

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RESPOSTAS A SELEÇÃO PARA CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO

Autora: Emilia de Paiva Porto
Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira

MARINGÁ
Estado do Paraná
maio – 2014

RESPOSTAS A SELEÇÃO PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO

Autora: Emilia de Paiva Porto
Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal

MARINGÁ
Estado do Paraná
maio – 2014

Porto, Emilia de Paiva

Z881rRespostasa seleção para características de desempenho em
tilápias do Nilo/ Emilia de Paiva Porto. –Maringá, 2014.
34f.

Orientador: Prof. Dr.Carlos Antonio Lopes de Oliveira.
Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual deMaringá,
Centro de Ciências Agrárias, 2014.

1. Correlação genética. 2. Herdabilidade. 3. Ganho
genético. 4. Tendência genética. I. Universidade Estadual de
Maringá. III. Título.




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

RESPOSTAS À SELEÇÃO PARA CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO

Autora: Emília de Paiva Porto
Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 08 de maio de 2014.




Prof. Dr. Lauro Daniel
Vargas Mendez




Profª Drª Eliane Gasparino



Profª Drª Sandra Maria Simonelli



Profª Drª Alexandra Inês
dos Santos



Prof. Dr. Carlos Antonio
Lopes de Oliveira
(Orientador)

O saber a gente aprende com os mestres e com os livros.
A sabedoria a gente aprende é com a vida e com os humildes.
Cora Carolina

Aos

Meus pais Cícero Gomes de Paiva e Maria Terezinha Orsi de Paiva, que me deram à vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade, e se hoje sou o que sou, é porque eles investiram e acreditaram em mim!!
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois foi a Ele quem sempre recorri nos momentos difíceis.

À Universidade Estadual de Maringá, pelo suporte para a realização deste trabalho e por todas as oportunidades que me foram proporcionadas por esta instituição;

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os professores que o compõem, pelos valiosos ensinamentos, em especial à Prof.^a Dr.^a Eliane Gasparino e ao Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro.

Ao meu eterno orientador, Prof. Dr. Elias Nunes Martins, pelo incentivo em ingressar ao doutorado, pelos grandes ensinamentos e pela amizade, e sua esposa Prof.^a Dr.^a Sueli Sato pela grande amizade durante todos esses anos.

Ao meu mais novo orientador Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira, pela dedicada orientação, ensinamentos e pela amizade durante todos esses anos.

Ao professor Eduardo Shiguero Sakaguti, que na minha graduação deu a oportunidade de iniciar os estudos em melhoramento genético.

Ao grupo de pesquisa PeixeGen, pela permissão de utilização de parte do seu banco de dados, em especial aos seus integrantes Sheila Nogueira de Oliveira, Natali M. Kunita e Grazyella Massako Yoshida.

Aos meus pais, Cícero e Tereza e irmãos, Thais, Nelson e Ricardo, por tudo que eles fizeram para que eu pudesse concluir mais essa etapa da minha vida.

Aos meus filhos, Leonardo e Gabrielle, que quando o desânimo batia eles que me faziam sorrir e ter forças para continuar.

Ao meu marido, Petrônio, que esteve sempre ao meu lado, ajudando e incentivando.

A minha grande e amada família, Paiva, Orsi, Porto, Pinheiro e agregados que sempre me apoiaram.

À minha grande amiga de graduação, mestrado e doutorado Ana Carolina Miller Conti, em todos esses anos nunca mediu esforços para me ajudar.

À minha Grande amiga, Priscilla Cristina Georg, que sempre esteve presente em minha vida.

Aos amigos que fiz no período do doutorado, que ajudaram e contribuíram em especial a Daniela Portela pelas as incansáveis ajudas no programa R.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho da Universidade Estadual do Norte do Paraná, pelo incentivo, em especial a Claudia Yurika Tamehiro, pela ajuda.

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a condução e realização deste trabalho, o meu muito obrigada.

BIOGRAFIA

EMILIA DE PAIVA PORTO, filha de Cícero Gomes de Paiva e Maria Terezinha Orsi de Paiva, nasceu em Campo Mourão no estado do Paraná em 1982.

Em março de 2005, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2005, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, realizando estudo na área de Melhoramento Genético Animal na Universidade Estadual de Maringá.

No dia 12 de dezembro de 2007, submeteu-se a defesa para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Iniciou os estudos em nível de doutorado no Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em março de 2011, área de concentração Produção Animal, realizando estudos em Melhoramento Genético Animal.

No dia 8 de maio de 2014, submeteu-se a defesa para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Desde 2009, é docente assistente na Universidade Estadual do Norte do Paraná, nas disciplinas de Genética e Melhoramento Animal e Bioestatística.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
I – INTRODUÇÃO.....	1
Piscicultura.....	1
Tilápias.....	3
Melhoramento de Tilápias.....	5
LITERATURA CITADA.....	10
II-Respostas a seleção para características de desempenho em tilápias do Nilo.....	13
Resumo.....	13
Abstract.....	14
Introdução.....	15
Materiais e Métodos.....	16
Resultados.....	21
Discussão.....	24
Conclusão.....	31
Referências.....	32

RESUMO

Com a realização deste trabalho, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e a estrutura de correlação de características de interesse econômico, relacionados com o desempenho (ganho em peso diário-GPD, peso à despesca - PESO), com rendimento de carcaça (comprimento do tronco – COME - obtido pela diferença do comprimento padrão e comprimento de cabeça) e com forma do corpo do animal (largura-LARG e altura - ALT). Além disso, pretendeu-se verificar o impacto da seleção praticada ao longo de três anos, sobre as características de desempenho, de carcaça e forma do corpo do animal. Bem como, estimar a resposta direta e indireta à seleção para cada uma das características. Para tanto, foram utilizadas informações de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sob seleção do programa de melhoramento genético de tilápias da Universidade Estadual de Maringá no estado do Paraná, cultivadas em sistema de tanques rede, nos anos de 2008 a 2010. O conjunto de dados utilizado nas análises foi cedido pelo Grupo PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá e continha informações de 6647 animais, cultivados em tanques rede, sendo preditos os valores genéticos de 8590 animais na matriz de parentesco, de cinco gerações. As duas primeiras gerações do programa foram produzidas somente com o objetivo de construir as famílias e a partir da terceira geração deu início ao processo de seleção para ganho em peso diário. Foram realizadas análises unicarácter e bicarácter para estimar os componentes de (co) variância a partir do Modelo Animal utilizando Inferência Bayesiana por meio do programa MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler in Animal Model). Os modelos utilizados incluíram os efeitos tanque rede, geração e sexo, ambientes comum de larvicultura (LARV) e ambiente comum de alevinagem (ALEV), além dos efeitos genéticos aditivos. Foram estimadas as herdabilidades, as

participações relativas ao ambiente comum de larvicultura e alevinagem, as correlações genéticas e fenotípicas, as correlações de postos de Spearman, o ganho genético direto para ganho em peso diário, e o ganho genético indireto para as demais características. Para descrever o comportamento dos valores genéticos nos diferentes anos, foram estimadas tendências genéticas dos valores genéticos em função dos anos de cultivo, por meio de equações de regressão linear. As estimativas de correlação genética e de postos foram de alta magnitude, apontaram existência de forte associação genética entre as características avaliadas. As estimativas de herdabilidade encontradas para GPD, peso, LARG, ALT e COME foram de 0,32; 0,32; 0,29; 0,27 e 0,29 respectivamente. Os ganhos genéticos obtidos a partir das tendências genéticas foram de: 6,36%; 6,30%; 1,62%; 1,65% e 1,51% respectivamente para GPD, peso, LARG, ALT e COME. O ganho genético direto para GPD foi de 7,9%, 5,18% e 9,43 para os anos de 2008, 2009 e 2010 respectivamente. A melhor resposta a seleção indireta foi verificada para peso, sendo os valores bem próximos a resposta direta de GPD, para as demais características a resposta indireta variou de 0,89% a 3,48%. A seleção para velocidade de crescimento promoveu ganho genético em outras características de interesse econômico, relacionadas com desempenho, rendimento de carcaça e a forma dos animais, Por causa da forte associação genética entre estas características e ganho em peso diário. O programa de avaliação genética de tilápias do Nilo tem apresentado ganhos genéticos expressivos no decorrer dos anos, promovendo a disponibilização de material geneticamente superior para o setor produtivo.

Palavras-chave: correlação genética, herdabilidade, ganho genético, tendência genética

ABSTRACT

This work presents to estimate the genetic parameters and the correlation structure of economic traits, related to the performance (daily weight gain, weight in harvesting), with carcass yield (trunk length - obtained by the difference of standard length and head length) and body shape of the animal (width and height). Furthermore, it is intended to investigate the impact of selection practiced over three years on the performance characteristics, carcass traits and body shape of the animal. As well as to estimate the direct and indirect response to selection for each characteristic. For that, it was used information of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under selection in the Nile tilapia genetic improvement program of the Maringá State University in the Paraná State, grown in net-tanks from 2008 to 2010. The dataset used in the analysis was provided by PeixeGen Group, of the Maringá State University, and contained information of 6647 animals, cultivated in net-tanks, being predicted genetic values of 8590 animals in relationship matrix, of five generations. The first two generations of the program have been produced solely for the purpose of building families and from the third generation the selection process for daily weight gain has started. A one-trait and two trait analyzes were performed to estimate (co) variance from the Animal Model using Bayesian inference by MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler in Animal Model) program. The used models included the net-tank effects, generation and gender, common hatchery environments and common nursery environment, in addition to additive genetic effects. Heritability, the relative shares of common hatchery and nursery environment, genetic and phenotypic correlations, the Spearman correlations, the direct genetic gain for daily weight gain, and the indirect genetic gain for all other

traits were estimated. To describe the behavior of genetic values in different years, genetic trends of breeding values on the basis of cultivation years were estimated by linear regression equations. Estimates of genetic correlation and posts were of high magnitude, indicating the existence of strong genetic association between the analyzed traits. The heritability estimates found for daily weight gain, weight, width, height and trunk length were 0.32; 0.32; 0.29; 0.27 and 0.29 respectively. Genetic gains obtained from genetic trends were: 6.36 %, 6.30 %, 1.62%, 1.65% and 1.51 % respectively for daily weight gain, weight, width, height and trunk length. The direct genetic gain for daily weight gain was 7.9 %, 5.18 % and 9.43 in 2008, 2009 and 2010 respectively. The best response to indirect selection was verified to be for weight, being the values very close to the daily weight gain direct response, to the other characteristics the indirect response ranged from 0.89 % to 3.48 %. The selection for growth rate promoted genetic gain in other traits of economic interest, related to performance, carcass yield and shape of animals, due to the strong genetic association between these characteristics and daily weight gain. The genetic evaluation program of Nile tilapia has shown significant genetic gain over the years, promoting the availability of genetically superior material for the production sector.

Keywords: Genetic correlation, heritability, genetic gain, genetic tendency

I-INTRODUÇÃO GERAL

Piscicultura

Nos últimos anos a demanda por alimentos proteicos vem crescendo muito, dentre estes alimentos se destaca o pescado. Em 2010, foi relatado o consumo médio de 18,6 kg/pessoa/ano, esse consumo se justifica pelo crescimento da população mundial, o aumento dos padrões de vida nos países em desenvolvimento e o maior conhecimento a respeito dos benefícios nutricionais do consumo de peixes para a saúde humana também tem contribuído com o avanço da aquicultura (FAO, 2012)

A piscicultura é o ramo mais importante da aquicultura, correspondendo a 49,5% da produção aquícola total (FAO, 2012). Segundo informações do Ministério de Pesca e Agricultura - MPA (2012), a produção mundial de pescado, atingiu aproximadamente 168 milhões de toneladas em 2010 e 146 milhões de toneladas em 2009. Destacando-se como o maior produtor em 2010, a China com aproximadamente 63,5 milhões de toneladas, representando 37,69% da produção mundial, seguida pela Indonésia com 11,6 milhões de toneladas, a Índia com 9,3 milhões de toneladas e o Japão com 5,3 milhões de toneladas. Neste mesmo ano, o Brasil contribuiu com 1.264.765 t, representando 0,76% da produção mundial de pescado, ocupando o 19º lugar entre os trinta maiores produtores mundiais de pescado.

A produção de pescado nacional para o ano de 2011 foi de 1.431.974,4 t. A pesca extrativa marinha continuou sendo a principal fonte de produção de pescado nacional, sendo responsável por 553.670,0 t (38,7% do total de pescado), seguida pela aquicultura continental (544.490,0 t; 38,0%), pesca extrativa continental (249.600,2 t; 17,4%) e aquicultura marinha (84.214,3 t; 6%). Em 2011, a região nordeste registrou a maior produção de pescado do país, com 454.216,9 t, respondendo por 31,7% da

produção nacional. Na sequência vieram às regiões sul, norte, sudeste e centro-oeste registraram 336.451,5 t (23,5%), 326.128,3 t (22,8%), 226.233,2 t (15,8%) e 88.944,5 t (6,2%), respectivamente (MPA, 2013).

Considerando somente a aquicultura, em 2011, a produção nacional foi de 628.704,3 t. Comparando a produção de 2011 com o montante produzido em 2009 (415.649,0 t), fica evidente o crescimento do setor no país, com o incremento de 51,2% na produção durante o triênio 2009-2011. Seguindo o padrão observado nos anos anteriores, a maior parcela da produção aquícola é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura continental representando 86,6% da produção total nacional (MPA, 2013).

A Região Sul foi a que assinalou a maior produção do país, com 153.674,5 t, respondendo por 28,2% da produção nacional nessa modalidade, sendo o Estado do Paraná o maior produtor de pescado continental do Brasil, com 73.831,1 t, seguido pelos estados, de Santa Catarina com 53.641,8 t e o Mato Grosso com 48.748,3 t (MPA, 2013).

Segundo o Ministério de Pesca e Aquicultura (2013), as espécies mais cultivadas foram a tilápia (253.824,1 t) e o tambaqui (111.084,1 t), as quais somadas representaram 67,0% produção nacional da aquicultura continental.

O Brasil possui a maior reserva de água doce do planeta, com mais de 8 mil km³, muito superior ao segundo colocado, a Rússia, com cerca de 4,5 mil km³. O país ainda tem o litoral com 7,4 mil km de extensão. Contudo, o aproveitamento desses recursos para a produção aquícola ainda está muito aquém de seu potencial. O clima é um trunfo adicional a favor do país, cujas condições para o cultivo da tilápia, uma das espécies de peixe mais consumidas no mundo, são excelentes (Sidonio et al., 2012).

Mesmo dispondo de condições favoráveis, de empresas globalmente competitivas no setor de carnes e de expressivo mercado consumidor, o Brasil não ocupa posição de destaque no mercado mundial de pescados. O setor ainda não está plenamente estruturado, os métodos utilizados tanto na captura quanto no cultivo, ainda são muito artesanais, havendo espaço para modernização e desenvolvimento tecnológico (Sidonio et al, 2012).

Segundo Resende (2009) os altos custos das rações, e o difícil acesso as tecnologias inovadoras, constituem obstáculos que colocam a piscicultura regional em situação de desvantagem em relação ao desenvolvimento da aquicultura mundial. Pesquisas devem ser desenvolvidas utilizando ingredientes alternativos para reduzir

custos de produção e aumentar a eficiência das rações de forma que sejam obtidas altas produtividades por área, minimizando o impacto ambiental.

Segundo o MPA (2012) e FAO (2012), o Brasil pode atingir até vinte milhões de toneladas anuais, atendendo não apenas o consumo interno, mas também a demanda externa crescente. Projeções da FAO (2012) apontam que, até 2030, a demanda por pescados no mundo deva crescer em 40 milhões de toneladas.

Tilápias

O cultivo de tilápias em cativeiro remonta à Idade Antiga. Há registros históricos de cultivo destes peixes em tanques para posterior consumo pelos egípcios dois mil anos antes de Cristo. No entanto, o crescimento da atividade se intensificou somente no século XX (Figueiredo Junior e Valente Junior, 2008).

A primeira introdução de tilápias do Nilo no Brasil ocorreu em 1971, através do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), foi implementado um programa oficial de produção de alevinos de tilápia para o povoamento dos reservatórios públicos da região Nordeste. Os Estados de São Paulo e Minas Gerais, através de suas companhias hidrelétricas, também produziram neste período significativa quantidade de alevinos para povoamento de seus reservatórios, venda e distribuição a produtores rurais. Esta tentativa de disseminação da espécie malogrou por causado nível rudimentar de conhecimento e a deficiente difusão de técnicas de manejo, mas foi na década de 1980 que a tilapicultura se findou como atividade empresarial, quando surgiram os primeiros empreendimentos, estes foram inicialmente limitados por vários tipos de restrições, como falta de pesquisas, conhecimento incipiente das técnicas de cultivo, inexistência de rações adequadas e baixa qualidade dos alevinos, entre outras (Figueiredo Junior e Valente Junior, 2008).

Pelo menos quatro variedades de tilápias do Nilo foram introduzidas no Brasil, a variedade Bouaké foi a primeira variedade da nilótica introduzida oficialmente no Brasil, em 1971 no estado do Ceará, proveniente de Bouaké- Costa do Marfim (Castagnolli, 1992), a variedade Chitralada procedente da Tailândia, foi trazida em 1996 para o Estado do Paraná (Zimmermann, 1999), Em 2002 foi introduzida a Supreme – linhagem GST (Geno Mar Supreme Tilápia) pela Piscicultura Aquabel, vinda da empresa Genomar, a qual desde 1999 vem desenvolvendo um programa de melhoramento genético nessa variedade e difundindo-a para diversos países (Cyrino et

al., 2004), e por fim, a variedade GIFT, trazida no ano de 2005 pela Universidade Estadual de Maringá, provenientes da Malásia (LupchinskiJr. et al. 2011).

A variedade GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) foi desenvolvida no final do século passado pelo ‘World Fish Center’ juntamente com órgãos governamentais e não governamentais. Essa nova variedade foi aperfeiçoada por meio do programa de melhoramento genético conduzido de 1988 a 1997 na Malásia, sendo distribuída para vários locais de cultivo no mundo, continuando assim o programa no local de destino. A base populacional da GIFT foi estabelecida por meio do cruzamento de oito linhagens diferentes, sendo quatro nativas da África e as demais da Ásia. O objetivo inicial do projeto foi formar um banco de germoplasma de tilápias da África e da Ásia para o estabelecimento de uma população base (Gupta e Acosta, 2004).

De acordo com Nogueira (2007) vários fatores justificam a preferência pela tilápia na piscicultura brasileira:

- Fácil adaptação às diversas condições de cultivo nas diferentes regiões do País;
- Aceitação de uma ampla variedade de alimentos;
- Ciclo de engorda dura cerca de seis meses;
- São resistentes às doenças, superpovoamentos e baixos teores de oxigênio dissolvido;
- Desovam durante todo o ano nas regiões mais quentes do país.
- Possui carne saborosa, baixo teor de gordura (0,9 g/100 g de carne) e de calorias (172 kcal/100g de carne);
- Ausência de espinhas em forma de “Y”
- O rendimento de filé é de aproximadamente 37%, em exemplares com peso médio de 600 g;

A maioria das espécies de tilápias reúnem grande parte das características desejáveis em peixes destinados a produção comercial, ou seja, apresentam boa adaptabilidade às condições ambientais variáveis, apresenta boa conversão alimentar e ganho em peso e alta rusticidade (Moreira et al., 2001). Entre as espécies de excelente cultivo, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), que apresenta carne branca de textura firme, sabor delicado e fácil filetagem, não possui espinhas em ‘y’ nem odor desagradável (Silva et al., 2009).

As diversas espécies de tilápias que pertencem ao gênero *Oreochromis Tilápia* correspondem atualmente ao grupo de peixes que mais cresce no mundo, são criadas em mais de cem países e esse aumento se deve, além do apreciado sabor de sua carne, às diversas características zootécnicas (Massago et al., 2010).

Em função da popularidade diante dos consumidores a tilápia é considerada o segundo peixe mais cultivado no mundo, depois da carpa (Eknath et al., 2007).

Melhoramento de tilápias

Um aspecto chave para maximizar a produtividade em peixes, deve ser a utilização de indivíduos geneticamente superiores que apresentem desempenho elevado em condições ambientais específicas. Considera-se como desempenho elevado, a superioridade no que se refere à produtividade e sobrevivência por unidade de área em relação a indivíduos outrora utilizados naquelas condições (Resende et al. 2010).

Segundo Ponzoni (2006), a implementação de um programa de melhoramento demanda a realização das seguintes atividades: descrição ou desenvolvimento do sistema de produção; escolha das espécies, linhagens e sistemas de acasalamento; formulação do objetivo de seleção; desenvolvimento de critérios de seleção; delineamento do sistema da avaliação genética; seleção de animais e do sistema de acasalamento; determinação da forma do sistema utilizado para expansão e disseminação da população melhorada; monitoramento e comparação de programas alternativos.

Segundo Hilsdorf e Orfão (2011) para a escolha de uma espécie de peixe para piscicultura e, conseqüentemente para um programa de melhoramento genético, alguns critérios devem ser inicialmente propostos:

- A espécie possui potencial natural de crescimento?
- Há informações sobre reprodução e larvicultura da espécie?
- Há conhecimento sobre a distribuição da variabilidade genética da espécie na natureza?
- Há variabilidade genética suficiente para se compor um plantel inicial sobre o qual se processará a seleção?
- A espécie apresenta rendimento de filé, sem a presença de espinhos em forma de “Y” (mioceptos), ou é adequada para outra forma de processamento?

- A espécie possui aceitação no mercado para competir com outras espécies já estabelecidas comercialmente?
- A produção da espécie é economicamente vantajosa?

A implantação de um programa de melhoramento deve ter como base a formação de um plantel de reprodutores que apresentem o máximo de variabilidade genética que se possa manter em cativeiro. Esta variabilidade é o ponto de partida para mensurar as diferenças genéticas entre populações e iniciar um programa de seleção (Hilsdorf e Orfão, 2011).

Para a implementação de um programa de melhoramento de tilápias tem que considerar que estes peixes serão cultivados em sistemas de produção intensivos em tanques rede ou em tanques escavados e em diferentes regiões do país, podendo gerar a necessidade de genótipos específicos para cada região/sistema de produção (Charo-Kalisa et al., 2006).

Também é importante considerar os parâmetros genéticos que são essenciais para execução de qualquer programa de seleção, por exemplo, para proceder a estimativa de valor genético ou para estudo de diferentes estratégias de melhoramento, é indispensável a existência de valores confiáveis para herdabilidade, da mesma forma, para construir índices de seleção ou prever respostas correlacionadas, o valor estimado das correlações genéticas, fenotípicas e ambientais são de importância fundamental (Gama, 2002).

A seleção dos animais, que serão os pais das próximas gerações, depende dos critérios de seleção. Os critérios de seleção são características de fácil mensuração, que apresentem resposta à seleção e que estão relacionados com os objetivos de seleção. Os objetivos de seleção estão relacionados com características de produção que têm ou terão importância comercial, apontam para “onde se deseja chegar” com a seleção genética, que produtos se desejam obter, qual a caracterização dos animais que serão produzidos, conforme as exigências estabelecidas pelo mercado consumidor (Ribeiro e Legat, 2008).

Em geral, o peso corporal é utilizado como critério e objetivo de seleção nos programas de melhoramento genético de tilápias. As características de crescimento são as de maior relevância econômica em programas de melhoramento de tilápias e a taxa de crescimento é o principal objetivo de seleção nos poucos programas de melhoramento de peixe existentes (Blanck et al., 2009, Turra et al., 2010).

A forma do corpo tem grande importância no processamento do pescado pela indústria, esta influência nas operações de decapitação, evisceração e, principalmente no rendimento da carne quando processada na forma de corpo limpo, postas ou filés (Contreras-Guzmán, 1994 citado por Freato et al., 2005). No mercado europeu os produtores recebem pelo peso do filé, sendo assim, características relacionadas ao rendimento de filé são importantes (Rutten, Komen e Bovenhuis, 2005).

As medidas morfométricas tem sido o objetivo de diversas pesquisas (Rutten, Bovenhui e Komen, 2004; Rutten, Bovenhuis e Komen, 2005; Leonhardt et al., 2006; Silva et al., 2009) pois, assim como o peso corporal, podem fornecer parâmetros passíveis de serem explorados em programas de melhoramento genético.

Para Eknath et al. (1991), os objetivos de seleção não podem atender somente a produtores de peixes (engordadores). Todos os outros segmentos, como produtores de alevinos e indústria de processamento, devem ser analisados, uma vez que a eficiência econômica de todos os segmentos permite uma cadeia produtiva viável. Logo, desempenho reprodutivo (incubatório) e rendimento de filé (processamento), entre outras características, devem ser analisados como possíveis objetivos do programa de melhoramento genético.

Apenas alevinos de qualidade podem produzir espécies adultas adequadas à comercialização. A atividade requer tecnologia na melhoria das espécies, na geração e seleção de animais sadios e na otimização da taxa de sobrevivência no transporte. Podem ser adquiridos ou, alternativamente, produzidos pela própria empresa aquícola. Na maior parte dos casos, são comprados de terceiros. Apesar da pouca importância dispensada pelo setor e dos baixos custos de compra de alevinos, a genética (produção de alevinos) é o elo de maior relevância da cadeia aquícola. Sem alevinos de boa qualidade, toda a cadeia fica comprometida: as taxas de conversão caem, não há padronização, a qualidade da carne é inferior e os custos de produção sobem. Algumas empresas, cientes dessa importância têm investido na verticalização de suas atividades também nessa fase, realizando estudos e pesquisas e passando a produzir alevinos. (Sidonio et al., 2012)

A falta de padronização dos peixes é uma dificuldade no setor, pois chegam aos frigoríficos animais do mesmo lote, mas com grande discrepância de peso e tamanho. Animais com peso inferior à média demandada pela indústria são descartados por não terem valor de mercado (Sidonio et al., 2012).

Outro problema enfrentado segundo Resende et al. (2010), em peixes, em função do grande número de alevinos gerados pelos reprodutores, a seleção de indivíduos aparentados tem maior probabilidade de ocorrência. O acasalamento de parentes (endogamia ou consanguinidade) aumenta a ocorrência de indivíduos homozigotos nos quais os alelos são originários do mesmo ancestral comum, aumentando as chances de aparecimento de genes deletérios em homozigose.

Até recentemente, ainda não havia no Brasil nenhum programa de melhoramento genético de peixes estruturado, que utilizasse métodos quantitativos consolidados, com controle individual de pedigree (Santos, 2009). A inexistência deste tipo de ação caracteriza um sistema de produção de peixes, baseado no uso de espécies e linhagens não melhoradas, ou melhoradas por seleção massal (por meio do fenótipo) e sem discriminação de acasalamentos endogâmico que pode levar ao uso de animais com potencial produtivo menor ou igual aos animais disponíveis no ambiente natural (Ponzoni, 2006).

Segundo Lupchinski Jr. et al. (2008) a Estação Experimental da Universidade Estadual de Maringá (UEM-Codapar) recebeu, no ano de 2005, tilápias representantes de 30 famílias da variedade GIFT, a partir de um projeto elaborado em conjunto com o World Fish Center e com o apoio da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (atual Ministério da Pesca e Aquicultura). A partir de então iniciou o primeiro programa de melhoramento genético, baseado na informação individualizada e no uso de avaliação genética com base em metodologias estatísticas em tilápias do Nilo em condições brasileiras. Neste programa o foco de seleção é a taxa de crescimento, medida a partir do ganho em peso médio diário. Porém, outras características, como medidas corporais e mortalidade à idade comercial, têm sido coletadas para incrementar o número de informações por animal (Resende et al., 2010).

O programa de melhoramento iniciado em Maringá-PR tem apresentado resultados de ganhos genéticos bem significativos. Em estudos com informações da primeira geração de seleção, Santos et al. (2011) estimaram o ganho genético para peso a despesca para machos e fêmeas foi de 15,0% e 13,8% respectivamente, selecionando os melhores indivíduos dentro das melhores famílias, quando selecionaram os melhores indivíduos de cada família os ganhos genéticos estimados foram de 7,4% e 3,9% para machos e fêmeas respectivamente. Trabalhando com as gerações dos anos de 2008 e 2009, Oliveira (2011) estimou o ganho genético direto para ganho em peso diário, de 2,6% e 8,1% para os anos de 2008 e 2009 respectivamente. Kunita et al. (2013) e

Yoshida et al. (2013) trabalhando com a geração de 2009, encontraram valores de ganhos genéticos direto e indireto para ganho em peso diário, peso, largura e altura em torno de 2%.

As demandas específicas de mercado e as diferentes condições de produção poderão conduzir ao desenvolvimento de linhagens melhoradas de tilápias, em que a velocidade de ganho em peso esteja associada com características de rendimento de cortes e qualidade de carne, com características relacionadas à mortalidade, resistência a doenças e tolerância a condições adversas de cultivo, bem como aos aspectos reprodutivos, como maturidade sexual. Estas ações poderão conduzir ao surgimento de diversos programas de melhoramento genético de tilápias espalhados pelo Brasil, produzindo genótipos superiores para cada condição. Para tanto, será necessária a criação de estruturas eficientes de produção, coleta e tratamento estatístico dos dados, demandando investimento em recursos humanos, em equipamentos e instalações (Resende et al., 2010).

Por fim, estes últimos autores ressaltaram que os programas de escolha de animais destinados à reprodução devem considerar o impacto de estratégias de seleção sobre a resposta à seleção no longo prazo, de maneira que se procure priorizar o acasalamento de indivíduos geneticamente superiores, conduzindo a ganhos genéticos elevados, com manutenção da variabilidade genética e níveis de endogamia baixos.

LITERATURA CITADA

- Blanck, D.V., Gasparino, E., Ribeiro, R.P., Marques, D.S., 2009. Polimorfismo no gene GH1-PstI associado a características corporais de linhagens de tilápia-do-nilo. *Pesq. agropec. bras.* 44 (6), 599-604.
- Castagnolli, N., 1992. *Piscicultura de Água Doce*. FUNEP, Jaboticabal. Brasil.
- Charo-Kalisa, H., Komen, H., Resk, M. A., Ponzoni, R.W., Arendonk, J.A., Bovenhuis, H., 2006. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture* 261, 479-486.
- Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M., Castagnolli, N., 2004. *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*. TecArt, São Paulo.
- Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Tayamen, M.M., Abella, T.A., Circa, A.V., Gjedrem T., Pullin, R.S.V., 1991. Approaches to national fish breeding programs: pointers from a tilapia pilot study. *NAGA: the ICLARM Q.* 14(2), 10-12.
- Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Ponzoni, R.W., Rye, M., Nguyen, N.H., Thodesen, J., Gjerde, B., 2007. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. *Aquaculture*. 273, 1-14.
- FAO 2012. Food and Agriculture Organization. The state of world fisheries and aquaculture 2012. Rome. Available at: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf> . Accessed on: jan. 27, 2012. ISBN 978-92-5-107225-7
- Figueiredo Junior, C.A., Valente Junior, A.S., 2008. Cultivo de tilápias no Brasil. origens e cenário atual. Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. 2008, Rio Branco, AC. Anais...SOBER, Rio Branco.
- Freato, T.A., Freitas, R.T.F., Santos, V.B., Logato, P.V.R., Viveiros, A.T.M., 2005. Efeito do peso de abate nos rendimentos do processamento de piracanjuba (*Bryconorbignyanus*, VALENCIENNES, 1849). *Ciênc. Agrotec.* 29 (3), 676-682.
- Gama, L.T., 2002. *Melhoramento Genético Animal*. Escola, Lisboa.
- Gupta, M.V., Acosta, B.O., 2004. From drawing board to dining table: the success story of the GIFT project. *Naga*. 27(3-4), 4-14.
- Hilsdorf, A.W.S., Orfão, L.H., 2011. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 317-324.
- Kunita, N.M., Oliveira, C.A.L., Oliveira, S.N., Yoshida, G.M., Rizzato, G.S., Resende, E.K., Ribeiro, R.P., 2013. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas Arch. *Zootec.* 62 (in press).

- Leonhardt, J.H., Caetano Filho, M., Frossard, H., Moreno, A.M., 2006. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da variedade tailandesa, local e do cruzamento de ambas. *Semina Ciênc. Agrar.* 27(1),125-132
- Lupchinski Jr, E., Vargas, L., Povh, J.A., Ribeiro, R.P., Mangolin, C.A., Barrero, N.M.L. 2008. Avaliação da variabilidade das gerações G0 e F1 da variedade GIFT de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) por RAPD. *Acta Sci Anim Sci.* 30, 233–240.
- Lupchinski Jr., E; Vargas L., Barrero, N.M.L., Ribeiro, R.P., Povh, J.A., Gasparino, E.; Gomes, P.C., Braccini, G.L., 2011. Caracterización genética de tres líneas de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Arch Zootec.* 60, 985–995.
- Massago, H., Castagnoli, N., Malheiros, E.B., Kiberstein, T.C.R.D., Santos, M.A., Ribeiro, R.P., 2010. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. *Revista Acadêmica. Ciências Agrárias e Ambientais.* 8(4), 397-403.
- MPA., 2013. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e aquicultura-Brasil2011. Available at: http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf. Accessed on: march. 12, 2014.
- MPA., 2012. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura- Brasil 2010. Available at: <http://www.mpa.gov.br/index.php/topicos/300-boletim-estatistico-da-pesca-e-aquicultura-2010>. Accessed on: march. 12, 2013.
- Moreira, H.L.M., Vargas, L., Ribeiro, R.P., Zimmermann, S., 2001. Fundamentos da Moderna Aquicultura. ULBRA, Canoas.
- NOGUEIRA, A.C., 2008. Criação de Tilápias em Tanques-Rede. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 11 de fev. de 2008.
- Ponzoni, R.W., 2006. Genetic improvement effective dissemination: Keys to prosperous and sustainable aquaculture industries. In: Ponzoni, R.W., Acosta, B.O., Ponniah, A.G. Development of Aquatic Animal Genetic Improvement and Dissemination Programs. WorldfishCenter, Malaysia.
- Oliveira, S.N., 2011. Parâmetros genéticos para características de desempenho e morfológicas em tilápias do Nilo (*oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Universidade Estadual de Maringá, Maringá - Pr.
- Resende, E.K., 2009. Pesquisa em rede em aquicultura: bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil. *Aquabrazil. Rev. Bras. Zootec.* 38, 52-57.
- Resende, E.K., Oliveira, C.A.L., Legat, A.P., Ribeiro, R.P., 2010. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas In: VIII Simpósio de Melhoramento Animal, 2010, Maringá – PR. Melhoramento animal no Brasil: Uma Visão Crítica. Maringá – 2010. CD ROM

Ribeiro, R. P., Legat, A.P., 2008. Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil. In: Documentos / Embrapa Meio-Norte, ISSN0104-866X; 184.

Rutten, M.J.M., Bovenhui, H., Komen, H., 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture. 231, 113–122.

Rutten, M.J.M., Komen, H., Bovenhuis, H., 2005. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*L.) body weight using a random regression model. Aquaculture. 246, 101–113.

Rutten, M.J.M., Bovenhuis, H., Komen, H., 2005. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture 246, 125–132.

Santos, A. I., 2009. Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em Tilápias (*Oreochromis niloticus*). 85f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Universidade Estadual de Maringá, Maringá - Pr.

Santos, A.I., Ribeiro, R.P., Vargas, L., Mora, F.; Filho, L.A, Fornari, D.C., Oliveira, S. N., 2011. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. Pesqui. Agropec. Bras. 46 (1), p.33-43.

Sidonio, I., Magalhães, G., Lima, J., Burns, V., Alves Jr., A.J., Munglioli, R., 2012. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. BNDES Setorial. 35, 421 – 463.

Silva, F.V., Almeida, N.L.S., Vieira, J.S., Tessitore, A.J.A., Oliveira, L.L.S., Saraiva, E.P., 2009. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. R. Bras.Zootec. 38 (8), 1407-1412.

Turra, E.M., Oliveira, D.A.A., Teixeira, S.A., Prado, S.A., Melo, D.C., Souza, A.B. 2010. Uso de características morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras.Reprod. Anim. 34(1), 29-36.

Yoshida G.M, Oliveira C.A.L., Kunita N.M, Oliveira S.N., Alexandre Filho L., Resende E.K., Lopera-Barrero N.M., Ribeiro R.P., 2013. Resposta à seleção de características de desempenho e morfométricas de tilápia-do-nilo ao longo do período de cultivo. Arq. Bras.Med. Vet. Zootec. 65 (6), 1815-1822.

Zimmermann, S. 1999. Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias do Nilo geneticamente superiores. Panorama da Aquicultura. 9, 15-21.

II-Respostas a Seleção para Características de Desempenho em Tilápias do Nilo

Resumo: Objetivou-se estimar parâmetros genéticos para as características de ganho em peso diário (GPD), peso, largura (LARG) e altura (ALT) ao final do período de cultivo e comprimento do tronco (COME). Além disso, pretendeu-se verificar o impacto da seleção praticada ao longo de três anos, sobre as características citadas. Bem como, estimar a resposta direta e indireta à seleção para cada uma das características. Para tanto, foram utilizadas informações de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), sob seleção no programa de melhoramento genético de tilápias da Universidade Estadual de Maringá no estado do Paraná, cultivadas em sistema de tanques rede, nos anos de 2008 a 2010. O conjunto de dados utilizado nas análises foi cedido pelo grupo de pesquisa PeixeGen. Foram realizadas análises unicarácter e bicarácter para estimar os componentes de (co)variância a partir do Modelo Animal utilizando Inferência Bayesiana por meio do programa MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler *in Animal Model*). As estimativas de herdabilidade encontradas para GPD, peso, LARG, ALT e COME ficaram em torno de 30,0%. Os ganhos genéticos obtidos a partir das tendências genéticas foram de: 6,36%; 6,30%; 1,62%; 1,65% e 1,51%, respectivamente para GPD, PESO, LARG, ALT e COME. As estimativas de correlações genéticas e de postos foram de alta magnitude, apontando existência de forte associação genética entre as características GPD, peso, LARG, ALT e COME. O ganho genético direto para GPD foi de 7,9%, 5,18% e 9,43% para os anos de 2008, 2009 e 2010 respectivamente. A melhor resposta a seleção indireta foi verificada para peso, sendo os valores bem próximos a resposta direta de GPD, para as demais características a resposta indireta variou de 0,89% a 3,48%. A seleção para velocidade de crescimento promoveu ganho genético em outras características de interesse econômico, por causa da forte associação genética entre estas características e ganho em peso diário. O programa de avaliação genética de tilápias do Nilo tem apresentado ganhos genéticos expressivos no decorrer dos anos, promovendo a disponibilização de material geneticamente superior para o setor produtivo.

Palavra-Chave: correlação genética, herdabilidade, ganho genético, tendência genética.

II - Responses to selection for performance characteristics in Nile Tilapia

Abstract: This work presents estimates the genetic parameters and the correlation structure for traits of daily weight gain, weight, width and height at the end of the harvesting period and trunk length. Furthermore, it is intended to investigate the impact of selection practiced over three years on the characteristics mentioned. As well as to estimate the direct and indirect response to selection for each characteristic. For that, it was used information of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under selection in the Nile tilapia genetic improvement program of the Maringá State University in the Paraná State, grown in net-tanks from 2008 to 2010. The dataset used in the analysis was provided by PeixeGen Group. A one-trait and two trait analyzes were performed to estimate (co) variance from the Animal Model using Bayesian inference by MTGSAM (Multiple Trait using Gibbs Sampler in Animal Model) program. The estimates of heritability found for daily weight gain, weight, width, height and trunk length were around 30%. The genetic gain obtained from the genetic tendencies were: 6.36%; 6.30%; 1.62%; 1.65% and 1,51%, respectively for daily weight gain, weight, width, height and trunk length. The estimates of genetic correlation and posts had high magnitude, and indicated the existence of strong genetic association between the daily weight gain, weight, width, height and trunk length characteristics. The direct genetic gain for daily weight gain was 7.9 %, 5.18 % and 9.43 in 2008, 2009 and 2010 respectively. The best response to indirect selection was verified for weight, being the values very close to the daily weight gain direct response, to the other characteristics the indirect response ranged from 0.89 % to 3.48 %. The selection for growth rate promoted genetic gain in other economic traits interest, related to performance, due to the strong genetic association between these characteristics and daily weight gain. The genetic evaluation program of Nile tilapia has shown significant genetic gain over the years, promoting the availability of genetically superior material for the production sector.

Keywords: Genetic correlation, heritability, genetic gain, genetic tendency

Introdução

Nos últimos anos a demanda por alimentos proteicos vem crescendo muito, dentre estes alimentos se destaca o pescado. Em 2010, foi relatado o consumo médio de 18,6 kg/pessoa/ano, esse consumo se justifica pelo crescimento da população mundial, o aumento dos padrões de vida nos países em desenvolvimento e o maior conhecimento a respeito dos benefícios nutricionais do consumo de peixes para a saúde humana também tem contribuído com o avanço da aquicultura (FAO, 2012).

Um alimento proteico bem aceito pela população é a tilápia do nilo, que possui carne saborosa, baixo teor de gordura e de calorias.

A variedade Gift de tilápia do nilo é renomada pelo alto desempenho produtivo e rusticidade (Khaw et al., 2012).

No melhoramento genético de tilápias do Nilo, é interessante animais que apresentem rápido crescimento (Rutten et al., 2005) e a identificação daqueles com valor genético superior para características de importância econômica é crucial para alcançar ganhos genéticos em programas de seleção.

Segundo Nguyen e Ponzoni (2006), normalmente o ganho genético é calculado pela diferença da média fenotípica entre a linha de seleção e a linha controle, no entanto, os programas de melhoramento na aquicultura são muitas vezes conduzidos dentro de um número muito limitado de tanques ou lagos, sendo assim, a estimativa de tendência genética é uma alternativa de grande valor prático, especialmente em programas de avaliação genética em grande escala.

A tendência genética é uma medida que permite avaliar a mudança ocasionada por um processo de seleção, tornando possível a quantificação da porção genética responsável pelas mudanças acumuladas ao longo dos anos (Euclides Filho et al., 1997).

A seleção dos animais, que serão os pais das próximas gerações, depende dos critérios de seleção. Os critérios de seleção são características de fácil mensuração, que apresentem resposta à seleção e que estão relacionados com os objetivos de seleção.

As características de crescimento são as de maior relevância econômica em programas de melhoramento de tilápias e a taxa de crescimento é o principal objetivo de seleção nos poucos programas de melhoramento de peixe existentes (Blanck et al., 2009, Turra et al., 2010)

O conhecimento da estrutura de associação entre diferentes características medidas ao longo do tempo pode fornecer informações importantes quanto a definição

de critérios de seleção em programas de melhoramento genético de peixes (Yoshida et al. 2013b).

Com a realização deste trabalho se objetivou estimar em tilápias do Nilo parâmetros genéticos para as características de ganho em peso diário, peso, largura e altura ao final do período de cultivo e comprimento do tronco. Além disso, verificar o impacto da seleção praticada ao longo de três anos e estimar a resposta direta a seleção para ganho em peso diário e a resposta indireta à seleção para as características de peso, altura, largura e comprimento do tronco, quando a seleção é praticada para ganho em peso diário.

Materiais e Métodos

Conjunto de dados

O conjunto de dados utilizado nas análises foi cedido pelo Grupo PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá e continha informações de 6647 animais, cultivados em tanques rede, localizados no reservatório da usina hidrelétrica de Rosana (baixo Paranapanema). Este local é situado na Região dos municípios de Diamante do Norte - Paraná e Porto Primavera – São Paulo, Brasil (coordenadas 22°36' S e 52°50' W). Foram preditos os valores genéticos de 8590 animais na matriz de parentesco, de cinco gerações. As duas primeiras gerações do programa foram produzidas somente com o objetivo de construir as famílias, e a partir da terceira geração se deu início ao processo de seleção, e, no ano de 2008, o critério de seleção adotado foi o peso a despesca, e a partir 2009, o critério de seleção passou a ser o ganho em peso diário.

Foram utilizadas as informações das seguintes características: peso a despesca (PESO), largura (LARG), altura (ALT) no final do período de cultivo, ganho em peso diário no período total (GPD), medido pela razão do peso final pela idade do animal ao final do período de cultivo e calculado o comprimento do tronco (COME - obtido pela diferença do comprimento padrão e comprimento de cabeça). Na Figura 1, estão indicadas parte das características utilizadas.

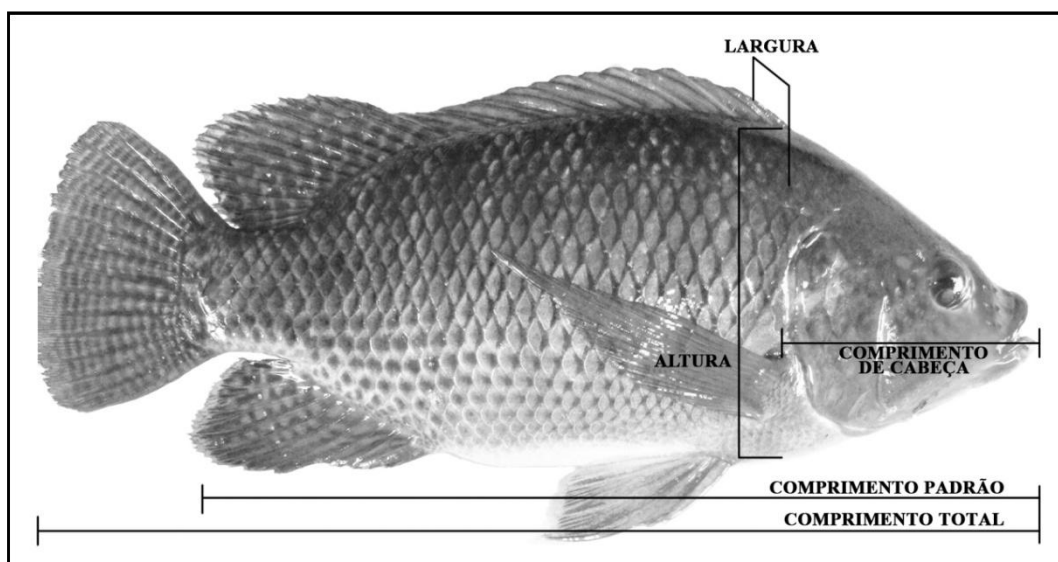


Figura 1. Medidas corporais tomadas de cada peixe (Kunita et al.,2013)

Na Tabela 1, estão descritos o número de famílias e de indivíduos utilizados em cada ano. O termo família é caracterizado pelo grupo de indivíduos filhos do mesmo pai e mesma mãe.

Tabela 1. Número de animais e famílias utilizados nos diferentes anos de avaliação.

Ano	Nº famílias	Nº indivíduos
2008	33	2196
2009	58	1718
2010	78	2733

Para formar as famílias em cada geração a partir de 2008, foram selecionados dois a três machos e três a quatro melhores fêmeas de cada família, apenas o melhor macho e duas fêmeas melhores faziam parte do grupo de reprodutores os demais foram utilizados em caso de necessidade de substituição.

Os acasalamentos seguiram um sistema misto, com acasalamento negativo (melhores com os piores) para animais de famílias de pior qualidade genética e positivo (melhores com melhores e ou piores com piores) e negativo para os animais de qualidade genética superior e intermediária. Para evitar o aumento da consanguinidade e seus efeitos adversos, impediu-se o acasalamento entre indivíduos com mais de um bisavô comum.

Análise de dados

Para estimar os parâmetros genéticos, considerando as características de ganho em peso diário, peso, largura, altura e comprimento do tronco, utilizou-se o modelo animal:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2c + Z_3w + e$$

em que,

y é o vetor de observações das características analisadas, (ganho de peso diário (GPD), peso, largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME));

X é a matriz de incidência dos efeitos ambientais identificáveis contidos no vetor β , e definidos como tanque e rede, geração e sexo.

Z_1 é a matriz de incidência dos valores genéticos contidos no vetor a ;

Z_2 é a matriz de incidência do efeito de ambiente comum de larvicultura (em razão da manutenção dos animais com as mães desde a desova até o final da estação reprodutiva), contido no vetor c ;

Z_3 é a matriz de incidência dos efeitos de ambiente comum de alevinagem (relativo ao manejo de manter representantes das famílias em hapas distribuídos em locais diferentes nos tanques de alevinagem), contidos no vetor w ;

e é o vetor de erros aleatórios associado ao vetor y .

Admitindo-se que a , m , c e e possuem distribuição conjunta normal multivariada, tem-se:

$$\begin{bmatrix} a \\ m \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} \phi \\ \phi \\ \phi \\ \phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & \phi & \phi & \phi \\ \phi & I_h \sigma_m^2 & \phi & \phi \\ \phi & \phi & I_c \sigma_c^2 & \phi \\ \phi & \phi & \phi & I \sigma_e^2 \end{bmatrix} \right\};$$

$$E(y) = X\beta; \quad \text{Var}(y) = Z_1AZ_1' \sigma_a^2 + Z_2Z_2' \sigma_m^2 + Z_3Z_3' \sigma_c^2 + I_n \sigma_e^2;$$

em que, A é a matriz de parentesco entre os animais; σ_a^2 é a variância genética aditiva direta; σ_m^2 , σ_c^2 e σ_e^2 são as variâncias do efeito de ambiente comum de larvicultura, de ambiente comum de alevinagem e residual, respectivamente; I_k matriz identidade de ordem k , sendo k igual ao número de hapa de larvicultura; I_c matriz

identidade de ordem c , sendo c igual ao número de hapas de alevinagem ; I_n matriz identidade, de ordem n , sendo n igual ao número de observações.

Foram realizadas análises unicarácter e bicarácter a partir do sistema computacional MTGSAM – *Multiple Trait Gibbs Sampling to Animal Model* (Van Tassel e Van Vleck, 1995).

Nas análises foram utilizadas cadeias de Gibbs resultantes de 500.000 ciclos, com período de descarte de 50.000 ciclos e intervalo de retirada de 30 ciclos, assim, foram obtidas 15.000 amostras dos componentes de variância.

Para avaliar a convergência das cadeias geradas foi utilizado o método Heidelberger e Welch (1983), utilizando a biblioteca CODA, implementada no sistema R (R Development Core Team, 2011). A partir deste mesmo sistema foram estimados os intervalos de credibilidade a 95% de probabilidade.

Para predição dos valores genéticos foram considerados os componentes de (co)variância estimados por meio da metodologia dos modelos mistos de Henderson, implementada no sistema computacional MTGSAM.

Para descrever o comportamento dos valores genéticos ao longo dos três anos, foram estimadas tendências genéticas dos valores genéticos em função dos anos de cultivo, por meio de equações de regressão linear, utilizando a inferência bayesiana. Para isto foi considerado que a resposta (Y_i) segue distribuição Normal, isto é, $Y_i \sim Normal(\mu_i, \tau)$ em que, Y_i representa os valores genéticos de cada característica, $\mu_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$, X_i representa as gerações, para: β_0 e β_1 assumir-se-ão distribuições *a priori* não informativas e independentes: $\beta_k \sim Normal(0, 10^{-6})$, $k = 0, 1$. Para τ também foi considerada *a priori* distribuição não informativa: $\tau \sim Gamma(10^{-3}, 10^{-3})$. A obtenção das distribuições marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foi feita por meio do pacote BRugs do programa R (R Development Core Team, 2011) que permite a inferência bayesiana acerca dos parâmetros da equação. Foram gerados 11.000 valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), considerando o período de descarte amostral de 1.000 valores iniciais, assim a amostra final contém 10.000 valores gerados para β_0 e β_1 . A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote CODA do programa R, pelo critério de Heidelberger e Welch (1983).

Os ganhos genéticos acumulados ao longo dos três anos de seleção, foram calculados pela razão dos coeficientes de regressão linear e as médias fenotípicas de

cada característica estudada, dadas em porcentagem, conforme metodologia proposta por Forni et al. (2007).

Os animais foram classificados de acordo com o valor genético predito para cada característica nas análises bicaráter, e a partir da combinação das classificações para características de desempenho, e de forma, foram estimadas as correlações de postos de Spearman.

Além disso, foram estimadas para cada ano de cultivo, as respostas a seleção direta e indireta ao selecionar para GPD. Foram utilizados para os cálculos da respostas a seleção direta e indireta as seguintes fórmulas de ganho genético:

Ganho genético direto:

$$\Delta g_X = \frac{(\bar{a}_m + \bar{a}_f)}{2} - \bar{a}_p$$

em que:

x = característica sob seleção direta;

\bar{a}_m = média do valor genético dos machos selecionados;

\bar{a}_f = média do valor genético das fêmeas selecionadas;

\bar{a}_p = média do valor genético da população.

O ganho genético indireto foi calculado como:

$$\Delta g_{Y/X} = \Delta g_X * b_1$$

em que:

y = característica sob seleção indireta;

Δg_X = ganho genético direto da característica sob seleção direta;

$$b_1 = \frac{\sigma_{a_X*Y}}{\sigma_{a_X}^2}$$

Em que:

σ_{a_X*Y} = covariância genética aditiva entre a característica sob seleção direta e a característica sob seleção indireta;

$\sigma_{a_X}^2$ = variância genética aditiva da característica sob seleção direta.

O percentual do ganho genético direto foi obtido pela razão do ganho genético direto e a média fenotípica da característica sob seleção direta, e o percentual do ganho genético indireto, pela razão do ganho genético indireto e a média fenotípica da característica sob seleção indireta.

Resultados

As médias fenotípicas e os respectivos desvios padrão dos dados analisados para ganho em peso diário, peso, largura, altura, comprimento do tronco e participação relativa do comprimento de cabeça no comprimento total, podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias fenotípicas (μ) e desvios padrões (σ) para ganho de peso diário (GPD), peso (PESO), largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME) nos diferentes anos de avaliação.

Característica	2008		2009		2010	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
GPD (g/dia)	1,51	0,47	0,92	0,28	1,60	0,57
PESO (g)	362,50	110,20	262,67	83,11	402,42	140,92
LARG (cm)	3,57	0,38	3,21	0,36	3,65	0,50
ALT (cm)	7,58	0,83	7,17	0,86	8,03	1,07
COME (cm)	14,31	1,27	12,99	1,35	14,39	1,71

Houve indicação de convergência para todas as cadeias de Gibbs dos parâmetros genéticos de todas as características.

Herdabilidades, efeito ambiente comum de larvicultura e alevinagem

As estimativas de herdabilidade para as características analisadas foram de média magnitude estando em torno de 0,3(Tabela 3). Os valores de herdabilidades indicam possibilidades de ganhos genéticos para as características.

As amplitudes dos intervalos de credibilidade das herdabilidades de todas as características foram pequenas, indicando precisão das estimativas.

Tabela 3. Valores de herdabilidade (h^2), ambiente comum de larvicultura (C^2), ambiente comum de alevinagem (W^2) e variância fenotípica (σ^2) e os respectivos (intervalos de credibilidade) para, ganho em peso diário (GPD), peso (PESO), largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME) das análises unicarácter.

Características	h^2	C^2 (larv)	W^2 (alev)	σ^2_p
GPD	0,32 (0,19 – 0,45)	0,14 (0,09 – 0,20)	0,03 (0,02 – 0,04)	0,19 (0,18 – 0,21)
PESO	0,32 (0,20 – 0,46)	0,14 (0,09 – 0,19)	0,03 (0,02 – 0,04)	11914 (10990 – 13050)
LARG	0,29 (0,18 – 0,41)	0,07 (0,04 – 0,11)	0,02 (0,01 – 0,03)	0,16 (0,15 – 0,18)
ALT	0,27 (0,17 – 0,40)	0,12 (0,08 – 0,17)	0,02 (0,01 – 0,04)	0,77 (0,71 – 0,82)
COME	0,29 (0,19 – 0,41)	0,12 (0,08 – 0,17)	0,02 (0,01 – 0,04)	1,93 (1,80 – 2,10)

Tendências Genéticas

O comportamento dos valores genéticos foram crescentes e semelhantes para ganho em peso diário, peso, largura, altura e comprimento do tronco, (Figura 1). Todos os Coeficientes de regressão (β_1) foram significativos pois os intervalo de credibilidade não passa pelo valor zero, deste modo, os ganhos genéticos obtidos apontam incremento dos valores genéticos ao longo dos anos de seleção para as características analisadas. (Tabela 4).

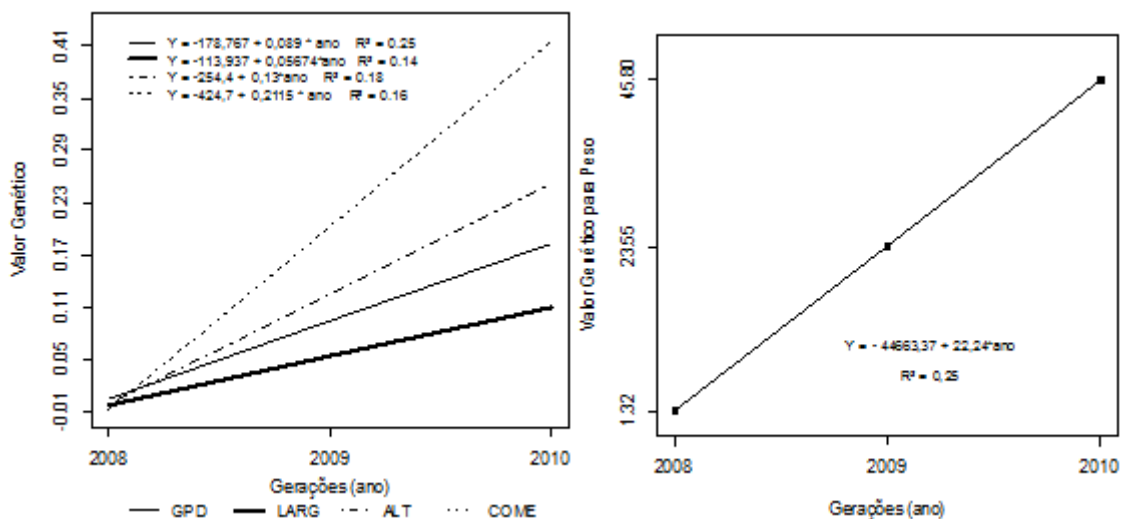


Figura 1 – Tendência genética de ganho em peso diário (GPD), largura (LARG), altura (ALT), comprimento de tronco (COME) e peso.

Tabela 4: Coeficientes de regressão (β_1) e respectivos intervalo de credibilidade (IC), médias fenotípicas (μ) e ganhos genéticos (Δg) das características analisadas de tilápias da variedade GIFT sob seleção para ganho em peso diário.

Parâmetros.	Características				
	GPD	PESO	LARG	ALT	COME
β_1	0,089	22,24	0,05674	0,12670	0,2115
IC*	0,088 – 0,09	22,08 – 22,42	0,0567 – 0,05678	0,12662 – 0,12678	0,2113 - 0,2116
μ	1,40	353,11	3,51	7,66	13,99
Δg	6,36%	6,30%	1,62%	1,65%	1,51%

*Intervalo de credibilidade (2,5% - 97,5%); GPD – ganho em peso diário; PESO – peso; LARG – largura; ALT – altura; COME – comprimento do tronco;

Correlações Genéticas e Fenotípicas

As correlações genéticas e fenotípicas estimadas entre as características foram superiores a 0,67 e 0,60, respectivamente. As menores associações genéticas fenotípicas foram observadas entre as características largura e o peso e largura e altura (Tabela 5). As características peso e ganho em peso diário se apresentaram mais fortemente

associadas que as demais. Os valores das correlações genéticas e fenotípicas para essas características foram 0,99 e 0,85 respectivamente (Tabela5).

Tabela 5. Herdabilidades na diagonal, (análises bicaracter), correlação genética abaixo da diagonal e fenotípica acima da diagonal, entre as características de ganho em peso diário (GPD), peso (PESO), largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME).

Características	GPD	PESO	LARG	ALT	COME
GPD	0,26	0,85	0,77	0,77	0,72
PESO	0,99	0,34	0,60	0,82	0,83
LARG	0,91	0,67	0,28	0,66	0,70
ALT	0,81	0,94	0,68	0,27	0,76
COME	0,74	0,91	0,71	0,81	0,26

Correlações de postos de Spearman

As associações de postos estimadas para as todas as comparações entre peso largura, altura e comprimento do tronco variaram de 0,76 a 0,98, com menores correlações observadas entre largura e comprimento do tronco (0,76) e ganho em peso diário e comprimento do tronco (Tabela 6).

Tabela 6. Correlações de postos de Spearman entre as características de ganho em peso diário (GPD), peso (PESO), largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME).

Características	GPD	PESO	LARG	ALT
PESO	0,99			
LARG	0,99	0,85		
ALT	0,91	0,98	0,83	
COME	0,77	0,96	0,76	0,90

Resposta a seleção direta e indireta

Os ganhos genéticos estimados neste trabalho indicam incremento na resposta à seleção nas gerações avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7 – Ganho genético direto para ganho em peso diário (GPD) e ganho genético indireto para peso (PESO), largura (LARG), altura (ALT) e comprimento do tronco (COME), nos diferentes anos de avaliação.

Geração	Δg direto(%)		Δg indireto(%)		
	GPD	PESO	LARG	ALT	COME
2008	7,91	7,98	2,49	2,92	2,03
2009	5,18	4,40	1,11	1,23	0,89
2010	9,43	9,09	3,08	3,48	2,56

Δg – ganho genético

Discussão

Herdabilidades, efeito ambiente comum de larvicultura e alevinagem

As estimativas de herdabilidades (Tabela 3) indicam que o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético foi de média magnitude para as características analisadas. Em função desta magnitude, observou-se que estas características apresentaram importância relativa das diferenças genéticas herdáveis na variação total e, conseqüentemente, resposta à seleção.

O valor de 0,32 para herdabilidade estimado neste trabalho referente ao peso a despesca foi superior ao encontrado por Santos et al. (2011), que foi de 0,21. Estes autores utilizaram informações da primeira geração de seleção de tilápias do Nilo da variedade GIFT selecionadas nas condições de Brasil no Estado do Paraná, porém os modelos estatísticos utilizados na estimação foram diferentes, pois os autores consideraram apenas um efeito comum, designado de efeito de ambiente comum materno.

Estimativas de herdabilidades para peso a despesca em tilápias encontradas por Charo-Karisa, et al. (2007), oscilaram entre 0,38 a 0,60, sendo os animais cultivados em viveiros de terra. Em situações de cultivo controladas, em que se testou resistência de tilápias a baixas temperaturas, Charo-Karisa et al., (2005), estimaram herdabilidade de 0,10 para peso corporal, estes resultados diferiram dos encontrados no presente trabalho, indicando que o ambiente interfere na expressão da característica, uma vez que o banco de dados que originaram os resultados aqui apresentados não foi em ambientes controlados.

Trabalhando com progênies geradas nos anos de 2002 e 2003 de uma população baseada no pedigree da sexta geração de GIFT, na Malásia, Ponzoni et al. (2005), encontraram para peso corporal herdabilidade de 0,34, em que consideraram apenas um efeito comum atribuído como efeito de ambiente comum materno. Isso indica que mesmo após várias gerações de seleção se manteve uma variação genética significativa, podendo garantir a eficiência de um programa de seleção por muito mais tempo.

Para peso corporal e largura, Rutten et al. (2005) estimaram valores de herdabilidades de 0,26 e 0,25 respectivamente, os quais foram próximos aos estimados neste trabalho e tiveram como objetivo de estudo selecionar peixes para características de filé, baseado em mensurações corporais de tilápias do Nilo.

Utilizando informações da geração de seleção de tilápias do Nilo da variedade GIFT pertencentes ao programa de melhoramento da Universidade Estadual de Maringá

do ano de 2009, Yoshida et al. (2013a) e Kunita et al. (2013), encontraram valores de herdabilidade que variaram de 0,12 a 0,14 para peso, ganho em peso diário, altura e largura, e 0,08 a 0,12 para peso, ganho em peso diário e altura, respectivamente, sendo estes valores inferiores aos encontrados no presente trabalho. Segundo Kunita et al. 2013, a utilização de informações de apenas um ciclo de produção e de uma estrutura de parentesco contendo apenas informações entre pais e filhos e entre irmãos, pode ter reduzido a capacidade de explicação da variância total pelo componente genético aditivo, resultando em estimativas de herdabilidades de baixa magnitude para as características.

A participação do efeito comum de ambiente de larvicultura variou de 7,0% a 14,0% (Tabela 3). Os valores das estimativas da participação dos efeitos de ambiente comum de larvicultura na variação total apontam para importância deste efeito como causa de diferenças entre os animais. Nesta situação em específico, na qual não houve incubação artificial, os alevinos foram mantidos com as mães, até o final da estação de acasalamento. Dessa forma, o número de alevinos produzidos, o tempo de permanência com a mãe e os cuidados parentais, além dos efeitos genéticos aditivos e não aditivos, são importantes fontes de diferenciação entre famílias de irmãos e, portanto, a desconsideração destes efeitos no modelo implicaria em diminuição da acurácia da avaliação genética.

Devem ser tomadas medidas para reduzir a participação relativa do ambiente comum de larvicultura na variação total das características medidas. A utilização da incubação artificial pode ser uma prática eficaz para promover tal redução, uma vez que as diferenças ambientais no período larval resultam em diferenças no desempenho dos animais em idades próximas ao abate (Yoshida et al. 2013a). Esta prática seria eficaz, pois as larvas seriam mantidas em ambientes iguais para todos, não havendo mais diferenciado tempo em que as larvas ficariam com as mães e das quantidades de larvas dentro de cada hapa. Estas duas situações diferem de uma reprodutora para outra e a utilização da incubação artificial reduziria a variação do efeito de ambiente comum de larvicultura na variação total.

Em se tratando do efeito comum de ambiente de alevinagem, verificou-se importância relativa inferior a 3,0% para todas as características (Tabela 3), porém, os intervalos de credibilidade indicam que estes valores são diferentes de zero e, portanto, devem ser considerados no modelo. A manutenção de grupos de irmãos completos nas mesmas condições ambientais (hapas de alevinagem) pode ter gerado menores

diferenças entre o grupo de irmãos completos e aumentado a variabilidade entre famílias.

Na maior parte da literatura consultada, foi considerado o efeito de ambiente comum materno, caracterizado pelo ambiente em que os alevinos da mesma família permanecem juntos até atingirem o peso para serem identificados através de chips. As estimativas encontradas para o efeito de ambiente comum materno apresentam forte variação de acordo com os autores. Santos et al, (2011), trabalhando com tilápias cultivadas em tanques rede encontraram valores de 0,21 e 0,24 para peso a despesca em análises unicarácter e bicarácter associando o peso com sobrevivência. Em viveiros de terra, Charo-Karisa et al. (2007) encontram valores que oscilavam entre 0,08 a 0,11 para peso a despesca, enquanto Ponzoni et. al., (2005) estimaram 0,15 para efeito de ambiente comum materno para peso corporal trabalhando com a sexta geração de GIFT da Malásia.

No presente trabalho o efeito de ambiente comum foi dividido em dois componentes, um pelo ambiente comum de larvicultura e o outro ao ambiente comum de alevinagem. A soma da participação relativa dos dois efeitos comum se aproxima com os valores de ambientes comuns maternos observados pelos autores citados acima, sendo de média magnitude, demonstrando o importante impacto das diferenças dos ambientes das famílias na variabilidade fenotípica.

Realizando trabalho separando efeito de ambiente comum de larvicultura e alevinagem, Yoshida et al. (2013a), encontraram valores do efeito comum de ambiente de larvicultura de 6,0%, 4,8%, 4,2% e 3,8% para peso, ganho em peso diário, largura e altura, respectivamente, e para do efeito comum de ambiente de alevinagem 2,5%, 1,9%, 2,6% e 1,9% para peso, ganho em peso diário, largura e altura respectivamente.

Tendências Genéticas

Os resultados observados na Tabela 4 e na figura 1, apontam que o uso de ganho em peso diário como critério de seleção resultou em ganho genético da ordem 6,0% por geração para esta característica, bem como incrementos semelhantes foram observados para peso a despesca, indicando a existência de resposta correlacionada. Da mesma forma, porém em menor escala, verificaram os ganhos genéticos superiores a 1,0% ao ano para as características de largura, altura e comprimento do tronco, mostrando que estas características podem ser correlacionadas geneticamente.

Trabalhando com tilápias GIFT no mesmo período, Reis Neto (2012), estimou tendências genéticas, utilizando a abordagem frequentista, observou ganhos genéticos variando de 1,62 a 5,57 para largura, altura, comprimento padrão, área corporal e volume corporal, os quais foram próximos ao observado no presente trabalho. Em estudo na China com Tilápias GIFT, Thodesem et al. (2011), após seis gerações de seleção com base em índice de seleção incluindo valores genéticos individuais para crescimento e valores genéticos de família para rendimento de filé, estimaram através da tendência genética, frequentista, ganhos genéticos de 11,4% para peso corporal.

O comportamento crescente dos valores genéticos preditos ao longo de três gerações de seleção para ganho em peso diário, peso, largura, altura e comprimento do tronco, associado as estimativas das importâncias relativas das diferenças genéticas herdáveis na variação observada para estas características, apontam a manutenção das respostas a seleção de programa de seleção por muito mais tempo, desde que seja mantido elevado o tamanho efetivo da população e sejam controlados os acasalamentos consanguíneo.

Correlações Genéticas e Fenotípicas

As estimativas de correlações genéticas apontam que o uso de ganho em peso diário como critério de seleção, podem impactar o peso a despesca (0,99) e largura do corpo (0,91) dos animais de maneira mais expressiva do que para altura (0,81) e comprimento do tronco (0,74). As correlações genéticas estimadas entre o peso e a largura, altura e o comprimento do tronco, apontam que a seleção para peso pode resultar em aumento da altura (0,94) e comprimento do tronco (0,91) (Tabela 5).

As altas correlações genéticas estimadas neste trabalho indicam que grande parte dos genes de ação aditiva que influenciam a característica de ganho em peso diário, também influencia positivamente as demais características analisadas. A mesma resposta ocorre entre as outras associações analisadas no presente trabalho, sugerindo que a seleção para qualquer uma dessas características deve resultar em progresso genético nas outras.

A estimativa de correlação genética obtida no presente estudo foi próxima as encontras por Nguyen et al.(2007) que apresentaram valores de 0,99 e 0,87 para as correlações genética e fenotípica, respectivamente, na associação peso com largura. Rutten et al. (2005) encontraram valores próximos aos encontrados neste trabalho, para peso e comprimento do tronco, peso e largura, largura e comprimento do tronco de 0,87;

0,92; 0,84, respectivamente, para correlações genéticas e 0,84; 0,90 e 0,76, respectivamente, para correlações fenotípicas. Charo-Karisa et al.(2007) estimou a correlação genética de 0,99 para peso correlacionada com altura e largura, e correlação fenotípica de 0,86 e 0,82, respectivamente. Reis Neto (2012) estimou 0,87 para correlação genética entre altura e largura e 0,81 para correlação fenotípica.

Utilizando informações das gerações do ano de 2008 e 2009 do programa de melhoramento de tilápias GIFT, pertencente à Universidade Estadual de Maringá, Oliveira (2011) estimou correlações genéticas para ganho em peso diário com peso, altura e largura, 0,89; 0,86 e 0,88, respectivamente, enquanto para correlação fenotípica foram encontrados os valores de 0,95; 0,86 e 0,83 respectivamente. No mesmo trabalho, as correlações genéticas para peso com altura e largura foi de 0,91 e 0,88, respectivamente, e de 0,89 e 0,85, respectivamente, para as correlações fenotípicas. Kunita et al. (2013) trabalhando com a geração do ano de 2009, pertencente ao mesmo programa citado acima, para as associações de ganho em peso diário com peso, ganho em peso diário com altura e peso com altura, estimou valores de 0,94; 0,76 e 0,70, respectivamente, para correlações genética e de 0,96; 0,85 e 0,86, respectivamente para correlações fenotípicas, os quais são próximos aos estimados no presente trabalho. Todos esses resultados encontrados pelos autores sugerem que não há necessidade de usar todas as variáveis em um programa de seleção, ou seja, não tem necessidade de trabalhar com índices de seleção, acarretando em economia no programa de melhoramento, pois medindo uma única característica é satisfatório.

Correlações de postos de Spearman

Os valores das correlações de Spearman estimados indicam pequena alteração nas classificações dos animais ao utilizar a característica ganho em peso diário como critério de seleção. As comparações das classificações de ganho em peso diário com as demais características apontaram correlação superior a 90%, com exceção de comprimento do tronco foi de 77% (Tabela 6).

As correlações de Spearman estimadas neste trabalho foram próximas as estimadas por Kunita et al. (2013) para ganho em peso diário com peso (0,99) e ganho em peso diário com altura (0,94). Oliveira (2011) encontrou valores semelhantes para ganho em peso diário com peso (0,94), ganho em peso diário com largura (0,83) e um valor inferior para ganho em peso diário e altura (0,58).

Coefficientes de correlações de Spearman de ordem inferiores a 0,70 podem resultar em alterações no ranking dos animais, comprometendo a seleção dos mesmos (Crews Jr. e Franke, 1998).

As estimativas de correlação de Spearman corroboraram com os resultados observados para correlação genética, apontando que a seleção para velocidade de crescimento utilizando o ganho em peso diário como critério de seleção pode promover a seleção dos animais que possuem genótipos superiores para peso e as características de forma.

Resposta a seleção direta e indireta

Os resultados expressos na tabela 7, indicam que o ganho genético para a geração do ano de 2010, superou o ganho da geração do ano de 2008, já para a geração do ano de 2009, o ganho genético foi inferior em todas as características, isto pode ser explicado por problemas ocorridos na alimentação no ano de 2009, pois nesse período a dieta utilizada foi de pior qualidade quando comparada aos dos anos de 2008 e 2010.

Em pesquisa com duas gerações de tilápia do Nilo ao longo de três épocas de desova, (2002, 2003 e 2004), Rezek et al. (2009), estimaram o ganho genético a partir das diferenças dos valores genéticos entre as gerações 2002 e 2003, e 2003 e 2004, e obtiveram a estimativa de 6,64% e 6,69%, respectivamente, para peso a despesca.

Trabalhando com progênes geradas nos anos de 2002 e 2003, de uma população baseada no pedigree da sexta geração de GIFT na Malásia, Ponzoni et al.(2005) estimaram o ganho genético para peso vivo com aproximadamente sete meses de idade, comparando os valores genéticos entre os descendentes de 2002 e os selecionados em 2003, e obtiveram a estimativa de 8,7%.

Em estudos com informações da primeira geração de seleção de tilápias do Nilo da variedade GIFT selecionadas nas condições de Brasil no estado do Paraná, programa pertencente à Universidade Estadual de Maringá, Santos et al. (2011) estimaram o ganho genético para peso a despesca para machos e fêmeas de 15,0% e 13,8%, respectivamente, selecionando os melhores indivíduos dentro das melhores famílias. Quando selecionaram os melhores indivíduos de cada família os ganhos genéticos estimados foram de 7,4% e 3,9% para machos e fêmeas, respectivamente, sendo estes resultados mais próximos aos encontrados no presente estudo, em que também se trabalhou com seleção dos melhores indivíduos de cada família.

Trabalhando com as gerações dos anos de 2008 e 2009, do programa de melhoramento de tilápias GIFT da Universidade Estadual de Maringá, Oliveira (2011) estimou o ganho genético direto para ganho em peso diário de 2,6% e 8,1% para os anos de 2008 e 2009, respectivamente. Já Kunita et al. (2013) e Yoshida et al. (2013a) trabalhando com a geração de 2009, do mesmo programa de seleção, encontraram valores de ganhos genéticos direto e indireto para ganho em peso diário, peso, largura e altura em torno de 2,0%. Estas discrepâncias de resultados podem estar relacionadas com estrutura de dados divergentes, número de observações e estrutura de parentesco utilizada na estimação de parâmetros genéticos.

Com base nos resultados obtidos nas estimativas de correlações e respostas a seleção, foi possível observar que o processo de seleção utilizando como critério o ganho em peso diário, pode resultar em ganhos genéticos indiretos, modificando a forma do peixe, aumentando o peso, altura, largura e comprimento do tronco. Tal fato para os piscicultores é de grande importância econômica, uma vez que acarreta em aumento direto na produção de animais de melhores carcaças, sendo produzidos num menor intervalo de tempo para que sejam abatidos. O tempo médio para o animal ser abatido foi de 180 dias de cultivo, tendo ganho genético para ganho em peso diário para o ano de 2010 de 9,43%, acarreta em diminuição de idade ao abate em aproximadamente 17 dias. Sendo assim, se a conversão alimentar não for correlacionada negativamente com a característica em questão, o produtor terá maior lucro na atividade.

Conclusão

Os valores de herdabilidade e variâncias genéticas aditivas estimadas indicam que há manutenção dos ganhos genéticos para velocidade de crescimento e potencial de elevadas respostas a seleção para peso, largura, altura e comprimento do tronco em tilápias do Nilo.

A seleção realizada para incremento da velocidade de crescimento resultou em aumento da qualidade genética da ordem de 6,0% por geração e impactou positivamente outras características de interesse econômico, relacionadas com a forma do corpo dos peixes.

As correlações genéticas estimadas indicam a existência de forte associação genética entre ganho em peso diário com peso, largura altura e comprimento do tronco, em que a seleção para ganho em peso diário pode conduzir a ganhos genéticos indiretos para as características de peso e forma do corpo em tilápias do Nilo.

Referências

- Blanck, D.V., Gasparino, E., Ribeiro, R.P., Marques, D.S., 2009. Polimorfismo no gene GH1-PstI associado a características corporais de linhagens de tilápia-do-nilo. *Pesq. agropec. bras.* 44 (6), 599-604.
- Charo-Karisa, H., Bovenhuis, H., Rezk, M.A., Ponzoni, R.W., Van Arendonk, J.A.M., Komen, H., 2007. Phenotypic and genetic parameters for body measurements, reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in lowinput earthen ponds. *Aquaculture* 273, 15-23.
- Charo-Karisa, H., Rezk, M.A., Bovenhuis, H., Komen, H., 2005. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. *Aquaculture* 249, 115-123.
- Crews Jr., D.H., Franke, D.E., 1998. Heterogeneity of variances for carcass traits by percentage brahman inheritance. *J Anim. Sci.* 76, 1803-1809.
- Euclides Filho, K., Nobre, P.R.C., Rosa, A.N., 1997. Tendência genética na raça Guzará. *Anais da Trigésima Quarta Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Juiz de Fora, Minas Gerais*, p. 175.
- Freato, T.A., Freitas, R.T.F., Santos, V.B., Logato, P.V.R., Viveiros, A.T.M., 2005. Efeito do peso de abate nos rendimentos do processamento de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, VALENCIENNES, 1849). *Ciênc. Agrotec.* 29 (3), 676-682.
- Forni, S., Federici, J.F, Albuquerque L.G., 2007. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. *R. Bras. Zootec.* 36 (3), 572-577.
- Gama, L.T., 2002. *Melhoramento Genético Animal*. Escola, Lisboa.
- Heidelberger, P., Welch, P., 1983. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper. Res.* 31, 1109-1144.
- Khaw, H.L; Ponzoni, R.W.; Hamzah, A.; Abu-Bakar, K.R.; Bijma, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.326, p.53-60, 2012.
- Kunita, N.M., Oliveira, C.A.L., Oliveira, S.N., Yoshida, G.M., Rizzato, G.S., Resende, E.K., Ribeiro, R.P., 2013. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. *Arch. Zootec.* 62 (in press).
- Moreira, H.L.M., Vargas, L., Ribeiro, R.P., Zimmermann, S., 2001. *Fundamentos da Moderna Aquicultura*. ULBRA, Canoas.
- Nguyen, N.H., Khaw, H.L., Ponzoni, R.W., Hamzah, A., Kamaruzzaman N., 2007. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? *Aquaculture* 272S, S38-S46.

Nguyen N.H.; Ponzoni R.W., 2006. Perspectives from agriculture: advances in livestock breeding - Implications for aquaculture genetics. NAGA, WorldFish Center Quarterly. 29 (3 e 4).

Oliveira, S.N., 2011. Parâmetros genéticos para características de desempenho e morfométricas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Pr.

Ponzoni, R.W., Azhar, H., Saadiah, T., Norhidayat, K., 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 247, 203-210.

R Development Core Team, 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at: <<http://www.R-project.org>>.

Reis Neto, R.V., 2012. Avaliações genéticas das características morfométricas de tilápias do Nilo, variedade GIFT, sob seleção para ganho em peso. Tese (Doutorado em Zootecnia). Programa de Pós Graduação em Zootecnia/Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.

Rezk, M.A., Ponzoni, R.W., Khaw, H.L., Kamel, E., Dawood, T., John, G., 2009. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: response to selection and genetic parameters. Aquaculture 293, 187-194.

Rutten, M.J.M., Bovenhuis, H., Komen, H., 2005. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture 246, 125-132.

Santos, A.I., Ribeiro, R.P., Vargas, L., Mora, F.; Filho, L.A., Fornari, D.C., Oliveira, S.N., 2011. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. Pesq. Agrop. Bras. 46(1), 33-43.

Thodesen, J., (Da-Yong Ma), Rye, M, Wang, Y., Yang, K., Bentsen, H.B., Gjedrem, T., 2011. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. Aquaculture 322-323, 51-64.

Turra, E.M., Oliveira, D.A.A., Teixeira, S.A., Prado, S.A., Melo, D.C., Souza, A.B., 2010. Uso de características morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Bras. Reprod. Anim. 34(1), 29-36.

Van Tassel, C.P., Van Vleck D.L., 1995. A Manual for Use of MTGSAM. A Set of FORTRAN programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation (DRAFT). Department of Agriculture Research Service, Lincoln.

Yoshida G.M, Oliveira C.A.L., Kunita N.M, Oliveira S.N., Alexandre Filho L., Resende E.K., Lopera-Barrero N.M., Ribeiro R.P., 2013a. Resposta à seleção de características de desempenho e morfométricas de tilápia-do-Nilo ao longo do período de cultivo. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 65 (6), 1815-1822.

Yoshida G.M, Oliveira C.A.L., Oliveira S.N., Kunita N.M, Resende E.K., Alexandre Filho L., Ribeiro R.P., 2013b. Associação entre características de desempenho de tilápia-do-Nilo ao longo do período de cultivo. Pesq. Agropec. Bras. 48 (8), 816-824.