

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

**CURVAS DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE CARÇA DE TAMBQUI
(*Colossoma macropomum*) GENETICAMENTE MELHORADOS PRODUZIDOS EM
DIFERENTES AMBIENTES**

Rebeca Marcos

CAMPO GRANDE – MS

2018

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

**CURVAS DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE CARCAÇA DE TAMBAQUI
(*Colossoma macropomum*) GENETICAMENTE MELHORADOS PRODUZIDOS EM
DIFERENTES AMBIENTES**

Growth curves and carcass yield of tambaqui (*Colossoma macropomum*) genetically improved produced in different environments

Rebeca Marcos

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 Doutora em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE – MS 2018

Certificado de aprovação

REBECA MARCOS

**CURVAS DE CRESCIMENTO E RENDIMENTO DE CARÇA DA SEGUNDA
GERAÇÃO DE SELEÇÃO GENÉTICA DE *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818)
EM DIFERENTES AMBIENTES DE PRODUÇÃO**

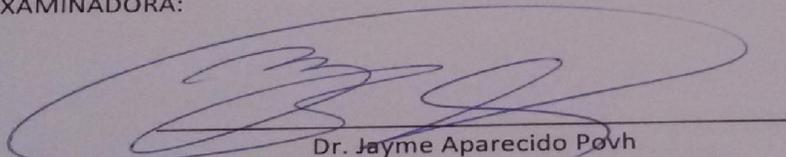
**Growth and housing yields of the second generation genetic selection of *Colossoma*
14 macropomum (Cuvier, 1818) in different production environments**

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

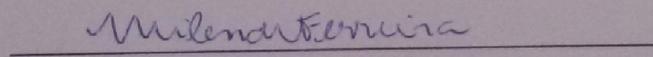
Área de concentração:
Produção Animal.

Aprovado(a) em: 05-03-2018

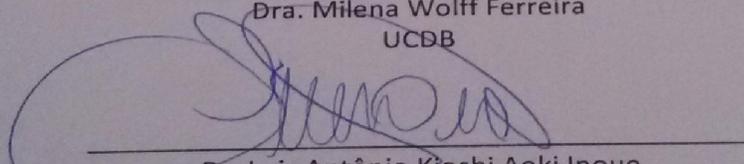
BANCA EXAMINADORA:



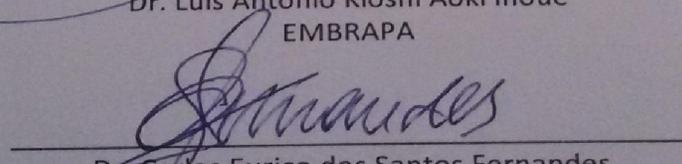
Dr. Jayme Aparecido Povh
(UFMS) – (Presidente)



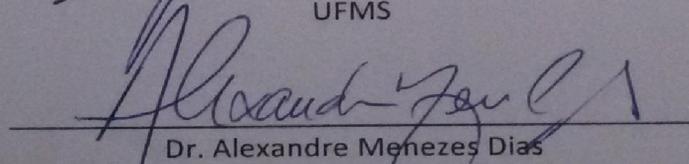
Dra. Milena Wolff Ferreira
UCDB



Dr. Luis Antônio Kioshi Aoki Inoue
EMBRAPA



Dr. Carlos Eurico dos Santos Fernandes
UFMS



Dr. Alexandre Menezes Dias
UFMS

DEDICATÓRIA

Quantos quilômetros percorridos desde o processo seletivo até a defesa da tese.

Pelas estradas ou pelos ares sempre em busca do conhecimento e do entendimento.

Olhar, observar, aprender e absorver todo o aprendizado dessa etapa acadêmica da vida.

Muitas idas e vindas cheias de saudades com vários encontros e desencontros.

Mas no fim disso tenho uma única certeza, o retorno para o meu “eterno porto seguro”.

Dedico inteiramente essa conquista a “minha pessoa” Luzineth Martins de Amorim (mãe).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus nosso Pai grandioso, misericordioso e maravilhoso em todos os momentos da minha vida.

A minha mãe Luzineth Martins de Amorim por aguentar e suportar todas as minhas bipolaridades e surtos durante as etapas desse árduo trabalho.

Ao professor Dr. Jayme Aparecido Povh por mais esse voto de confiança e pela credibilidade em me orientar no doutorado.

Ao professor Dr. Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho pela coorientação e pela paciência comigo em toda a estatística do experimento.

Ao Dr. Darci Carlos Fornari pela parceria e doação dos tambaquis para a realização do experimento.

Aos professores Dr. Antônio Mário Domingues Silvestre e Dr. Paulo José de Azevedo Pinto Rema por terem me recebido e me ajudado em toda minha mobilidade acadêmica na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) em Vila Real – Portugal.

Agradeço imensamente as gestoras Bárbara Costa e Ana Reis (U. Porto) e Lúcia Fernandes e Maria José Mota (UTAD) por todo o apoio pessoal, acadêmico e administrativo durante a mobilidade.

Aos alunos e funcionários das grandiosas equipes da piscicultura da UFMT e UFMS, em especial a professora Janessa Sampaio e mestres Ana Carla e Guilherme Seraphim, pela ajuda, colaboração, dedicação e apoio durante todo o experimento em ambas as localidades. Saibam que sem vocês nada disso teria acontecido.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PGCA), especialmente a dedicação do Ricardo, a serenidade do professor Charles Kiefer e a alegria do professor Alexandre Menezes Dias.

A todos os professores do PGCA/UFMS que estiveram presentes em minha formação acadêmica ao longo desse período do doutorado.

Enfim, agradecer em palavras é tão mínimo e singelo perto do que deveria ser realmente feito e demonstrado a cada um acima citado como forma de gratidão.

Muito Obrigada!

*“Granjeai, granjeai os talentos
Sobre o muito o Senhor vos porá
Vigiai e estai sempre atentos
Eis que Ele à porta está”*

(Livro de Cânticos CCB – Hino 07)

RESUMO

MARCOS, R. Curvas de crescimento e rendimento de carcaça de tambaqui (*Colossoma macropomum*) geneticamente melhorados produzidos em diferentes ambientes. 2018. 59f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

O objetivo do estudo foi avaliar as curvas de crescimento e o rendimento de carcaça de tambaqui (*Colossoma macropomum*) geneticamente melhorados produzidos em diferentes ambientes. O trabalho foi realizado em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS) no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2017. Avaliaram-se duas famílias (FA e FB) da segunda geração com peso inicial de $137,76 \pm 1,91$ g. Realizaram-se biometrias para peso e características morfométricas. Para descrever as curvas de crescimento e os ajustes dos modelos utilizou-se o modelo de regressão não linear de Gompertz. Para avaliar e comparar o desempenho das duas famílias e a interação entre famílias e locais (genótipo x ambiente) adotou-se análise de variância com causas de variação e os efeitos de família (FA e FB), local (MT e MS), interação família*local, e as comparações entre as famílias e locais utilizou-se o teste de Tukey. O rendimento de carcaça deu-se a partir da insensibilização dos peixes por termonacose e o abate ocorreu com a incisão de corte branquial seguido de sangria. Cada tambaqui foi considerado uma repetição (peixes marcados com microchip). O valor assintótico (parâmetro A) obtido para o peso e características morfométricas (exceto comprimento da cabeça) foram maiores na localidade MT (peso: FA e FB: 2279,6 g) em relação à localidade MS (peso: FA: 1400,0 g; FB: 1600,0 g), sendo que na localidade MS foi evidenciado melhor desempenho da família FB em relação à família FA. A família FB se destacou com melhor desempenho nos dois ambientes de produção. Houve interação genótipo x ambiente para algumas características (MT: família FA para peso e perímetro do corpo; MS: família FB para comprimento padrão). As duas famílias apresentaram peso pré-sangria semelhantes (FA: 1780,2 g e FB: 1933,9 g), porém MT (2449,8 g) apresentou maior ($P < 0,05$) peso em relação a MS (1264,3 g). A porcentagem de gordura visceral foi maior ($P < 0,05$) na família FB (3,8%) e na localidade MS (3,9%). Verificou-se maior ($P < 0,05$) porcentagem de vísceras (MT e MS) e menor ($P < 0,05$) porcentagem de tronco limpo em MS. Conclui-se que a idade no ponto de inflexão foi uma variável determinante para demonstrar a precocidade do tambaqui para ganho de peso neste trabalho; além que, houve crescimento distinto entre as duas famílias nos diferentes ambientes de produção. Os peixes produzidos em MT apresentaram maior peso ao abate e rendimento de tronco limpo e menor acúmulo de gordura visceral.

Palavras-chave: Gompertz, interação genótipo x ambiente, melhoramento genético de peixes, taxa de crescimento específico, valor assintótico.

ABSTRACT

MARCOS, R. Growth curves and carcass yield of tambaqui (*Colossoma macropomum*) genetically improved produced in different environments. 2018. 59f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2018.

The objective of this study was to evaluate the growth curves and yield of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*) carcass produced in different environments. The study was carried out in Santo Antonio de Leverger (MT) and Campo Grande (MS) from November 2015 to February 2017. Two families (FA and FB) of the second generation with initial weight of 137.76 ± 1.91 g. Biometrics were performed for weight and morphometric characteristics. To describe the growth curves and model adjustments, the non-linear Gompertz regression model was used. In order to evaluate and compare the performance of the two families and the interaction between families and localities (genotype vs. environment), we used variance analysis with causes of variation and the effects of family (FA and FB), local (MT and MS), interaction family *, and comparisons between families and localities was used the Tukey test. The carcass yield was obtained from the desensitization of the fish by termonacose and the slaughter occurred with the incision of branchial cut followed by bleeding. Each tambaqui was considered a repetition (fish marked with microchip). The asymptotic value (parameter A) obtained for the weight and morphometric characteristics (except head length) were higher in the MT locality (weight: FA and FB: 2279.6 g) relative to the MS locality (weight: FA: 1400.0 g; FB: 1600.0 g), and in the MS locality the best performance of the FB family in relation to the FA family was evidenced. The FB family stood out with better performance in both production environments. There was genotype x environment interaction for some characteristics (MT: family FA for body weight and perimeter; MS: family FB for standard length). The two families presented similar pre-bleeding weights (FA: 1780.2 g and FB: 1933.9 g), but MT (2449.8 g) presented higher ($P < 0.05$) weight in relation to MS (1264.3 g). The percentage of visceral fat was higher ($P < 0.05$) in the FB family (3.8%) and MS (3.9%). Greater percentage ($P < 0.05$) of viscera (MT and MS) and lower ($P < 0.05$) percentage of clean trunk in MS were observed. It is concluded that the age at the inflection point was a determinant variable to demonstrate the precocity of tambaqui for weight gain in this work; in addition, there was a distinct growth between the two families in different production environments. The fish produced in MT presented higher slaughter weight and clean trunk yield and lower visceral fat accumulation.

Keywords: Gompertz, interaction genotype x environment, genetic improvement of fish, specific growth rate, asymptotic value.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. Panorama da aquicultura brasileira.....	11
2.2. Melhoramento genético de organismos aquáticos no Brasil.....	12
2.3. Curvas de crescimento e a aplicação dos modelos não lineares.....	14
2.4. Rendimento de carcaça em pescado	17
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO I	
“Curvas de crescimento de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) melhorado geneticamente produzidos em diferentes ambientes”	27
Resumo.....	27
Abstract	28
Introdução.....	29
Materiais e Métodos.....	30
Resultados	33
Discussão.....	39
Conclusão	42
Agradecimentos	42
Referências	42
CAPÍTULO II	
“Rendimento de carcaça de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) melhorado geneticamente produzidos em diferentes ambientes”	46
Resumo.....	46
Abstract	47
Introdução.....	48
Materiais e Métodos.....	49
Resultados	52
Discussão.....	54
Conclusão	56
Agradecimentos	56
Referências	57

1. INTRODUÇÃO

O total da produção em aquicultura no Brasil em 2016 foi de aproximadamente 593,9 mil toneladas, variando negativamente em 1% quando comparado ao ano de 2015 (IBGE, 2017). Porém as estimativas de crescimento até 2025 são otimistas de acordo com o relatório anual da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, em que se estima que o crescimento possa chegar a 104%, tornando Brasil o país de destaque na América Latina (FAO, 2016).

Dentre as espécies nativas cultivadas no Brasil, o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) se destaca com crescimento na produção nacional de aproximadamente 136,9 mil toneladas no ano de 2016, sendo que somente na região Centro-Oeste a produção chegou a mais de 5,6 mil toneladas no mesmo período, tornando-o assim, o segundo organismo aquático mais produzido no Brasil, atrás apenas da espécie exótica *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), popularmente conhecida por tilápia do Nilo (IBGE, 2017).

O tambaqui é um dos peixes nativos mais importantes, mais produzidos e o mais representativo da piscicultura brasileira, sendo cultivado em 25 dos 26 estados do território nacional (IBGE, 2017). É autóctone dos rios Madeira, Orenoco e Solimões, bem como seus afluentes da bacia amazônica, apresentando ampla distribuição e tendo o estado do Amazonas, seguido por Rondônia, Amapá e Acre (GOULDING e CARVALHO, 1982; SILVA et al., 2000).

Com essa importância do cultivo do tambaqui, necessita-se que o manejo do plantel de reprodutores seja adequado para o sucesso reprodutivo em criações, visando progênes com maior qualidade genética ao longo das gerações. O sucesso reprodutivo pode ser adquirido por meio de um programa de melhoramento genético sólido, possibilitando assim, selecionar animais com maior potencial produtivo e também por características específicas de acordo com os diferentes ambiente (PONZONI et al., 2005; ARAÚJO LIMA & GOMES, 2010).

Uma das maneiras de avaliar o sucesso da seleção genética nos animais, por características específica (peso, por exemplo) é pelo intermédio das curvas de crescimento, que permitem explorar e estimar suas características com a relação peso-idade. Além dessa relação, é possível obter um padrão de respostas das observações feitas ao longo da vida do animal, identificando assim características desejáveis e específicas para futuras avaliações genéticas (FREITAS, 2005; CORRÊA et al., 2009; CRUZ et al., 2009; MALHADO et al., 2009; RAMOS et al., 2011).

O objetivo do estudo foi avaliar as curvas de crescimento e o rendimento de carcaça de tambaqui (*Colossoma macropomum*) geneticamente melhorados produzidos em diferentes ambientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panorama da aquicultura brasileira

Estima-se que o Brasil será o país com maior desenvolvimento em pesca e aquicultura até o ano de 2025, registrando um crescimento de 104% em toda sua produção nacional, tornando-se o maior destaque em toda a América Latina (com apenas 40% de crescimento estimado para o mesmo período) (SOFIA, 2016). No âmbito da produção mundial aquícola, com base no ano de 2014, o Brasil ocupou apenas a 14ª posição com pouco mais de 562,0 toneladas (SOFIA, 2016).

Em 2016 a produção aquícola brasileira, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) apresentou um total de 593,9 mil toneladas de pescado, sendo que 87,7% foram provenientes apenas do cultivo de peixes e 12,3% da criação de camarões e ostras, gerando um montante avaliado em mais de R\$ 4,6 milhões de reais. Analisando a produção aquícola por regiões brasileiras tendo como base o ano de 2016, obteve-se um total de 621,3 toneladas com aumento nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul com 35,5%, 4%, 6,9% e 14% respectivamente; e queda somente na região Centro-oeste em 17,7% (IBGE, 2017).

Segundo os dados estatísticos do IBGE (2017), ocupando a primeira posição na produção nacional, destacou-se o estado de Rondônia (região Norte) com mais de 90,7 mil toneladas de peixes com incremento superior a 6,7% na sua produção total comparado ao ano de 2016; em segunda posição o estado do Paraná (região Sul) com um montante de produção de 76,5 mil toneladas, e os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (região Centro-oeste) apresentaram valores inferiores em suas produções com 69,2 mil toneladas e 40,5 mil toneladas, respectivamente para o ano de 2016 (IBGE, 2017).

Em 2016 no Brasil a tilápia do Nilo (exótica) foi o peixe mais produzido com um total de 239,1 mil toneladas, seguido do tambaqui (nativo) com 136,9 mil toneladas, a terceira posição na produção de peixes é importante salientar os híbridos “redondos” como o tambacu, a tambatinga e a patinga (60,1 toneladas), resultantes do cruzamento de peixes nativos puros como o tambaqui, pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818). Nesse contexto entre os peixes mais produzidos no Mato Grosso

do Sul, a tilápia do Nilo foi a mais produzida seguida do pacu e patinga e pelos surubins (Tabela 1). Em Mato Grosso observou-se maior produção para os híbridos redondos tambacu e tambatinga, seguido pelos surubins e pelo tambaqui (Tabela 1). (IBGE, 2017).

Tabela 1 – Grupos de peixes mais produzidos (quilogramas) nos estados de Mato Grosso do Sul (MS) e Mato Grosso (MT) no ano de 2016.

Grupos mais produzidos	MS*	MT*
Tilápia do Nilo	5.296,2	641,5
Surubins (pintado, cachara e híbridos)	549,4	8.328,0
Tambacu e Tambatinga	114,4	25.070,6
Tambaqui	173,2	4.167,7
Pacu e Patinga	622,5	1.011,6
Pirapitinga	-	142,7

*MS (Mato Grosso do Sul) e MT (Mato Grosso) corresponde aos locais onde o experimento foi conduzido.
Fonte: Adaptado de IBGE – Pesquisa Pecuária Municipal, 2017.

2.2. Melhoria genética de organismos aquáticos no Brasil

O melhoramento genético em organismos aquáticos no Brasil ainda caminha muito lentamente quando comparado ao que acontece aos bovinos e as aves, e atualmente, existe em andamento, projetos com a tilápia do Nilo e o tambaqui (OLIVEIRA et al., 2012; MARCOS et al., 2016).

O programa de melhoramento de tilápias do Nilo no Brasil teve início em 2002 com a linhagem Supreme (Geno Mar Supreme Tilápia – GST) com foco na comercialização de peixes melhorados monosexo, não existindo assim a possibilidade de formação de plantéis de reprodutores com esses indivíduos (ZIMMERMAN, 2003; RIBEIRO e LEGAT, 2008; OLIVEIRA et al., 2012). No ano de 2005, dando continuidade no programa de melhoramento, importou-se 600 exemplares oriundos de 30 famílias de tilápias do Nilo da linhagem GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) originária da Malásia, com maior controle genético incluindo marcação dos animais através do seu próprio DNA e o mapeamento dos genes de maior importância dentro da linhagem (LUPCHINSKI JÚNIOR et al., 2008).

No ano de 2008 teve início a rede “Bases Tecnológicas para o Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura no Brasil – Aquabrazil com o objetivo de promover um salto tecnológico da aquicultura brasileira, através do projeto “Melhoramento de espécies aquícolas no Brasil”. Esta rede estabeleceu como espécie a serem desenvolvidas o camarão marinho (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931), o tambaqui, a cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*

Eigenmann & Eigenmann, 1889) e a tilápia do Nilo (ROCHA et al., 2013; AQUABRASIL, 2017).

O programa de melhoramento genético do tambaqui em andamento no Brasil, com núcleo satélite na região Centro-Oeste (município de Sorriso) teve início em 2008 com a formação de 64 famílias para compor os plantéis de reprodutores, tendo a primeira geração selecionada geneticamente para ganho em peso (G1) no período reprodutivo de 2011/2012 (MARCOS et al., 2016). A segunda geração (G2) foi obtida na estação reprodutiva de 2014/2015, sendo os animais desse presente estudo.

O objetivo do programa de melhoramento genético conduzido inicialmente pela Aquabrazil era obter maior ganho de peso para os peixes. Segundo Ponzoni et al. (2005), este ganho para peixes pode chegar até 15% por geração de seleção. Na avaliação da primeira geração de seleção genética para ganho de peso, Marcos et al. (2016) obtiveram algumas famílias melhoradas com ganho superior, quando comparadas ao grupo controle (sem melhoramento), sendo que duas famílias alcançaram ganho de peso de 24,8% e 20,9%.

O melhoramento genético permite selecionar os melhores animais (grupos, famílias) e também discriminar a taxa de crescimento e ganho de peso de cada geração de seleção, com identificação e avaliação do desempenho individual (maior valor e ganho genético) de cada animal; objetivando a disseminação e uso de material genético superior para a espécie (OLIVEIRA et al., 2012). Lind et al. (2012) ressalta a importância de ter linhagens melhoradas específicas para a característica de interesse e não somente linhagens selecionadas por meio de fenótipos.

O acompanhamento constante por gerações genéticas, estudos e critérios de seleção deve ser bem planejado, separando as características de importância econômica de cada linhagem de interesse, desenvolvimento em diferentes ambientes, controle do incremento de endogamia, além de contemplar a obtenção por meio de critérios de seleção adequados e de genótipos que permitam maior lucratividade do sistema de produção (PONZONI, 2005; MELO et al., 2006; MOREIRA et al., 2007; LOPES et al., 2009).

Um dos pontos importantes da seleção de melhores progênes está diretamente relacionada com o ambiente de produção. Cada característica específica resultante dos programas de melhoramento genético possibilita ao melhorista estimar, avaliar e escolher dentro de um determinado grupo, o melhor genótipo específico e quais procedimentos utilizar minimizando sempre perdas de informações, melhor interação e expressões fenotípicas (FALCONER e MACKAY, 1996; CRUZ e REGAZZI, 1997; SILVEIRA, 2016).

A interação genótipo x ambiente deve ser considerada nas avaliações genéticas realizadas, pois pode prejudicar diretamente o ganho genético dos animais, causando alterações em suas estimativas de parâmetros genéticos, nas características analisadas bem como em suas variâncias (apresentando ou não heterogeneidade), modificando assim a escolha final dos reprodutores e podendo ocasionar redução da resposta a seleção genética inicial (BOLDMAN e FREEMAN, 1990; DONG e MAO, 1990; REVERTER et al., 1997; TORRES, 1998; CARVALHEIRO et al., 2002; CORRÊA et al., 2009).

2.3. Curvas de crescimento e a aplicação dos modelos não lineares

Os primeiros trabalhos que utilizaram as curvas de crescimento foram realizados na década de 30 para descrever estudos metabólicos utilizando o modelo de Von Bertalanffy, tendo como base a teoria do crescimento quantitativo, cujo conceito descreve que a taxa de crescimento dos animais é diretamente ligada ao seu peso (FREITAS, 2005; CRUZ et al., 2009; MALHADO et al., 2009).

As curvas de crescimento são compostas por diferentes fases, sendo que a inicial representa o estágio precoce do crescimento com um aumento na taxa de ganho em peso, ou seja, a fase de aceleração (onde o indivíduo atinge a puberdade), seguida por uma segunda fase correspondente à taxa de crescimento linear (relativamente constante) e, por fim a fase que mostra a taxa de crescimento diário em declínio gradual chegando a zero quando o animal atinge o peso corporal adulto (não observado em peixes quando há disponibilidade de capacidade de suporte) (BERG e BUTTERFIELD, 1976; DRAPER e SMITH, 1980; GAMITO, 1998; CERVONI, 2006; JERÓNIMO, 2008).

As fases de crescimento podem ser descritas graficamente mediante uma curva que mostra o crescimento animal com comportamento sigmoidal (MALHADO et al., 2008). Através das curvas é possível interpretar vários parâmetros biológicos, estudando assim o crescimento por meio do ajuste específico de uma função, descrevendo assim todo o período de vida do animal, possibilitando ter respostas mais específicas das suas taxas de crescimento e ganho em peso, grau de maturidade sexual ou de outro estágio no desenvolvimento do animal, bem como avaliar o desempenho produtivo e econômico da produção (GAMITO, 1998; MASSAGO et al., 2010; SILVA et al., 2011).

Na produção animal as análises relacionadas aos dados de medidas relacionam os pesos (y) e as idades (t) por meio de vários modelos não lineares, incluindo nessas informações, variantes das unidades experimentais ou individuais que são estudadas ao longo

de diversas condições e diferentes tratamentos (DAVIDIAN e GILTINAN, 1996; PAZ, 2004). Com isso é possível compreender essas variações nos processos envolvidos no crescimento através das mudanças no tamanho, forma e composição corporal animal pelas curvas de crescimento (LAWRENCE e FOWLER, 2002).

Para monitorar o crescimento e o ganho de peso de linhagens animais, principalmente melhoradas geneticamente, Freitas (2007) cita a importância do uso de análises de medidas repetidas, nos quais incluem diferentes situações (tratamentos) e indivíduos a serem estudados ao longo de diversas condições de avaliação, sobressaindo às curvas de crescimento que relacionam o peso (ou outra característica morfométrica) e a idade dos animais por meio de modelos não lineares.

É importante considerar e ressaltar que dentro do enfoque de medidas repetidas há duas fontes de variabilidade que agem diretamente na modelação do padrão de resposta de dados peso-idade ao longo da vida do animal, sendo elas, a variação aleatória entre os exemplares (possibilita testar o efeito do tratamento global e dentro de cada tempo) e entre as medidas dentro do animal (FREITAS, 2005).

As variabilidades nas medidas repetidas dentro da produção animal servem para modelar o padrão de resposta de dados de peso e de idade ao longo da vida, possibilitando testar os efeitos de tratamentos gerais dentro de cada tempo usando a variação aleatória entre medidas dentro do animal, aplicando as curvas de crescimento e os ajustes de modelos matemáticos (FREITAS, 2007; LOPES et al., 2011).

As aplicações de interesse geral nas curvas se resumem nas características de crescimento populacional, onde três ou quatro parâmetros dos modelos não lineares possam ser interpretados biologicamente, e com isso avaliar o perfil das respostas ao longo do tempo, estudando as interações, identificando as características desejáveis e variância entre e dentro dos indivíduos (peso, idade e tamanho), principalmente nas avaliações genéticas (SANDLAND e MCGILCHRIST, 1979; DRAPER e SMITH, 1980; MANSUR et al., 1991; DAVIDIAN e GILTINAM, 1996; CRUZ, 2000).

Diversos modelos matemáticos não lineares são usados para ajustar as relações peso-idade (padrão de crescimento) para as curvas de crescimento e, vários autores como Mazzini et al. (2003), Falcão et al. (2008) e Malhado et al. (2008) citam que os mais utilizados são os modelos de Richards (RICHARDS, 1959), Brody (BRODY, 1945), Von Bertalanffy (BERTALANFFY, 1957), Logístico (NELDER, 1961) e Gompertz (LAIRD, 1965) (Tabela

2), sendo que mesmo existindo variações quanto a interpretação e conteúdo, é possível associar significado biológico a cada um deles.

Tabela 2 – Descrição geral dos modelos matemáticos não lineares mais usados para descrever as curvas de crescimento.

Modelo matemático	Equação*	Nº de parâmetros
Richards	$y_t = A (1 - Be^{-kt})^m$	04
Brody	$y_t = A (1 - Be^{-kt})$	03
Von Bertalanffy	$y_t = A (1 - Be^{-kt})^3$	03
Logístico	$y_t = A (1 + Be^{-kt})^{-1}$	03
Gompertz	$y_t = Ae^{Be^{-kt}}$	03

*Em que: y representa o peso corporal (kg) na idade t ; a = é peso assintótico quando t tende a infinito, ou seja, esse parâmetro é interpretado como peso à idade adulta; B = é uma constante de integração, relacionada aos pesos iniciais do animal e sem interpretação biológica bem definida (o valor de B é estabelecido pelos valores iniciais de y e t); k = taxa de maturação, que deve ser entendida como a mudança de peso em relação ao peso a maturidade; m onstante que define o ponto de inflexão, ou seja, da forma da curva; e = é a base do logaritmo natural.

Fonte: Adaptado de Echeverri (2011) e Tholon et al. (2012).

O modelo não linear de Gompertz apresenta as propriedades mais desejáveis para uma curva de crescimento, utilizando apenas três parâmetros (A , B e K), pois considera que a massa corporal inicial é sempre superior à zero, indicando que o animal já nasce com algum peso (ELIAS, 1998; FIALHO, 1999; MAZZINI et al., 2003; BORGES, 2008; COSTA et al., 2009). Para descrever o comportamento do crescimento, tendo como exemplo os peixes (tambaqui) utilizam-se comumente o modelo matemático de regressão não linear de Gompertz (FIALHO, 1999), que apresenta importantes interpretações biológicas, descrito a seguir:

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

Onde:

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

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

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

C = idade no ponto de inflexão (dias);

t = idade (dias);

e = 2,718281828459.

2.4. Rendimento de carcaça em pescado

O rendimento de carcaça pode ser estudados e definidos usando informações das medidas morfométricas do animal (*in vivo*) visando sempre estimar o melhor peso de abate e seus respectivos rendimentos corporais com padronização de acordo com cada espécie (SOUZA et al., 1999; RUTTEN et al., 2004; FREATO et al., 2005; GOMES, 2009). Essas avaliações prévias são importantes para a determinação do desempenho zootécnico, produtividade, operacionalidade na industrialização e estimativa do lucro final da produção do pescado (GONÇALVES et al., 2003).

O rendimento pré-estimado da carcaça relacionada com as medidas morfométricas antes do abate, além de contribuir para caracterizar a forma do corpo do peixe tem importância fundamental do ponto de vista econômico, pois é um fator indispensável para definição dos processos de cortes, eficiência das máquinas filetadoras, destreza manual dos funcionários e seu beneficiamento final (CONTRERAS-GUZMAN, 1994; CIBERT, 1999; BOSWORTH et al., 2001). As características morfométricas da carcaça podem variar entre diversas espécies e até dentro de um mesmo grupo específico como, por exemplo, o rendimento do filé, forma anatômica do corpo, sexo, tamanho da cabeça, comprimento de cauda e peso dos seus resíduos como a gordura visceral (Tabela 3). Estas medidas associadas ao peso *in natura* do animal podem ser usadas para avaliação do rendimento de carcaça para critério de seleção em programas de melhoramento genético para espécies em potencial (BOSWORTH et al., 1998; MACEDO-VIEGAS et al., 2000; FREATO et al., 2005; CARNEIRO, 2007; SILVA, 2009).

Tabela 3 – Rendimento de carcaça de diferentes peixes de água doce.

Nome comum	Peso ao abate(g)	Eviscerado (%)	Filé sem pele (%)	Cabeça (%)
Bagre Africano ¹	2320,0	93,7	36,2	24,9
Tilápia do Nilo ²	400,0	90,2	36,7	13,7
Jundiá ³	350,0	83,9	29,4	26,4
Matrinxã ⁴	550,0	90,6	39,4	13,7
Pintado ⁵	1400,0	70,1	32,6	17,7
Pacu ⁶	942,0	84,6	46,7	16,4
Tambaqui ⁷	1470,0	83,1	32,0	21,5

Fonte: Adaptado de ¹Souza et al. (1999); ⁴Macedo-Viegas et al. (2000); ²Souza e Maranhão (2001); ⁵Burkert (2008); ⁷Fernandes et al. (2010); ⁶Basso & Ferreira (2011); ³Goes (2015).

De acordo com Contreras-Guzmán (1994) existe uma variação nas espécies de peixes associadas ao peso bruto entre 25 % a 42% de rendimento final de filé. Rutten et al. (2005) observaram também que o peso bruto e algumas medidas morfométricas estão associados linearmente ao rendimento de filé, ou seja, tendo uma proporcionalidade positiva ao longo do crescimento do animal. Em tilápias do Nilo a correlação entre a largura / altura do corpo e o comprimento padrão pode ser usada como critério de seleção para animais com maior peso final para o abate e maior rendimento de filé (GONÇALVES et al., 2001; RUTTEN et al., 2005). Em tambaqui o peso corporal e o rendimento de carcaça esta diretamente relacionada com a largura do corpo, ou seja, peixes mais altos e largos possuem maior peso corporal (COSTA, 2011).

Após o abate e o processamento do pescado têm-se os resíduos, que são definidos como as sobras geradas após a obtenção do produto final, resultando-os assim em co-produtos que podem ser destinados para a produção animal e para alimentação humana (NUNES, 2011; AYROZA, 2011). A sobra correspondente às vísceras, escamas, espinhaço, pele e cabeça, podendo ser também peixes com carne escura e abaixo do peso ideal para o processamento, representando assim um montante em torno de 65% do peixe (BOSCOLO et al., 2001; VISENTAINER et al., 2003; KUBITZA e CAMPOS, 2006).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUABRASIL. **Descrição do projeto.** Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/aquabrasil>>. Acesso em: 31 mai 2017.

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Ed. Santa Maria: UFSM, p.175-204, 2010.

AYROZA, L.M.D.; ROMAGOSA, E.; AYROZA, D.M.M.R.; SCORVO, J.D.; SALLES, F.A. Costs and profitability of juvenile Nile tilapia breeding using different stocking densities in net cages. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 40: p.231-239, 2011.

BASSO, L.; FERREIRA, M.W. Efeito do peso ao abate nos rendimentos dos processamentos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Agrarian**, 4(12): p.134-139, 2011.

BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney University Press. p.240, 1976.

BERTALANFFY, L. **Quantitative laws in metabolism and growth**. The Quartely Review of Biology, [S.l.], v. 32, 1957. p.217-230,

BOLDMAN, K.G.; FREEMAN, A.E. Adjustment for heterogeneity of variances by herd production level in dairy cow and sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.503-512, 1990.

BORGES, A.I.C. Interface “Comparação de curvas de crescimento”: aplicação informática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. 123f. **Dissertação** (Mestrado em Ensino da Matemática) - Universidade do Porto, Porto, 2008.

BOSCOLO, W.R.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; FURUYA, W.M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaças de machos revertidos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem tailandesa e comum, nas fases iniciais e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.5, p.1391-1396, 2001.

BOSWORTH, B.G.; HOLLAND, M.; BRAZIL, B.L. Evaluation of ultrasound imagery and body shape to predict carcass and fillet yield in farmed farmed catfish. **Journal Animal Science**. 79, p.1483-1490, 2001.

BOSWORTH, B.G.; LIBEY, G.S.; NOTTER, D.R. Relationships amongs body weight, body shape, visceral components and fillet traits in palmetto bass (stripped bass female *Moroneaxatilis*_White bass male *M. chrysops*) and paradise bass (stripped bass female *M. axatilis*_yellow bass male *M. mississippiensis*). **Journal World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.29, n.1, p.40-50, Mar. 1998.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold. 1945. p.1023.

BURKERT, D.; ANDRADE, D.R. de; SIROL, R.N.; SALARO, A.L.; RASGUIDO, J.E.A.; QUIRINO, C.R. Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1137-1143, 2008.

CARNEIRO P.C.F. Tecnologias de produção e armazenamento de sêmen de peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** v.31, p.361-366, 2007.

CARVALHEIRO R.; FRIES L.A.; SCHENKEL F.S.; ALBUQUERQUE L.G. Efeitos da Heterogeneidade de Variância Residual entre Grupos de Contemporâneos na Avaliação Genética de Bovinos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia** [periódico na Internet]. 31(4): p.1680-8, 2002.

CERVONI, E.J. **Fisiologia do crescimento de bovinos**. 2006. Disponível em: <<http://www.limousin.com.br/pages/artigos/vendo.asp?ID=112>>. Acesso em: 28. abr. 2017.

CIBERT, C., FERMON, Y., VALLOD, D., MEUNIER, J.F. Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. **Aquaculture Living Research**. 12, p.1-10, 1999.

CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.409.

CORRÊA, M.B.B.; DIONELLO, NELSON J.L.; CARDOSO, F.F. Caracterização da interação genótipo-ambiente e comparação entre modelos para ajuste do ganho pós-desmama de bovinos Devon via normas de reação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(8), p.1460-1467, 2009.

COSTA, A. C. Medidas morfométricas na avaliação de pesos e rendimentos corporais de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*). 64f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011.

COSTA, A.C.; NETO REIS, R.V.; FREITAS, R.T.F.; FREATO, T.A.; LAGO, A.A.; SANTOS, V.B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através dos modelos não lineares. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, supl. 1, p.561-564, 2009.

CRUZ, G.R.B. Aplicação de modelos matemáticos no ajuste da curva de crescimento de caprinos no estado da Paraíba. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia. p.84, 2000.

CRUZ, G.R.B.; COSTA, R.G., RIBEIRO, M.N. Curva de crescimento de caprinos mestiços no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n.2, p.204-210, 2009.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, p.390, 1997.

DAVIDIAN, M.; GILTINAM, D.M. **Nonlinear models for repeated measurement data**. 2. ed. London : Chapman & Hall, p.359, 1996.

DONG, M.C.; MAO, I.L. Heterogeneity of (co)variance and heritability in different levels of intraherd milk production variance and of herd average. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.843-851, 1990.

DRAPER, N.R., SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. Wiley, New York, 1980. p.709.

ECHEVERRI, A.M.L. Utilização de modelos não-lineares para descrever o crescimento do perímetro escrotal em ruminantes. **Veterinária e Zootecnia**. v.5, n.2, 2011.

ELIAS, A.M. Análise de curvas de crescimento de vacas de raça Nelore, Guzerá e Girolando. 128f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, 1998.

FALCÃO, A.J.S., MAZUCHELI, J., FERREIRA, J.L., LOPES, F.B. Análise de curvas de crescimento de bovinos da raça Nelore criados nos estados do Tocantins e Pará, utilizando modelos não lineares. **7º Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal**, 10-11 Julho 2008, São Carlos, Brasil, 2008.

FALCONER, D.S. AND MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**, 4th ed. (Longman Group, Essex, England) 1996. p.1-19.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Contributing to food security and nutrition for all**. Rome. 2016. p.200.

FERNANDES, T.R.C.; DORIA, C.R.C.; MENEZES, J.T.B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, CUVIER, 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.36, p.45-52, 2010.

FREATO, T.A.; FREITAS, R.T.F.; SANTOS, V.B. et al. Efeito do peso de abate nos rendimentos do processamento da piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849). **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.676-682, 2005.

FREITAS, A.R. de. Curvas de Crescimento na produção animal. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p.786-795, 2005.

FREITAS, A.R. de. Curvas de Crescimento na produção animal / Alfredo Ribeiro de Freitas. – São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. **Documentos**, 68, 2007. p.05-07.

FIALHO, F.B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. **Comunicado Técnico 237**. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1999. p.4.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 133, n. 1/3, p.83-94, Nov, 1998.

GOES, E.S. DOS R.; FEIDEN, A.; NEU, D.H; GOES, M.D.; BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A. Rendimentos do processamento e composição centesimal de filés do jundiá *Rhamdia voulezi*. **Ciência Animal Brasileira**, 16(4), p.481-490, 2015.

GOMES, F. P. Desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*) da pirapitinga (*Piaractus brachypomum*), e do híbrido tambatinga (*C. macropomum x P. brachypomum*)

mantidos em viveiros fertilizados na fase de engorda. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Animal) Escola de Veterinária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GONÇALVES, T.M.; ALMEIDA, A.J.L.; OLIVEIRA, H.N. Avaliação de características de carcaças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, p.38, 2001.

GONÇALVES, T.M.; ALMEIDA, A.J.L.; BORGES, E.E.S. Características de carcaça de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro classes de peso ao abate. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 25, n. 1, p.25-29. 2003.

GOULDING, M.; CARVALHO, M.L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, characidae): An important Amazonian foodfish. **Revista Brasileira de Zoologia**, Viçosa, v.1, p.107-138, 1982.

IBGE. **Produção Pecuária Municipal**, 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>>. Acesso em: 01 mar 2017.

JERÓNIMO, E. **Necessidade dos animais: Crescimento**. 2008. Disponível em: <<http://www.ciencialivre.pro.br/media/f8cce8e6e8c1a368ffff807cffffd524.pdf>> Acesso em: 09 abr. 2017.

KUBITZA, F. & CAMPOS, J.L. O aproveitamento dos subprodutos do processamento de pescado. **Revista Panorama da Aqüicultura**. Rio de Janeiro, v.16, n.94, 2006. p.23-29.

LAIRD, A. K. **Dynamics of relative growth**. Growth, [S.l.], v. 29, n. 9, 1965. p.249-263.

LAWRENCE, T.L.J. FOWLER, V.R. **Growth of Farm Animals**. New York, USA: CABI Publishing, 2002. p.347.

LIND, C.E.; PONZONI, R.W.; NGUYEN, N.H.; KHAW, H.L. Selective breeding in fish and conservation of genetic resources for aquaculture. **Reproduction Domestic Animal Zuchthyg**. 47 Suppl 4, p.255–263, 2012.

LOPES, F.B.; SILVA, M.C. da; MARQUES, E.G.; FERREIRA, J. L. Ajustes de curvas de crescimento em bovinos nelore da região Norte do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 3, p.607-617 jul/set, 2011.

LOPES, T.S.; STREIT JR., D.P.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; LOPERA-BARRERO, N.M.; VARGAS, L.; PINTO FILHO, C.; QUEIROZ, J.R. Diversidade genética de estoques de reprodutores de *Colossoma macropomum*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 61(3), p.728-735, 2009.

LUPCHINSKI JÚNIOR, E.; VARGAS, L.; POVH, J. A.; RIBEIRO, R. P.; MANGOLIM, C. A.; LOPERABARRERO, N. M. Avaliação da variabilidade das gerações G0 e F1 da linhagem GIFT de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. **Acta Scientiarum**, v. 30, n. 2, p.233-240, 2008.

MACEDO-VIEGAS, E.M.; SCORVO, C.M.D. F.; VIDOTTI, R.M.; SECCO, E.M. Efeito das classes de peso sobre a composição corporal e o rendimento de processamento de matrinxã (*Brycon cephalus*). **Acta Scientiarum**, Maringá, 22(3): p.725-728, 2000.

MALHADO, C.H.M.; CARNEIRO, P.L.S.; MARTINS FILHO, R.; AZEVEDO, D.M.M.R.; AFFONSO, P.R.A.M.; SOUZA, J.C. Correlações genéticas entre características de crescimento e parâmetros da curva em bovinos da raça Nelore. **Revista de Ciência e Produção Animal**, v.10, n.2, p.102-111, 2008.

MALHADO, C.H.M.; RAMOS, A.A.; CARNEIRO, P.L.S.; AZEVEDO, D.M.M.R.; MELLO, P.R.A.; PEREIRA, D.G.; SOUZA, J.C.; MARTINS FILHO, R. Modelos não-lineares utilizados para descrever o crescimento de bovinos da raça Nelore no estado da Bahia: 1. Efeito ambiental. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.821-829, 2009.

MANSUR, M.C.D.; SCHULTZ, C.; SILVA, M.G.O.; CAMPOS-VELHO, N.M.R. Moluscos bivalves límnicos da estação ecológica do Taim e áreas adjacentes, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, **Série Zoologia**, 71: p.43-58, 1991.

MARCOS, R.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, C.A.L. de; RIBEIRO, R.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; CÔRREA- ABREU, J.S. de; MURARI, P.J.F. Weight gain and morphometric growth of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p.2521-2528, 2016.

MASSAGO, H.; CASTAGNOLLI, N.; MALHEIROS, B.; KOBERSTEIN, T.C.R.D.; SANTOS, M.A.; RIBEIRO, R.P. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8, n.4, p.397-203, 2010.

MAZZINI, A.R.A.; MUNIZ, J.A.; AQUINO, L. H.; SILVA, F. F. Análise da curva de crescimento de machos Herford. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p.1105-1112, set/out, 2003.

MELO, D.C.; OLIVEIRA, D.A.A.; RIBEIRO, L.P.; TEIXEIRA, C.S.; SOUSA, A.B.; COELHO, E.G.A.; CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA, E.A. Genetic characterization of six commercial stocks of tilapia (*Oreochromis* spp.) using microsatellite marker. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 58: p.87-9. 2006.

MOREIRA, A.A.; HILSDORF, A.W.S.; SILVA, J.V. et al. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.521-526, 2007.

NELDER, J.A. **The fitting of a generation of the logistic curve**. Biometrics, Washington, v. 17, 1961. p.89-110.

NUNES, M.L. Farinha de pescado. In: GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do Pescado: Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação**. São Paulo: Editora Atheneu, p.362-371, 2011.

OLIVEIRA, C.A.L. de; RIBEIRO, R.P.; STREIT JÚNIOR, D.P.; POVH, J.A.; RESENDE, E.K. Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 130, p.38-47, 2012.

PAZ, C.C.P.; PACKER, I.U.; FREITAS, A.R.; TALHARDI, D.T.; REGITANO, L.C.A.; ALENCAR, M.M.; CRUZ, G.M. Ajuste de modelos não-lineares em estudos de associação entre polimorfismos genéticos e crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p.1416-1425, 2004.

PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; Kamaruzzaman, N. Genetic paramaters and response for live weigt in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), **Aquaculture**, v. 247, p.203-210, 2005.

RAMOS, LINA MARIA; SANCHES, ADHEMAR; COTES, JOSÁ MIGUEL AND CARGNELUTTI FILHO, ALBERTO. Adaptability and stability of yield rice genotypes, using two assessment methodologies in Colombia. **Acta Agronomica**. [online]. vol.60, n.1 p.39-49, 2011.

REVERTER, A.; TIER, B.; JOHNSTON, D.J. et al. Assessing the efficiency of multiplicative mixed model equations to account for heterogeneous variance across herds in carcass scan traits from beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.75, p.1477-1485, 1997.

RIBEIRO, R. P.; LEGAT, A. P. **Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. p.25.

RICHARDS, F.J. **A flexible growth function for empirical use**. Journal of Experimental Botany, v.10, 1959. p.290-300.

ROCHA, C.M.C. DA; RESENDE, E.K. DE; ROUTLEDGE, E.A.B., LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aqüicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2013. 48(8), iv-vi.

RUTTEN, M.J.M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v.231, n.1/4, p.113-122, Mar. 2004.

RUTTEN, M.J.M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, Amsterdam, v.246, n.1/4, p.125-132, Jan./Feb. 2005.

SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST, C. A. **Stochastic growth curve analysis**. Biometrics, Washington, v.35, n.1, 1979. p.255-271.

SILVA, F.L. Curvas de crescimento e produtividade de vacas Nelore e cruzadas, de diferentes tipos biológicos, em sistema de produção intensiva. 88f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SILVA, F.L.; ALENCAR, M.M.; FREITAS, A.R.; PACKER, I.U.; MOURÃO, G.B. Curvas de crescimento em vacas de corte de diferentes tipos biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.262-271, 2011.

SILVA, F.V.; SARMENTO, N.L.A.F.; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J.A.; OLIVEIRA, L.L.S.; SARAIVA, E.P. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38(8): p.1407-1412, 2009.

SILVA, J.A.M.; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M.I., 2000. Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1828) Natural food. **Revista Brasileira de Biologia**, 60(4): 2000.

SILVEIRA, M.V. Modelos de regressão aleatória para estimativa de curvas de crescimento e interação genótipo x ambiente em bovinos da raça Nelore criados no Mato Grosso do Sul. 2016. 40 f. **Tese** (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

SOFIA. **The State of World Fisheries and Aquaculture**.2016.Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>>. Acesso em: 20 mai 2017.

SOUZA, M.L.R; MACEDO-VIEGAS, E.M.M; NASCIMENTO, S. Influência do método de filetagem e categorias de peso sobre rendimento de carcaça, filé e pele da tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista brasileira de zootecnia**. v. 28, n. 1, p.1-6. 1999.

SOUZA, M.L.R.; LIMA, S.; FURUYA, W.M., PINTO, A.A.; LOURES, B.T.R.R.; POVH, J.A. Estudo de carcaça do bagre africano (*Caltrias gariepinus*) em diferentes categorias de peso. **Acta Scientiarum**. 21 (3): p.637-644, 1999.

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

THOLON, P.; PAIVA, R.D.M.; MENDES, A.R.A.; BARROZO, D. Utilização de funções lineares e não lineares para ajuste do crescimento de bovinos Santa Gertrudis, criados a pasto. **ARS Veterinaria**, v.28, n.4, 2012.

TORRES, R.A. Efeito da heterogeneidade de variância na avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil. 1998. 124f. **Tese** (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

VISENTAINER, J.V.; GOMES, S.T.M.; HAYASHI, C.; SANTOS-JUNIOR, O.O.; SILVA, A.B.M.; JUSTI, K.C.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 23(3): p.478-484, 2003.

ZIMMERMANN, S. Um moderno instrumental genético no melhoramento e na rastreabilidade de tilápias nilóticas. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, p. 69, mar./abr., 2003. p.69.

**CURVAS DE CRESCIMENTO DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)
MELHORADO GENETICAMENTE PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES**

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar as curvas de crescimento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) geneticamente melhorados produzidos em diferentes ambientes. O trabalho foi realizado em Santo Antônio de Leverger – MT e Campo Grande – MS no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2017. Avaliaram-se duas famílias (FA e FB) da G2 com peso inicial de $137,76 \pm 1,91$ g. Realizaram-se biometrias para peso e características morfométricas. Para descrever as curvas de crescimento do tambaqui foi o modelo de regressão de Gompertz e o teste da razão de verossimilhança. Para avaliar e comparar o desempenho das duas famílias e a interação entre famílias e locais (genótipo x ambiente) foi utilizado análise de variância considerando como fator de variação família (FA e FB), local (MT e MS), interação família*local e erro; para as comparações entre as famílias e entre os locais foi utilizado o teste de Tukey. O valor assintótico (parâmetro A) obtido para o peso e características morfométricas (exceto comprimento da cabeça) foram maiores ($P < 0,05$) na localidade MT (peso: FA e FB: 2279,6 g) em relação à localidade MS (peso: FA: 1400,0 g; FB: 1600,0 g), sendo que na localidade MS foi evidenciado melhor desempenho da família FB em relação à família FA. Apenas a característica comprimento da cabeça apresentou taxa de crescimento relativo diferente significativamente nas famílias e localidades, com maior ($P < 0,05$) valor para a família FA. A família FB se destacou com melhor desempenho nos dois ambientes de produção. Houve interação genótipo x ambiente para algumas características (FA na localidade MT para peso e perímetro do corpo; e FB na localidade MS para comprimento padrão). Conclui-se que as duas famílias apresentaram crescimento distinto nos diferentes ambientes de produção.

Palavras-chave: Gompertz, idade no ponto de inflexão, melhoramento genético de peixes, taxa de crescimento específico, valor assintótico.

GROWTH CURVES OF TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) GENETICALLY IMPROVED PRODUCED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Abstract

The objective of the study was to evaluate the growth curves of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*) produced in different environments. The work was carried out in Santo Antonio de Leverger - MT and Campo Grande - MS from November 2015 to February 2017. Two families (FA and FB) of G2 with initial weight of 137.76 ± 1.91 g. Biometrics were performed for weight and morphometric characteristics. To describe the growth curves of the tambaqui was the Gompertz regression model and the likelihood ratio test. In order to evaluate and compare the performance of the two families and the interaction between families and localities (genotype x environment), variance analysis was used considering family and local family interaction (FA and FB), local (MT and MS) error; Tukey test was used for comparisons between families and between sites. The asymptotic value (parameter A) obtained for the weight and morphometric characteristics (except head length) were higher ($P < 0.05$) in the MT location (weight: FA and FB: 2279.6 g) in relation to MS weight: FA: 1400.0 g; FB: 1600.0 g), and in the MS locality the best performance of the FB family in relation to the FA family was evidenced. Only the characteristic head length showed a significantly different relative growth rate in families and localities, with a higher ($P < 0.05$) value for the FA family. The FB family stood out with better performance in both production environments. There was genotype x environment interaction for some characteristics (FA in the MT location for body weight and perimeter, and FB in the MS location for standard length). It is concluded that the two families presented distinct growth in the different production environments.

Keywords: Gompertz, age at inflection point, genetic improvement of fish, specific growth rate, asymptotic value.

1. Introdução

O tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) se destaca nacionalmente com crescimento em sua produção anual, com 136,0 mil toneladas somente no ano de 2016 (IBGE, 2017), tornando-o assim, o segundo organismo aquático mais produzido no Brasil, atrás apenas da espécie exótica *Oreochromis niloticus*, popularmente conhecida por tilápia do Nilo (IBGE, 2017).

O tambaqui é o peixe nativo mais importante, mais produzido e o mais representativo da piscicultura brasileira (GOULDING e CARVALHO, 1982) apresentando amplo cultivo por piscicultores das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. A grande importância na produção do tambaqui faz-se necessário ter um bom plantel de reprodutores, visando sempre obter melhores progênies (genética superior) com maior potencial produtivo e também, selecionar características específicas de acordo com os diferentes ambientes de produção (PONZONI et al., 2005; ARAÚJO LIMA & GOMES, 2010).

Com a ausência de um programa de melhoramento genético do tambaqui, muitos piscicultores buscaram o aumento da produção mediante os cruzamentos interespecíficos entre os peixes redondos como o tambacu (fêmea de tambaqui x macho de pacu) e tambatinga (fêmea de tambaqui x macho de pirapitinga) (LOPERA-BARRERO et al., 2011). Embora possa ocorrer heterose positiva em algumas condições, o ganho genético quando existe é restrito apenas a uma geração, diferentemente do melhoramento genético onde os ganhos são contínuos e podem representar entre 8 a 12% por geração em programas bem gerenciados (NGUYEN, 2016), podendo atingir até 15% (PONZONI et al., 2005).

O programa de melhoramento genético de peixes é recente no Brasil, sendo que apenas em 2008 teve início um programa de uma espécie nativa no país, sendo o tambaqui o peixe escolhido (OLIVEIRA et al., 2012). A primeira geração (G1) selecionada geneticamente para ganho de peso foi formada no período reprodutivo de 2011/2012, sendo que os peixes das famílias da G1 avaliadas apresentaram superioridade média no desempenho em 17,6% em relação aos peixes não selecionados para ganho de peso (MARCOS et al., 2016).

Com a recente obtenção da segunda geração (G2) de seleção para ganho de peso se torna importante a avaliação das curvas de crescimento das famílias desta geração em diferentes ambientes. Determinar as curvas de crescimento permite com base nos parâmetros da curva (A: valor assintótico; B: taxa de crescimento relativo; C: idade no ponto de inflexão) auxiliar no programa de melhoramento na obtenção de peixes mais precoces e/ou menor taxa

de crescimento em determinada idade. Nesse sentido, o modelo de Gompertz tem sido usado para descrever o crescimento de peixes, como a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (OLIVEIRA et al., 2012) e tambaqui (DE MELLO et al., 2015). O objetivo do estudo foi determinar as curvas de crescimento de tambaqui (*Colossoma macropomum*) melhorado geneticamente produzidos em diferentes ambientes.

2. Materiais e métodos

2.1 Locais e animais

O experimento foi realizado em duas localidades distintas, no setor de Piscicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada na cidade de Santo Antônio de Leverger – MT (Latitude 15° 51' 56'' S e Longitude 56° 04' 36'' W) e na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada na cidade de Campo Grande – MS (Latitude 20° 29' 59'' S e Longitude 54° 36' 53'' W), no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2017. Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Uso de Animais/UFMS (Protocolo nº 641/2014 – CEUA, FAMEZ, UFMS).

A segunda geração de seleção genética para ganho de peso do tambaqui foi obtida na estação reprodutiva do ano de 2015 (mês de abril), no núcleo satélite de melhoramento genético localizado no norte de Mato Grosso (Latitude -12° 51' 56,40'' S e Longitude -55° 50' 03,30'' W). Os alevinos foram obtidos a partir do cruzamento de matrizes da primeira geração de seleção genética para ganho de peso, originando assim duas famílias (FA e FB), as quais foram avaliadas neste experimento. Os alevinos foram estocados inicialmente em duas hapas de 3,0 m³ separados por famílias, alocados em viveiros no setor de Piscicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso. Os mesmos permaneceram nas hapas até atingirem o tamanho para que pudessem ser individualizados com microchip implantados na região dorsal.

2.2 Unidades experimentais, alimentação e análise de água

Duas famílias de tambaqui foram distribuídas em dois ambientes distintos para a realização do experimento, sendo Santo Antônio de Leverger – MT e Campo Grande – MS. O total de 1200 peixes com peso vivo inicial de $130,2 \pm 1,9$ g e comprimento total de $21,0 \pm 1,8$ cm foram alocados aleatoriamente para os dois locais de cultivo, perfazendo 600 peixes por

local de produção (MT e MS). Cada viveiro (dois por local) recebeu 300 peixes, sendo 150 de cada família.

Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água de 10% ao dia. Estimou-se biomassa final de 0,8 kg de peixe/m² nos dois ambientes de produção. A alimentação dos peixes foi realizada duas vezes ao dia (09:00 horas e 16:00 horas) com ração extrusada comercial de 32% PB, com ajuste de tamanho de pélete da ração conforme a fase de produção. Os peixes foram alimentados até a saciedade.

Durante o período experimental foram avaliadas semanalmente características limnológicas da água. Nos viveiros de Santo Antônio de Leverger – MT foi mensurado a temperatura e o oxigênio dissolvido com o auxílio de um oxímetro digital (*Yellow Springs Instruments* - YSI Pro 20) e o pH (peagâmetro digital Quimis[®] Q400BC). Nos viveiros de Campo Grande – MS foram realizadas as mesmas análises com o auxílio de um multiparâmetro (YSI Professional Plus).

2.3 Características mensuradas

Avaliou-se a segunda geração de seleção do tambaqui por um período de 431 dias (entre novembro de 2015 a fevereiro de 2017) nos dois locais distintos (MT e MS). Anteriormente as biometrias os peixes passaram por jejum de 24 horas e, posteriormente, foram anestesiados com solução de eugenol (50 mg/L) conforme metodologia de Inoue et al. (2011). Na sequência os peixes foram identificados (leitura do microchip), pesados e medidos quanto às características morfométricas comprimento padrão, comprimento de cabeça e perímetro do corpo (Figura 1).

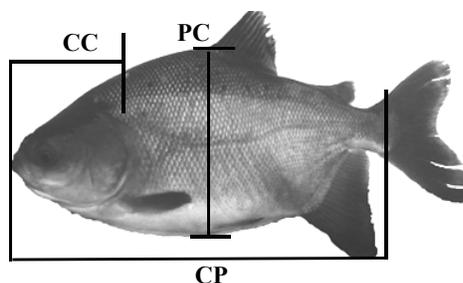


Figura 1 – Medidas morfométricas mensuradas do tambaqui (*Colossoma macropomum*): CC (comprimento da cabeça), PC (perímetro do corpo) e CP (comprimento padrão).

2.4 Análises estatísticas

Para descrever o comportamento do crescimento das famílias de tambaqui utilizou-se o modelo matemático de regressão não linear de Gompertz (FIALHO, 1999), descrito a seguir:

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

Em que:

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

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

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

C = idade no ponto de inflexão (dias);

t = idade (dias);

$e = 2,718281828459$.

Os modelos foram ajustados para descrever o padrão de crescimento dos peixes nas duas famílias selecionadas para peso e todas as características morfométricas medidas. Os parâmetros das curvas de crescimento dos peixes das duas famílias foram estimados pelo método de Marquardt modificado, utilizando o procedimento NLIN do programa SAS versão 9.0.

Para comparar os modelos de crescimento das famílias em cada um dos locais, foram utilizados oito diferentes modelos, em cada uma das diferentes características, sendo que o modelo mais simples (M_8) considera que os parâmetros das funções de Gompertz são únicos para ambas as famílias, e no modelo completo (M_1), considera que cada família possui um parâmetro específico. Os demais modelos avaliados na comparação das curvas de crescimento consideram diferentes restrições, apresentando um ou dois parâmetros em comum, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros dos diferentes modelos utilizados na comparação das curvas de crescimento de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de segunda geração de seleção para ganho de peso em dois ambientes de produção.

		Modelos							
		M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈
Parâmetros	A _i	A	A	A _i	A _i	A	A	A _i	A
	B _i	B _i	B _i	B	B _i	B	B _i	B	B
	C _i	C _i	C _i	C _i	C	C _i	C	C	C

Parâmetros *A*, *B* e *C* pertencentes ao modelo de Gompertz.
i= índice para identificação da família (FA e FB).

Para comparar as curvas de crescimento das duas famílias em cada local e avaliar a adequacidade dos modelos, utilizou-se o teste da razão de verossimilhança para igualdade de parâmetros de modelos não lineares, com aproximação pela estatística qui-quadrado (X^2) conforme proposto por Regazzi e Silva (2004).

Para comparar o desempenho das famílias (FA e FB) e identificar a interação entre famílias e locais, fez-se a análise utilizando as informações das biometrias em que os peixes dos dois locais tinham pesos médios aproximados de 1300,0 g, ou seja, em MT na sexta biometria (392 e 393 dias) e MS a nona biometria (701 dias). As análises de variância tiveram como causas de variação os efeitos de família (FA e FB), local (MT e MS), interação família*local e erro; e para as comparações entre as famílias e entre os locais foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância.

3. Resultados

Nos viveiros de Santo Antônio de Leverger (MT) a temperatura no início do experimento (novembro) foi de $24,7 \pm 2,4$ °C, aumentando continuamente até março ($31,0 \pm 0,4$ °C), reduzindo no inverno ($24,6 \pm 2,4$ °C) e tornando a subir no final do experimento ($28,5 \pm 0,7$ °C). O oxigênio dissolvido apresentou moderada concentração ($2,7 \pm 0,3$ mg/L) no início do experimento e picos extremos de variação durante todo o período experimental ($1,2 \pm 1,1$ mg/L no mês de fevereiro até $7,2 \pm 2,2$ mg/L em julho), atingindo ao final do experimento moderada concentração ($2,2 \pm 0,3$ mg/L). O valor do pH foi moderado no início ($8,1 \pm 1,0$) com variações médias ao longo do experimento ($6,2 \pm 2,0$ em dezembro a $8,9 \pm 0,7$ em julho) e menor valor ($6,4 \pm 1,2$) ao final do experimento (Figura 2).

Nos viveiros de Campo Grande (MS) a temperatura no início do experimento (dezembro) foi de $26,3 \pm 0,6$ °C, mantendo-se estável até março ($26,0 \pm 0,7$ °C), com grande redução no inverno ($19,8 \pm 1,7$ °C) e tornando a aumentar no final do experimento ($27,0 \pm 0,6$ °C) sempre em uma magnitude menor do que a observada em MT. O oxigênio dissolvido mensurado foi maior no início ($3,4 \pm 0,6$ mg/L) em relação ao final do experimento ($1,5 \pm 0,7$ mg/L), com grande variação durante todo o período experimental ($1,5 \pm 0,6$ mg/L no mês de fevereiro até $8,7 \pm 0,1$ mg/L em setembro). O pH variou pouco durante todo o experimento, com $8,3 \pm 0,1$ no início e $7,9 \pm 0,2$ no final do período experimental (Figura 2).

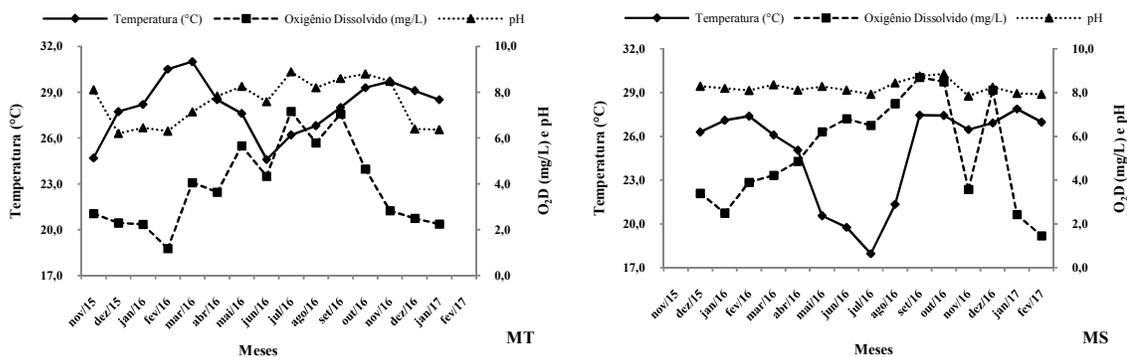


Figura 2 – Médias da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (O₂D) e pH da água do viveiros de cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS) durante 431 dias.

A análise do crescimento das famílias (FA e FB) em diferentes ambientes utilizando o modelo M_1 mostra maior valor assintótico (parâmetro A) e taxa de crescimento relativo (parâmetro B), e menor idade no ponto de inflexão (parâmetro C) das famílias em MT em relação às famílias de MS, exceto valor assintótico para comprimento da cabeça que foi maior em MS para ambas as famílias. A idade no ponto de inflexão para comprimento padrão (FA e FB), comprimento da cabeça (FB) e perímetro do corpo (FB) foram menores em MT. O mesmo comportamento foi observado com a utilização do modelo de melhor ajuste para todas as características avaliadas (Tabela 2).

O modelo M_1 foi mais adequado para descrever o comprimento da cabeça nas duas localidades, sendo que o modelo M_5 foi o mais adequado para as demais características em MT, e o modelo M_3 (peso e perímetro do corpo) e M_5 (comprimento padrão) foram os mais adequados para as demais características em MS (Tabela 2). A biomassa final obtida foi semelhante nas duas localidades, com valores de 0,59 kg e 0,62 kg de peixe/m² em MT e MS,

respectivamente. Todavia, o peso assintótico obtido no modelo de melhor ajuste nas famílias foi bastante superior em MT em relação a MS para ambas as famílias (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros dos modelos completos (M_1) e dos melhores modelos ajustados para descrever o padrão de crescimento de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de segunda geração de seleção avaliado em dois ambientes de produção (MT e MS) durante 431 dias.

		Santo Antônio de Leverger (MT)				Campo Grande (MS)					
		Características Mensuradas♦									
		PESO (g)	CP (cm)	CC (cm)	PC (cm)	PESO (g)	CP (cm)	CC (cm)	PC (cm)		
Modelos completos (M_1)	Parâmetros***	FAMÍLIA A									
	A	2251,7	39,8	11,1	39,9	1400,0	36,1	11,8	36,6		
	B	0,0110	0,0097	0,0123	0,0118	0,0060	0,0043	0,0047	0,0045		
	C	338,7	225,7	214,5	232,8	437,1	239,6	236,4	224,2		
			FAMÍLIA B								
	A	2301,2	39,9	12,6	40,2	1600,0	37,7	13,0	38,7		
	B	0,0106	0,0095	0,0069	0,0113	0,0070	0,0039	0,0039	0,0040		
	C	333,8	215,7	193,4	222,9	386,6	171,8	182,2	165,6		
	Modelos de melhor ajuste			FAMÍLIA A							
		A	2279,6	39,8	11,1*	40,0	1400,0*	36,9	11,8*	37,2*	
		B	0,0108	0,0096	0,0123*	0,0115	0,0065	0,0041	0,0047*	0,0043	
		C	340,5*	225,5*	214,5*	232,5*	428,4*	244,8*	236,4*	225,4*	
		FAMÍLIA B									
A		2279,6	39,8	12,6*	40,0	1600,0*	36,9	13,0*	38,0*		
B	0,0108	0,0096	0,0069*	0,0115	0,0065	0,0041	0,0039*	0,0043			
C	332,4*	215,9*	193,4*	223,3*	391,0*	169,8*	182,2*	167,0*			
Modelo**	M5	M5	M1	M5	M3	M5	M1	M3			

***Parâmetros A, B e C pertencentes ao modelo de Gompertz.

**Modelo de melhor ajuste pela estatística X^2 ($P < 0,05$).

*Parâmetros seguidos de asterisco são diferentes entre as famílias para mesma característica e local.

♦CP - comprimento padrão; CC - comprimento da cabeça; PC - perímetro do corpo.

O valor da estimativa dos parâmetros obtido para peso nos peixes de MT diferiu significativamente apenas para a idade no ponto de inflexão (parâmetro C), com maior ($P < 0,05$) idade na família FA em relação à FB (modelo M_5). Em MS a idade no ponto de

inflexão também foi maior ($P < 0,05$) na família FA em relação à família FB, mas o valor assintótico também diferiu significativamente, com maior ($P < 0,05$) valor para a família FB (modelo M_3) (Tabela 2; Figura 3).

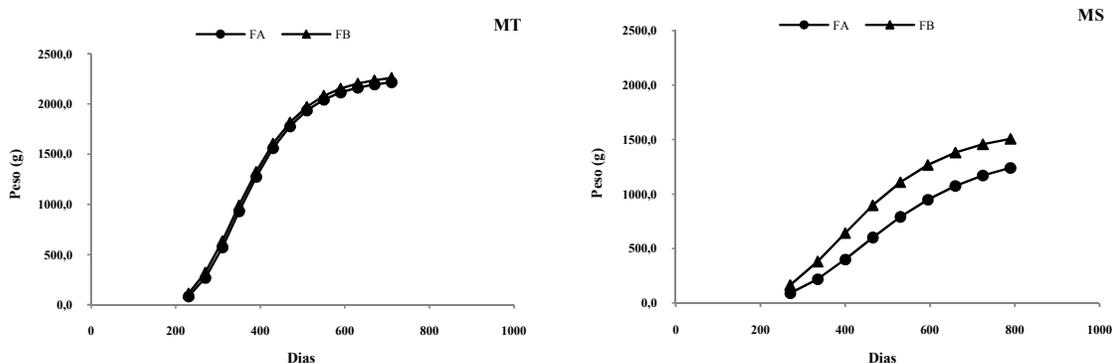


Figura 3 – Curvas de crescimento do peso (g) em função da idade (dias) de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS).

O comprimento padrão apresentou apenas a idade no ponto de inflexão diferente significativamente, com maior ($P < 0,05$) idade na família FA nas duas localidades (modelo M_5) (Tabela 2; Figura 4).

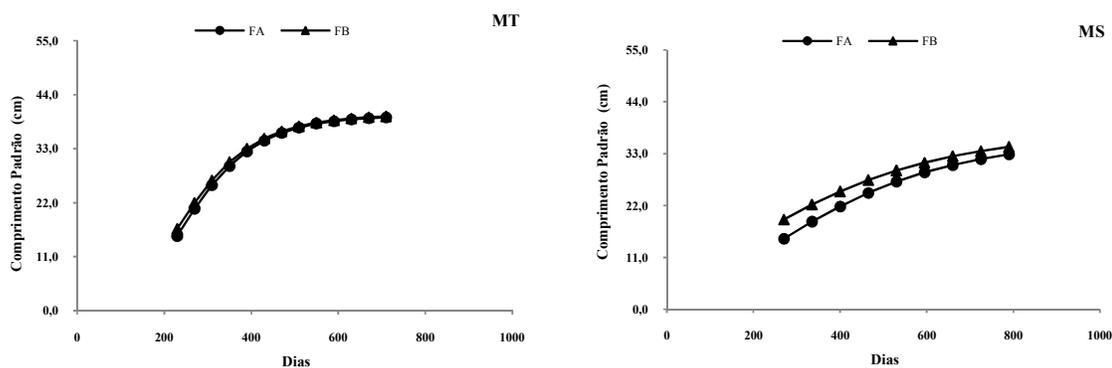


Figura 4 – Curvas de crescimento do comprimento padrão (cm) em função da idade (dias) de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS).

Todos os parâmetros do modelo M_1 da curva de crescimento foram diferentes significativamente para o comprimento da cabeça nas duas localidades, sendo que o valor assintótico foi maior ($P < 0,05$) na família FB em relação à família FA. A taxa de crescimento

relativo e idade no ponto de inflexão foram maiores ($P<0,05$) para a família FA em relação à família FB nas duas localidades (Tabela 2; Figura 5).

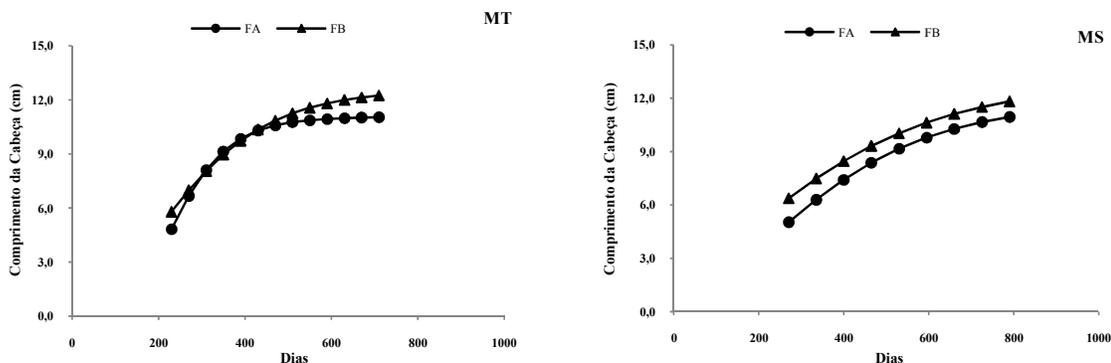


Figura 5 – Curvas de crescimento do comprimento da cabeça (cm) em função da idade (dias) de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS).

O perímetro do corpo dos peixes em MT foi diferente significativamente apenas na idade no ponto de inflexão, com maior ($P<0,05$) valor na família FA (modelo M_5). Em MS também foi obtido maior ($P<0,05$) idade no ponto de inflexão na família FA, porém o valor assintótico também foi diferente significativamente, com maior ($P<0,05$) valor na família FB (modelo M_3) (Tabela 2; Figura 6).

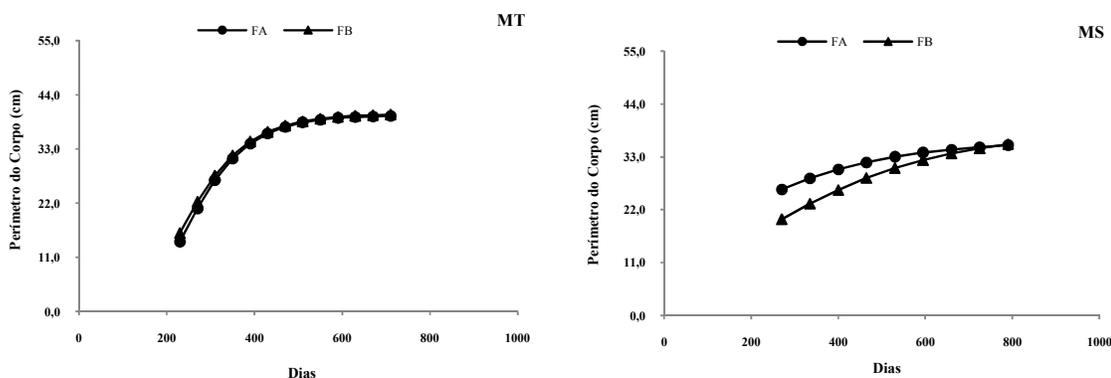


Figura 6 – Curvas de crescimento do perímetro do corpo (cm) em função da idade (dias) de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS).

O peso e comprimento padrão foram maiores ($P<0,05$) para a família FB em relação à família FA em MT. A família FB apresentou maior ($P<0,05$) valor para estas características e também para perímetro do corpo em MS. A família FA apresentou maior ($P<0,05$) peso e

perímetro do corpo em MT em relação a MS; e a família FB apresentou maior ($P<0,05$) comprimento padrão em MS em relação a MT. Todas estas características apresentaram interação genótipo x ambiente ($P<0,05$), exceto o comprimento da cabeça. Quando avaliado independentemente do local e família, a característica comprimento de cabeça foi maior ($P<0,05$) em MT e família FB (Tabela 3).

Tabela 3 – Média de mínimos quadrados para diferentes características morfométricas de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de segunda geração de seleção avaliados em dois ambientes de produção (MT e MS).

Características Mensuradas*						
Local	Família	Peso (g)	CP (cm)	PC (cm)		CC (cm)
MT	A	1320,5 ± 203,3Ba	33,0 ± 1,6Ba	34,8 ± 1,9Aa	Local	MT 12,3 ± 2,5a
	B	1369,5 ± 197,5Aa	33,4 ± 1,5Ab	35,1 ± 1,8Aa		MS 11,6 ± 0,9b
MS	A	1131,6 ± 153,8Bb	32,7 ± 1,6Ba	33,6 ± 1,4Bb	Família	FA 11,7 ± 2,6b
	B	1417,6 ± 220,7 Aa	34,8 ± 1,7Aa	35,5 ± 1,8Aa		FB 12,2 ± 2,3 a
Local x Família (Valor-P)**		<0,0001	<0,0001	<0,0005		0,1372

Nos casos de interação significativa, médias seguidas por letras maiúsculas comparam famílias no mesmo local e médias seguidas por letras minúsculas comparam locais em uma mesma família. Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

No caso de interação não significativa, as letras minúsculas diferentes indicam diferenças entre locais independentes de família e entre famílias independentes de locais.

*CP - comprimento padrão; PC - perímetro do corpo; CC - comprimento da cabeça.

** (Valor-P) = Obtido na análise de variância para interação local x família.

Tendo em vista que o programa de melhoramento genético é focado para seleção em peso, para esta característica a família FB se destacou comparativamente a família FA nos dois locais de cultivo. Evidencia-se a interação genótipo x ambiente, com maior ($P<0,05$) peso verificado para a família FA em MT; e a família FB não apresentou diferença significativa entre MT e MS (Tabela 3; Figura 7).

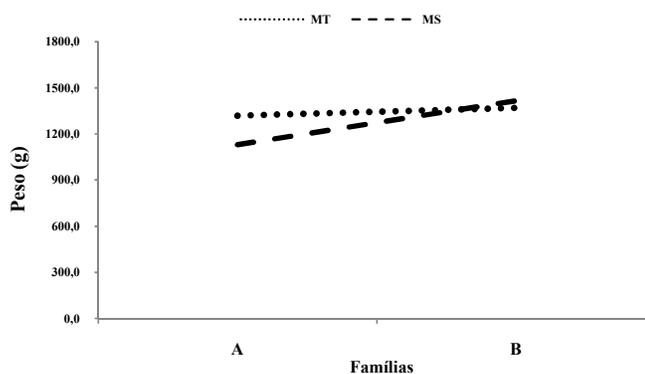


Figura 7 – Interação genótipo x ambiente (local x família) para peso de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção avaliadas em dois ambientes de produção (MT e MS).

4. Discussão

A partir dos resultados mensurados para a temperatura da água nos viveiros em MT, observou-se uma variação de 6,4 °C durante os 431 dias de experimento. A menor temperatura registrada ocorreu no inverno com 24,6 °C e ficou próxima a faixa considerada adequada por Boyd (1998) para peixes de clima tropical (25,0 a 32,0 °C) (Figura 2). Nos viveiros em MS a variação mensurada foi de 9,9 °C na mesma fase experimental, variação maior que a temperatura observada em MT.

No inverno a temperatura mínima observada foi de 18,0 °C, ou seja, 6,6 °C menor comparativamente com MT no mesmo período, ficando distante da faixa de temperatura considerada ideal por Boyd (1998) para peixes de clima tropical. Em relação à máxima temperatura mensurada nos dois ambientes, observou-se que houve diferença de 3,1 °C da temperatura máxima observada em MT (31,0 °C) em relação a MS (27,9 °C). A menor temperatura na água dos viveiros de MS deve ter afetado o crescimento, pois ficaram fora da zona de conforto térmico (SILVA et al., 2016).

O oxigênio dissolvido na água apresentou valores semelhantes nos dois ambientes de produção e foram observados valores próximos ao considerado adequado por Boyd (1998) para peixes tropicais (5 mg/L). Todavia, em boa parte do experimento (incluindo o início e o fim do experimento) nas duas localidades os valores foram medianos. Estas oscilações observadas nos dois ambientes de produção são comuns em sistemas de produção semi-intensivo, onde a renovação de água é menor que 10 litros/segundo/hectare devido à ação do fitoplâncton (RIBEIRO et al., 2001).

O pH da água nos dois ambientes de produção durante todo o período experimental ficou dentro da faixa recomendada por Boyd (1998) para peixes de clima tropical (entre 6 e 9). Portanto, esta característica química da água não interferiu no crescimento dos peixes. Houve maior oscilação do pH nos viveiros de MT (entre 6,2 a 8,9) em relação a MS (7,9 a 8,9), mas com valores dentro da faixa considerada adequada para produção de peixes tropicais.

Para a característica peso, principal parâmetro de avaliação do programa de melhoramento genético do tambaqui (Aquabrazil), o presente estudo mostrou que a segunda geração de seleção genética apresentou diferenças no desempenho entre as famílias (FA e FB) estudadas. A partir das estimativas dos valores obtidos para o ajuste dos modelos de Gompertz para predição das curvas de crescimento, verificou-se o maior peso nas duas famílias produzidas em Santo Antônio de Leverger (MT), apresentando crescimento superior de 38,0% (FA) e 29,0% (FB) quando comparadas com as duas famílias produzidas em Campo Grande (MS).

A idade no ponto de inflexão foi menor na família FB nas duas localidades, indicando precocidade no crescimento acelerado desta família em relação à família FA. Esta precocidade também foi observada nas duas famílias em MT em relação a MS. Estes dados corroboram que em condição de maior temperatura (MT) os peixes das duas famílias apresentam maior crescimento para a característica peso.

Embora o valor assintótico e a taxa de crescimento específico para o comprimento padrão tenham sido semelhantes entre as duas famílias, a idade no ponto de inflexão nas duas localidades foi menor para a família FB, indicando precocidade no crescimento em relação à família FA. Verificou-se que no ambiente de maior temperatura (MT) as duas famílias apresentaram maior valor assintótico e taxa de crescimento relativo, e menor idade no ponto de inflexão, refletindo o efeito da temperatura na curva de crescimento para comprimento padrão, com maior crescimento em ambiente de maior temperatura.

A família FB se destacou como maior valor assintótico para o crescimento da cabeça nas duas localidades. Por outro lado a família FA apresentou maiores taxas de crescimento relativo e idade no ponto de inflexão, indicando que embora esta família tenha apresentado maior taxa de crescimento relativo, esta ocorreu mais tardiamente em relação à família FB, influenciando no valor assintótico. Não é desejável que essa característica morfométrica (tamanho de cabeça) tenha grande crescimento, pois afeta diretamente no rendimento final de carcaça e filé (SOUZA e INHAMUNS, 2011; MAGHELLY et al., 2014; VANDEPUTTE et al., 2017), e, portanto, esta característica pode ser implantada futuramente no programa de

melhoramento genético, selecionando animais com menor comprimento de cabeça, pois há diferença em todos os parâmetros da curva entre as famílias.

A análise dos parâmetros da curva de crescimento para a característica perímetro do corpo em MT mostra que apenas a idade no ponto de inflexão foi diferente, com menor valor para a família FB, indicando precocidade de crescimento acelerado desta família. O mesmo foi observado em MS, porém o valor assintótico também foi diferente, com maior valor na família FB. Esta característica pode refletir em um maior rendimento de carcaça e, portanto, pode futuramente ser uma característica implantada no programa de melhoramento genético.

A análise em relação ao peso ao equiparar as duas famílias revelou superioridade no crescimento para a família FB e para as características morfométricas nas duas localidades (exceto perímetro do corpo em MT), indicando que esta família apresentou maior destaque no crescimento independente do ambiente de maior ou menor temperatura. Para o comprimento de cabeça houve maior crescimento para a família FB independente do local de produção, sinalizando a ausência de interação para essa medida morfométrica. As análises de interação genótipo x ambiente mostraram que o peso e perímetro do corpo tiveram destaque na família FA em MT; e o comprimento padrão para a família FB em MS.

Estes resultados reforçam que dependendo da variação da temperatura do ambiente de produção (maior temperatura, por exemplo), podem ocorrer melhor desempenho e crescimento em uma família comparativamente a outra, ou até mesmo diferença entre grupos genéticos distintos. Por isso, torna-se importante destacar a importância do uso de indivíduos geneticamente selecionados para produção em ambientes de menor temperatura. Neste contexto, pode ser útil selecionar grupos específicos para suportar especificidades do ambiente de cultivo (PELUZIO et al., 2012), tendo em vista que há diferença nas curvas de crescimento e desempenho em um local de menor temperatura.

Na seleção de animais superiores para tolerar situações específicas (baixas ou altas temperaturas) é possível realizar avaliações corretas de genótipo com intermédio de resposta do seu fenótipo, expresso nas características morfométricas específicas nas quais se desejam selecionar (ESPASANDIN et al., 2011; SILVEIRA et al., 2014). Mesmo em animais com alto desempenho e com grande robustez na expressão genotípica, podem apresentar variações e não ter o mesmo resultado, ainda que se encontre em condições e de acordo com as exigências de cada grupo testado ambientes distintos (STRANDBERG et al., 2000; AMBROSINI et al., 2012).

Vários estudos demonstram resultados expressivos em organismos aquáticos de ganho genético promovido pelo melhoramento genético, como observado na tilápia do Nilo (RIDHA, 2006; PONZONI et al., 2011; THODESEN et al., 2011), carpa (NGUYEN, 2016), truta arco-íris, salmão do Atlântico e catfish (MCANDREW e NAPIER, 2011). No entanto, o melhoramento genético de peixes é bastante recente no Brasil. O melhoramento genético de tilápia do Nilo (espécie exótica) está bem estabelecido no Brasil, com ganhos genéticos satisfatórios obtidos em cada geração de seleção (OLIVEIRA et al., 2012; NETO et al., 2012; PORTO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2016).

O tambaqui é o primeiro organismo aquático em um programa de melhoramento genético com espécies nativas no Brasil, sendo que a primeira geração de seleção para ganho de peso mostrou grande potencial de ganho genético com média de peso de 17,6% superior aos peixes não melhorados geneticamente (MARCOS et al., 2016). Os resultados do presente trabalho mostram grandes diferenças de crescimento entre as famílias nos diferentes ambientes de produção e são promissores para regiões cuja temperatura ambiental é inferior.

5. Conclusão

As famílias de tambaqui apresentaram crescimento distinto, sendo que a família FB se destaca pelo maior crescimento independente do ambiente, com grande diferença em relação à família FA no ambiente de menor temperatura. A idade no ponto de inflexão foi uma variável determinante para demonstrar a precocidade do tambaqui para ganho de peso neste trabalho.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Piscicultura Delicious Fish e Genetic Fish Rise.

Referências

AMBROSINI, D.P.; CARNEIRO, P.L.S.; NETO, J.B.; MALHADO, C.H.M.; MARTINS FILHO, R.; CARDOSO, F.F. Interação genótipo-ambiente para peso ao ano em bovinos Nelore Mocho no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47: 1489-1495. 2012.

ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; & GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In B. Baldisserotto & L. Carvalho Gomes (Eds.), **Espécies nativas para piscicultura no Brasil** (pp. 225-246). Santa Maria: UFSM. 2013.

BOYD, C. E. **Water quality for pond aquaculture**. Research and Development Series. Auburn University, n. 43, p. 1-39, 1998.

CRUZ, G.R.B.; COSTA, R.G., RIBEIRO, M.N. Curva de crescimento de caprinos mestiços no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n.2, p.204-210, 2009.

DE MELLO, F.; OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; RESENDE, E.K.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C.; BARRETO, R. V.; MCMANUS, C.; STREIT, D. Growth curve by Gompertz nonlinear regression model in female and males in tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 87, 2309–2315. 2015.

ESPASANDIN, A.C.; URIOSTE, J.I.; CAMPOS, L.T.; ALENCAR, M.M. Genotype x country interaction for weaning weight in the Angus populations of Brazil and Uruguay. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.568-574, 2011.

FIALHO, F.B. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. **Comunicado Técnico 237**. Concórdia: Embrapa - CNPSA, p. 4, 1999.

IBGE. **Produção Pecuária Municipal**, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3940>>. Acesso em: 01 mar 2017.

INOUE, L. A. K. A.; BOIJINK, C. L.; RIBEIRO, P. T.; SILVA, A. M. D. da.; AFFONSO, E. G. Avaliação de respostas metabólicas do tambaqui exposto ao eugenol em banhos anestésicos. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 2, p. 327-342, 2011.

LOPERA-BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; VARGAS-MENDEZ, L.D.; POVEDA-PARRA, A.R. **Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo**. Guaíba: Agrolivros. 2011.

MCANDREW, B.; NAPIER, J. **Application of genetics and genomics to aquaculture development**: Current and future directions. *J. Agric. Sci.* 149, 143–151. 2011.

MAGHELLY, O.R.; HUERGO, G.M.; ZANIBONI FILHO; ENKE, D.B.S. Características morfológicas e rendimento corporal do suruvi *Steindachneridion scriptum* agrupados por sexo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 3, p. 419 – 430. 2014.

MARCOS, R.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, C.A.L. de; RIBEIRO, R.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; CÔRREA-FILHO, R.A.C.; ABREU, J.S. de; MURARI, P.J.F. Weight gain and morphometric growth of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2521-2528, 2016.

NETO, R.V.R.; DE FREITAS, R.T.F.; SERAFINI, M.A.; COSTA, A.C.; FREATO, T.A.; ROSA, P.V.; ALLAMAN, I.B. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 1576–1582. 2012.

NGUYEN, N.H. **Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia**: Achievements, lessons and challenges. *Fish.* 17, 483–506. 2016.

OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JÚNIOR, D.P.; POVH, J.A.; RESENDE, E.K. Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura brasileira. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 130, p. 38-47, 2012.

OLIVEIRA, C.A.L. DE; RIBEIRO, R.P.; YOSHIDA, G.M.; KUNITA, N.M.; RIZZATO, G.S.; OLIVEIRA, S.N.; NGUYEN, N.H. Correlated changes in body shape after Five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. **Journal of Applied Genetics**, 57, 487-493. 2016.

PELUZIO, J. M.; GEROMINNI, G. D.; SILVA, J. P. A.; AFFÉRI, F. S.; VENDRUSCOLO, J. B. G. Estratificação e dissimilaridade ambiental para avaliação de cultivares de soja no Estado do Tocantins. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 332-337, 2012.

PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; KAMARUZZAMAN, N. Genetic parameters and response for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), **Aquaculture**, v. 247, p. 203-210, 2005.

PONZONI, R. W.; NGUYEN, N. H.; KHAW, H. L.; HAMZAH, A.; BAKAR; K. R. A.; YEE, H. Y. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Aquaculture**, 3, 27-41. 2011.

PORTO, E. DE P.; OLIVEIRA, C.A.L. DE; MARTINS, E.N.; RIBEIRO, R.P.; CONTI, A.C.M.; KUNITA, N.M.; OLIVEIRA, S.N. DE; PORTO, P.P. Respostas à seleção de características de desempenho em tilápia do Nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 745-752. 2015.

REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear: dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo. 22 33-45, 2004.

RIBEIRO, R.P. **Ambiente e Água para Piscicultura**. In: Zimmermann, S. (Org.). *Fundamentos da Moderna Aquicultura* (pp.37-43). Canoas: Ed. Ulbra. 2001.

RIDHA, M.T. Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. **Aquaculture Research**, 37, 172-179. 2006.

SAS Institute. SAS/STAT[®]. **User's guide: statistics SAS 9.1.3**. Help and Documentation. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2002.

SILVA, T.S. de C.; INOUE, L.A.K.A.; FIETZ, C.R. Influência do clima, fenômenos e mudanças climáticas no manejo da piscicultura. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 28p. 2016.

SILVEIRA, M.V.; SOUZA, J.C.; SILVA, L.O.C.; FREITAS, J.A.; GONDO, A.; FERRAZ FILHO, P.B. Interação genótipo x ambiente sobre características produtivas e reprodutivas de fêmeas Nelores. **Archivos de Zootecnia**, 63(241), 223-226. 2014.

SOUZA, A.F.L.; INHAMUNS, A.J. Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v.41, n.2, p.289 – 296, 2011.

STRANDBERG, E.; KOLMODIN, R.; MADSEN, P.; JENSEN, J.; JORJANI, H. Genotype by environment interaction in Nordic dairy cattle studied by use of reaction norms. **Interbull Bulletin**, v.25, p.41- 45, 2000.

THODESEN, J.; RYE, M.; WANG, Y.X.; YANG, K.S.; BENTSEN, H.B.; & GJEDREM, T. Genetic improvement of tilapias in China: genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. **Aquaculture**, 322, 51-64. 2011.

VANDEPUTTE, M.; PULEDDA, A.; TYRAN, A.S.; BESTIN, A.; COULOMBET, C.; BAJEK, A.; BALDIT, G.; VERGNET, A.; ALLAL, F.; BUGEON, J.; HAFFRAY, P. Investigation of morphological predictors of fillet and carcass yield in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) for application in selective breeding. **Aquaculture** , 470, 40-49. 2017.

**RENDIMENTO DE CARÇA DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*)
MELHORADO GENETICAMENTE PRODUZIDOS EM DIFERENTES AMBIENTES**

RESUMO

O objetivo do estudo foi analisar o rendimento de carcaça de tambaqui (*Colossoma macropomum*) melhorado geneticamente produzidos em diferentes ambientes. O trabalho foi realizado em duas localidades (MT e MS) entre novembro de 2015 a fevereiro de 2017. Avaliaram-se duas famílias (FA e FB) com peso inicial de $137,76 \pm 1,91$ gramas. O processamento consistiu na retirada da pele, escamas, nadadeiras, vísceras, gordura visceral, cabeça e tronco limpo. Cada tambaqui foi considerado uma repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância e as comparações entre as famílias e os ambientes de produção foram avaliadas pelo teste de Tukey. As duas famílias de MT e MS apresentaram peso pré-sangria semelhantes, porém MT (2449,8 g) apresentou maior peso em relação a MS (1264,3 g). A porcentagem de gordura visceral foi maior ($P < 0,05$) na família FB (3,8%) e na localidade MS (3,9%). Verificou-se maior ($P < 0,05$) porcentagem de vísceras (MT e MS) e menor ($P < 0,05$) porcentagem de tronco limpo em MS. Conclui-se que os peixes produzidos em MT (maior temperatura) apresentaram maior peso ao abate e rendimento de tronco limpo e menor acúmulo de gordura visceral.

Palavras-chave: Aquicultura, interação genótipo x ambiente, melhoramento genético de peixes, tambaqui.

**CARCASS YIELD OF TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) GENETICALLY
IMPROVED PRODUCED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS**

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the carcass yield of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*) produced in different environments. The objective of this study was to determine the carcass yield of the second generation *Colossoma macropomum* selection in different production environments. The work was carried out in two locations (MT and MS) between November 2015 and February 2017. Two families (FA and FB) with initial weight of 137.76 ± 1.91 grams were evaluated. The processing consisted of removal of skin, scales, fins, viscera, visceral fat, head and clean trunk. Each tambaqui was considered a repetition. The data were submitted to analysis of variance and the comparisons between the families and the production environments were evaluated by the Tukey test. The two families of MT and MS had similar pre-bleeding weights, but MT (2449.8 g) presented greater weight in relation to MS (1264.3 g). The percentage of visceral fat was higher ($P < 0.05$) in the FB family (3.8%) and MS (3.9%). Greater percentage ($P < 0.05$) of viscera (MT and MS) and lower ($P < 0.05$) percentage of clean trunk in MS were observed. It was concluded that the fish produced in MT (higher temperature) had a higher slaughter weight and a clean trunk yield and a lower accumulation of visceral fat.

Keywords: Aquaculture, interaction genotype x environment, genetic improvement of fish, tambaqui.

1. Introdução

O tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) é um dos peixes nativo mais importante da América do Sul, sendo o segundo organismo aquático mais produzido em 2016 no Brasil com 136.991,5 toneladas (IBGE, 2017). Esta espécie pertence à ordem Characiforme, família Characidae e sub-família Myleinae, é autóctone da bacia Amazônica, amplamente distribuído na parte tropical da América do Sul e Amazônia Central (TAPHORN, 1992; ARAÚJO-LIMA e GOMES, 2010; SILVA et al., 2000; VAL et al., 2000; REIS et al., 2003).

Colossoma macropomum apresenta características zootécnicas importantes que o torna atraente para o setor produtivo, além de ter bom desempenho, alta viabilidade econômica, resistência aos manejos, boa apreciação da carne, grande aceitação pelo mercado e conseqüentemente maior lucro final na comercialização do pescado (GOMES et al., 2003; GONÇALVES et al., 2003; NUNES et al., 2006). A partir destas características zootécnicas positivas e o alto interesse comercial pelo tambaqui, iniciou-se em 2008 o programa de melhoramento genético para a espécie, visando um maior ganho de peso, e a partir dessa característica selecionar peixes com maior potencial produtivo em relação aos peixes disponíveis no ambiente (OLIVEIRA et al., 2012). A primeira geração (G1) de seleção tambaqui foi obtida na estação reprodutiva de 2001/2012 (MARCOS et al., 2016) e a segunda geração no ano de 2015.

O rendimento de carcaça permite analisar e identificar se o maior desempenho das gerações de melhoramento genético está sendo refletido em maior produtividade de partes comestíveis ou vísceras, permitindo avaliar a eficiência do programa. O estudo das características de carcaça em peixes é importante do ponto de vista econômico e devido a essas informações, tanto o produtor quanto a indústria de beneficiamento consegue avaliar o rendimento da produção, bem como a qualidade final do pescado (SILVA et al., 2009; TURRA et al., 2012; HONORATO et al., 2014). Portanto essa será a primeira avaliação de carcaça realizada em um organismo aquático nativo oriundo de um programa de melhoramento genético no Brasil. O objetivo do estudo foi avaliar o rendimento de carcaça de tambaqui (*Colossoma macropomum*) melhorado geneticamente produzidos em diferentes ambientes.

2. Materiais e métodos

2.1 Locais e animais

O experimento foi realizado em duas localidades distintas, no setor de Piscicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada na cidade de Santo Antônio de Leverger – MT (Latitude 15° 51' 56'' S e Longitude 56° 04' 36'' W) e na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada na cidade de Campo Grande – MS (Latitude 20° 29' 59'' S e Longitude 54° 36' 53'' W), no período de novembro de 2015 a fevereiro de 2017. Essa pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Uso de Animais/UFMS (Protocolo nº 641/2014 – CEUA, FAMEZ, UFMS).

A segunda geração de seleção genética para ganho de peso do tambaqui foi obtida na estação reprodutiva do ano de 2015 (mês de abril), no núcleo satélite de melhoramento genético localizado no norte de Mato Grosso (Latitude -12° 51' 56,40'' S e Longitude -55° 50' 03,30'' W). Os alevinos foram obtidos a partir do cruzamento de matrizes da primeira geração de seleção genética para ganho de peso, originando assim duas famílias (FA e FB), as quais foram avaliadas neste experimento. Os alevinos foram estocados inicialmente em duas hapas de 3,0 m³ separados por famílias, alocados em viveiros no setor de Piscicultura da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso. Os mesmos permaneceram nas hapas até atingirem o tamanho para que pudessem ser individualizados com microchip implantados na região dorsal.

2.2 Unidades experimentais, alimentação e análise de água

Duas famílias de tambaqui foram distribuídas em dois ambientes distintos para a realização do experimento, sendo Santo Antônio de Leverger – MT e Campo Grande – MS. O total de 1200 peixes com peso vivo inicial de $130,2 \pm 1,9$ g e comprimento total de $21,0 \pm 1,8$ cm foram alocados aleatoriamente para os dois locais de cultivo, perfazendo 600 peixes por local de produção (MT e MS). Cada viveiro (dois por local) recebeu 300 peixes, sendo 150 de cada família.

Os peixes foram produzidos em sistema semi-intensivo com renovação de água de 10% ao dia. Estimou-se biomassa final de 0,8 kg de peixe/m² nos dois ambientes de produção. A alimentação dos peixes foi realizada duas vezes ao dia (09:00 horas e 16:00 horas) com

ração extrusada comercial de 32% PB, com ajuste de tamanho de pélete da ração conforme a fase de produção. Os peixes foram alimentados até a saciedade.

Durante o período experimental foram avaliadas semanalmente características limnológicas da água. Nos viveiros de Santo Antônio de Leverger – MT foi mensurado a temperatura e o oxigênio dissolvido com o auxílio de um oxímetro digital (*Yellow Springs Instruments* - YSI Pro 20) e o pH (peagômetro digital Quimis® Q400BC). Nos viveiros de Campo Grande – MS foram realizadas as mesmas análises com o auxílio de um multiparâmetro (YSI Professional Plus).

2.3 Abate e determinação do rendimento de carcaça

Após a realização da biometria os peixes ficaram em hapas de 3,0 m³ dentro dos viveiros até formar um lote de 15 animais para a realização do manejo de transporte. Os peixes foram transportados para o Laboratório do Setor de Piscicultura em uma caixa d'água com oxigenação constante. Em cada local do experimento (MT e MS), utilizou-se 60 peixes da segunda geração de seleção (FA: 30 peixes; FB: 30 peixes), perfazendo o total de 120 peixes.

Os peixes tambaquis foram insensibilizados por termonacose que consistiu na imersão total dos peixes em água e gelo com temperatura entre 2°C e 4°C, durante um período de dez minutos. Após essa insensibilização, os mesmos foram abatidos com uma incisão em corte branquial e sangria durante dois minutos. Pesaram-se novamente os peixes *post-mortem* para a retirada da pele e escamas, nadadeiras (aparas), vísceras com a separação da gordura visceral, cabeça e por fim o tronco limpo do peixe (Figura 1). Todas as partes processadas do pescado foram pesadas individualmente para controle do rendimento. Essa parte do processamento foi toda feita manualmente, seguindo as condições higiênico-sanitárias semelhantes à da indústria de pescado com higienização prévia do local e dos utensílios utilizados, bem como o uso de vestimentas adequadas pelo processador (funcionário) devidamente treinado.

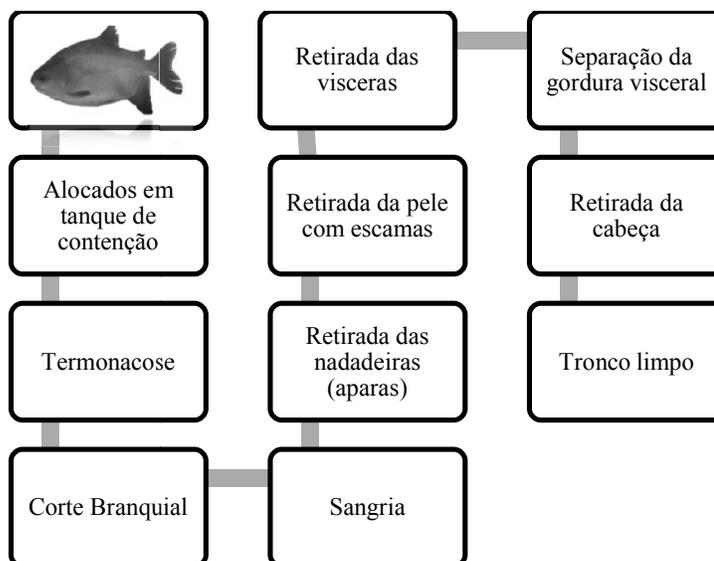


Figura 1 – Fluxograma do abate e dissecação manual do tambaqui (*Colossoma macropomum*) de duas famílias (FA e FB) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger – MT e Campo Grande – MS.

Determinaram-se as seguintes percentagens de rendimento das diferentes partes do corpo em relação ao peso de abate: peso pós-sangria (peixe inteiro após dois minutos de sangria pós-abate), vísceras (conteúdo da cavidade celomática), gordura visceral (gordura ligada às vísceras e a parede abdominal), cabeça (seccionada do corpo na altura da junção com a coluna vertebral incluindo as brânquias) e tronco limpo (peixe pós-sangria – (cabeça + vísceras + gordura visceral)). O cálculo de percentual das partes de rendimento foi feito em relação ao peso total do peixe resfriado (pré-sangria) dado pela equação $PRA (\%) = (PPA / PPS) \times 100$, onde a PRA (percentagem do rendimento avaliado (peso pós-sangria, vísceras, gordura visceral, cabeça e tronco limpo), PPA (peso da parte avaliada) e PPS (peso pré-sangria).

2.4 Análises estatísticas

O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado nos dois ambientes de produção (MT e MS), seguindo um esquema fatorial 2x2: duas localidades (MT e MS) e duas famílias melhoradas (FA e FB). Cada tambaqui foi considerado como uma repetição (sendo individualizados por microchip). Os dados de rendimento corporal foram submetidos a análises de variância as quais tiveram como causas de variação os efeitos de família (FA e FB), local (MT e MS), interação família*local e covariáveis. Todas as análises foram

realizadas utilizando o procedimento GLM do programa SAS 9.0. Para as comparações entre as famílias e entre os locais utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados

Nos viveiros de Santo Antônio de Leverger (MT) a temperatura no início do experimento (novembro) foi de $24,7 \pm 2,4$ °C, aumentando continuamente até março ($31,0 \pm 0,4$ °C), reduzindo no inverno ($24,6 \pm 2,4$ °C) e tornando a subir no final do experimento ($28,5 \pm 0,7$ °C). O oxigênio dissolvido apresentou moderada concentração ($2,7 \pm 0,3$ mg/L) no início do experimento e picos extremos de variação durante todo o período experimental ($1,2 \pm 1,1$ mg/L no mês de fevereiro até $7,2 \pm 2,2$ mg/L em julho), atingindo ao final do experimento moderada concentração ($2,2 \pm 0,3$ mg/L). O pH mensurado apresentou-se com valor moderado no início ($8,1 \pm 1,0$) com variações médias ao longo do experimento ($6,2 \pm 2,0$ em dezembro a $8,9 \pm 0,7$ em julho) e menor valor ($6,4 \pm 1,2$) ao final do experimento (Figura 3).

Nos viveiros de Campo Grande (MS) a temperatura no início do experimento (dezembro) foi de $26,3 \pm 0,6$ °C, mantendo-se estável até março ($26,0 \pm 0,7$ °C), com grande redução no inverno ($19,8 \pm 1,7$ °C) e tornando a aumentar no final do experimento ($27,0 \pm 0,6$ °C) sempre em uma magnitude menor do que a observada em MT. O oxigênio dissolvido mensurado foi maior no início ($3,4 \pm 0,6$ mg/L) em relação ao final do experimento ($1,5 \pm 0,7$ mg/L), com grande variação durante todo o período experimental ($1,5 \pm 0,6$ mg/L no mês de fevereiro até $8,7 \pm 0,1$ mg/L em setembro). O pH variou pouco durante todo o experimento com $8,3 \pm 0,1$ no início e $7,9 \pm 0,2$ no final do período experimental (Figura 2).

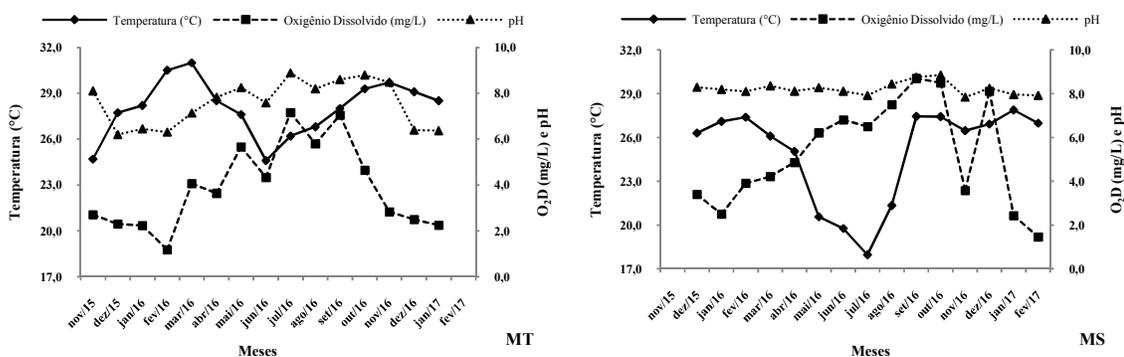


Figura 2 – Médias da temperatura (°C), oxigênio dissolvido (O₂D) e pH da água do viveiros de cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS) durante 431 dias.

O valor médio do peso pré-sangria dos peixes das duas famílias em MT foi próximo, tendo a família FB um ganho de 2,3% maior quando comparado com a família FA. Essa diferença observada foi maior entre as duas famílias em MS, sendo que a família FB obteve ganho superior a 18% em relação à família FA (Figura 3). A diferença entre os ambientes de produção, independente de famílias foi diferente significativamente, com destaque para MT que apresentou maior ($P < 0,05$) peso em relação a MS com superioridade em 48,4% (Figura 3).

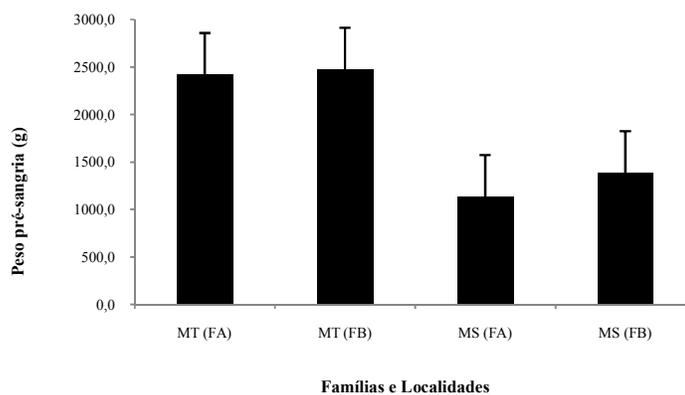


Figura 3 – Valores do peso pré-sangria das famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) da segunda geração de seleção, cultivados em viveiros escavados durante 431 dias em Santo Antônio de Leverger (MT) e Campo Grande (MS).

As comparações entre as duas famílias e os locais de produção (independentemente), mostraram que o rendimento de gordura visceral foi maior ($P < 0,05$) na família FB em relação a família FA. As demais características mensuradas não apresentaram diferença estatística entre as duas famílias estudadas (Tabela 1).

Quando comparado os dois ambientes de produção, os peixes produzidos em MS apresentaram maior ($P < 0,05$) percentagem de vísceras e gordura visceral, e os peixes produzidos em MT apresentaram maior ($P < 0,05$) rendimento de tronco limpo. A percentagem do peso pós-sangria e da cabeça foi semelhante entre os dois ambientes de produção. Não houve interação para todas as características de carcaça avaliadas entre as duas famílias e os dois ambientes (Tabela 1).

Tabela 1 – Rendimento de carcaça de duas famílias (FA e FB) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de segunda geração de seleção avaliadas em dois ambientes (MT e MS).

		Rendimento de Carcaça (%)				
		Peso Pós Sangria	Vísceras	Gordura Visceral	Cabeça	Tronco Limpo
Família	FA	97,5 ± 0,7A	9,1 ± 0,6A	3,3 ± 0,6B	16,6 ± 0,6A	71,9 ± 1,2A
	FB	97,3 ± 0,8A	9,3 ± 0,8A	3,8 ± 0,4A	16,5 ± 1,4A	71,3 ± 1,9A
Local	MT*	97,4 ± 1,7a	7,7 ± 0,9b	3,1 ± 0,6b	16,7 ± 1,6a	72,6 ± 2,5a
	MS*	97,3 ± 1,6a	10,6 ± 1,1a	3,9 ± 0,8a	16,5 ± 1,6a	70,6 ± 2,4b
Local x Família (Valor-P)		0,0658	0,7906	0,2051	0,8929	0,3246
CV (%)		1,35	9,47	18,38	8,16	2,87

Médias seguidas por letras maiúsculas comparam famílias independente do local e médias seguidas por letras minúsculas comparam locais independente de família. Letras iguais indicam que as médias não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). CV – Coeficiente de variação.

*MT – Santo Antônio de Leverger; *MS – Campo Grande.

4. Discussão

Este é o primeiro trabalho de rendimento de carcaça de tambaqui oriundo de melhoramento genético produzido em diferentes ambientes. A diferença entre as duas famílias não foi relevante no peso pré-sangria, porém os peixes produzidos em MT se sobressaíram com quase o dobro do peso dos peixes de MS. Essa diferença no crescimento entre os ambientes de produção corrobora para a influência da temperatura no desenvolvimento do tambaqui, e que em condição de maior temperatura (MT) os peixes das duas famílias apresentam maior peso. Todavia, independente do local e família, o peso pós-sangria foi muito semelhante entre os peixes.

A partir dos resultados mensurados para a temperatura da água nos viveiros na localidade MT, observou-se uma variação de 6,4 °C durante os 431 dias de experimento. A menor temperatura registrada ocorreu no inverno com 24,6 °C e ficou próxima a faixa considerada adequada por Boyd (1998) para peixes de clima tropical (25,0 a 32,0 °C) (Figura 2). Nos viveiros da localidade MS a variação mensurada foi de 9,9 °C na mesma fase experimental, bem maior que a temperatura observada em MT. No inverno a temperatura mínima observada foi de 18,0 °C, ou seja, 6,6 °C menor comparativamente com MT no mesmo período, ficando mais distante da faixa de temperatura considerada ideal por Boyd (1998) para peixes de clima tropical.

Outro parâmetro mensurado durante todo o experimento foi o oxigênio dissolvido na água, que nos dois ambientes de produção os valores foram próximos ao considerado adequado por Boyd (1998) para peixes tropicais (5 mg/L). Todavia, em boa parte do experimento (incluindo o início e o fim do experimento) nas duas localidades os valores foram medianos. Estas oscilações observadas são comuns em sistemas de produção semi-intensivo, onde a renovação de água é menor que 10 litros/segundo/hectare devido à ação do fitoplâncton (RIBEIRO et al., 2001). Todavia, estas oscilações ocorreram nas duas localidades.

O pH da água nos dois ambientes de cultivo (MT e MS) durante todo o período experimental ficou dentro da faixa recomendada por Boyd (1998) para peixes de clima tropical (entre 6 e 9). Portanto, esta característica química da água não interferiu no crescimento dos peixes. Houve maior oscilação do pH nos viveiros de MT (entre 6,2 a 8,9) em relação a MS (7,9 a 8,9), mas com valores dentro da faixa considerada adequada para produção de peixes tropicais.

A maior percentagem de vísceras na cavidade abdominal dos peixes da localidade MS em relação à localidade MT mostrou que em condições de temperatura mais adequada para o desenvolvimento do tambaqui houve maior desenvolvimento corporal, exceto as partes não comestíveis (vísceras), que foi maior em MS. Isso é corroborado pela menor percentagem de gordura visceral e maior percentagem de tronco limpo dos peixes da localidade MT em relação aos peixes da localidade MS.

É possível que os peixes melhorados (ambas as famílias) tenham maior deposição de músculo, tendo em vista que Mujica e Lima (2011) e Lima et al. (2012) encontraram valores superiores em percentagem de vísceras no tambaqui em relação aos peixes do presente trabalho com 12,1% e 15,5%, respectivamente. Além disso, Fernandes et al. (2010) encontrou quase o dobro (6,0%) de gordura visceral em tambaqui. Da mesma forma, Basso e Ferreira (2011) também encontraram percentagem bem superior de vísceras em pacu (14,5%). Embora seja comum maior deposição de vísceras nos peixes em condições de confinamento devido a restrições de movimentos (CASTELO et al., 1980; ARBELÁEZ-ROJAS et al., 2002), os resultados do presente estudo mostram que com a seleção genética é possível melhorar estas características de rendimento.

Cabe salientar que na família FA apesar de não ter apresentado menor rendimento de vísceras, a mesma foi inferior em percentagem de gordura visceral em relação à família FB. Embora não tenha refletido em maior rendimento de tronco limpo, a maior percentagem de

gordura visceral pode levar a descontos no frigorífico, tendo em vista que alguns destes têm penalizado os produtores quando a quantidade de gordura visceral ultrapassa os 3%, com desconto na remuneração. Neste contexto, os resultados podem ser utilizados para o direcionamento futuro no programa de melhoramento visando à obtenção de famílias com maior rendimento e/ou menor incorporação de gordura visceral.

Embora o rendimento de cabeça tenha sido semelhante nas famílias e localidade, observam-se os peixes melhorados apresentaram melhor rendimento comparativamente ao observado em outros trabalhos com tambaquis não melhorados geneticamente como, por exemplo, nos estudos de Mujica e Lima (2011) e Lima et al. (2012), com valores de 24,4% e 20,8%, respectivamente.

O maior rendimento de tronco limpo em MT reflete em melhor aproveitamento do pescado pelos frigoríficos e consumidor. Este resultado é de grande importância, pois reflete 2,8% a mais de parte comestível nos peixes da localidade MT em relação à localidade MS, o que reforça o efeito do ambiente na produção do tambaqui. Independente da família e localidade, o rendimento de tronco limpo dos peixes melhorados foram muito superior ao observados em outros trabalhos com o tambaqui não melhorado, como se pode verificar o rendimento nos trabalhos de Fernandes et al. (2010) com 60%, Mujica e Lima (2011) com 63,5% e Lima et al. (2012) com 66,6%. Cabe salientar que o peso anteriormente ao abate pode ter influenciado no maior rendimento de tronco limpo, como no rendimento de vísceras e gordura visceral.

5. Conclusão

O peso final das duas famílias anteriormente ao abate foi semelhante. Na localidade MT o peso dos peixes foi superior a MS. Não houve interação genótipo x ambiente no rendimento de carcaça das famílias; e os peixes produzidos no ambiente de menor temperatura (MS) apresentaram maior acúmulo de vísceras e de gordura visceral, e menor rendimento de tronco limpo.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Piscicultura Delicious Fish e Genetic Fish Rise.

Referências

- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Ed. Santa Maria: UFSM, 175-204p. 2010.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G.A.; FRACALOSI, D.M.; FIM, J.D.I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em Igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(3): 1059-1069. 2002.
- BASSO, L. e FERREIRA, M.W. Efeito do peso ao abate nos rendimentos dos processamentos do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Agrarian**, 4(12): 134-139. 2011.
- BOYD, C.E. and TUCKER, C.S. **Pondaquaculture water quality management**. Boston: Kluwer, 700p. 1998.
- CASTELO, F.P.; AMAYA, D.R.; STRONG, F. C. Aproveitamento e características da gordura cavitária do tambaqui, *Colossoma macropomum*. **Acta amazônica**. 10 (3):557-576. 1980.
- FERNANDES, T. R. C.; DORIA, C. R. C.; MENEZES, J. T. B. Características de carcaça e parâmetros de desempenho do tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) em diferentes tempos de cultivo e alimentado com rações comerciais. **Boletim do Instituto de Pesca**, 36: 45-52. 2010.
- GOMES, L.C.; ROUBACH, R.; ARAUJO -LIMA, C.A.R.M.; CHIPPARI-GOMES, A.R.; LOPES, N.P.; URBINATI, E.C. 2003 Effect of fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 34(1): 76-84.
- GONÇALVES, T.M.; ALMEIDA, A.J.L.; BORGES, E.E.S. Características de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em quatro classes de peso ao abate. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, 25(1): 25-29. 2003.
- HONORATO, C.A.; CANEPPELE, A.; MATOSO, J.C.; PRADO, M.R.; SIQUEIRA, M.S.; SOUZA, L.R.O. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**. UNIPAR, 17(4): 237-242. 2014.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 43: 1-49. Available at: Access on: 17 Nov. 2017.

INOUE, L.A.K.A.; BOIJINK, C.L.; RIBEIRO, P.T.; SILVA, A.D.; AFFONSO, E.G. Avaliação de respostas metabólicas do tambaqui exposto ao eugenol em banhos anestésicos. **Acta Amazônica**, 41(2): 327-332. 2011.

LIMA, M.M.; MUJICA, P.I.C.; LIMA, A.M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, IV SSA: 41-46. 2012.

MARCOS, R.; POVH, J.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, C.A.L. de; RIBEIRO, R.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; CÔRREA-FILHO, R.A.C.; ABREU, J.S. de; MURARI, P.J.F. Weight gain and morphometric growth of genetically improved tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias**, 37(4) 2521-2528. 2016.

MUJICA, P.I.C.; LIMA, M.M. Caracterização físico-química e avaliação do rendimento em filés de tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: CONGRESSO SERGIPANO DE CIÊNCIAS, Aracaju. 18-21 out./2011. **Anais...** Aracaju: Associação Sergipana de Ciência, 2011. 1 CD-ROM. 2011.

NUNES, E.S.S.; CAVERO, B.A.S.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. 2006 Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 41(1): 139-143.

OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JUNIOR, D.; POVH, J.A.; RESENDE, E.K. Melhoramento genético de peixes: uma realidade para a piscicultura brasileira. **Panorama da Aquicultura**, 22: 38-47. 2012.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O. & FERRARIS JR., C. J. 2003 *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre, EDIPUCRS. 729p.

RIBEIRO, R.P. Ambiente e Água para Piscicultura. In: Zimmermann, S. (Org.). **Fundamentos da Moderna Aquicultura**. ULBRA, Canoas. 37-43. 2001.

SAS Institute Inc. **SAS User's guide statistics**. 5th edition. Cary, NC. 120p. 2004.

SILVA, F.V.E; SARMENTO, N.L.A.F.; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J.A.; OLIVEIRA, L.L.S.; SARAIVA, E.P. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Brasília, 38(8): 1407-1412. 2009.

SILVA, J. A. M. da, PEREIRA-FILHO, M., & OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. de. Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) natural food. **Revista Brasileira de Biologia**, 60(4), 599-605. 2009.

TAPHORN, D.C. **The Characiform Fishes of the Apure River Drainage, Venezuela.** BioLlania. Guanare, Venezuela, 537p. 1992.

TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; VALENTE, B.D.; TEIXEIRA, E.A.; PRADO, S.A.; ALVARENGA, E.R.; MELO, D.C.; FELIPE, V.P.S.; FERNANDES, A.F.A.; SILVA, M.A. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, 356-357: 381-390. 2012.

VAL, A.L.; ROLIM, P.R.; RABELO, H. Situação atual da aquicultura na Região Norte. In: VALENTE, W.C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J.A.; BORGHETTI, J.R. (eds) **Aquicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável.** Brasília: CNPq; MCT. 247-266. 2000.