



CARLOS CICINATO VIEIRA MELO

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E
DIVERGÊNCIA DE GRUPOS GENÉTICOS DE
TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus***

LAVRAS - MG

2016

CARLOS CICINATO VIEIRA MELO

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E DIVERGÊNCIA DE GRUPOS
GENÉTICOS DE TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Alexandre Wagner Silva Hilsdorf

Coorientadores

Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Dr. Rafael Vilhena Reis Neto

LAVRAS – MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Melo, Carlos Cicinato Vieira.

Avaliação de desempenho e divergência de grupos genéticos de
tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* / Carlos Cicinato Vieira Melo.

– Lavras : UFLA, 2016.

74 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: Alexandre Wagner Silva Hilsdorf.

Bibliografia.

1. Cruzamentos. 2. Desempenho. 3. Hibridização. 4.
Melhoramento genético. 5. Multivariada. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CARLOS CICINATO VIEIRA MELO

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E DIVERGÊNCIA DE GRUPOS
GENÉTICOS DE TILÁPIA DO NILO *Oreochromis niloticus***

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 18 de dezembro de 2015.

| | |
|--|----------------|
| Dra. Viviane de Oliveira Felizardo | UFLA |
| Dr. Antônio Carlos Silveira Gonçalves | IFTO |
| Dra. Maria Emília de Sousa Gomes Pimenta | UFLA |
| Dr. Rafael Vilhena Reis Neto | UNESP/Registro |

Dr. Alexandre Wagner Silva Hilsdorf
Orientador

LAVRAS-MG

2015

*A Deus, cuja presença constante em minha vida sustenta-me e eleva-me
cada vez mais com sua palavra.*

*Aos meus pais, Luis Carlos e Maria de Lourdes, pelo amor, pelo
exemplo de vida, de luta e de fé, pela firmeza de caráter e pelos ideais que me
proporcionaram.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação de Zootecnia (PPGZ), pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Alexandre Wagner Silva Hilsdorf pela orientação, por todos os ensinamentos, oportunidade, atenção e apoio.

Ao professor Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pela coorientação, ensinamentos e confiança durante todo o curso.

À minha avó Maria Adir de Almeida Melo (*in memoriam*), pelo exemplo de vida, carinho, preocupação e conselhos durante toda minha vida.

À minha mãe Maria de Lourdes Vieira Melo, razão da minha existência que sempre foi para mim exemplo de amor e ao meu pai Luis Carlos Vieira Melo, sempre perseverante e cheio de esperança, pelo apoio em todos os momentos de minha vida.

À minha irmã Neuza Karla, pelo carinho e apoio.

À minha namorada Ximena Oliveira, pelo amor, carinho, companheirismo, dedicação e paciência, em todos os momentos.

À família Oliveira, por toda a ajuda, carinho e apoio.

Ao Padre Marcelo Rossi pela orientação espiritual.

Aos funcionários do setor de Piscicultura da UFLA, Elecí Pereira, José Roberto dos Santos, pelo apoio e amizade.

Aos amigos (as) da graduação e pós-graduação da UMC/ UFLA Caio, Fernando, Marco Aurélio, Viviane Felizardo, Mateus Hernandes, Aline de Assis Lago, Lucas Carvalho, Filipe Bitencourt, Fábio, Natália, Pedro Reis, Camila Paranhos, Júnior, Romeu, Jady, Mariano, Renan Paulino, pela amizade.

Aos amigos e ex-colegas de pós-graduação, hoje professores e pesquisadores Antônio Carlos, Adriano Carvalho, Rafael Vilhena Reis Neto, Ivan Allaman, Moacyr Serafini, Ulisses de Souza e Thiago Freato, pelo companheirismo e amizade.

À Royal Fish e aos funcionários Adilson, Juliano, Juarez, Jailda, Gil, Henrique, Érique, Otavino, Cabral, Durval, pela parceria, amizade e colaboração. Ao ex-funcionário Isaac, por toda a ajuda.

A todos os companheiros de pós-graduação, professores e participantes do Núcleo de estudos em Aquicultura.

Aos companheiros da República Bregão, pela amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“E sabemos que todas as coisas contribuem juntamente para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.”

(Romanos 8:28)

RESUMO GERAL

O trabalho foi realizado com os objetivos de comparar o desempenho zootécnico em tanque rede de animais puros e híbridos de variedades de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, agrupar os diferentes grupos genéticos de tilápia em função de sua dissimilaridade genética e verificou-se a contribuição relativa dos caracteres morfométricos para a divergência genética entre os genótipos estudados. O trabalho foi conduzido na Indústria Brasileira de Peixe Ltda. em Itupeva – SP. Foram produzidos e avaliados cinco grupos genéticos: 7/8 Chitralada (3/4 Chitralada x Chitralada); 5/8 Chitralada (3/4 Chitralada x 1/2 Chitralada); Tricross (1/2 Chitralada x GIFT); Red-Stirling e Chitralada. Biometrias periódicas foram realizadas, sendo aferidas as seguintes variáveis morfométricas: Comprimento Padrão (CP), Comprimento da Cabeça (CC), Altura Corporal (AC), Largura Corporal (LC), Elipiticidade (EL) e a razão LC/CC. Foram estimados os seguintes parâmetros produtivos para cada grupo genético: Ganho de peso (GP), Ganho de Peso diário (GPD), Peso corporal final (PF), Biomassa final (BF) e Sobrevivência (SB). Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Além disso, os dados foram submetidos à análise multivariada e análise de agrupamento pelo método UPGMA, adotando-se a distância generalizada de Mahalanobis. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis biométricas e de desempenho analisadas entre os grupos genéticos para machos e fêmeas. Os genótipos Chitralada, 5/8, 7/8 e Tricross, em ambos os sexos, apresentaram os maiores valores de GPD, GP e PF às condições de cultivo apresentadas no trabalho. Os genótipos mais dissimilares foram 7/8 e Red- Stirling constituindo grupos isolados em todos os métodos analisados. O método de Tocher reuniu os cinco genótipos em dois grupos distintos, sendo o primeiro deles compostos pelos genótipos, 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada e o segundo pela Red-Stirling. As variáveis CP e AC apresentaram os maiores valores de contribuição relativa para as divergências fenotípicas dos genótipos analisados.

Palavras-chave: Cruzamentos. Desempenho. Hibridização. Melhoramento genético. Multivariada.

GENERAL ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the growth performance networking of tilapia strains and crossbreds of *Oreochromis niloticus*. The work was carried out at the Brazilian industry Fish Ltda. Itupeva - SP. Five different genetic groups were evaluated: Chitralada 7/8 (3/4 Chitralada x Chitralada); Chitralada 5/8 (3/4 Chitralada x 1/2 Chitralada); Tricross (1/2 Chitralada x GIFT); Red-Stirling and Chitralada. Fish sampling was done to acquire the following morphometric variables: standard length (SL), head length (HL), body height (BH), body width (BW), Ellipticity (EL) and reason BW / HL. The following production parameters for each genetic group were estimated: daily weight gain (DWG), weight gain (WG), final body weight (FW), final biomass (FB) and Survival (SB). Applied to analysis of variance (ANOVA) and the Scott Knott test at 5% probability. In addition, data were submitted to multivariate analysis and cluster analysis by UPGMA method, adopting the Mahalanobis distance. There were significant differences ($P < 0.05$) for the biometric variables and performance between genetic groups in each gender class. The genotypes Chitralada 5/8, 7/8 and Tricross, for both sexes showed the best values of DWG, WG and FW to the culture environment. The most dissimilar genotypes were 7/8 and Red-Stirling, being isolated groups in all used methods. The Tocher method clustered the five genotypes into two groups, the first one comprised genotypes 7/8, 5/8, Tricross and Chitralada and the second one Red-Stirling. The SL and BH variables presented the highest contribution amounts relative to the phenotypic differences of the analyzed genotypes.

Key-words: Crossbreeding. Performance. Hybridization. Breeding program. Multivariate.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1

- Figura 1 Diferentes medidas morfométricas realizadas nos peixes, as quais comprimento padrão (CP), altura (AC), largura (LC), comprimento de cabeça (CC) e altura de corpo (AC)46
- Figura 2 Média mensal da temperatura da água e oxigênio dissolvido durante o período de desempenho dos animais em tanque rede.....47
- Figura 3 Peso (g), em função da idade (dias), para os machos do modelo exponencial de crescimento dos grupos genéticos Chitralada (T1), Red-Stirling (T2), Tricross (T3), 5/8 (T4) e 7/8 (T5)55
- Figura 4 Peso (g), em função da idade (dias), para as fêmeas do modelo exponencial de crescimento dos grupos genéticos Chitralada (T1), Red-Stirling (T2), Tricross (T3), 5/8 (T4) e 7/8 (T5)56
- Figura 5 Dendrograma ilustrativo mostrando o agrupamento de cinco grupos genéticos de *O. niloticus* pelo método hierárquico UPGMA, obtido conforme distância generalizada de Mahalanobis, estimada com base em sete variáveis morfométricas58
- Figura 6 Frequência das contribuições relativas de sete características biométricas para a divergência de cinco grupos genéticos de *O. niloticus*, pelo método de Singh (2001).....59

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

- Tabela 1 Valores médios para as variáveis morfométricas, para ambos os sexos, de cada grupo genético de tilápia *Oreochromis niloticus*51
- Tabela 2 Valores médios de idade de nascimento e para as características de desempenho produtivo, entre machos e fêmeas de cada grupo genético de tilápia *Oreochromis niloticus*53
- Tabela 3 Estimativas dos parâmetros (A e K) e intervalos de confiança do modelo de crescimento exponencial para peso corporal em função da idade, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{Aj}) e critério de informação de Akaike (AIC) para fêmeas e machos de grupo genético54
- Tabela 4 Medidas de dissimilaridade entre pares de cinco grupos genéticos de *O. niloticus*, em relação a sete variáveis morfométricas, com base na distância generalizada de Mahalanobis.....57
- Tabela 5 Agrupamento, pelo método de Tocher, de 5 grupos genéticos de *O. niloticus*, com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis estimada com base em 7 variáveis morfométricas.....58

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| | PRIMEIRA PARTE | |
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 17 |
| 2.1 | Caracterização da espécie | 17 |
| 2.2 | Variedades da espécie de tilápia estudada..... | 19 |
| 2.3 | Hibridação..... | 21 |
| 2.4 | Divergência Genética | 25 |
| 2.4.1 | Análise multivariada | 26 |
| 3 | CONSIDERAÇÕES GERAIS | 29 |
| | REFERÊNCIAS | 30 |
| | SEGUNDA PARTE - ARTIGO | 39 |
| | ARTIGO 1 Avaliação de desempenho e divergência de grupos genéticos de tilápia do Nilo <i>Oreochromis niloticus</i> | 39 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 41 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 43 |
| 2.1 | Localização e período experimental..... | 43 |
| 2.2 | Formação dos grupos genéticos, instalações e manejo | 43 |
| 2.3 | Fase de Desempenho | 44 |
| 2.4 | Morfometria | 45 |
| 2.5 | Parâmetros produtivos..... | 46 |
| 2.6 | Parâmetros da qualidade de água..... | 47 |
| 2.7 | Análises estatísticas | 48 |
| 2.7.1 | Análise de Variância (ANOVA)..... | 48 |
| 2.7.2 | Curvas de Crescimento | 49 |
| 2.7.3 | Análise de Dissimilaridade e Agrupamento..... | 49 |
| 3 | RESULTADOS | 51 |
| 3.1 | Variáveis Morfométricas..... | 51 |
| 3.2 | Desempenho produtivo..... | 52 |
| 3.3 | Curvas de Crescimento | 53 |
| 3.4 | Dissimilaridade genética avaliada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2)..... | 56 |
| 3.5 | Método de otimização de Tocher | 57 |
| 3.6 | Método UPGMA (“Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages”) | 58 |
| 3.7 | Importância relativa das características..... | 59 |
| 4 | DISCUSSÃO | 60 |
| 4.1 | Variáveis Morfométricas..... | 60 |
| 4.2 | Desempenho produtivo..... | 61 |
| 4.3 | Curvas de Crescimento | 62 |

| | | |
|------------|--|----|
| 4.4 | Dissimilaridade genética avaliada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) | 64 |
| 4.5 | Método de otimização de Tocher | 64 |
| 4.6 | Método UPGMA (“Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages”) | 65 |
| 4.7 | Importância relativa das características | 66 |
| 5 | CONCLUSÕES | 67 |
| | REFERÊNCIAS | 69 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A produção pesqueira mundial em 2012, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), foi de 158 milhões de toneladas, incluindo a produção extrativa e da aquicultura (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014). O Brasil, nesse período, ocupou a 12ª posição na lista dos países com as maiores produções de pescado (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014).

Com relação às espécies produzidas, a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* merece destaque, por ter sido responsável, no ano de 2013, por 169.306 toneladas, o que corresponde a 43% da produção de peixes de águas doce no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013). Essa elevada produção de tilápia e a preferência de grande parte dos produtores pela sua utilização podem ser explicadas pelas suas qualidades zootécnicas de criação, desejáveis para o setor produtivo, além de excelente qualidade de carne.

Considerando a importância da produção de tilápias no Brasil, torna-se necessário o desenvolvimento de variedades geneticamente melhoradas, que apresentem desempenho zootécnico elevado em condições ambientais específicas. Diante dessa necessidade, a produção de animais cruzados no Brasil se tornou, nas últimas décadas, a forma mais usual de se obter material genético de alta produção, cujo objetivo é encontrar combinações genéticas que produzam descendentes fenotipicamente superiores aos parentais. Esse fenômeno é conhecido como heterose ou “vigor híbrido”. Além disso, ainda pode ter por fim a complementariedade, ou seja, o acasalamento de dois grupos

genéticos diferentes, cada um com destaque para uma característica produtiva, visando à produção de um indivíduo que apresenta bom desempenho para estas duas características.

Algumas variedades comerciais de tilápia *O. niloticus* foram melhoradas geneticamente, por processos de cruzamentos e seleção, como a Chitralada e a GIFT *Genetic Improvement of Farmed Tilapias*. Dentre as variedades de tilápia vermelha, que atualmente são utilizadas na produção comercial, por apresentar uma coloração de pele atrativa, a Red-Stirling, ganha destaque. Porém, essa variedade apresenta baixo desempenho produtivo quando comparada com outras variedades produzidas comercialmente.

Para minimizar o baixo desempenho da tilápia vermelha, uma técnica utilizada entre os produtores é a realização do cruzamento de animais da variedade Red-Stirling com outras variedades, como Chitralada e GIFT, na tentativa de obter animais de melhor desempenho e de coloração vermelha. Essa prática, sem um estudo prévio, pode originar animais de potencial produtivo questionável ao setor, provocando queda nos índices zootécnicos. Desse modo, o estudo de divergência genética é de grande importância, uma vez que se podem identificar os genitores que, em futuros cruzamentos, possibilitarão maior efeito heterótico na progênie.

Os métodos biométricos podem ser utilizados para determinar o quão distante está, geneticamente, uma população de outra, os quais permitem unificar múltiplas informações de um conjunto de características extraídas das unidades experimentais, oferecendo ao melhorista maior confiabilidade na escolha de genitores divergentes. Dentre as técnicas estatísticas, utilizadas para descrição da diversidade, com base em informações morfológicas, destacam-se as análises multivariadas, pois são capazes de examinar diversas variáveis simultaneamente.

Nesse sentido, o presente experimento foi conduzido com o objetivo geral de contribuir com informações estratégicas para o processo de melhoramento genético de uma variedade de tilápia vermelha para alto desempenho, tendo os seguintes objetivos específicos:

- a) Comparar o desempenho zootécnico em tanque rede de animais puros e híbridos de variedades de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*;
- b) Agrupar os diferentes grupos genéticos de tilápia em função de sua dissimilaridade genética e verificou-se a contribuição relativa dos caracteres morfométricos para a divergência genética entre os genótipos estudados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização da espécie

O nome tilápia é dado a três dos principais gêneros de peixes da família *Cichlidae*, de origem africana e de locais do oriente médio. Dos gêneros *Sarotherodon*, *Tilápia* e *Oreochromis*. Porém, dentre as 70 espécies identificadas de tilápias, os animais do gênero *Oreochromis* conquistaram maior destaque na aquicultura mundial, sendo as quatro principais espécies, a saber: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis aureus* e a *Oreochromis urolepis hornorum* (MOREIRA et al., 2007).

A espécie *O. niloticus* apresenta um corpo lateralmente comprimido e com uma longa nadadeira dorsal, com a parte anterior provida de raios duros, transformados em espinhos, sendo esses encontrados nas nadadeiras pélvica e anal (POPMA; MASSER, 1999). Segundo Pavanelli et al. (2007), esta espécie apresenta corpo alto e claro, com faixas transversais pouco evidentes, mais nítidas e escuras sobre a cauda.

A introdução da tilápia do Nilo, no Brasil, ocorreu em 1971 pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca – DNOCS (GALLI; TORLONI, 1987). Ela é nativa de diversos países africanos e recebeu o nome de tilápia do Nilo ou nilótica por ser originária da bacia do rio Nilo (NOGUEIRA, 2003). Sua introdução visava à produção de alevinos para “peixamentos” dos reservatórios públicos da Região Nordeste e das companhias hidrelétricas de São Paulo e Minas Gerais contribuindo para a rápida disseminação da espécie nessas regiões (NOGUEIRA, 2007) e, com o passar dos anos, os seus descendentes foram distribuídos por todo o Brasil. A tilápia se destaca por apresentar inúmeras qualidades zootécnicas, crescimento rápido, grande adaptação alimentar, boa conversão alimentar e ganho de peso (MELO et al., 2013).

A produção de tilápia, no Brasil, apresentou um acréscimo de 118% entre os anos de 2006 e 2010, passando de 71.253 para 155.450 toneladas, isso representa 39,5% do total de pescado proveniente da piscicultura continental (MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA, 2011). Atualmente, a China aparece como o principal país produtor de tilápia com mais de 50% de toda produção mundial (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2014).

Diversos sistemas são utilizados, na criação de tilápia no Brasil, que vão desde os cultivos semiintensivos, em tanques com adubação orgânica e moderado aporte tecnológico, até os cultivos superintensivos em “raceways” ou em tanques-redes, com elevadas densidades de cultivo e maior demanda tecnológica (FARIA, 2006). Além disso, a tilápia do Nilo apresenta rendimentos de filé variando de 25 % a 42% e possui uma carne de ótima qualidade, bom paladar, ausência de espinhas intramusculares, recomendada para o consumo fresco, desidratado, salgado ou defumado (CLEMENTS; LOVELL, 1994; MACEDO-VIÉGAS; SOUZA, 2004). Porém, como qualquer espécie doméstica cultivada pelo homem, suas características zootécnicas devem ser melhoradas geneticamente para garantir o contínuo crescimento e a viabilidade de sua cadeia produtiva (PONZONI et al., 2007).

A maioria dos estoques de tilápia utilizados em países em desenvolvimento ainda é geneticamente similar às selvagens, como várias outras espécies aquícolas (BRUMMETT et al., 2004; EKNATH et al., 1991; LYMBERY et al., 2000). Contudo, programas de melhoramento genético já demonstraram efeitos positivos nas cadeias produtivas (GJEDREM, 2000; HULATA, 2001). Chitralada e GIFT são exemplos de variedades resultantes de programas que trouxeram aumentos de produtividade em países que as utilizaram (RUTTEN et al., 2004).

2.2 Variedades da espécie de tilápia estudada

O incremento na produção aquícola e a constante intensificação dos sistemas de manejo demandam investigações para geração de tecnologias que tornem a cadeia produtiva cada vez mais eficiente e sustentável, incluindo a busca por variedades de desempenho superior (COSTA et al., 2009). Algumas variedades de tilápia *O. niloticus* foram produzidas por processos de cruzamentos e seleção, destacando-se a variedade Chitralada ou Tailandesa que foi desenvolvida no Japão e melhorada na Tailândia, no palácio real de Chitralada (BORGES et al., 2005).

No ano de 1996, foram introduzidos 1.000 reprodutores oriundos de diferentes cruzamentos provenientes de 20 famílias de tilápia do Nilo variedade Chitralada ou Thai-chitralada, sendo selecionada nesta população para algumas características como ganho de peso, conformação corporal e docilidade (KUBITZA, 2003). Segundo Teixeira (2006), a Bahia pesca S. A. importou alevinos de reprodutores da variedade Chitralada da Estação Experimental do “*Asian Institute of Technology*” – AIT, no ano 2000, sendo uma parte deste plantel doada à Estação de Piscicultura da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF). O grupo genético Chitralada é o mais cultivado e tem sido bem aceito pelos produtores brasileiros, principalmente os nordestinos, por apresentarem características tais como precocidade em ganho de peso, alta conversão alimentar e docilidade (TENÓRIO, 2011). Segundo Carvalho-Filho (2000), essa variedade apresenta um altíssimo potencial genético.

No início deste século, no ano de 2005, a variedade GIFT foi introduzida no Brasil, de acordo com o convênio firmado entre a Universidade Estadual de Maringá – UEM e a organização não governamental *World Fish Center*, com apoio da antiga Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (RESENDE et al., 2010). Essa variedade foi originada do cruzamento entre quatro linhagens

selvagens de populações de tilápias provenientes do Egito, Gana, Quênia, Senegal e de quatro linhagens confinadas, introduzidas nas Filipinas, provenientes de Israel, Singapura, Tailândia e Taiwan (BENTSEN et al., 1998). O programa GIFT tornou-se o mais longo e mais oneroso programa de melhoramento genético mundial de peixes, cujo objetivo era desenvolver métodos de melhoramento genético para peixes tropicais (GUPTA; ACOSTA, 2004), com foco nas características de crescimento (EL-SAYED, 2006).

O desenvolvimento de novas variedades de coloração vermelha pode ser considerado um marco para o desenvolvimento do cultivo industrial da tilápia em vários países, pois proporcionou um aumento da aceitação da tilápia pelo consumidor (HILSDORF, 1995). As tilápias vermelhas têm boa aceitação pelo público consumidor, principalmente em relação ao consumo de peixe inteiro, as quais têm alcançado, em algumas localidades, melhores preços de mercado quando comparados aos da tilápia do Nilo (KUBITZA, 2006). Segundo pesquisas de opinião, realizadas em supermercados no Alabama, EUA, tilápias vermelhas responderam por 60% das vendas e tilápias com pigmentação escura pelos 40% restantes (GALBREATH; BARNES, 1981).

A Red-Stirling é uma variedade de tilápia vermelha que atualmente é utilizada na produção comercial. Essa foi originada de uma população mutante de *O. niloticus* selvagem, proveniente do Lago Manzala, no Egito, em 1979, que tem sido mantida pelo Instituto de Aquicultura da Universidade de Stirling, Escócia (MCANDREW; MAJUMDAR, 1983).

A coloração da pele e das escamas dos peixes é proveniente das células pigmentares conhecidas como cromatóforos. Estes são classificados conforme a expressão de sua cor: os iridóforos e leucóforos, que possuem cristais de purina e hidroxiapatita apresentam a coloração branca ou prateada, produto do reflexo da luz; os xantóforos produzem a coloração amarela, através da pteridina ou carotenoides; os eritróforos produzem a coloração vermelha; os melanóforos têm

formato de flor e produzem a coloração preta ou marrom, através da melanina como pigmento (AVTALION; REICH, 1989; HILSDORF, 1995; KELSH, 2004).

A coloração vermelha é causada pela ausência de pigmentação preta evidenciada, principalmente, por melanóforos. Por possuir uma carne de cor clara e uma boa irrigação sanguínea da pele, a tilápia apresenta uma coloração avermelhada tendendo para o rosa (HILSDORF, 1990). Quando comparada com outras variedades produzidas comercialmente, de coloração escura, a variedade Red-Stirling apresenta baixo desempenho produtivo (FREITAS, 2007).

A coloração vermelha na Red Stirling é controlada por um mecanismo de herança mendeliana de um gene autossômico dominante simples (HUSSAIN, 1994; KOREN et al., 1994; MCANDREW et al., 1988). Esses autores realizaram vários cruzamentos entre machos e fêmeas de coloração selvagem e vermelha Red Stirling. Esses cruzamentos produziram unicamente indivíduos com de coloração vermelha. Desta forma, o desenvolvimento da coloração, usando mecanismos de melhoramento genético, apresenta grande interesse econômico (MOREIRA et al., 2005).

2.3 Híbridação

A híbridação consiste no cruzamento de indivíduos ou grupos geneticamente diferentes e pode envolver cruzamentos dentro de uma espécie (híbridação intraespecífica) ou cruzamentos entre diferentes espécies (híbridação interespecífica) (PORTO-FORESTI et al., 2008).

Os cruzamentos intra e interespecíficos em tilápias podem ser realizados de diferentes formas para obtenção de híbridos. De acordo com Muñoz-Córdova e Garduño-Lugo (2003), geralmente são utilizados os seguintes cruzamentos no melhoramento genético: cruzamento aberto, realizado entre animais da mesma

espécie ou variedade e que não fazem parte do mesmo grupo genético; Cruzamento terminal, quando a hibridação entre dois ou mais indivíduos de espécies ou variedades diferentes, tendo como principal objetivo o vigor de híbrido; Retrocruzamento, o cruzamento entre um híbrido originado do cruzamento simples com indivíduo de uma das espécies ou variedades progenitoras, com a finalidade de obter um híbrido que contenha uma maior proporção de uma das espécies iniciais.

Segundo Euclides Filho (1996), os fatores que motivam a utilização do cruzamento na produção animal são: aproveitar as vantagens da heterose, utilizar a “complementaridade” ou melhoramento em produção associado à combinação de características desejáveis de duas ou mais raças ou linhagens, possibilitar a incorporação de material genético desejável de forma rápida e, também, para formação de raças sintéticas.

A heterose ou “vigor híbrido” é definida como um fenômeno genético que expressa a superioridade de indivíduos cruzados em relação à média dos desempenhos de seus pais (FERRAZ; ELER, 2005). Esse fenômeno é esclarecido pelo aumento da heterozigose, probabilidade dos alelos de um determinado "locus" provirem de raças distintas (FRIES, 1994), nos indivíduos cruzados.

Conforme Fjalestad (2005), por meio do sistema de retrocruzamentos, é possível explorar os efeitos da heterose materna e paterna, embora esse método raramente seja utilizado. Os retrocruzamentos consistem em cruzamentos de um híbrido F1 com um de seus genitores. A geração F1 do cruzamento da variedade comercial versus exótica seria retrocruzada algumas vezes com a variedade comercial (SINGH, 2001, 2004).

A hibridação é um fenômeno comum entre os peixes, se comparado ao que ocorre nos diversos grupos de vertebrados (ALLENDORF et al., 2001; BARTLEY et al., 2001; SCHWARTZ, 1981; SCRIBNER et al., 2001). Isso

ocorre pela própria condição ecofisiológica do grupo dos peixes, que apresenta características peculiares, entre elas: a fertilização externa, mecanismos de isolamento, competição por territórios de desova, abundância de espécies e sobrevivência em ambientes limitados (CAMPTON, 1987; HUBBS, 1955). Apesar disso, metade da ocorrência de eventos de hibridação, em peixes, tem sido atribuída à intervenção humana (SCRIBNER et al., 2001), com as atividades de aquicultura sendo o principal fator, seguidas de introduções de espécies fora do seu local de origem e alterações ou perdas de habitat.

Os estudos de hibridação em peixes iniciaram-se ao final do século 19 e tiveram impulso a partir de 1919, na América do Norte, com Carl Leavitt Hubbs, que observou os cruzamentos entre espécies de peixes, de água doce, eram frequentes na natureza (CHEVASSUS, 1983). Em estudos realizados com híbridos do gênero *Lepomis*, Hubbs (1955) começou a compreender o processo de hibridação interespecífica e as vantagens apresentadas por esse processo. Esses híbridos apresentaram características taxonômicas intermediárias entre as espécies parentais e desempenho superior em certos aspectos, tais como crescimento rápido, maior brilho e intensidade de coloração, domínio no ambiente e maior capacidade de capturar o alimento (HUBBS, 1955).

No Brasil, o uso da hibridação em peixes teve início cerca de 30 anos atrás envolvendo tilápias e foi desenvolvida pelo Departamento de Obras Contra a Seca (DNOCS), no Nordeste (TOLEDO-FILHO et al., 1998). Posteriormente, aplicando uma tecnologia similar, o Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Continentais (CEPTA), em Pirassununga-SP, produziu, em 1985, o “Tambacu”, híbrido interespecífico entre fêmea de Tambaqui *Colossoma macropomum* e macho de Pacu *Piaractus mesopotamicus* (BERNARDINO et al., 1986).

No ano de 2006, o Brasil produziu 13.810,5 toneladas de pescado híbrido representados pelo tambatinga, *C. macropomum* (fêmea) x *P.*

brachypomus (macho), e o tambacu, *C. macropomum* (fêmea) x *P. mesopotamicus* (macho) (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS, 2008).

Senhorini et al. (1988) avaliaram o desenvolvimento do tambaqui, pacu e seus híbridos e observaram a ocorrência de heterose para sobrevivência, crescimento e uniformidade. Crepaldi et al. (2004) compararam o desempenho de surubim pintado *Pseudoplatystoma corruscans* com o híbrido “ponto-e-vírgula”, *P. corruscans* (fêmea) x *Pseudoplatystoma fasciatum* (macho) e concluíram que a hibridização promoveu ganho de peso superior.

Em tilápias, a hibridação tem sido utilizada há muito tempo, podem-se citar estratégias de cruzamentos para produção de monossexo (HULATA et al., 1983; PRUGININ et al., 1975) e para aumento de resistência no cultivo em águas salgadas (KAMAL; MAIR, 2005). A busca por melhor desempenho acabou gerando inúmeras variedades de tilápias com características interessantes, principalmente, em relação ao ganho de peso, crescimento e coloração (TAVE; SMITHERMAN, 1980).

A coloração vermelha em tilápia é um fator bastante relevante. Assim, foram desenvolvidos diversos cruzamentos para obtenção de híbridos comerciais de tilápias vermelhas: Red-Flórida (*O. mossambicus* x *O. uropelis hornorum*), Red-Taiwanesa (*O. mossambicus* x *O. niloticus*), Red-Yumbo (Red Florida x *O. niloticus*) (CAMPO, 2001). A variedade israelense Saint Peter é um tetra-híbrido interespecífico resultado do cruzamento de duas gerações F1: macho (*O. niloticus* x *O. aureus*) e fêmea (*O. mossambicus* x *O. hornorum*) (SOUZA et al., 2000).

Estudos com retrocruzamentos em tilápias são escassos na literatura, e muitos não tiveram continuidade. Um programa de retrocruzamento interespecífico da *O. aureus* e a tilápia vermelha da Flórida foi proposto por Beherends e Smitherman (1984) e resultou na obtenção de um híbrido de tilápia

vermelha resistente ao frio. Tentativas de hibridização introgressiva entre as variedades Red Stirling e Chitralada, com maiores proporções gênicas de Red Stirling foram realizadas com o objetivo de diminuir a quantidade de manchas e aumentar o crescimento (FREITAS, 2007; HILSDORF et al., 2007).

Diversos trabalhos de melhoramento genético de peixe, utilizando cruzamentos intra e interespecífico em tilápia foram, ou são desenvolvidas, gerando assim uma somatória de informações e conhecimentos disponíveis na literatura (DAN; LITTLE, 2000; ROMANA-EGUIA et al., 2004).

2.4 Divergência Genética

De acordo com Cruz et al. (2004), a definição de divergência genética consiste na distância genética entre populações, indivíduos ou organismos, baseada em características morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares.

A preservação da diversidade em grupos de indivíduos, da mesma espécie, é fundamental para sobrevivência das populações naturalizadas e, no caso dos programas de melhoramento genético, a garantia de que se possa estabelecer uma pressão de seleção e conseqüentemente o aumento de produção em função do sistema de cultivo (DELGADO et al., 2001; DOSSA et al., 2007). A sustentabilidade desses programas é garantida com a manutenção da diversidade, já que não é possível prever com efetividade quais características serão importantes no futuro (TEIXEIRA NETO, 2013). Quanto maior a divergência, mais fácil e rápida será a adaptação às mudanças necessárias para o desenvolvimento dos sistemas de produção (EGITO et al., 2007).

Nos programas de melhoramento, envolvendo hibridações, o estudo de divergência genética é de grande importância, uma vez que se podem identificar os genitores que, em futuros cruzamentos, possibilitarão maior efeito heterótico

na progênie e maior variabilidade genética nas populações segregantes (CRUZ et al., 2004; RAO et al., 1981). Além disso, as informações sobre a heterose podem ser utilizadas, pois, segundo as suposições de Falconer (1981), o desempenho dos híbridos estaria, até certo limite, correlacionado à distância genética entre os parentais.

A avaliação da divergência genética é realizada por diversos métodos que levam em consideração as características produtivas, fisiológicas, genéticas e biométricas (SHIMOYA et al., 2002). De acordo com Amaral Júnior et al. (1996), a escolha destes métodos baseia-se na precisão desejada pelo pesquisador, na facilidade da análise e na forma como os dados foram obtidos.

Os métodos biométricos podem ser utilizados para determinar o quão distante é geneticamente uma população de outra, os quais permitem unificar múltiplas informações de um conjunto de características extraídas das unidades experimentais, oferecendo ao melhorista maior oportunidade de escolha de genitores divergentes (SUDRÉ et al., 2005). Além disso, essas informações biométricas permitem fazer inferências sobre o grau de adaptação a um determinado ambiente ou sobre a especialização produtiva (BEDOTTI et al., 2004; DIAZ RIVERA et al., 2003).

Dentre as técnicas estatísticas utilizadas para descrição da diversidade, a partir de informações morfológicas, destacam-se as análises multivariadas, pois são capazes de examinar diversas variáveis simultaneamente (MACHADO; PIRES; ARAÚO, 2010).

2.4.1 Análise multivariada

A análise multivariada pode ser definida como todos os métodos ou técnicas que utilizam simultaneamente as informações de todas as variáveis realizadas em um mesmo indivíduo, levando em consideração a relação entre

elas (TEIXEIRA NETO, 2013). Para que a análise multivariada seja aplicada de forma correta, é essencial uma adequada organização e avaliação dos dados, devendo ser investigada a forma como os dados foram gerados, as medidas utilizadas e a confiabilidade destes dados (PIRES et al., 2012).

Os softwares estatísticos têm contribuído para tornar as técnicas de Análise Estatística, Multivariada, mais acessíveis para estudos de morfometria (BEMVENUTI; RODRIGUES, 2002; CAVALCANTI; LOPES, 1993).

As técnicas de análise multivariada têm demonstrado um grande potencial na investigação dos padrões de diferenciação morfológica e crescimento dos peixes (DWIVEDI et al., 2013). Também pode ser analisada a discriminação entre grupos intraespecíficos ou populações geográficas, obtidas em conjunto com as variáveis morfométricas (CAMPELLO; BEMVENUTI, 2002; SHIBATTA; GARAVELLO, 1993; SHIBATTA; HOFFMANN, 2005).

Os métodos estatísticos constituem-se uma parte integral da pesquisa científica. As técnicas multivariadas têm sido regularmente aplicadas em diversas áreas do conhecimento e incluem métodos bem estabelecidos (BELLO et al., 2008), como a análise por componentes principais, quando os dados são obtidos de experimentos sem repetições. A análise por variáveis canônicas, quando os dados são obtidos de experimentos com repetições e, por último, os métodos de agrupamento, cuja aplicação depende da utilização de uma medida de dissimilaridade previamente estimada (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Segundo Cruz, Ferreira e Pessoni (2011), a análise de variáveis canônicas é um processo alternativo para avaliação do grau de similaridade genética entre genótipos que leva em consideração tanto a matriz de covariância residual quanto a de covariância fenotípica entre os caracteres avaliados. Essa técnica é similar à de componentes principais, pois permite a simplificação no conjunto de dados, resumindo as informações, originalmente contidas em um

grupo de variáveis, em poucas variáveis, que apresentam as propriedades de reterem o máximo de variação e serem independentes entre si (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A aquicultura é uma das atividades de produção de alimentos que mais cresce no mundo, sendo a piscicultura de água doce, a atividade que vem se mostrando mais promissora, principalmente, no que diz respeito ao cultivo de tilápia. Mediante a importância da produção de tilápias no Brasil, torna-se necessário o desenvolvimento de variedades geneticamente melhoradas.

A produção de animais cruzados no Brasil se tornou, nas últimas décadas, a forma mais usual de se obter material genético mais produtivo. Uma técnica utilizada entre os produtores, para minimizar o baixo desempenho da tilápia vermelha, é a realização do cruzamento de animais da variedade Red-Stirling com outras variedades melhoradas geneticamente de elevada performance produtiva, na tentativa de obter animais de melhor desempenho e de coloração vermelha.

Desse modo, o estudo de divergência genética é de grande importância, uma vez que se podem fornecer informações importantes a respeito do grau de divergência entre grupos estudados. Dentre as técnicas estatísticas utilizadas para descrição da diversidade, baseadas em informações biométricas, destacam-se as análises multivariadas, pois são capazes de examinar diversas variáveis simultaneamente.

REFERÊNCIAS

- ALLENDORF, F. W. et al. The problems with hybrids: setting conservation guidelines. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 16, n. 11, p. 613-622, Nov. 2001.
- AMARAL JÚNIOR, A. T. et al. Utilização de variáveis canônicas e de análise de agrupamentos na avaliação da divergência genética entre acesso de moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 182-184, nov. 1996.
- AVTALION, R. R.; REICH, L. Chomatophore inheritance in red tilapias. **Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgheh, v. 41, n. 3, p. 98-104, 1989.
- BARTLEY, D. M. et al. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 10, n. 3, p. 325-337, Sept. 2001.
- BEDOTTI, D. et al. Caracterización morfológica y faneróptica de la cabra colorada pampeana. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 53, n. 203, p. 261-271, 2004.
- BEHREND, L. L.; SMITHERMAN, R. O. Development of a cold tolerant population of red tilapia through introgressive hybridization. **Journal of the Aquaculture Society**, Baton Rouge, v. 15, n. 1-4, p. 172-178, Mar. 1984.
- BELLO, A. B. S. et al. Distâncias genéticas entre touros Nelore de Mato Grosso do Sul, por técnicas de análises multivariada. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 64-72, 2008.
- BEMVENUTI, M. A.; RODRIGUES, F. L. Análise comparativa entre técnicas morfométricas aplicadas a *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes) e *Odontesthes humensis* De Buen (Osteichthyes, Atherinopsidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 3, n. 19, p. 789-796, 2002.
- BENTSEN, H. B. et al. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 160, n. 1-2, p. 145-173, Jan. 1998.

BERNARDINO, G. et al. Primeira reprodução do tambacu; um híbrido do gênero *Colossoma* In: SÍNTESE dos trabalhos realizados com espécies do gênero *Colossoma*. Pirassununga: CEPTA, 1986. p. 11. (Projeto Aqüicultura/Brasil 3-7-76-0001-CIID).

BORGES, A. M. et al. Produção de populações monossexo macho de tilápia-do-nilo da linhagem Chitralada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 153-159, fev. 2005.

BRUMMETT, R. E. et al. On-farm and on-station comparison of wild and domesticated Cameroonian populations of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 242, n. 1-4, p. 157-164, Dec. 2004.

CAMPELLO, F. D.; BEMVENUTI, M. A. Diferenciação morfométrica e osteológica entre *Ramnogaster arcuata* (Jenyns) e *Platanichthys platana* (Regan) (Teleostei, Clupeidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 3, n. 19, p. 757-766, set. 2002.

CAMPO, L. F. C. **Tilapia roja 2001**: una evolución de 20 anos, de la incertidumbre al éxito doce años despues. Cali: [s.n.], 2001. 75 p.

CAMPTON, D. E. Natural hybridization and introgression in fishes: methods of detection and genetic interpretations. In: RYMAN, N.; UTTER, F. (Ed.). **Population genetics and fishery management**. Seattle: University of Washington, 1987. p. 161-192.

CARVALHO-FILHO, J. Panorama da aqüicultura. **Informe Publicitário**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 60, p. 24, 2000.

CAVALCANTI, M. J.; LOPES, P. R. D. Análise morfométrica multivariada de cinco espécies de Serranidae (*Teleostei: Perciformes*). **Acta Biologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 15, n. 1, p. 53-64, 1993.

CHEVASSUS, B. Hybridization in fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 33, n. 1-4, p. 254-262, June 1983.

CLEMENTS, S.; LOVELL, R. T. Comparison of processing yields and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 119, n. 2-3, p. 299-310, 1994.

COSTA, A. C. et al. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através de modelos não lineares. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 1, p. 561-564, 2009.

CREPALDI, D. V. et al. Comparação do desempenho de surubim puro, “*Pseudoplatystoma coruscans*” e o híbrido “*P. coruscans* x *Pseudoplatystoma fasciatum*” em três densidades de estocagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais Eletrônicos...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**: volume 1. Viçosa: Editora da UFV, 2004. 480 p.

CRUZ, C. D. et al. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**: volume 1. Viçosa: Editora da UFV, 2011. 620 p.

DAN, N. C.; LITTLE, D. C. The culture performance of monosex and mixed-sex new-season and overwintered fry in the three strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Northern Vietnam. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 184, n. 3-4, p. 221-231, 2000.

DELGADO, J. V. et al. Caracterización de los animales domésticos en España. **Animal Genetic Resources Information**, Roma, v. 29, p.7-18, Apr. 2001.

DIAZ RIVERA, P. et al. Phenotypic diversity of Tuscany's endangered sheep breeds: a canonical discriminant approach. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 2, n. 1, p.563-565, June 2003.

DOSSA, L. H. et al. Spatial variation in goat populations from Benin as revealed by multivariate analysis of morphological traits. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 73, n. 1-3, p.150–159, Nov. 2007.

DWIVEDI, A. K. et al. Retracted note: advances in morphometric differentiation: an evaluation of the identification of actions among fish populations. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 23, n. 1, p. 23-39, Dec. 2013.

EGITO, A. A. et al. Microsatellite based genetic diversity and relationships among ten Creole and commercial cattle breeds raised in Brazil. **BMC Genetics**, Washington, v. 8, p. 83, Dec. 2007.

EKNATH, A. E. et al. Approaches to national fish breeding programs: pointers from a tilapia pilot study. **NAGA: the iclarm quarterly**, Yaounde, v. 14, n. 2, p. 10-12, 1991.

EL-SAYED, A.-F. M. **Tilapia culture**. London: CABI Publishing, 2006. 293 p.
EUCLIDES FILHO, K. **O melhoramento genético e os seus cruzamentos em bovinos de corte**. Campo Grande: EMBRAPA, 1996. 35 p. (EMBRAPA-CNPGC, 63).

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Editora da UFV, 1981. 279 p.

FARIA, J. L. L. **Rendimento do filé de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede**. 2006. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

FERRAZ, J. B. S.; ELER, J. P. Avaliação genética multiracial de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 241-244.

FJALESTAD, K. T. Selection methods. In: GJEDREM, T. (Ed.). **Selection and breeding programs in aquaculture**. Berlin: Springer, 2005. p. 159-171.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of world fisheries and aquaculture 2014**. Rome: FAO, 2014. 243 p.

FREITAS, J. R. **Avaliação de desempenho e de coloração de híbridos intraespecíficos de *Oreochromis niloticus* das variedades Red stirling e Chitralada**. 2007. 124 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2007.

FRIES, L. A. Conexão Braford-DEP. Fundamentos técnicos para seleção e cruzamentos. In: ALGUMAS considerações sobre heterozigose e heterose. Porto Alegre: Conexão Braford DEP, 1994. p. 9-13.

GALBREATH, P. F.; BARNES, T. A. Consumer preference for colour and size of Tilapia sold in supermarkets. In: ANNUAL CATFISH FARMERS OF AMERICA, 3., 1981, Arkansas. **Proceedings...** Arkansas: ACF, 1981. p. 47-48.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E C. **Criação de peixes**. São Paulo: Nobel, 1987. 119 p.

GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 25-33, Jan. 2000.

GUPTA, M. V.; ACOSTA, B. O. From drawing board to dining table: the success story of the GIFT project. **NAGA: the iclarm quarterly**, Yaounde, v. 27, n. 3 - 4, p. 4-14, July/Dec. 2004.

HILSDORF, A. W. S. et al. Introgressive hybridization and comparative growth performance of two Nile tilapia (*Chitralada* and Red-Stirling) and their crosses. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 272, p. 238-321, 2007. Supplement.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 22, n. 1-4, p. 73-84, 1995.

HILSDORF, A. W. S. **Genetics and development of "Red" color insome strains of *Oreochromis niloticus***. 1990. 93 p. Dissertation (Master in Aquaculture) - University of Stirling, Stirling, 1990.

HUBBS, C. L. Hybridization between fish species in nature. **Systematic Zoology**, Washington, v. 4, n. 1, p. 1-20, Mar. 1955.

HULATA, G. et al. Prodeny-testing selection of tilapia broodstoksproducing all-male hybrid progenies: preliminary results. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 33 p. 263-268, 1983.

HULATA, G. Genetic manipulations in aquaculture, a review of stock improvement by classical and modern technologies. **Genetica**, Dordrecht, v. 111, n. 1-3, p. 155-173, 2001.

HUSSAIN, M. G. Genetics of body color in heritence in Thai and Egyptian red tilapia strains. **Asia Fisheries Science**, Selangor, v. 7, n. 4, p. 215-224, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**. Brasília: IBGE, 2013. 108 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da pesca 2006 Brasil**: grandes regiões e unidades de federação. Brasília: IBAMA, 2008. 174 p.

KAMAL, A. H. M. M.; MAIR, G. C. Salinity tolerance in superior genotypes of tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 247, n. 1-4, p. 189-201, June 2005.

KELSH, R. N. Review: pigment gene focus: genetics and evolution of pigment patterns in fish. **Pigment Cell Research**, Shanghai, v. 17, n. 4, p. 326-336, Aug. 2004.

KOREN, A. et al. Evaluation of some red tilapia strains for aquaculture. **Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgeh, v. 46, n. 10, p. 9-12, Oct. 1994.

KUBITZA, F. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 76, p. 25-35, 2003.

KUBITZA, F. Questões sobre a qualidade dos alevinos de tilápia. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 97, p. 14-23, 2006.

LYMBERG, A. J. et al. Genetics in the aquaculture industry. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 31, n. 1, p. 1-2, 2000.

MACEDO-VIÉGAS, E. M.; SOUZA, M. L. R. Préprocessamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 405-480.

MACHADO, T. M. M.; PIRES, L. C.; ARAÚJO, A. M. Conservação e melhoramento genético de caprinos com o auxílio de caracteres morfológicos e biométricos. In: XIMENES, L. J. F. (Coord.). **Ciência e tecnologia na pecuária de caprinos e ovinos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2010. p. 363-379.

MCANDREW, B. J. et al. The genetics and histology of red, blond and associated color variants in *Oreochromis niloticus*. **Genetica**, Austin, v. 76, n. 2, p. 127-137, Mar. 1988.

MCANDREW, B. J.; MAJUMDAR, K. C. Tilápia stock identification using electrophoretic markers. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 30, n. 1-4, p. 249-261, Jan. 1983.

MELO, C. C. V. et al. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 357-363, Oct./Dec. 2013.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aqüicultura de 2010**. Brasília: MPA, 2011. 129 p.

MOREIRA, A. A. et al. Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 36, n. 11, p. 1049-1055, Aug. 2005.

MOREIRA, A. A. et al. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 521-526, abr. 2007.

MUÑOZ-CÓRDOVA, G.; GARDUÑO-LUGO, M. **Mejoramiento genético en tilapia: sistemas de cruzamiento y mecanismos genéticos em la determinación del color**. Veracruz: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2003. 84 p.

NOGUEIRA, A. C. **Criação de tilápias em tanques rede**. Salvador: Sebrae, 2007. 23 p.

NOGUEIRA, A. J. **Aspectos da biologia reprodutiva e padrões de crescimento da tilápia *Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758, (Linhagem Chitralada) em cultivos experimentais**. 2003. 77 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

PAVANELLI, C. S. et al. Peixes do Baixo Rio Iguaçu: manual de identificação. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, 17., 2007, Itajaí. **Resumos...** Itajaí: Univali, 2007. 1 CD-ROM.

PIRES, L. C. et al. Biometric variability of goat populations revealed by means of principal component analysis. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 35, n. 4, p. 777-782, Dec. 2012.

PONZONI, R. W. et al. Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 269, n. 1, p. 187-199, Jan. 2007.

POPMA, T.; MASSER, M. **Tilapia: life history and biology**. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 1999. 4 p. (Publication, 283).

PORTO-FORESTI, F. et al. Marcadores citogenéticos como diagnósticos na identificação do híbrido entre piauçu (*Leporinus macrocephalus*) e piapara (*Leporinus elongatus*). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 31, n. 1, p. 195-202, Jan. 2008.

PRUGININ, Y. et al. All-malebroods of *Tilapia nilotica* x *T. aurea* hybrids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 11-21, 1975.

RAO, A. V. et al. Genitic divergence among some brown planthopper resistant rice varieties. **The Indian Journal of Genetic Plant Breeding**. New York, v. 41, n. 2, p. 179-185, July/Sept. 1981.

RESENDE, E. K. et al. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2010. p. 1-11.

ROMANA-EGUIA, M. R. R. et al. Genetic diversity in farmed Asian Nile and red hybrid tilapia stocks evaluated from microsatellite and mitochondrial DNA analysis. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 236, p. 131-150, June 2004.

RUTTEN, M. J. M. et al. 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.

SCHWARTZ, F. J. **World literature to fish hybrids, with an analysis by family, species, and hybrid**. Sacramento: Tec Report, 1981. 507 p.

SCRIBNER, K. T. et al. Hybridization in freshwater fishes: a review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 10, n. 4, p. 293-323, Sept. 2001.

SENHORINI, J. A. et al. Larvicultura e alevinagem do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887), tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) e seus híbridos. **Boletim Técnico CEPTA**, Pirassununga, v. 1, n. 2, p. 19-30, 1988.

SHIBATTA, O. A.; GARAVELLO, J. C. Estudo da variação geográfica em *Salminus hilarii* Valenciennes, 1849, das Bacias do alto Paraná e São Francisco, através da análise morfométrica multivariada em componentes principais. **Naturalia**, Paris, n. 18, p. 109-116, 1993.

SHIBATTA, O. A.; HOFFMANN, A. C. Variação geográfica em *Corydoras paleatus* (Jenyns) (Siluriformes, Callichthyidae) do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 366-371, jun. 2005.

SHIMOYA, A. et al. Divergência genética entre acessos de um banco de germoplasma de capim elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 971-980, jul. 2002.

SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1659-1675, Jan. 2001.

SINGH, S. P. Use of exotic interracial and wide crosses for common bean cultivars development. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 47, p. 37-38, 2004.

SOUZA, V. L. et al. Comparison of productive performance of sex reversed male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Thai strain) and tetra hybrid red tilapia (Israeli strain). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Goiânia: Editora da UFG, 2000. p. 83-87.

SUDRÉ, C. P. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 22-27, jan./mar. 2005.

TAVE, D.; SMITHERMAN, R. O. Predicted Response to Selection for Early Growth in Tilapia nilotica. **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v. 109, n. 4, p. 439-445, 1980.

TEIXEIRA NETO, M. R. et al. Population parameters of the sheep breed Santa Inês in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 12, p. 1589-1595, dez. 2013.

TEIXEIRA, A. L. C. M. **Estudo da viabilidade técnica e econômica do cultivo de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem Chitralada, em tanques-rede com duas densidades de estocagem.** 2006. 59 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aqüicultura) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2006.

TENÓRIO, I. V. Desempenho comparativo em tanques-rede de três linhagens da tilápia do Nilo—*Oreochromis niloticus*: comum, chitralada e mestiço. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 65-72, mar. 2011.

TOLEDO-FILHO, S. A. et al. Programas genéticos de seleção, hibridação e endocruzamento aplicados à piscicultura. **Cadernos de Ictiogenética**, São Paulo, v. 4, p. 1-56, 1998.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

**ARTIGO 1 Avaliação de desempenho e divergência de grupos genéticos
de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus***

Carlos Cicinato Vieira Melo

Rafael Vilhena Reis Neto

Márcio Lisboa Guedes

Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Alexandre Wagner Silva Hilsdorf

RESUMO

O trabalho foi realizado com os objetivos de comparar o desempenho zootécnico em tanque rede de animais puros e híbridos de variedades de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, agrupar os diferentes grupos genéticos de tilápia em função de sua dissimilaridade genética e verificou-se a contribuição relativa dos caracteres morfométricos para a divergência genética entre os genótipos estudados. O trabalho foi conduzido na Indústria Brasileira de Peixe Ltda. em Itupeva – SP. Foram produzidos e avaliados cinco grupos genéticos: 7/8 Chitralada (3/4 Chitralada x Chitralada); 5/8 Chitralada (3/4 Chitralada x 1/2 Chitralada); Tricross (1/2 Chitralada x GIFT); Red-Stirling e Chitralada. Biometrias periódicas foram realizadas, sendo aferidas as seguintes variáveis morfométricas: Comprimento Padrão (CP), Comprimento da Cabeça (CC), Altura Corporal (AC), Largura Corporal (LC), Elipiticidade (EL) e a razão LC/CC. Foram estimados os seguintes parâmetros produtivos para cada grupo genético: Ganho de peso (GP), Ganho de Peso diário (GPD), Peso corporal final (PF), Biomassa final (BF) e Sobrevivência (SB). Aplicou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Além disso, os dados foram submetidos à análise multivariada e análise de agrupamento pelo método UPGMA, adotando-se a distância generalizada de Mahalanobis. Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis biométricas e de desempenho analisadas entre os grupos genéticos para machos e fêmeas. Os genótipos Chitralada, 5/8, 7/8 e Tricross, em ambos os sexos, apresentaram os maiores valores de GPD, GP e PF às condições de cultivo apresentadas no trabalho. Os genótipos mais dissimilares foram 7/8 e Red- Stirling constituindo grupos isolados em todos os métodos analisados. O método de Tocher reuniu os cinco genótipos em dois grupos distintos, sendo o primeiro deles composto pelos genótipos, 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada e o segundo pela Red-Stirling. As variáveis CP e AC apresentaram os maiores valores de contribuição relativa para as divergências fenotípicas dos genótipos analisados.

Palavras-chave: Cruzamentos. Desempenho. Hibridização. Melhoramento genético. Multivariada.

1 INTRODUÇÃO

A tilápia foi o peixe mais cultivado, em 2014, com 198,49 mil toneladas despescadas, o equivalente a 41,9% do total da piscicultura, registrando um aumento de 17,3% quanto à produção obtida em 2013 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014). A maior parte desse crescimento foi devido à pesquisa na cadeia produtiva e ao desenvolvimento de variedades melhoradas de tilápia (ALMEIDA et al., 2013).

Considerando a importância da produção de tilápia, torna-se necessário o desenvolvimento de novas variedades geneticamente melhoradas, que apresentem desempenho zootécnico elevado em condições ambientais específicas (RESENDE et al., 2010). Entre as variedades de tilápia *Oreochromis niloticus*, que foram melhoradas geneticamente, encontra-se a Tailandesa ou Chitralada, que é caracterizada por apresentar bom desempenho, rápido crescimento e taxas de alimentação elevadas. Em 1996 essa variedade foi introduzida no Brasil por meio de uma doação da AIT - *Asian Institute of Technology* e foi amplamente difundida na produção nacional (ZIMMERMANN, 2000).

Outra variedade melhorada que foi introduzida no Brasil, durante o ano de 2005, é a variedade GIFT - *Genetically Improved Farmed Tilapia*, a partir de convênio firmado entre a Universidade Estadual de Maringá – UEM e a organização não governamental *World Fish Center*, com apoio da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (RESENDE et al., 2010), atual Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA. A GIFT vem apresentando ganhos de até 15% por geração de seleção para ganho em peso, (PONZONI et al., 2005, 2007).

A Red-Stirling, mantida pelo Instituto de Aquicultura da Universidade de Stirling, Escócia, é uma variedade vermelha utilizada na produção comercial

por apresentar uma coloração de pele atrativa, sendo esse um ponto positivo por agregar valor ao produto final. Apesar disso, essa variedade apresenta baixo desempenho produtivo quando comparada com outras variedades produzidas comercialmente (FREITAS et al., 2009). A coloração vermelha na Red Stirling é controlada por um mecanismo de herança mendeliana de um gene autossômico dominante simples (HUSSAIN, 1994; KOREN et al., 1994; MCANDREW et al., 1988). Desta forma, o desenvolvimento da coloração, usando mecanismos de melhoramento genético, apresenta grande interesse econômico (MOREIRA et al., 2005).

Para minimizar o baixo desempenho da Red-Stirling e transferência da coloração vermelha, que é controlado por poucos genes, uma técnica proposta é a realização do cruzamento de animais da variedade Red-Stirling com outras variedades, como Chitralada e GIFT, na tentativa de obter animais de melhor desempenho e de coloração vermelha. Essa prática, sem um estudo prévio, pode originar animais de potencial produtivo questionável ao setor, provocando queda nos índices zootécnicos.

Além disso, as informações zootécnicas e de divergência morfométrica comparativas entre híbridos das variedades Chitralada, GIFT e Red-Stirling são escassas na literatura. Assim, pretende contribuir para o desenvolvimento de variedades com divergência genética suficiente, para a formação e proposta de um novo programa de melhoramento genético de tilápias vermelhas, que são raros no Brasil.

Diante desse contexto, objetivou-se, neste trabalho, comparar o desempenho zootécnico em tanque rede, agrupar diferentes grupos genéticos em função de sua dissimilaridade genética e verificar a contribuição relativa dos caracteres morfométricos para a divergência fenotípica entre animais puros e híbridos das variedades de tilápia do Nilo, Red-Stirling, Chitralada e GIFT.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e período experimental

O experimento foi conduzido, durante o período de maio a novembro de 2015, na Indústria Brasileira do Peixe Ltda. (IBP), localizada nas Fazendas Santa Ignês e Rio das Pedras, no município de Itupeva, SP (latitude 23°20' S, longitude 47°02' O, altitude média 695 m).

2.2 Formação dos grupos genéticos, instalações e manejo

Os plantéis de tilápias das variedades Chitralada, da tilápia vermelha Red-Stirling e GIFT foram provenientes da Indústria Brasileira do Peixe Ltda (IBP). Os reprodutores de Red-Stirling foram obtidos pela IBP por intermédio de importação do Instituto de Aquicultura da Universidade de Stirling na Escócia; já os reprodutores de GIFT e Chitralada foram adquiridos de pisciculturas comerciais.

Inicialmente os reprodutores e matrizes de cada grupo genético, já existentes na empresa, foram selecionados por meio de visualização fenotípica. Os machos quando apresentaram a papila urogenital hiperêmica e liberação de sêmen, por meio da massagem na cavidade celomática, e as fêmeas, quando estavam com a cavidade celomática distendida, volumosa e macia ao toque e com papila urogenital proeminente e rosada. Depois desse período foram formados os cruzamentos pela reprodução natural.

Já foi produzido, até o momento, o grupo 3/4 Chitralada: 1/4 Red Stirling, em pesquisas anteriores na IBP. Esse grupo foi obtido pelo cruzamento entre os reprodutores do plantel F1(1/2 Chitralada: 1/2 Red Stirling) com indivíduos puros da variedade Chitralada.

Deste modo, o próximo passo foi produzir e comparar, com parentais puros (Red Stirling e Chitralda), os seguintes grupos: 7/8 Chitralada (3/4 Chitralada x Chitralada) – uma composição com alta proporção de genes da Chitralada; 5/8 Chitralada (3/4 Chitralada x 1/2 Chitralada) – uma composição muito usada em outras espécies e são considerados puros sintéticos; - Tricross (1/2 Chitralada x GIFT) – para verificar a possibilidade de introduzir outra variedade melhorada no cruzamento.

Para isso, foram instaladas 30 hapas de 1 m³ (6 hapas para cada grupo) em dois viveiros de terra (40 m²) cobertos por estufa. Cada hapa abrigou um reprodutor e uma matriz do grupo genético específico para formação dos grupos propostos para avaliação.

As hapas foram verificadas, diariamente, durante os períodos de alimentação para evidenciar a reprodução. Ao se notar a presença de larvas, os progenitores foram retirados das hapas e a data do nascimento foi registrada.

2.3 Fase de Desempenho

As progênes de cada grupo genético foram cultivadas nas respectivas hapas até atingirem peso superior a 2 gramas, quando foi realizado o desbaste dos animais para uma densidade de estocagem de 150 alevinos por hapa. Os peixes dos grupos dos híbridos (5/8, 7/8 e Tricross) de coloração escura foram eliminados durante o manejo. Posteriormente, ao atingirem idade média de 134 dias e peso superior a 10 gramas, coletaram -se 14 machos e 14 fêmeas de cada hapa para serem identificados, utilizando-se microchips implantados na região do dorsal. Uma vez identificados, realizou-se a primeira biometria e, em seguida, os peixes foram enviados para tanques redes na unidade experimental de desempenho.

Os peixes foram cultivados em quatro tanques redes (dois para as fêmeas e dois para os machos) com volume de 2 m³, durante 180 dias, e densidade de 105 peixes/m³. A alimentação foi realizada às 8 horas e 15 horas, em regime *ad libitum*, contendo 32% PB (Proteína Bruta). O ajuste para fornecimento da ração foi realizada de acordo com as morfometrias realizadas no decorrer do cultivo.

A temperatura e o oxigênio dissolvido foram aferidos diariamente por um oxímetro digital YSI, modelo 55 Hexis, (YSI Incorporated, Yellow Springs, OH, EUA).

2.4 Morfometria

Durante o período experimental, foram realizadas quatro biometrias de todos os indivíduos de cada tanque rede. Os animais foram anestesiados (100 mg/L de eugenol) (DELBON; RANZANI PAIVA, 2012), pesados em balança de precisão (1g) e submetidos, por meio do uso de ictiômetro e paquímetro, às seguintes avaliações morfométricas (Figura 1): Comprimento Padrão (CP), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a inserção da nadadeira caudal; Comprimento da Cabeça (CC), compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o bordo caudal do opérculo; Altura Corporal (AC), altura do corpo medidas à frente do 1º raio da nadadeira dorsal; e Largura Corporal (LC), largura do corpo medidas à frente do 1º raio da nadadeira dorsal. Além disso, foi utilizada a razão morfométrica $LC/CC = \text{largura do corpo medida à frente do 1º raio da nadadeira dorsal} / \text{comprimento da cabeça}$.

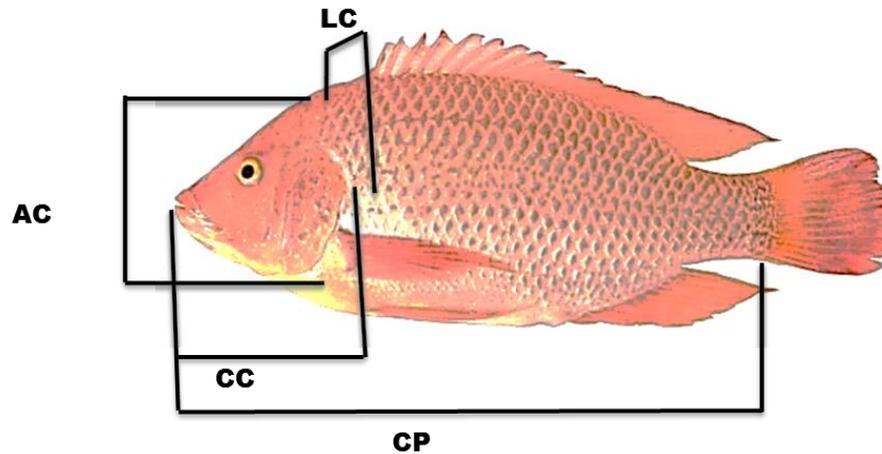


Figura 1 Diferentes medidas morfométricas realizadas nos peixes, as quais comprimento padrão (CP), altura (AC), largura (LC), comprimento de cabeça (CC) e altura de corpo (AC)

Por meio de uma expressão matemática, foi calculada a elipticidade como uma medida que representa o formato do corpo da tilápia, no plano sagital (plano imaginário que parte um organismo ao meio dividindo-o em direita e esquerda). A elipticidade pode ser calculada por $EL = (CP - AC) / (CP + AC)$ (adaptado de MERIGOT et al., 2007), em que CP é o comprimento padrão e AC a altura do corpo. Os maiores valores de elipticidade (máximo:1) representam formas mais alongadas e, valores próximos a zero, formas mais circulares.

2.5 Parâmetros produtivos

Com base nos dados obtidos, foram estimados os seguintes parâmetros produtivos para cada grupo genético:

- a) Ganho de peso: $GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$.
- b) Ganho de Peso diário (g/dia): $GPD = GP / \text{número de dias}$.

- c) Peso corporal final (g): PF= peso final do peixe.
- d) Biomassa final (g): BF= biomassa final de cada grupo genético.
- e) Sobrevivência (%): $SB = (Nf / Ni) \times 100$, em que: Nf - Número de peixes ao final do experimento, Ni -Número de peixes inicialmente estocados.

2.6 Parâmetros da qualidade de água

A temperatura da água e o nível de oxigênio dissolvido foram aferidos, duas vezes por dia, durante toda a fase de desempenho experimental (Figura 2). A temperatura média, durante a fase experimental, foi de $20,9 \pm 2,9$ °C às 8 horas e $24,7 \pm 3,0$ °C às 15 horas. A temperatura permaneceu abaixo de 20 °C, durante junho e julho, período de inverno no Brasil. O nível médio mensal de oxigênio dissolvido foi de $5,3 \pm 0,6$ mg/L às 8 horas e $6,0 \pm 0,6$ mg/L às 15 horas.

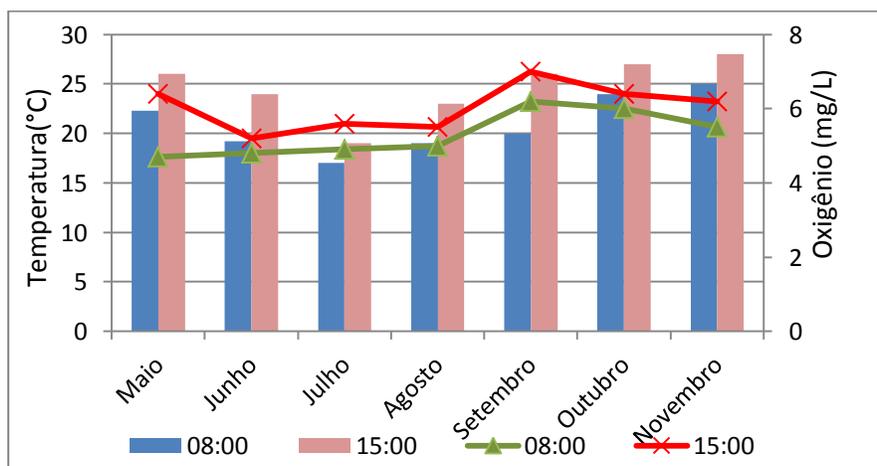


Figura 2 Média mensal da temperatura da água e oxigênio dissolvido durante o período de desempenho dos animais em tanque rede

2.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA), Curva de Crescimento e Análise de Dissimilaridade e Agrupamento

2.7.1 Análise de Variância (ANOVA)

O delineamento foi realizado em blocos casualizados, em que cada animal representa uma unidade experimental e cada tanque representa os blocos. O modelo foi corrigido pelas covariáveis idade e peso, dependendo da variável resposta analisada.

Os dados obtidos no final do experimento serão analisados seguindo o modelo:

$$Y_{ijkl} = m + bk + pl + gj + ai + e_{ijkl};$$

com: $e_{ijkl} \sim 0, \sigma^2 e$; $g_i \sim 0, \sigma^2 g$; $a_j \sim 0, \sigma^2 a$;

em que

Y_{ijk} : a observação da variável resposta do peixe i pertencente ao grupo genético j , da semana de nascimento k ;

m : uma constante inerente a todas as observações;

bk : o efeito do k -ésima semana de nascimento;

pl : o efeito do l -ésimo tanque-rede ($l = 1, 2, 3, 4$);

gj : o efeito do j -ésimo grupo genético ($j = 1, 2, 3, 5$) (efeito aleatório);

ai é o efeito do i -ésimo peixe e e_{ijkl} uma variável aleatória não observável.

A análise de variância (ANOVA) complementada pelo teste de agrupamento das médias (teste de Scott Knott), ao nível de 5% de probabilidade,

para comparar os efeitos dos grupos genéticos sobre as variáveis morfométricas e os parâmetros produtivos.

2.7.2 Curvas de Crescimento

Para a avaliação do crescimento ponderal dos diferentes grupos genéticos, foram ajustados modelos de regressão não-linear, aos dados de peso corporal, em função da idade. Para a fase de crescimento, foi ajustado apenas o modelo exponencial:

$$y_i = Ae^{Kx_i} + e_i,$$

em que:

y_i , o peso observado de cada peixe, $i = 1, 2, \dots, n$;

A , a estimativa do peso inicial;

e , a base do logaritmo natural;

K , a taxa de crescimento específico;

x_i , a idade referente a cada peixe;

e_i , o erro associado a cada observação que, por suposição, é NID $(0, \sigma^2)$.

Os parâmetros das curvas para cada grupo genético foram comparados pelos seus intervalos de confiança, com probabilidade de 95%.

2.7.3 Análise de Dissimilaridade e Agrupamento

As análises de dissimilaridade e agrupamento foram realizadas pelo método hierárquico *Unweighted Pair Group Method With Arithmetic Mean* – UPGMA.

Para o agrupamento, por intermédio do dendograma, das variedades pelo método UPGMA, adotou-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade. Posteriormente, com base na matriz de dissimilaridade genética, os genótipos foram agrupados pelo método de otimização de Tocher, o que permitiu o estabelecimento de grupos. A importância relativa das características para a divergência foi obtida por meio da partição dos componentes D^2 , relativos a cada característica, no total da dissimilaridade observada, conforme sugerido por Singh (2001).

As análises estatísticas foram realizadas por meio dos softwares “R” versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) e “GENES” (versão 6.0). (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis Morfométricas

Os valores médios das variáveis morfométricas analisadas, dos grupos genéticos de ambos os sexos, encontram-se descritos na tabela 1.

Na avaliação dos machos, os grupos genéticos 5/8 e 7/8 diferiram, significativamente, dos outros grupos, apresentando os maiores valores de CP (14,0; 14,3), AC (4,8; 4,9), LC (2,4; 2,4) e CC (4,6; 4,6), respectivamente. Já na classe das fêmeas, para as variáveis AC, LC e CC, os genótipos 7/8 e 5/8 apresentaram os maiores valores. O grupo genético Red-Stirling apresentou o menor CP, LC, AC e CC que os demais genótipos avaliados, em ambos os sexos (Tabela 1).

Tabela 1 Valores médios para as variáveis morfométricas, para ambos os sexos, de cada grupo genético de tilápia *Oreochromis niloticus*

| Grupo Genético | CP(cm) | AC(cm) | CC(cm) | LC(cm) | LC/CC | EL |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|
| Macho | | | | | | |
| 5/8 | 14,0a | 4,8 a | 4,6 a | 2,4 a | 0,52a | 0,48b |
| 7/8 | 14,3 a | 4,9 a | 4,6 a | 2,4 a | 0,52a | 0,48b |
| Tricross | 13,4b | 4,7b | 4,4b | 2,3b | 0,52 a | 0,48b |
| Red-Stirling | 11,4c | 3,8c | 3,7d | 1,9d | 0,51b | 0,49 ^a |
| Chitralada | 13,3b | 4,6b | 4,3c | 2,2c | 0,51b | 0,48b |
| Fêmea | | | | | | |
| 5/8 | 12,9a | 4,3 a | 4,2 a | 2,1 a | 0,51a | 0,50 a |
| 7/8 | 13,0a | 4,3 a | 4,1 a | 2,2 a | 0,53 a | 0,50 a |
| Tricross | 12,1b | 4,1b | 4,0 b | 2,1 b | 0,52 a | 0,49b |
| Red-Stirling | 9,9c | 3,2c | 3,2 c | 1,6 d | 0,50b | 0,50 a |
| Chitralada | 12,2 a | 4,1b | 4,0 b | 2,0 c | 0,49b | 0,49b |

Média seguida da mesma letra minúscula nas colunas não difere ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos pelo teste de Scott Knott, para cada sexo sendo: CP = comprimento padrão; AC = altura do corpo; CC = comprimento de cabeça; LC = largura do corpo; LC/CC = largura do corpo/comprimento de cabeça; EL= elipticidade.

Para a razão largura do corpo e comprimento de cabeça (LC/CC), os híbridos (5/8, 7/8 e Tricross) apresentaram os maiores valores diferindo, estatisticamente, das variedades puras (Chitralada e Red-Stirling), ou seja, são mais largos e com cabeça pequena, para os dois sexos.

Quando considerada a variável EL, que representa o formato do corpo da tilápia, foi observado que, na classe dos machos, a variedade Red-Stirling expressou o maior valor (0,49) entre os grupos genéticos. Já nas fêmeas, as maiores médias foram observadas nos genótipos 5/8, 7/8 e Red-Stirling, ou seja, são animais com corpo mais alongado.

3.2 Desempenho produtivo

Observa-se que a variedade Red-Stirling apresentou os animais mais jovens com 277 dias e o grupo 7/8 os mais velhos com 297 (Tabela 2).

Para as variáveis de desempenho, foram verificados efeitos significativos ($p < 0,05$) das variedades, para cada classe de sexo, sobre o Ganho de Peso (GP), Ganho de peso diário (GPD).

Com relação ao GP e GPD em ambos os sexos, os grupos genéticos 5/8, 7/8, Tricross e Chitralada, apresentaram os maiores valores para essas variáveis, enquanto a variedade Red-Stirling apresentou os menores valores ($p < 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 Valores médios de idade de nascimento e para as características de desempenho produtivo, entre machos e fêmeas de cada grupo genético de tilápia *Oreochromis niloticus*

| Grupo Genético | ID (dias) | GP(g) | GPD (g/dia) | PF (g) | SB (%) |
|-----------------------|------------------|--------------|--------------------|---------------|---------------|
| Macho | | | | | |
| 5/8 | 296 | 8,09 a | 0,66 a | 94,4 | 85,4 |
| 7/8 | 297 | 8,39 a | 0,68 a | 99,8 | 96,0 |
| Tricross | 296 | 7,85 a | 0,64 a | 82,0 | 80,2 |
| Red-Stirling | 277 | 5,39 b | 0,44b | 39,1 | 72,0 |
| Chitralada | 281 | 7,72 a | 0,63 a | 81,3 | 83,4 |
| Fêmea | | | | | |
| 5/8 | 296 | 6,96 a | 0,56 a | 70,6 | 80,3 |
| 7/8 | 297 | 6,99 a | 0,57 a | 74,4 | 94,5 |
| Tricross | 296 | 6,59 a | 0,53 a | 66,7 | 85,1 |
| Red-Stirling | 277 | 4,16 b | 0,34 b | 32,8 | 75,7 |
| Chitralada | 281 | 6,62 a | 0,54 a | 62,5 | 93,2 |

Média seguida da mesma letra minúscula nas colunas não difere ($P < 0,05$) entre os grupos genéticos pelo teste de Scott Knott, para cada sexo sendo: GP = ganho de peso; GPD = ganho de peso diário; PF = peso final; BF = biomassa final; SB = sobrevivência.

De modo geral, as taxas de sobrevivência dos genótipos, durante o experimento, foram acima de 70%. Na classe dos machos, os genótipos 7/8 e Red-Stirling apresentaram a maior (96%) e menor (72%) taxa de sobrevivência, respectivamente. Na classe das fêmeas, os maiores valores de sobrevivência foram apresentados pelos genótipos 7/8 (94,5%) e Chitralada (93,2%). Já a variedade Red-Stirling expressou o menor valor (75,7%).

3.3 Curvas de Crescimento

Os parâmetros $A(g)$ (estimativa do peso e comprimento padrão inicial) e $K(g/dia)$ (taxa de crescimento específico) e os intervalos de confiança do modelo exponencial para peso corporal em função da idade para fêmeas e machos são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 Estimativas dos parâmetros (A e K) e intervalos de confiança do modelo de crescimento exponencial para peso corporal em função da idade, coeficiente de determinação ajustado (R^2 Aj.) e critério de informação de Akaike (AIC) para fêmeas e machos de grupo genético

| Grupo Genético | Parâmetros estimados | | Intervalo de confiança | | | | R^2 Aj. | AIC |
|----------------|----------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| | A (g) | K (g/dia) | A(g) | | K(g/dia) | | | |
| | | | Lim. Inf. | Lim. Sup. | Lim. Inf. | Lim. Sup. | | |
| Macho | | | | | | | | |
| 5/8 | 6,55 | 0,0088 | 1,81 | 13,39 | 0,0053 | 0,012 | 0,99 | 1489 |
| 7/8 | 5,67 | 0,0096 | 2,12 | 10,84 | 0,0044 | 0,0132 | 0,95 | 2292 |
| Chitralada | 3,12 | 0,0108 | 0,55 | 7,53 | 0,0066 | 0,0137 | 0,99 | 1534 |
| Red-Stirling | 6,35 | 0,0071 | 3,21 | 10,75 | 0,0037 | 0,0088 | 0,98 | 1608 |
| Tricross | 4,86 | 0,0099 | 2,01 | 8,75 | 0,0068 | 0,0134 | 0,99 | 1484 |
| Fêmea | | | | | | | | |
| 5/8 | 4,93 | 0,0088 | 2,01 | 9,3 | 0,0058 | 0,011 | 0,99 | 1849 |
| 7/8 | 12,6 | 0,0052 | 6,48 | 18,61 | 0,0011 | 0,0094 | 0,92 | 2014 |
| Chitralada | 4,33 | 0,0085 | 0,085 | 8,15 | 0,0052 | 0,014 | 0,99 | 1168 |
| Red-Stirling | 6,43 | 0,0053 | 3,35 | 11,76 | 0,0021 | 0,0086 | 0,96 | 742 |
| Tricross | 3,92 | 0,0095 | 0,031 | 12,46 | 0,0038 | 0,013 | 0,98 | 891 |

Parâmetros estimados seguidos de letras minúsculas, diferentes em uma mesma coluna, não diferem pela sobreposição de intervalos de confiança, a 5% significância.

O modelo exponencial ajustou-se aos dados de todos os grupos genéticos atingindo um R^2 ajustado acima de 0,90 para todas as linhagens e menores valores de AIC (Tabela 3).

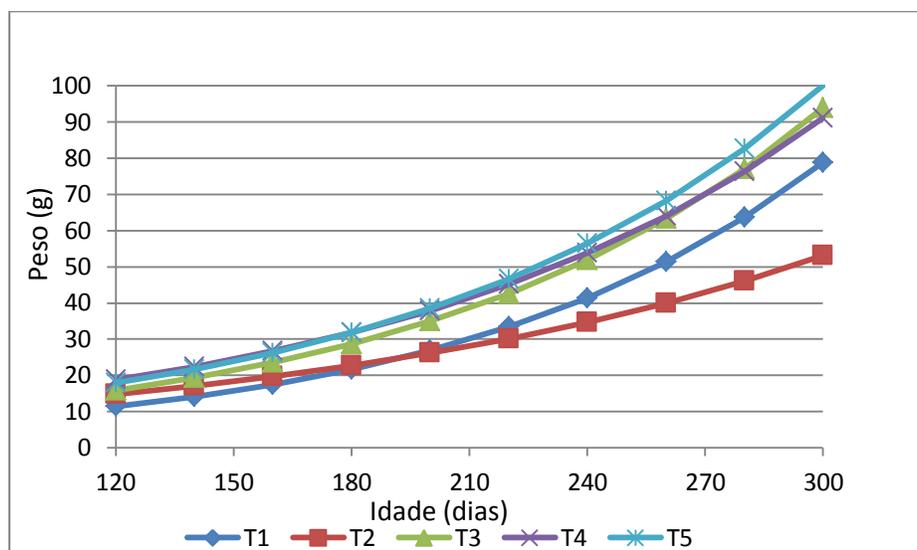


Figura 3 Peso (g), em função da idade (dias), para os machos do modelo exponencial de crescimento dos grupos genéticos Chitralada (T1), Red-Stirling (T2), Tricross (T3), 5/8 (T4) e 7/8 (T5)

De modo geral, os valores de K na classe das fêmeas foram menores, quando comparadas com valores dos machos; essa diferença nesse parâmetro influencia o padrão de crescimento entre ambos os sexos. Os valores dos parâmetros de $A(g)$ e $K(g/dia)$ não apresentaram diferenças significativas entre os grupos genéticos em ambos os sexos. No entanto, a variedade Chitralada, na classe dos machos, apresentou o maior valor para o parâmetro $K(g/dia)$ (0,0108), mas o menor valor de $A(g)$ (3,12). Na classe das fêmeas, o genótipo Tricross apresentou o maior valor para $K(g/dia)$ (0,0095) e o menor para $A(g)$ (3,92).

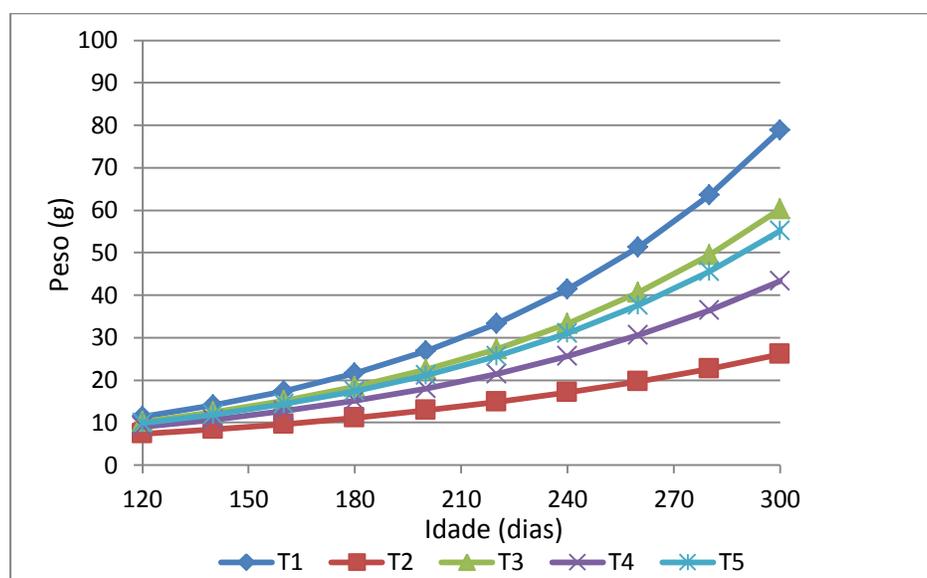


Figura 4 Peso (g), em função da idade (dias), para as fêmeas do modelo exponencial de crescimento dos grupos genéticos Chitralada (T1), Red-Stirling (T2), Tricross (T3), 5/8 (T4) e 7/8 (T5)

3.4 Dissimilaridade genética avaliada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2)

Na tabela 4 são apresentadas as medidas de dissimilaridade genética entre os pares de progênies, utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis. Os pares de genótipos mais dissimilares foram: Red-Stirling e 7/8 (167,08), Red-Stirling e 5/8 (104,85), Red-Stirling e Chitralada (63,63) e Red-Stirling e Tricross (78,38), com D^2 variando de 78,38 a 167,08.

Tabela 4 Medidas de dissimilaridade entre pares de cinco grupos genéticos de *O. niloticus*, em relação a sete variáveis morfométricas, com base na distância generalizada de Mahalanobis

| Grupo Genético | (7/8) | Chitralada | Red-Stirling | Tricross |
|----------------|-------|------------|--------------|----------|
| (5/8) | 17,36 | 5,83 | 104,85 | 3,30 |
| (7/8) | | 31,48 | 167,08 | 20,35 |
| Chitralada | | | 63,63 | 2,25 |
| Red-Stirling | | | | 78,38 |

Os pares de genótipos mais similares foram: Chitralada e Tricross (2,25), Tricross e 5/8 (3,30), Chitralada e 5/8 (5,83), 7/8 e 5/8 (17,36), 7/8 e Tricross (20,35) e 7/8 e Chitralada (31,48), com D^2 , variando de 5,38 a 6,50.

Os genótipos 7/8 e Red-Stirling mostraram-se como os mais dissimilares entre todos os demais pares estudados, com D^2 igual a 167,08 por ter apresentado a distância de magnitude mais elevada. Já os genótipos Chitralada e Tricross foram os mais similares, com D^2 igual a 2,25 em razão de ter exibido a menor distância média entre os pares de distâncias estimadas (Tabela 4).

A variedade Chitralada apresentou maior similaridade genética com os híbridos (5/8, 7/8 e Tricross) e maior dissimilaridade com a Red-Stirling.

3.5 Método de otimização de Tocher

Na tabela 5, encontra-se o agrupamento obtido pelo método de otimização de Tocher, considerando a distância generalizada de Mahalanobis. Observa-se a formação de dois grupos, sendo o primeiro deles composto pelos genótipos, 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada e o segundo pela Red-Stirling.

Tabela 5 Agrupamento, pelo método de Tocher, de 5 grupos genéticos de *O. niloticus*, com base na dissimilaridade expressa pela distância generalizada de Mahalanobis estimada com base em 7 variáveis morfométricas

| Grupo | Genótipo |
|-------|----------------------------------|
| 1 | 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada, |
| 2 | Red-Stirling |

3.6 Método UPGMA (“Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages”)

Os cinco grupos genéticos de animais puros e híbridos das variedades de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* analisados foram, também, organizados pelo método hierárquico UPGMA, cujo dendograma em forma de árvore encontra-se na figura 5.

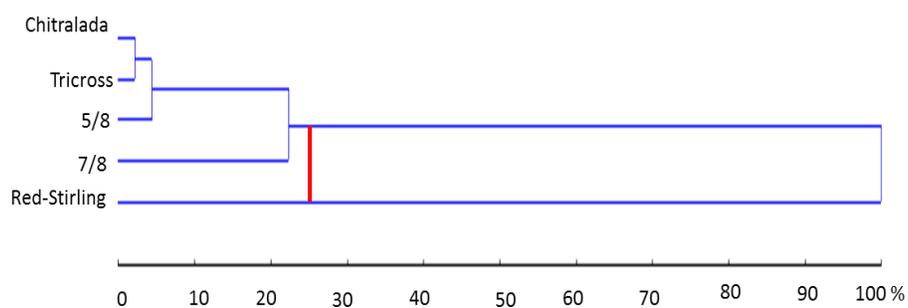


Figura 5 Dendrograma ilustrativo mostrando o agrupamento de cinco grupos genéticos de *O. niloticus* pelo método hierárquico UPGMA, obtido conforme distância generalizada de Mahalanobis, estimada com base em sete variáveis morfométricas

3.7 Importância relativa das características

A primeira análise de agrupamento foi realizada pela distância generalizada de Mahalanobis, utilizando todas as características e a sua contribuição relativa foi estimada. Com base no critério proposto por Singh (2001), as características que contribuíram para a divergência genética entre as progênes foram registrados na figura 4. De acordo com os resultados obtidos, as características que proporcionaram menores contribuições relativas foram o EL com 1,48%, CC com 2,47 %, LC/CC com 2,56 % e LC com 3,73 %, enquanto as maiores contribuições foram AC com 34,69 % e CP com 55,04 %.

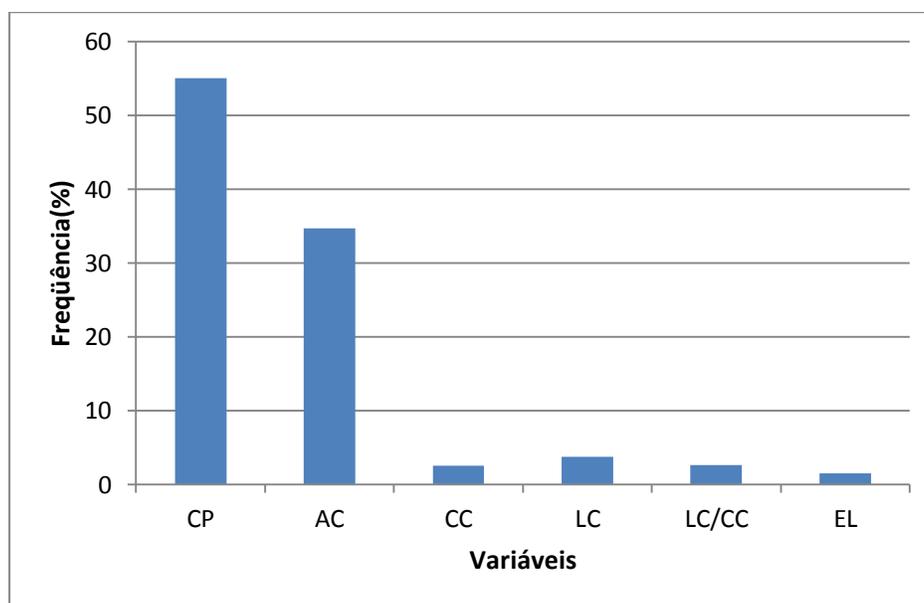


Figura 6 Frequência das contribuições relativas de sete características biométricas para a divergência de cinco grupos genéticos de *O. niloticus*, pelo método de Singh (2001)

4 DISCUSSÃO

4.1 Variáveis Morfométricas

Os grupos genéticos 5/8 e 7/8 apresentaram as maiores alturas do corpo para os dois sexos. De acordo com Gonçalves et al. (2001), a produção de carne, em tilápia do Nilo, está mais relacionada com a altura do corpo. Esses autores verificaram uma alta correlação entre a altura do corpo e o peso de filé e que o peso ideal de abate ocorre quando os peixes atingem maior altura corporal.

A razão largura do corpo e comprimento de cabeça (LC/CC), os híbridos (5/8, 7/8 e Tricross) apresentaram os maiores valores em ambos os sexos. Melo et al. (2013), trabalhando com tilápia, concluíram que a razão LC/CC apresentou alta correlação e efeito direto com o rendimento de filé. Resultados semelhantes foram encontrados por Reis Neto et al. (2012), em ensaios com peixes redondos. Observaram a variável LC como uma medida importante para a seleção de animais com maiores rendimentos de filé. Além disso, o tamanho da cabeça relaciona-se com os rendimentos de filé e de carcaça (PIRES et al., 2011) e animais com cabeça proporcionalmente maior tendem a apresentar menor volume de carne, o que permite menor aproveitamento do filé durante o processo de filetagem (SOUZA et al., 2005). Assim, o tamanho da cabeça pode ser considerado uma característica importante para a seleção de genótipos em programas de melhoramento que visam a melhorias no rendimento de filé de tilápia (TURRA et al., 2010).

De acordo com Contreras-Gusmán (1994), os peixes, em geral, apresentam a capacidade diferencial de acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo, durante o seu desenvolvimento, o que caracteriza o seu formato e influencia os rendimentos corporais. Esse mesmo autor afirma que as tilápias apresentam o formato do corpo fusiforme com compressão lateral

uniforme, possivelmente, porque esta compressão está reduzindo com o processo de seleção dos peixes. A influência do formato do corpo nos rendimentos corporais, também, foi observada por Freato et al. (2007), trabalhando com piracanjuba *Brycon orbignyanus*; relataram que peixes mais compridos e roliços apresentam maiores rendimentos de filé e carcaça.

Fatores ambientais como fluxo de água, alimentação e manejo, também, influenciam no formato do peixe (PAKKASMAA; PIIRONEN, 2000; SWAIN et al., 1991).

Os estudos das variáveis morfométricas e do formato do corpo dos animais são importantes, pois as informações biométricas podem ser utilizadas para identificar possíveis animais de alta produção em programas de melhoramento genético (OLIVEIRA et al., 2013).

4.2 Desempenho produtivo

Os resultados de desempenho, observados neste trabalho, concordam com os observados por Souza et al. (2000), os quais compararam a performance da tilápia do Nilo variedade Chitralada em relação à tilápia vermelha e encontraram maior ganho de peso para a Chitralada quando comparada à vermelha. Moreira et al. (2005), também, observaram comportamento semelhante quanto ao peso final, ao comparar variedade Chitralada com Red-Stirling.

Galo et al. (2008) compararam três variedades de tilápia cultivadas em tanques redes, no período do inverno no norte do Paraná e verificaram que a variedade Chitralada apresentou o melhor desempenho em termos de peso final e ganho em peso diário, quando comparada com as variedades GIFT e Supreme.

O baixo desempenho da variedade Red-Stirling, também, foi observado por Nguyen et al. (2009), ao desafiar com outras variedades como a Chitralada e tilápias vermelhas da Malásia, de Taiwan e da Tailândia.

Os resultados apresentados no presente trabalho (ganho de peso e ganho de peso diário) demonstram que, a priori, a genótipo 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada apresentaram uma melhor adaptação às condições de cultivo aqui apresentadas, indicando uma melhor performance e o sucesso do cruzamento.

A taxa de sobrevivência dos genótipos durante o experimento foi considerada boa, acima de 70%, como apresenta a tabela 2. Existe uma grande divergência de resultados de sobrevivência na literatura entre variedades de tilápia. Por exemplo, Galo et al. (2008) não verificaram diferenças significativas quanto a esses parâmetros em cultivos de diferentes variedades de tilápia em tanques redes. Por outro lado, Marengoni et al. (2008), comparando GIFT, Bouaké e Chitralada, na produção de juvenis em hapas (93 dias de cultivo) na região oeste do Paraná, encontraram diferenças significativas para sobrevivência entre as variedades.

Os resultados de ensaios de desempenho com tilápia do Nilo são influenciados por vários fatores como origem, do grau de consanguinidade em que se encontram os reprodutores, fatores ambientais (qualidade de água) e do manejo (qualidade e quantidade de ração), que podem levar a ter resultados diferentes nas diversas regiões onde é utilizada (TENÓRIO, 2011).

4.3 Curvas de Crescimento

O modelo exponencial, também, foi utilizado por Santos et al. (2008) avaliando o crescimento de tilápia até 160 dias de idade. Além disso, a descrição do padrão de incremento do peso, para todos os grupos genéticos avaliados, em ambos os sexos, indicou que, durante o período experimental de 180 dias, os

genótipos apresentaram crescimento semelhante. Esse comportamento pode ser explicado pela duração do período experimental e o efeito da baixa temperatura, durante o inverno, interferindo na relação peso e idade no desempenho inicial dos animais. Na literatura existem vários trabalhos que analisaram e modelaram a relação de peso e idade em peixe (COSTA et al., 2009; JORDAN et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2013; TAGIAROLLI et al., 2015). No entanto, nas pulações de animais, as variáveis extrínsecas ao indivíduo como, por exemplo, condições climáticas, influenciam claramente esta relação (SANTOS et al., 2007).

Na classe dos machos, a variedade Chitralada tende a apresentar maior precocidade no crescimento por apresentar numericamente o maior valor de “K”, apesar do baixo valor de “A”. Já a Red-Stirling apresentou, aparentemente, a característica tardia para o crescimento com o valor de “K”, em ambos os sexos. Esse comportamento foi observado em trabalhos que desafiaram a variedade Chitralada com tilápias vermelhas (MOREIRA et al., 2005; NGUYEN et al., 2009).

O conhecimento das curvas de crescimento animal tem sido ampliado no sentido de utilizá-lo em direção à melhoria da produção animal, com o propósito de associar fatores específicos para que o momento de abate de diferentes variedades seja indicado (SANTOS, 2007). Esse mesmo autor declara que, para o estudo de ajuste de funções de crescimento, é importante destacar que a forma das curvas pode apresentar variações entre e dentro da mesma espécie e entre o sexo dos animais. Em situações de cultivo de ciclo curto e menor peso de abate, para a produção de processados de tilápia, o crescimento de machos e fêmeas é semelhante (OLIVEIRA et al., 2013). Entretanto, o estudo comparativo do crescimento entre variedades de tilápias pode ser realizado quando elas são submetidas ao mesmo ambiente e condições de cultivo.

4.4 Dissimilaridade genética avaliada pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2)

A baixa dissimilaridade entre os genótipos 5/8 e 7/8 pode ser justificada em parte pela porcentagem de “grau de sangue” de Chitralada presente nos genótipos 7/8 (87,5%) e 5/8 (62,5%). O grupo genético 7/8 sofreu processos de cruzamento absorvente com a finalidade de aumentar a frequência gênica da variedade Chitralada de desempenho superior e manter o fenótipo de coloração vermelha da Red-Stirling. De acordo com Pereira (2012), o cruzamento absorvente é uma alternativa eficiente para a transferência de fenótipos de caracteres controlados por poucos genes.

Shikano e Taniguchi (2002), trabalhando com grupos genéticos de Guppy *Poecilia reticulata*, encontraram divergência genética dentro das variedades e na combinação das variedades. Os autores, também, relataram que o híbrido obtido do cruzamento das variedades aumentou de 18,7% a 10,0% na divergência genética.

A magnitude da distância (2,25) entre os genótipos Tricross (50% GIFT + 25% Red Stirling + 25% Chitralada) e Chitralada pode ser justificada por causa da origem da variedade GIFT. Essa variedade melhorada foi desenvolvida com base em cruzamentos de oito poluções de tilápia, que incluiu a Chitralada.

4.5 Método de otimização de Tocher

O número de grupos formados pelo método de Tocher demonstra a variabilidade entre os genótipos avaliados (IVOGLO et al., 2008). Carneiro et al. (2007), utilizando esse método de otimização, organizaram genótipos, provenientes de cruzamentos de ovinos da raça Dorper em grupos, de forma que existiu uma homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.

A formação de dois grupos, sendo o primeiro deles composto pelos genótipos 7/8, 5/8, Tricross e Chitralada e o segundo pela Red-Stirling, demonstra mais uma evidência do sucesso do cruzamento para a formação de uma tilápia vermelha de desempenho superior. Evidentemente que esse procedimento demanda mais estudos para que se determinem critérios norteadores, para o processo de cruzamento, bem como a análise do mérito genético de cada genitor em relação às características de importância econômica.

4.6 Método UPGMA (“Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages”)

Essa metodologia apresentou resultados similares aos observados pelo método de Tocher, principalmente, quando se estabelece o limite mínimo de 25% de dissimilaridade entre os genótipos. Verificou-se a formação de dois grupos distintos, assim como observado em relação ao agrupamento pelo método de Tocher. Em concordância com o método de Tocher, a técnica de agrupamento UPGMA identificou os genótipos 7/8 e Red-Stirling como os mais divergentes entre todos avaliados.

Segundo Vieira et al. (2005), o estabelecimento de grupos, sejam homogêneos (dentro) ou heterogêneos (entre) é o ponto de partida para sua avaliação mais minuciosa, a fim de realizar seu aproveitamento nos programas de melhoramento.

A coleta de dados quantitativos é uma prática econômica, comparada a dados e moleculares. Entretanto, cada um tem sua importância singular, sendo preferível que os grupos genéticos sejam amplamente estudados para que possam dar maior suporte aos programas de melhoramento.

4.7 Importância relativa das características

De acordo com Cruz e Carneiro (2003), as características desnecessárias em estudos de diversidade genética compreendem as que são relativamente não variantes entre os indivíduos estudados, apresentam instabilidade com a mudança das condições experimentais ou são redundantes, por estarem correlacionadas com outras características. Autores relatam a viabilidade da eliminação de variáveis pela utilização de análises multivariadas na experimentação animal e vegetal (ABREU et al., 2004; BEMVENUTI; RODRIGUES, 2002; DWIVEDI et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2004).

A importância na avaliação de um menor número de variáveis, que contribuem pouco para a discriminação dos materiais avaliados, possibilita a economia de tempo e mão de obra, além de reduzir os custos em análises futuras (IVOGLO et al., 2008).

As características CP e AC apresentaram os maiores valores de contribuição relativa para a divergência genética dos genótipos analisados. Kunita et al. (2013) observaram forte associação genética entre ganho de peso diário com altura e comprimento padrão e, conseqüentemente, maior resposta à seleção para tais características. Além disso, Rutten et al. (2004) encontraram altos valores de coeficientes de correlações do peso de filé com a altura e o comprimento do corpo em tilápia do Nilo. A produção de carne, em tilápia do Nilo, está mais relacionada com a altura do corpo (GONÇALVES et al., 2001). A utilização das variáveis morfométricas em programas de melhoramento pode ser interessante como critério de seleção indireta para melhorar as características de carcaça (REIS NETO et al., 2014).

5 CONCLUSÕES

- a) Os híbridos de coloração vermelha (5/8, 7/8 e Tricross), em ambos os sexos, apresentaram desempenho (ganho de peso e ganho de peso diário) superior à variedade Red-Stirling nas condições de cultivo apresentadas no trabalho;
- b) Os híbridos (5/8, 7/8 e Tricross) apresentaram semelhança e divergência fenotípica com as variedades Chitralada e Red-Stirling, respectivamente;
- c) As variáveis CP e AC podem ser consideradas um forte indicador para discriminação dos genótipos nas condições experimentais.

ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the growth performance networking of tilapia strains and crossbreds of *Oreochromis niloticus*. The work was carried out at the Brazilian industry Fish Ltda. Itupeva - SP. Five different genetic groups were evaluated: Chitralada 7/8 (3/4 Chitralada x Chitralada); Chitralada 5/8 (3/4 Chitralada x 1/2 Chitralada); Tricross (1/2 Chitralada x GIFT); Red-Stirling and Chitralada. Fish sampling was done to acquire the following morphometric variables: standard length (SL), head length (HL), body height (BH), body width (BW), Ellipticity (EL) and reason BW / HL. The following production parameters for each genetic group were estimated: daily weight gain (DWG), weight gain (WG), final body weight (FW), final biomass (FB) and Survival (SB). Applied to analysis of variance (ANOVA) and the Scott Knott test at 5% probability. In addition, data were submitted to multivariate analysis and cluster analysis by UPGMA method, adopting the Mahalanobis distance. There were significant differences ($P < 0.05$) for the biometric variables and performance between genetic groups in each gender class. The genotypes Chitralada 5/8, 7/8 and Tricross, for both sexes showed the best values of DWG, WG and FW to the culture environment. The most dissimilar genotypes were 7/8 and Red-Stirling, being isolated groups in all used methods. The Tocher method clustered the five genotypes into two groups, the first one comprised genotypes 7/8, 5/8, Tricross and Chitralada and the second one Red-Stirling. The SL and BH variables presented the highest contribution amounts relative to the phenotypic differences of the analyzed genotypes.

Key-words: Crossbreeding. Performance. Hybridization. Breeding program. Multivariate.

REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B. et al. Divergência genética entre acessos de feijão de vagem de hábito de crescimento indeterminado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 547-552, jul./set. 2004.
- ALMEIDA, D. B. et al. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture International**, London, v. 21, n. 6, p. 1291-1300, Dec. 2013.
- BEMVENUTI, M. A.; RODRIGUES, F. L. Análise comparativa entre técnicas morfométricas aplicadas a *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes) e *Odontesthes humensis* De Buen (Osteichthyes, Atherinopsidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 3, n. 19, p. 789-796, 2002.
- CARNEIRO, P. L. S. et al. Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 991-998, jul. 2007.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409 p.
- COSTA, A. C. et al. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através de modelos não lineares. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 1, p. 561-564, 2009.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora da UFV, 2003. 585 p.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620 p.
- DELBON, M. C.; RANZANI PAIVA, M. J. T. Eugenol em juvenis de tilápia do Nilo: concentrações e administrações sucessivas. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 43-52, 2012.
- DWIVEDI, A. K. et al. Retracted note: advances in morphometric differentiation: an evaluation of the identification of actions among fish populations. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, London, v. 23, n. 1, p. 23-39, Dec. 2013.

FREATO, T. A. et al. Análise de correlação e agrupamento entre medidas morfométricas e rendimentos no processamento da piracanjuba *Brycon orbignyanus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE PEIXES NATIVOS DE ÁGUA DOCE, 1., 2007, Dourados. **Anais...** Dourados: Editora da UFGD, 2007. 1 CD-ROM.

FREITAS, R. T. F. et al. **Espécies exóticas e nativas de importância para a piscicultura brasileira**. Lavras: Editora da UFLA, 2009. 65 p.

GALO, J. M. et al. Desempenho de três linhagens de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em tanques rede no período de inverno. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: Editora da UFLA, 2008.

GONÇALVES, T. M. et al. Avaliação de características de carcaças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 38.

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, 2001. p. 38.

HUSSAIN, M. G. Genetics of body color inheritance in Thai and Egyptian red tilapia strains. **Asia Fisheries Science**, Selangor, v. 7, n. 4, p. 215-224, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária municipal**: volume 42. Brasília: IBGE, 2014. 36 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/biblioteca/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_b.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2015.

IVOGLO, M. G. et al. Genetic divergence among robusta coffee progenies. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 823-831, Oct./Dec. 2008.

JORDAN, R. A. et al. Intensive fish farming system with water recirculation and temperature control by a double thermal effect heat pump. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 5, n. 1, p. 12-22, na./abr. 2014.

KOREN, A. et al. Evaluation of some red tilapia strains for aquaculture. **Israeli Journal of Aquaculture**, Bamidgheh, v. 46, n. 10, p. 9-12, Oct. 1994.

KUNITA, N. M. et al. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 62, n. 240, p. 555-566, Dec. 2013.

MARENGONI, N. G. et al. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2008.

MCANDREW, B. J. et al. The genetics and histology of red, blond and associated color variants in *Oreochromis niloticus*. **Genetica**, Austin, v. 76, n. 2, p. 127-137, Mar. 1988.

MELO, C. C. V. et al. Direct and indirect effects of measures and reasons morphometric on the body yield of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 357-363, Oct./Dec. 2013.

MERIGOT, B. et al. Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (*Pisces, Soleidae*) in the Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. **Marine Biology**, Berlin, v. 151, n. 3, p. 997-1008. May 2007.

MOREIRA, A. A. et al. Comparative growth performance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-56. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 36, n. 11, p. 1049-1055, Aug. 2005.

NGUYEN, N. H. et al. Heterosis, direct and maternal genetic effects on body traits in a complete diallel cross involving four strains of red tilapia *Oreochromis spp.* **Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics**, Red Hook, v. 18, p. 358-361, 2009.

OLIVEIRA, A. C. B. et al. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Padrões de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1891-1900, 2013.

PAKKASMAA, S.; PIIRONEN, J. Water velocity shapes juvenile salmonids. **Evolutionary Ecology**, London, v. 14, n. 8, p. 721-730, Nov. 2000.

PEREIRA, J. C. C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 6. ed. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2012. 758 p.

PIRES, A. V. et al. Predição do rendimento e do peso do filé da tilápia-do-Nilo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 315-319, 2011.

PONZONI, R. W. et al. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): present and future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 8., 2007, Cairo. **Proceedings...** Cairo: ISTA, 2007. v. 1, p. 33-52.

PONZONI, R. W. et al. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 247, n. 4, p. 203-210, June 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 out. 2015.

REIS NETO, R. V. et al. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 71, n. 4, p. 259-265, July/Aug. 2014.

REIS NETO, R. V. et al. Performance and carcass traits in the diallel crossing of pacu and tambaqui. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 12, p. 2390-2395, dez. 2012.

RESENDE, E. K. et al. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2010.

RUTTEN, M. J. M. et al. 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.

SANTOS, C. L. **Estudo do crescimento e da composição química dos cortes de carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia**. 2002. 257 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SANTOS, V. B. et al. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, set./out. 2007.

SANTOS, V. B. et al. Exponential growth model of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains considering heteroscedastic variance. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 274, n. 1, p. 96-100, 2008.

SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars: a review. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1659-1675, Jan. 2001.

SHIKANO, T.; TANIGUCHI, N. Using microsatellite and RAPD markers to estimate the amount of heterosis in various strain combinations in the guppy (*Poecilia reticulata*) as a fish model. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 204, n. 3-4, p. 271-281, Feb. 2002.

SOUZA, M. L. R. et al. Efeito do peso de tilápia do Nilo sobre o rendimento e a qualidade de 13 seus filés defumados com e sem pele. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 51-59, jan./mar. 2005.

SOUZA, V. L. et al. Comparison of productive performance of sex reversed male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Thai Strain) and tetra hybrid red tilapia (Israeli Strain). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento e Departamento de Pesca e Aqüicultura, 2000. v. 1, p. 83-87.

SWAIN, D. P. et al. Morphological differences between hatchery and wild populations of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*): environmental versus genetic origin. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Ottawa, v. 48, n. 9, p. 1783-1791, 1991.

TAGIAROLLI, L. S. R. et al. Avaliação do crescimento juvenil de *Macrobrachium brasiliense* (Heller, 1862) (Crustacea Decapoda, Palaemonidae) em laboratório. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., 2015, Dourados. **Anais...** Dourados: [s.n.], 2015.

TENÓRIO, I. V. Desempenho comparativo em tanques-rede de três linhagens da tilápia do Nilo—*Oreochromis niloticus*: comum, chitralada e mestiço. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 65-72, mar. 2011.

TURRA, E. M. et al. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, n. 1, p. 29-36, jan./mar. 2010.

VIEIRA, E. A. et al. Variabilidade genética para caracteres morfológicos entre acessos do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, 2005. 1 CD-ROM.

ZIMMERMANN, S. O bom desempenho das Chitraladas no Brasil. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 15-19, 2000.