler blade (HDP/WBV), at a descent speed of 3.3 mm/s, with  
2290 values expressed in kg. For these assessments, after cooking, the filets were wrapped in  
2291 polyethylene film and chilled at 20 °C after two hours resting on a benchtop. Five sub-samples  
2292 were taken from each fillet with the aid of a rectangular base (2 cm x 1 cm), so that the fillets  
2293 were compressed axially until the sample was completely cut (Fantini et al. 2015). Therefore,

2294 in each genetic group, 40 fillets were evaluated (20 from males and 20 from females), with five  
2295 sub-samples of each fillet. The average shear force of the sub-samples of each filet was used as  
2296 the shear force value of each fish.

2297

## 2298 STATISTICAL ANALYSES

2299

2300 All analyses were carried out using the GLM procedure of SAS software version 9.0.  
2301 Student's T test was applied at the 5% probability level for comparisons between the genetic  
2302 groups and fresh and post-freezing filet.

2303

2304

## RESULTS

2305

2306 Pre-slaughter weight was higher ( $P<0.05$ ) in the AquaAmérica  $\times$  Tilamax males  
2307 compared to the inbred AquaAmérica group. Filet yield percentage was higher ( $P<0.05$ ) in the  
2308 AquaAmérica  $\times$  Tilamax males than in the inbred and non-inbred AquaAmérica males. There  
2309 was no difference in the females across the different genetic groups for pre-slaughter weight  
2310 and filet yield percentage. Head and viscera yield percentages in the males and females did not  
2311 differ significantly across genetic groups (Table I).

2312

2313

### TABLE I

2314

2315 No significant differences were detected for pH, color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ), shear force, drip  
2316 loss, or cooking loss in the males (Table II) and females (Table III) across the genetic groups,  
2317 between fresh and post-freezing filets. However, pH and  $a^*$  were higher ( $P<0.05$ ) in the fresh  
2318 filet compared to its post-freezing version, regardless of animal sex. By contrast,  $L^*$  and  $b^*$

2319 values were higher ( $P < 0.05$ ) in the post-freezing fillet, in both males and females (Table II;  
2320 Table III).

2321

2322 **TABLE II**

2323

2324 **TABLE III**

2325

2326 **DISCUSSION**

2327

2328 This is the first comparative study of body weight and fillet characteristics of a  
2329 selectively bred inbred and non-inbred Nile tilapia variety and a genetic group deriving from  
2330 the cross between two selectively bred varieties. The results show that inbreeding level,  
2331 crossing between the varieties and sex did not change fillet quality. Meat quality was also found  
2332 to be altered after freezing in all genetic groups and sexes. However, males from the cross  
2333 between the AquaAmérica and Tilamax varieties were heavier pre-slaughter and had a higher  
2334 fillet yield percentage than the inbred AquaAmérica variety, indicating a possible effect of  
2335 inbreeding on the body yield traits.

2336 Males of the inbred AquaAmérica, non-inbred AquaAmérica and AquaAmérica ×  
2337 Tilamax genetic groups showed a much higher pre-slaughter weight than the females. This  
2338 finding confirms the heavier weight of males and selectively bred varieties (Gjerde et al. 2012;  
2339 Bentsen et al. 2017; Lind et al. 2015) compared to their non-selectively bred counterparts  
2340 (Verdal et al. 2017; Pires et al. 2011). It should be emphasized that the non-inbred  
2341 AquaAmérica females weighed 65.8% of the males' weight, whereas the weights of the inbred  
2342 AquaAmérica and AquaAmérica × Tilamax females represented 61.2% and 54.8% of the  
2343 males' weight, respectively. This weight difference between males and females after 320 days

2344 of age demonstrates the sexual dimorphism for body size, which was less evidenced in the non-  
2345 inbred AquaAmérica group. Nevertheless, the current results reinforce the importance of sex  
2346 reversal in Nile tilapia farming, considering that males are heavier irrespective of genetic group.

2347         In males the heavier pre-slaughter weight of the AquaAmérica × Tilamax genetic group  
2348 compared to the inbred AquaAmérica reveals a negative effect of inbreeding. Moreover, the  
2349 AquaAmérica × Tilamax genetic group presented a higher filet yield percentage than the inbred  
2350 and non-inbred AquaAmérica varieties. Considering that the current Nile tilapia market is  
2351 mainly focused on the sale of the filet, it is an important trait to be improved in selective  
2352 breeding programs. Alterations in filet yield may be due to genetics (Geri et al. 1995), and, in  
2353 the present study, they demonstrate that the cross between the varieties favored this  
2354 characteristic.

2355         The filet yield percentage found in the AquaAmérica variety (inbred and non-inbred)  
2356 was slightly lower than the 30.1% observed by Thodesen et al. (2012) in males from the first  
2357 generation of selectively bred GIFT; and than the 31.1, 34.6 and 34.5% obtained by Nguyen et  
2358 al. (2010) for the fourth, fifth and six selection generations of GIFT. However, the filet yield  
2359 percentage of the group derived from the AquaAmérica × Tilamax cross was similar to that  
2360 observed by Nguyen et al. (2010) in the fourth generation, but lower than that observed by the  
2361 same authors in the following generations. The lower filet yield percentage found in the current  
2362 study may be due to the weight range of the fish, considering that larger fish typically have a  
2363 higher yield than smaller fish, as demonstrated by Thodesen et al. (2012) and Gjerde et al.  
2364 (2012).

2365         As shown in the study of Nguyen et al. (2010), the evolution of selectively bred varieties  
2366 tends to improve their filet yield. Those authors concluded that after three generations of  
2367 selective breeding for body weight, there was a significant increase in filet yield percentage.  
2368 This demonstrates that filet yield percentage tends to improve in the subsequent selection

2369 generations of the AquaAmérica variety. The Tilamax variety, used to obtain the AquaAmérica  
2370 × Tilamax genetic group, belongs to the seventh selection generation, which may explain their  
2371 higher filet yield percentage compared to AquaAmérica, which is from the second selection  
2372 generation.

2373           Head and viscera yield percentages did not differ between the genetic groups. Results  
2374 for these variables were similar to those reported in other studies (Silva et al. 2009; Neira et al.  
2375 2016; Rutten et al. 2005).

2376           The qualitative traits of the filet were not influenced by the evaluated genetic groups,  
2377 indicating that those traits are not changed, even in the inbred variety. Filet quality is a  
2378 fundamental attribute when aiming at increasing fish consumption, which is still low in  
2379 countries like Brazil, where fish consumption per capita between 2013 and 2018 was 5 to 10  
2380 kg/year (FAO 2018).

2381           The pH values of fresh filet were similar across the genetic groups, which shows that  
2382 this variable is more dependent on pre-slaughter management than on the fish genetics. The  
2383 time between capture and slaughter may influence the pH of the filet, with longer slaughter  
2384 times meaning increased levels of glycogen utilized and, consequently, decreased anaerobic  
2385 lactic acid production, which culminates in a lower pH (Soares and Gonçalves 2012). These  
2386 chemical reactions depend on the level of stress during slaughter and may accelerate the process  
2387 of *rigor mortis*, in fish (Poli et al. 2005). Overall, the filet pH values measured in the different  
2388 genetic groups and sexes were close to some reported in other studies with Nile tilapia (Santo  
2389 et al. 2016: 6.19 to 6.36; Goes et al. 2018: 6.15 to 6.30). However, lower values have also been  
2390 described (Rebouças et al. 2017: 5.91), evidencing the great influence of environment and/or  
2391 pre-slaughter stress on the pH value in the fresh filet. The Brazilian law establishes a maximum  
2392 pH value of fresh filet of 7.0 provided that its sensory characteristics are fully preserved (Brasil,

2393 2017); on this basis, the values obtained in the present study for the fresh filet can be considered  
2394 adequate.

2395         As *rigor mortis* sets in, the pH of fish meat tends to drop, subsequently rising again as  
2396 the process ends (Ashie et al. 1996; Emire and Gebremariam 2010). Odoli (2009) found a pH  
2397 change of 6.5 to 6.7 after storage of Nile tilapia filets at 1 °C. Cartonilho and Jesus (2011),  
2398 reported a pH change of 6.66 to 6.70 in the meat of tambaqui (*Colossoma macropomum*) post-  
2399 freezing. In the present study, the post-freezing filet showed a lower pH than the fresh filet in  
2400 all genetic groups (regardless of sex), but its value was closer to those obtained in other studies  
2401 with fish.

2402         In the current study, after the filet were stored (-16°C) for 150 days, color parameters  
2403 L\* and b\* increased while a\* decreased, in all genetic groups (regardless of sex). These data  
2404 corroborate those published by Zhao et al. (2017), who also found variations in Nile tilapia  
2405 filets after storage at -18 °C for 60 days. The similar filet color (L\*, a\* and b\*) between the  
2406 fish indicates that these variables are not influenced by the genetic group. The present results  
2407 are consistent with those published in previous research (Lima et al. 2015; Rebouças et al.  
2408 2017). However, changes in filet color post-freezing were seen in all genetic groups, with the  
2409 filet (regardless of sex) becoming lighter after 150 days of storage, which confirms the results  
2410 obtained by Oliveira Filho et al. (2015).

2411         A light color is an important characteristic influencing the consumer's choice for the  
2412 filet. The a\* color is linked to myoglobin present in the muscles (Maia and Ogawaa 1999), and  
2413 storage possible caused the myoglobin in the muscle to oxidize, making the filet lighter  
2414 (Oliveira Filho et al. 2015; Venugopal 2006). Similarly, the storage of fillets may have  
2415 increased the lipid peroxidation (Veek et al. 2013) and modified the structure of the muscle  
2416 tissue (Robb et al. 2000), which can justify the increase in color b\* and color L\*, respectively.

2417 Shear force did not differ significantly across the genetic groups. Results for this  
2418 variable were similar to the found by Wang et al. (2018) in the filet after freezing. Those authors  
2419 stressed that toughness (maximum force necessary to compress) is lower when the Nile tilapia  
2420 filet undergoes several processes of freezing and thawing, indicating that freezing accelerates  
2421 protein degradation in the meat. The storage period of 26 days reduces the compression force  
2422 (Oliveira Filho et al. 2015), and this softening characteristic of the fish filet means deterioration  
2423 and loss of quality (Truong et al. 2016). This change in meat texture after storage is due to a  
2424 reduction in solubility and muscle protein denaturation (Sikorski et al. 1994; Hyldig and  
2425 Nielsen 2001).

2426 Drip and cooking losses in the filets were similar across the genetic groups (regardless  
2427 of sex), confirming the lack of changes in filet texture across the groups. These variables are  
2428 correlated with water retention, and when these losses are high, undesirable changes make take  
2429 place in the filet, such as a reduction of juiciness and weight loss (Lakshmanan et al. 2007).

2430 Drip losses in the filets of male and female fish were higher than those found in the  
2431 experiment led by Wang et al. (2018), who observed 6.82% losses after freezing. By contrast,  
2432 the cooking losses in the filet of males and females were similar to the 29.00% reported by  
2433 Rebouças et al. (2017). Water-holding capacity decreases as *rigor mortis* is established;  
2434 however, age, muscle function and antemortem stress may influence water-holding capacity in  
2435 the meat (Judge et al. 1989). In the present study, no differences were observed between the  
2436 genetic groups, and the results were very similar to those obtained in other research with fish.

2437

2438

## CONCLUSION

2439

2440 Males from the genetic group derived from the AquaAmérica × Tilamax cross are  
2441 heavier at pre-slaughter and have higher filet yield percentage than the inbred AquaAmérica

2442 variety. Filet quality is not influenced by the cross between the varieties, inbreeding, or sex.  
2443 After freezing, there is a pH decline and changes in the color of filets of males and females of  
2444 all genetic groups.

2445

2446

#### ACKNOWLEDGMENTS

2447

2448 This research was supported by the Coordination for the Improvement of Higher  
2449 Education Personnel (CAPES) and the Federal University of Mato Grosso do Sul (UFMS).

2450

2451

#### REFERENCES

2452

2453 ALEXANDRU VB, GABRIEL C, LUCIAN I AND ALIN BI. 2014. Morphological  
2454 abnormalities as a result of inbreeding in controlled reproduction in *Oreochromis niloticus*,  
2455 Linnaeus, 1757. J Biotech 185: 18–36.

2456 AMSA. 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental  
2457 tenderness measurements of meat, 2. ed., Champaign: American Meat Science Association, 104  
2458 p.

2459 ASHIE INA, SMITH JP AND SIMPSON BK. 1996. Spoilage and shelf-life extension of fresh  
2460 fish and shellfish. Crit Rev Food Sci Nutr 36: 87-121.

2461 AZEVEDO AV, FEIDEN A, GRANDI AM, DEPARIS A, DEBONA FMV, FRIGO KDA,  
2462 SIVIDANES VP AND SILVA AM. 2016. Análise de rendimento industrial da tilápia do Nilo  
2463 (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus,1758). Acta Iguazu 5: 111-127.

2464 BENTSEN HB ET AL. 2017. Genetic improvement of farmed tilapias: Response to five  
2465 generations of selection for increased body weight at harvest in *Oreochromis niloticus* and the  
2466 further impact of the Project. Aquaculture: 468: 206–217.

- 2467 BOSCOLO WR, HAYASHI C, SOARES CM, FURUYA WM AND MEURER F. 2001.  
2468 Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis*  
2469 *niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. R Bras Zootec 30:  
2470 1391-1396.
- 2471 BOYD CE. 1998. Water quality for pond aquaculture, Auburn: Auburn University, 37 p.
- 2472 BRASIL. 2017. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto n° 9.013, de 29  
2473 mar 2017. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal  
2474 (RIISPOA), Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 108 p.
- 2475 CARTONILHO MM AND JESUS RS. 2011. Qualidade de cortes congelados de tambaqui.  
2476 Pesq Agropec Bras 46: 344-350.
- 2477 CONTRERAS-GUZMÁN ES. 1994. Bioquímica de pescados e derivados, Jaboticabal: Funep,  
2478 409 p.
- 2479 EKNATH AE, BENTSEN HB, PONZONI RW, RYE M, NGUYEN NH., THODESEN J AND  
2480 GJERDE B. 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic  
2481 parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding.  
2482 Aquaculture 273:1-14.
- 2483 EMIRE SA AND GEBREMARIAM MM. 2010. Influence of frozen period on the proximate  
2484 composition and microbiological quality of Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). J Food  
2485 Process Pres 34: 743-757.
- 2486 FANTINI LE, LARA JAF, DELBEM ACB, USHIZIMA TT, POVH JA AND CAMPOS CM.  
2487 2015. Quality attributes and properties of surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) meat. Semina:  
2488 Ciênc Agrár 36: 3957-3964.
- 2489 FAO. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo  
2490 sostenible, Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 233 p.

- 2491 GARCIA ALS, OLIVEIRA CAL, KARIM HM, SARY C, TODESCO H AND RIBEIRO RP.  
2492 2017. Genetic parameters for growth performance, fillet traits, and fat percentage of male Nile  
2493 tilapia (*Oreochromis niloticus*). J Appl Genetics 58: 527-533.
- 2494 GERI G, LUPI P, PARISI G, DELL'AGNELLO M, MARTINI A AND PONZETTA MP.  
2495 1995. Morphological characteristics and chemical composition of muscle in the mirror carp  
2496 (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) as influenced by body weight. Aquaculture 129: 323-327.
- 2497 GJERDE B, MENGISTU SB, ODEGÅRD J, JOHANSEN H AND ALTAMIRANO DS. 2012.  
2498 Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis*  
2499 *niloticus*). Aquaculture 342-343: 117-124.
- 2500 GOES ESDR, LARA JAFD, GASPARINO E, GOES MD, ZUANAZZI JSG, LOPERA-  
2501 BARRERO N. M, RODRIGUEZ MPR, CASTRO PL AND RIBEIRO RP. 2018. Effects of  
2502 transportation stress on quality and sensory profiles of Nile tilapia filets. Sci Agric 75: 321-  
2503 328.
- 2504 HYLDIG G AND NIELSEN D. 2001. A review of sensory and instrumental methods used to  
2505 evaluate the texture of fish muscle. J Texture Stud 32: 219-242.
- 2506 JUDGE M, ABERLE E AND FORREST J. 1989. Principles of meat science, Iowa: Kendal  
2507 Hunt Publication, 507 p.
- 2508 LAKSHMANAN R, PARKINSON JA AND PIGGOTT JR. 2007. High-pressure processing  
2509 and water-holding capacity of fresh and cold-smoked salmon (*Salmo salar*). Lebensm Wiss  
2510 Technol 40: 544 -551.
- 2511 LAURITZSEN K, AKSE L, GUNDERSEN B AND OLSEN RL. 2004. Effects of calcium,  
2512 magnesium and pH during salt curing of cod (*Gadus morhua* L). J Sci Food Agric 84: 683-92.
- 2513 LIMA ECR, SOUZA RL, WAMBACH XF, SILVA U L AND CORREIA ES. 2015. Cultivo  
2514 da tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* em sistema de bioflocos com diferentes densidades de  
2515 estocagem. Rev Bras Saúde Prod Anim 16: 948-957.

- 2516 LIND CE, ET AL. 2015. Differences in sexual size dimorphism among farmed tilapia species  
2517 and strains undergoing genetic improvement for body weight. *Aquaculture Rep* 1: 20-27.
- 2518 MAIA EL AND OGAWA M. 1999. Cor. In: Manual de pesca. Ciência e tecnologia do pescado,  
2519 São Paulo: Livraria Varela Ltda, São Paulo, Brasil, p. 75-85.
- 2520 NEIRA R, GARCÍA X, LHORENTE JP, FILP M, YÁÑEZ JM AND CASCANTE AM. 2016.  
2521 Evaluation of the growth and carcass quality of diallel crosses of four strains of Nile tilapia  
2522 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 451: 213-222.
- 2523 NGUYEN HN, PONZONI RW, ABU-BAKAR KR, HAMZAH A, KHAW HL AND YEE HY.  
2524 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in  
2525 genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 305: 1-  
2526 5.
- 2527 NGUYEN NH. 2016. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a  
2528 reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. *Fish Fish*  
2529 17: 483–506.
- 2530 ODOLI CO. 2009. Optimal storage conditions for fresh Farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*)  
2531 filets. 2009. Thesis (Masters in Science) – University of Iceland, Iceland.
- 2532 OLIVEIRA CA, RIBEIRO RP, STREIT JUNIOR DP, POVH JA AND RESENDE EK. 2012.  
2533 Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura Brasileira. *Panorama da*  
2534 *Aquicultura* 130: 38-47.
- 2535 OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, YOSHIDA GM, KUNITA NM, RIZZATO GS, OLIVEIRA  
2536 SN AND NGUYEN NH. 2016. Correlated changes in body shape after Five generations of  
2537 selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*  
2538 in Brazil. *J Appl Genet* 57: 487-493.

- 2539 OLIVEIRA CAL, YOSHIDA GM, OLIVEIRA SN, KUNITA NM, SANTOS AI,  
2540 ALEXANDRE FILHO L AND RIBEIRO RP. 2015. Avaliação genética de tilápias-do-Nilo  
2541 durante cinco anos de seleção. *Pesq Agropec Bras* 50: 871-877.
- 2542 OLIVEIRA FILHO PRC, OLIVEIRA CAF, SOBRAL PJA, BALIEIRO JCC, NATORI MM  
2543 AND VIEGAS EMM. 2015. How stunning methods affect the quality of Nile tilapia meat.  
2544 *Cyta-J Food* 13: 56-62.
- 2545 OLIVEIRA NMS, OLIVEIRA WRM, NASCIMENTO LC, SILVA JMSF, VICENTE E, FIORINI JE AND  
2546 BRESSAN MC. 2008. Avaliação físico-química de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*) submetidos à  
2547 sanitização. *Ciênc Tecnol Aliment* 28: 83-89.
- 2548 OLSSON GB, OLSEN RL AND OFSTAD R. 2003. Post-mortem structural characteristics and  
2549 water holding capacity in Atlantic halibut muscle. *Lebensm Wiss Technol* 36: 125-33.
- 2550 PEIXEBR. 2019. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019, São Paulo: PeixeBR, São Paulo,  
2551 Brasil, 146 p.
- 2552 PIRES AV, PEDREIRA MM, PEREIRA IG, JÚNIOR AF, ARAÚJO CV AND SILVA LHS.  
2553 2011. Predição do rendimento e do peso do filé de tilápia-do-Nilo. *Acta Sci Anim Sci* 33: 315-  
2554 319.
- 2555 POLI BM, PARISI G, SCAPPINI F AND ZAMPACAVALLLO G. 2005. Fish welfare and  
2556 quality as affected by pre-slaughter and slaughter management. *Aquacult Int* 13: 29-49.
- 2557 PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S AND KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic  
2558 parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia  
2559 (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203-210.
- 2560 PONZONI RW, NGUYEN NH, KHAW HL, HAMZAH A, BAKAR KRA AND YEE HY.  
2561 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to  
2562 the work conducted by the WorldFish center with the GIFT strain. *Rev Aquac* 3: 27-41.
- 2563 REBOUÇAS LOS, FIGUEIREDO JPV, MESQUITA ACN, SANTOS JÚNIOR J, ASSIS APP,  
2564 CAMPÊLO MCS, SILVA JBA AND LIMA PO. 2017. Qualidade física e sensorial da tilápia

- 2565 (*Oreochromis niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. Bol Ind Anim 74: 116-  
2566 121.
- 2567 RIBEIRO RP. 2001. Construção de tanques. In: MOREIRA HLM, VARGAS L, RIBEIRO RP  
2568 AND ZIMMERMANN S (Eds), Fundamentos da moderna aquicultura, Canoas: ULBRA,  
2569 Canoas, Brasil, p. 45–52.
- 2570 ROBB DHF, KESTIN SC AND WARRISS PD. 2000. Muscle activity at slaughter: I. Changes  
2571 in flesh colour and gaping in rainbow trout. Aquac 182: 261-69.
- 2572 RODRIGUES RB, LUI TA, NEU DH, BOSCOLO WR AND BITTENCOURT F. 2018. Valine  
2573 in diets for Nile tilapia. Rev Ciênc Agron 49: 467-474.
- 2574 RUTTEN MJM, BOVENHUI H AND KOMEN H. 2004. Modeling fillet traits based on body  
2575 measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture 231: 113-  
2576 122.
- 2577 RUTTEN MJM, BOVENHUIS H AND KOMEN H. 2005. Genetic parameters for fillet traits  
2578 and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture 246: 125-132.
- 2579 SANTO EFE ET AL. 2016. Desempenho, sanidade animal e qualidade de filés de tilápias  
2580 alimentadas com ração suplementada com biomassa bacteriana. Arq Bras Med Vet Zootec 68:  
2581 525-534.
- 2582 SARMENTO NLA, MARTINS EFF, COSTA DC, MATTIOLI CC, JULIO GSC,  
2583 FIGUEIREDO LG, LUZ MR AND LUZ RK. 2018. Reproductive efficiency and egg and larvae  
2584 quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. Aquaculture 482: 96-102.
- 2585 SIKORSKI ZE, KOLAKOWSKA A AND BURT JR. 1994. Postharvest biochemical and  
2586 microbial changes. In: SIKORSKI Z E (ed), Seafood: Resources, Nutritional Composition and  
2587 Preservation, Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, USA, p. 55-75.

- 2588 SILVA FV, SARMENTO NLAJ, VIEIRA JS, TESSITORE AJA, OLIVEIRA LLS AND  
2589 SARAIVA EP. 2009. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e  
2590 resíduos em tilápias-do-Nilo em diferentes faixas de peso. R Bras Zootec 38: 1407-1412.
- 2591 SOARES KMP AND GONÇALVES AA. 2012. Aplicação do método do índice de qualidade  
2592 (MIQ) para o estudo da vida útil de flés de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sem pele,  
2593 armazenados em gelo. Semina: Ciênc Agrár, 33: 2289-2300.
- 2594 THODESEN J, RYE M, WANG YX, BENTSEN HB AND GJEDREM T. 2012. Genetic  
2595 improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in fillet traits of  
2596 Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and  
2597 fillet yield. Aquaculture 366-367: 67-75.
- 2598 TRUONG BQ, BUCKOW R, NGUYEN MH AND STATHOPOULOS CE. 2016. High  
2599 pressure processing of barramundi (*Lates calcarifer*) muscle before freezing: The effects on  
2600 selected physicochemical properties during frozen storage. J Food Eng 169: 72-78.
- 2601 TURRA EM, OLIVEIRA DAA, TEIXEIRA EA, PRADO SA, MELO DC, SOUZA AB. 2010.  
2602 Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do  
2603 Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev Bras Reprod Anim 34: 29-36.
- 2604 VEECK APL, BOLIGON AA, ATHAYDE ML AND EMANUELLI T. 2013. Mate extract on  
2605 lipid and color changes of dourado fillets during frozen storage. Ciênc Rural 43: 1317-1322.
- 2606 VENUGOPAL V. 2006. Postharvest quality changes and safety hazards. In: VENUGOPAL V  
2607 (Ed), Seafood processing: Adding value through quick freezing, retortable packing and cook-  
2608 chilling, Hoboken: CRC press, Hoboken, USA, p. 23-60.
- 2609 VERDAL H, MEKKAWY W, LIND C, VANDEPUTTE M, CHATAIN B AND BENZIE J.  
2610 2017. Measuring individual feed efficiency and its correlations with performance traits in Nile  
2611 tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 468: 489-495.

- 2612 WANG W, CHEN W, TIAN H AND LIU Y. 2018. Detection of Frozen-Thawed Cycles for  
2613 Frozen Tilapia (*Oreochromis*) Fillets Using Near Infrared Spectroscopy. J Aquat Food Prod T  
2614 27; 609-618.
- 2615 YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, RIZZATO GS AND RIBEIRO RP. 2015.  
2616 Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes.  
2617 Acta Sci Anim Sci 37: 221-226.
- 2618 ZHAO Y, YANG X, LI L, HAO S, WEI YA, CEN J AND LIN H. 2017. Chemical,  
2619 microbiological, color and textural changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets  
2620 sterilized by ozonated water pretreatment during frozen storage. J Food Process Pres 41:  
2621 e12746.

TABLE I

**Body yield (mean  $\pm$  standard deviation) in males and females of different genetic varieties of Nile tilapia after 269 days production in Campo Grande, MS, Brazil.**

| Variable                  | Males                          |                                 |                                |         | Females                 |                         |                              |         |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|---------|
|                           | Inbred                         | Non-inbred                      | AquaAmérica                    | P-value | Inbred                  | Non-inbred              | AquaAmérica                  | P-value |
|                           | AquaAmérica<br>(n = 20)        | AquaAmérica<br>(n = 20)         | × Tilamax<br>hybrid (n = 20)   |         | AquaAmérica<br>(n = 20) | AquaAmérica<br>(n = 20) | × Tilamax<br>hybrid (n = 20) |         |
| Pre-slaughter weight (kg) | 0.643 $\pm$ 0.115 <sup>b</sup> | 0.714 $\pm$ 0.095 <sup>ab</sup> | 0.805 $\pm$ 0.204 <sup>a</sup> | 0.0087  | 0.393 $\pm$ 0.100       | 0.470 $\pm$ 0.197       | 0.441 $\pm$ 0.145            | 0.2671  |
| FiletYP (%)               | 28.15 $\pm$ 2.67 <sup>b</sup>  | 29.06 $\pm$ 2.80 <sup>b</sup>   | 32.14 $\pm$ 4.72 <sup>a</sup>  | 0.0043  | 29.32 $\pm$ 2.61        | 31.30 $\pm$ 2.19        | 30.16 $\pm$ 3.19             | 0.0756  |
| HeadYP (%)                | 23.50 $\pm$ 2.13               | 22.47 $\pm$ 2.72                | 22.29 $\pm$ 2.82               | 0.3482  | 24.64 $\pm$ 3.18        | 23.00 $\pm$ 1.93        | 24.42 $\pm$ 2.54             | 0.1203  |
| ViscYP (%)                | 5.38 $\pm$ 1.66                | 5.46 $\pm$ 0.66                 | 5.90 $\pm$ 0.93                | 0.3354  | 6.32 $\pm$ 1.43         | 6.24 $\pm$ 1.25         | 6.56 $\pm$ 1.50              | 0.7825  |

Different letters indicate that the means of the genetic groups within each sex differ statistically according to the T test ( $P < 0.05$ ). FiletYP (%): filet yield percentage; HeadYP (%): head yield percentage; ViscYP (%): viscera yield percentage.

TABLE II

Quality of fresh filet and Post-freezing filet after 150 days (mean  $\pm$  standard deviation) of males from different genetic groups of Nile tilapia.

| Variable         | Inbred AquaAmérica            |                                 | Non-inbred AquaAmérica        |                                 | AquaAmérica $\times$ Tilamax hybrid |                                 |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                  | Fresh filet<br>(n = 20)       | Post-freezing filet<br>(n = 20) | Fresh filet<br>(n = 20)       | Post-freezing filet<br>(n = 20) | Fresh filet<br>(n = 20)             | Post-freezing filet<br>(n = 20) |
| pH               | 6.33 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>  | 6.01 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>    | 6.30 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>  | 6.06 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>    | 6.39 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>        | 5.97 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>    |
| Color - L*       | 43.67 $\pm$ 1.92 <sup>b</sup> | 55.28 $\pm$ 3.84 <sup>a</sup>   | 43.50 $\pm$ 2.05 <sup>b</sup> | 53.72 $\pm$ 4.68 <sup>a</sup>   | 43.33 $\pm$ 2.12 <sup>b</sup>       | 56.25 $\pm$ 2.98 <sup>a</sup>   |
| Color - a*       | 1.18 $\pm$ 0.82 <sup>a</sup>  | 0.34 $\pm$ 0.78 <sup>b</sup>    | 1.46 $\pm$ 1.00 <sup>a</sup>  | 0.52 $\pm$ 0.63 <sup>b</sup>    | 1.11 $\pm$ 1.25 <sup>a</sup>        | 0.19 $\pm$ 1.21 <sup>b</sup>    |
| Color - b*       | 0.71 $\pm$ 1.39 <sup>b</sup>  | 7.66 $\pm$ 2.34 <sup>a</sup>    | 0.74 $\pm$ 1.03 <sup>b</sup>  | 7.42 $\pm$ 1.78 <sup>a</sup>    | 0.52 $\pm$ 1.53 <sup>b</sup>        | 7.72 $\pm$ 2.16 <sup>a</sup>    |
| Shear force (kg) | -                             | 1.04 $\pm$ 0.14                 | -                             | 1.08 $\pm$ 0.15                 | -                                   | 1.11 $\pm$ 0.17                 |
| Drip loss (%)    | -                             | 7.85 $\pm$ 3.06                 | -                             | 7.43 $\pm$ 2.08                 | -                                   | 7.06 $\pm$ 2.46                 |
| Cooking loss (%) | -                             | 29.38 $\pm$ 5.91                | -                             | 27.42 $\pm$ 10.94               | -                                   | 27.92 $\pm$ 5.13                |

Different letters in the genetic groups indicate that the means for fresh filet and Post-freezing filet differ statistically according to the T test ( $P < 0.05$ ).

There was no significant difference between the genetic groups for fresh and post-freezing filet. For each sample of the Shear Force variable, five sub-samples were performed.

TABLE III

**Quality fresh filet and Post-freezing filet after 150 days (mean  $\pm$  standard deviation) of females from different genetic groups of Nile tilapia.**

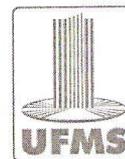
| Variable         | Inbred AquaAmérica            |                                 | Non-inbred AquaAmérica        |                                 | AquaAmérica $\times$ Tilamax hybrid |                                 |
|------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|                  | Fresh filet<br>(n = 20)       | Post-freezing filet<br>(n = 20) | Fresh filet<br>(n = 20)       | Post-freezing filet<br>(n = 20) | Fresh filet<br>(n = 20)             | Post-freezing filet<br>(n = 20) |
| pH*              | 6.21 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup>  | 5.91 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>    | 6.19 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>  | 5.92 $\pm$ 0.11 <sup>b</sup>    | 6.13 $\pm$ 0.21 <sup>a</sup>        | 5.96 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>    |
| Color - L*       | 44.09 $\pm$ 2.81 <sup>b</sup> | 57.40 $\pm$ 4.00 <sup>a</sup>   | 43.83 $\pm$ 2.64 <sup>b</sup> | 55.82 $\pm$ 3.73 <sup>a</sup>   | 44.30 $\pm$ 3.37 <sup>b</sup>       | 56.45 $\pm$ 3.35 <sup>a</sup>   |
| Color - a*       | 0.83 $\pm$ 1.30 <sup>a</sup>  | -0.18 $\pm$ 1.33 <sup>b</sup>   | 0.91 $\pm$ 1.07 <sup>a</sup>  | 0.36 $\pm$ 1.38 <sup>b</sup>    | 1.12 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>        | 0.08 $\pm$ 1.29 <sup>b</sup>    |
| Color - b*       | 0.66 $\pm$ 1.37 <sup>b</sup>  | 7.65 $\pm$ 1.98 <sup>a</sup>    | 0.76 $\pm$ 1.31 <sup>b</sup>  | 8.38 $\pm$ 3.38 <sup>a</sup>    | 0.78 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>        | 7.78 $\pm$ 1.81 <sup>a</sup>    |
| Shear force (kg) | -                             | 1.08 $\pm$ 0.186                | -                             | 1.10 $\pm$ 0.184                | -                                   | 1.01 $\pm$ 0.162                |
| Drip loss (%)    | -                             | 10.09 $\pm$ 2.88                | -                             | 9.84 $\pm$ 2.94                 | -                                   | 9.67 $\pm$ 4.30                 |
| Cooking loss (%) | -                             | 32.94 $\pm$ 10.80               | -                             | 31.36 $\pm$ 4.44                | -                                   | 30.36 $\pm$ 7.50                |

Different letters in the genetic groups indicate that the means for fresh filet and Post-freezing filet differ statistically according to the T test ( $P < 0.05$ ).

There was no significant difference between the genetic groups for fresh and post-freezing filet. For each sample of the Shear Force variable, five sub-samples were performed.

**ANEXO 2 – Aprovação do projeto de pesquisa**

Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



RESOLUÇÃO Nº 110, DE 9 DE JUNHO DE 2016.

**A PRESIDENTE DO CONSELHO DA FACULDADE DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no uso de suas atribuições legais, considerando a CI nº 125/2016 Prof. Jayme Aparecido Povh, **RESOLVE**:

Manifestar-se favoravelmente pela aprovação do Projeto de Pesquisa intitulado **“Desempenho produtivo e padrão de crescimento de três grupos genéticos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)”**, com início previsto no período de 01/10/2016 e término 31/03/2018, sob a coordenação do servidor docente Jayme Aparecido Povh, matrícula Siape nº 16459045.

*Camila Stars*

CAMILA CELESTE BRANDÃO FERREIRA ÍTAVO,

## ANEXO 3 – Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFMS)



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



## C E R T I F I C A D O

Certificamos que a proposta intitulada "Desempenho produtivo e padrão de crescimento de três grupos genéticos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)", registrada com o nº 784/2016, sob a responsabilidade de **Jayme Aparecido Povh** - que envolve a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, 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 aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL/UFMS, na 7ª reunião ordinária do dia 12/08/2016.

|                         |  |
|-------------------------|--|
| FINALIDADE              | ( ) Ensino ( x ) Pesquisa Científica           |
| Vigência da autorização | 01/10/2016 a 31/03/2018                        |
| Espécie/Linhagem/Raça   | <i>Oreochromis niloticus</i> / Tilápia do Nilo |
| Nº de animais           | 540  |
| Peso/Idade              | Aprox. 2000g / 15 meses                        |
| Sexo                    | Macho e Fêmea                                  |
| Origem                  | Estação de Piscicultura de Campo Grande/MS     |

*Beixeva*  
 Maria Araújo Teixeira  
 Coordenadora da CEUA/UFMS  
 Campo Grande, 15 de agosto de 2016.

Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA  
<http://www.propp.ufms.br/ceua>  
[ceua.2000@gmail.com](mailto:ceua.2000@gmail.com)  
 fone (67) 3345-7925