



Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

The use of morphometric measurements for the genetic improvement of the Nile tilapia fillet yield

E.M. Turra^{1,4}, D.A.A. Oliveira², E.A. Teixeira^{1,2}, S.A. Prado¹, D.C. Melo¹, A.B. Sousa^{1,3}

¹Lab. de Aquacultura, Dep. de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, 30123-970, Brasil.

²Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, 30123-970, Brasil.

³COLTEC, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte MG, 30123-970, Brasil.

⁴Correspondência: eduardoturra@yahoo.com.br

Resumo

Peso corporal é o principal objetivo de seleção, e a seleção massal é o principal método em programas de melhoramento genético de tilápias do Nilo. O rendimento de filé é característica importante, mas há a necessidade do uso de informações de parentes para a predição de valores genéticos ou do uso de características correlacionadas, como medidas morfométricas, para garantir ganhos genéticos indiretos. Há pouca informação na literatura sobre estimativas de componentes de (co) variância genética de rendimentos de filé e medidas corporais para a espécie. A herdabilidade baixa do rendimento de filé, as herdabilidades moderadas a altas das medidas morfométricas e as altas correlações genéticas entre elas favoreceriam a seleção indireta.

Palavras-chave: melhoramento genético, rendimento de filé, tilápia.

Abstract

Body weight is the breeding goal in genetic improvement programs for Nile tilapia and mass selection is the most used method. Fillet yield is an important trait for chain production of this fish. For breeding value prediction for this trait, pedigree information or correlated traits are necessary to guarantee indirect genetic gains. There is poor information in literature about estimated genetic (co)variance components for fillet traits and morphometric measurements in Nile tilapia. The low heritability of the fillet percentage, medium to high heritabilities for morphometric measurements and the high genetic correlations among them could collaborate for indirect selection.

Keywords: *tilapia, fillet yield, animal breeding*

Introdução

A tilápia (*Oreochromis sp.*), um peixe africano produzido em mais de 100 países (Romana-Eguia et al., 2004), é o terceiro grupo de espécies mais cultivadas no mundo (FAO, 2006), podendo tornar-se o mais importante nas próximas décadas (Fitzsimmons, 2000). Sua produção mundial já ultrapassou 2 milhões de toneladas, tendo sido a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) responsável pela oferta de 1,7 milhão de toneladas em 2005. O Brasil foi o 6º maior produtor de tilápia cultivada no mundo neste ano, aumentando sua produção de 35 em 2001 para 68 mil toneladas em 2005 (Kubitza, 2007).

Entre as tilápias, a espécie *O. niloticus* é a mais utilizada nos cultivos comerciais em razão da sua rusticidade; tolerância a várias salinidades, temperaturas de água e sistemas de produção; rápido crescimento, carne de ótima qualidade e boa aceitação no mercado consumidor (Pullin, 1985; Shelton, 2002, citados por Khaw et al., 2008). 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 atualmente usados em países em desenvolvimento ainda são geneticamente similares aos selvagens, como várias outras espécies aquícolas (Eknath et al, 1991; Lymbery et al., 2000; Brummett et al., 2004). Contudo, programas de melhoramento genético, já implementados, demonstraram efeitos positivos nas suas cadeias produtivas (Gjedrem, 2000; Hulata, 2001). Chitralada e GIFT são exemplos de linhagens resultantes de programas que trouxeram aumentos de produtividade em países que as utilizaram (Rutten et al., 2004).

A taxa de crescimento é o principal objetivo de seleção destes poucos programas com tilápias do Nilo, e a seleção massal o principal método. Contudo, o rendimento de filé também é considerado como característica importante para o aumento de eficiência econômica das cadeias produtivas desta espécie (Rutten et al., 2004).



Para este tipo de característica, a seleção massal é impraticável. Portanto, há a necessidade do uso de informações de parentes para a predição de valores genéticos, ou características correlacionadas, como medidas morfométricas para garantir ganhos genéticos indiretos.

Programas de melhoramento genético de espécies de peixe baseados em informação de *pedigree* são mais caros. Isto se deve, principalmente, à dificuldade de identificação dos animais, favorecendo estudos de características correlacionadas aos objetivos de seleção. Características estas que possam ser medidas nos próprios indivíduos candidatos, facilitando programas com seleção massal.

O objetivo deste artigo é fazer uma revisão de literatura sobre medidas conformacionais de tilápias do Nilo utilizadas para promover respostas correlacionadas no ganho genético de rendimento de filé.

Uso de características correlacionadas como critério de seleção

Objetivos de programas de melhoramento genético de tilápias do Nilo

Quando um programa de melhoramento genético está sendo elaborado, dentre várias questões em análise, duas devem ser definidas:

- Quais os objetivos de seleção (que características devem ser melhoradas)?
- Quais características serão medidas para alcançar estes objetivos (critérios de seleção)?

Os objetivos de seleção são as características de maior impacto econômico na cadeia produtiva (ou parte dela) de determinada população e determinada espécie, ou ainda, uma função destas, ponderadas pelos seus pesos econômicos, gerando um único valor, o agregado genotípico. Os critérios de seleção são as características utilizadas para promover ganhos genéticos nas características que são objetivos do programa instalado.

Segundo Gjedrem (2000), os objetivos de seleção mais comuns em programas de melhoramento genético de espécies piscícolas são:

- taxa de crescimento;
- conversão alimentar;
- resistência a doenças específicas;
- qualidade de carne;
- idade à maturação sexual.

Em tilápias do Nilo, maior ênfase foi dada à taxa de crescimento (Hulata et al., 1986; Huang e Liao, 1990; Rutten et al., 2004). Sobrevivência, como resultado da resistência a doenças não específicas e ao estresse de cultivo (Eknath et al., 1993), cor externa (Huang et al., 1988) e idade à maturação sexual (Kronert et al., 1989; Oldorf et al., 1989) já foram utilizadas como objetivos. Esta última foi proposta como tentativa de controlar a reprodução precoce das espécies de tilápia por meio da escolha de fêmeas mais tardias sexualmente.

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 de um programa de melhoramento genético.

Aguiar (2006) reforça esta ideia para o mercado brasileiro da aquicultura e principalmente da tilapicultura, uma vez que este é bastante verticalizado. A maioria dos engordadores não trabalha com reprodução, e sim com a compra de lotes de alevinos machos. Desta forma, o melhoramento genético fica a cargo das empresas de reprodução, que devem se preocupar com a saúde financeira de toda a cadeia produtiva, ou seja, têm que maximizar a eficiência das características que promovem impacto em todo o processo produtivo.

Rutten et al. (2005b), contudo, chamam a atenção para o fato de que, em vários mercados, como o europeu e a maior parte do asiático, os produtores não são remunerados pelas indústrias por peixes com maior rendimento, e sim, pelo peso vivo do animal. No sudeste asiático e na Índia, o mercado trabalha comumente com peixes despescados com peso vivo baixo (<350g) e lotes muito pouco padronizados, não se importando em valorizar produtos diferenciados. Nestas situações, os produtores ficam desestimulados em investir em programas de melhoramento que incluam rendimento cárneo como objetivo de seleção.

De qualquer forma, Eknath et al. (1991) e Gjedrem (2000) ressaltam que os objetivos de seleção de programas de melhoramento de tilápias do Nilo podem ser mudados com certa facilidade, incluindo-se ou retirando-se características candidatas e redirecionando o programa para novos horizontes com presteza.

Segundo os autores, isto é possível em razão da grande variabilidade genética aditiva das características de interesse nas populações de tilápia do Nilo, da precocidade reprodutiva e da prolificidade da espécie. Tais aspectos aceleram o ganho genético anual de determinada característica, uma vez que a alta prolificidade está relacionada ao aumento do grau de intensidade de seleção, a precocidade ao intervalo de gerações curto e a variabilidade genética aditiva à herdabilidade. O ganho genético pode ser expresso como:



$$\Delta G_{aX} = \frac{i_X \cdot h_X^2 \cdot \sigma_{PX}}{IG}$$

(Falconer e Mackay, 1996)

em que:

ΔG_{aX} = ganho genético anual de uma determinada característica X;

i_X = intensidade de seleção;

h_X^2 = herdabilidade da característica X;

σ_{PX} = desvio-padrão fenotípico da característica X;

IG = intervalo de gerações (em anos).

Crítérios de seleção de programas de melhoramento genético de tilápias do Nilo

Os objetivos de seleção não necessariamente são usados como características a serem medidas nos animais avaliados em programas de melhoramento genético. Conversão alimentar (CA), por exemplo, é raramente avaliada em animais candidatos em um programa de seleção. O custo alto de suas mensurações torna sua utilização proibitiva. Mas como há associação forte entre conversão alimentar e taxa de crescimento, o progresso genético para acelerar o ganho de peso resulta em melhoria na eficiência alimentar.

Peso vivo a uma determinada idade também é outro exemplo em que o objetivo não representa critério de seleção. Tilápias do Nilo são abatidas com pesos acima de 700 gramas para atender mercados exigentes como o americano, o japonês e o europeu. Estes pesos são alcançados com mais de 300 dias de engorda. Contudo, normalmente os animais avaliados em programas de melhoramento são selecionados com cerca de 180 dias de nascimento. Isso é possível por haver forte associação positiva entre essas duas características. Rutten et al. (2005a) corroboram com essa afirmação em estudo genético longitudinal do peso corporal de tilápias do Nilo por meio de um modelo de regressão aleatória. Os autores encontraram correlação genética de 0,8 entre peso aos 180 dias (cerca de 250 g de peso vivo) e 325 dias (cerca de 800 g de peso vivo), e de 0,7 entre peso aos 150 dias (cerca de 150 g de peso vivo) e 325 dias. A magnitude desta associação garante reduções nos custos de programas de melhoramento, uma vez que os animais não precisam ser mantidos até quase um ano de vida.

As associações de características escolhidas como critério e os objetivos de seleção são estimadas por meio de correlações. Segundo Falconer e Mackay (1996), as correlações podem ser positivas, negativas ou nulas. As bases teóricas para explicar as correlações genéticas entre características residem no fato de que genes comuns podem ter ações em várias expressões fenotípicas, o chamado pleiotropismo. As ligações entre genes, ainda que possam ser transitórias, também respondem, em tese, às associações genéticas entre características.

Em um programa de avaliação e seleção genética, melhoristas devem considerar as correlações genéticas entre características, uma vez que, quando duas características economicamente importantes são positivas e altamente correlacionadas, a ênfase na seleção deverá ser apenas em uma delas, o que reduz o número de características a serem selecionadas e, conseqüentemente, os custos do programa.

Análise da resposta correlacionada

A seleção direta para uma determinada característica ($R_X = \Delta G$) já foi expressa anteriormente (Falconer e Mackay, 1996):

$$R_X = i_X \cdot h_X^2 \cdot \sigma_{PX} \quad , \text{ sendo que: } \quad h_X^2 = \frac{\sigma_{A_X}^2}{\sigma_{P_X}^2} = \frac{\sigma_{A_X}}{\sigma_{P_X}} \cdot \frac{\sigma_{A_X}}{\sigma_{P_X}}$$

Logo,

$$R_X = i_X \cdot \frac{\sigma_{A_X}}{\sigma_{P_X}} \cdot \frac{\sigma_{A_X}}{\sigma_{P_X}} \cdot \sigma_{P_X} \quad R_X = i_X \cdot h_X \cdot \sigma_{A_X}$$

Porém, ao se admitir a seleção em uma determinada característica X (critério de seleção), espera-se uma mudança em uma característica Y (objetivo da seleção). Segundo Pereira (2008), a mudança na característica Y proporcionada pela seleção direta para X é dada pela regressão do valor genético de Y em relação ao valor genético de X, ou seja:

$$b_{(A)_{y.x}} \quad , \text{ em que: } \quad b_{(A)_{y.x}} = \frac{Cov_{A_Y.X}}{\sigma_{A_X}^2} = r_{A_{XY}} \cdot \frac{\sigma_{A_Y}}{\sigma_{A_X}}$$



A resposta correlacionada em Y resultante da seleção para X ($RC_{Y,X}$) seria:

$$\begin{aligned} RC_{Y,X} &= b_{(A)_{Y,X}} \cdot R_X \\ &= i_X \cdot h_X \cdot \sigma_{A_X} \cdot r_{A_{XY}} \cdot \frac{\sigma_{A_Y}}{\sigma_{A_X}} \\ &= i_X \cdot h_X \cdot r_{A_{XY}} \cdot \sigma_{A_Y} \\ &= i_X \cdot h_X \cdot r_{A_{XY}} \cdot h_Y \cdot \sigma_{P_Y} \\ &= i_X \cdot h_X \cdot h_Y \cdot r_{A_{XY}} \cdot \sigma_{P_Y} \end{aligned}$$

Sendo o termo $h_X \cdot h_Y \cdot r_{A_{XY}}$, por definição de Falconer e Mackay (1996), conhecido como co-herdabilidade, por ser equivalente a h^2 na resposta à seleção direta, será mais interessante selecionar para uma característica correlacionada do que para a principal diretamente, quando a razão $RC_{Y,X} / R_Y$ for maior que a unidade:

$$\frac{RC_{Y,X}}{R_Y} = \frac{i_X \cdot h_X \cdot r_{A_{XY}} \cdot \sigma_{A_Y}}{i_Y \cdot h_Y \cdot \sigma_{A_Y}} = r_{A_{XY}} \cdot \frac{i_X}{i_Y} \cdot \frac{h_X}{h_Y}$$

A razão favorável à seleção indireta acontecerá quando a correlação genética entre as características for alta e a herdabilidade do critério de seleção for maior que a do objetivo de seleção (considerando iguais as intensidades de seleção).

Medidas morfométricas correlacionadas com rendimento de filé em tilápias do Nilo

Dificuldades na estruturação de um programa de melhoramento com informação de pedigrees

Várias organizações envolvidas em programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no mundo avaliaram e eventualmente incluíram, como objetivos de seleção, características relacionadas ao rendimento e à qualidade carnes: em salmão, por exemplo, quantidade de gordura e coloração de filés (Rye e Gjerde, 1996; Gjedrem, 1997, 2000); em trutas, composição corporal (Kause et al., 2002; Quillet et al., 2005); em bagre (*catfish*), peso, rendimento e percentual de gordura no filé (Van Sang et al., 2009).

Contudo, existe pouca informação para tilápias do Nilo. A princípio, Velasco et al. (1995) são os pioneiros na avaliação genética da espécie para pesos de carcaça, seguidos por Rutten et al. (2004, 2005a) que avaliaram pesos e rendimentos de filé. O pouco interesse no assunto, até então, deve-se a dois principais motivos: o pouco incentivo aos produtores na melhoria destes tipos de características pela não valorização de peixes com melhores rendimentos e os custos mais elevados dos programas de melhoramento destes tipos de características que necessitam de estrutura de parentesco para sua avaliação genética (Gjedrem, 2000; Rutten et al. 2004, Van Sang et al., 2009).

Avaliar diretamente esses tipos de características nos próprios animais candidatos é impossível. Mas animais aparentados podem ser medidos, e seus valores genéticos usados para a predição daqueles candidatos. Para tal, programas de melhoramento genético utilizando estruturas de meio-irmãos e/ou irmãos completos precisam ser montados. O programa nacional norueguês para o salmão do Atlântico é um exemplo em que são avaliadas 360 famílias por ano, estabelecendo-se como principais objetivos de seleção a porcentagem de gordura e a coloração do filé (Gjedrem, 2000). O sacrifício e a filetagem de meio-irmãos e/ou irmãos completos garantem a informação que é utilizada para predizer os valores genéticos dos peixes vivos remanescentes.

Os custos de programas com esta estrutura são maiores. Uma das grandes dificuldades destes programas, no melhoramento de peixes, é a marca utilizada para a identificação dos animais. A maior parte das disponíveis e acessíveis como as fitas numeradas que perpassam a musculatura ou os fios de *nylon* com pequenas etiquetas numeradas que também são fixados da mesma forma, têm altas taxas de perda. Isto obriga que maior número de animais sejam avaliados para compensar as perdas de informação, aumentando-se os custos do programa.

Além disto, existe a necessidade da identificação dos acasalamentos e da manutenção das famílias de irmãos completos separados uns dos outros, até que tenham peso suficiente para receberem as marcas (>5 gramas em tilápias do Nilo, ou seja, pelo menos 60 dias de cultivo). O surgimento de *microchips* (*pit tags*) de identificação diminuiu consideravelmente as perdas de marcas (praticamente 0%), mas é a opção mais cara no mercado.

Por estes motivos e em razão dos poucos recursos disponíveis para investimento nos países em desenvolvimento, a maior parte dos programas e os estudos de avaliação genética em tilápias do Nilo foram baseados no método de seleção massal, mais simples e barato (Gjedrem, 2000; Rutten et al., 2004; 2005a), desestimulando o melhoramento genético para rendimentos cárneos e valorizando somente o ganho de peso.

Medidas morfométricas como critério de seleção

Estudos sobre as correlações fenotípicas e genéticas entre características morfométricas, rendimento e peso de filé têm sido realizados em várias espécies de peixe (Bosworth et al., 1998; Cibert et al., 1999; Rutten et al., 2004). Essas características, geneticamente correlacionadas, permitiram aos programas de melhoramento genético, baseados em seleção massal, sua inclusão como critério para alcançar o objetivo de grande interesse para as indústrias de processamento. Programas que optam por gerar informação a partir de uma estrutura de parentesco, mas evitam o sacrifício dos animais que poderiam ter alto valor genético, também seriam beneficiados.

As medidas morfométricas, ou de conformação, contribuem para a descrição da forma do corpo do peixe, que varia de acordo com as características de cada espécie, além de poderem influenciar o peso corporal e o rendimento do filé (Bosworth, et al., 1998; Cibert, 1999). Segundo Contreras-Guzmán (1994), isto se deve à capacidade diferencial da acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo do animal durante seu crescimento, o que caracteriza o seu formato e influencia os rendimentos cárneos. Em tilápias do Nilo, rendimentos de filé que variam em 26 a 37% são encontrados na literatura (Souza e Macedo-Viegas, 2000; Silva et al., 2000)

As medidas conformacionais avaliadas em trabalhos com tilápia do Nilo são várias e há inclusive divergências nas regiões corporais nas quais as mensurações devem ser obtidas, o que prejudica a comparação dos dados em uma mesma espécie e entre diferentes espécies estudadas (Souza et al., 1998).

Diodatti (2006), por exemplo, realizou diversas medidas no corpo de tilápias do Nilo (Fig. 1), como comprimento de cabeça (CC), comprimento padrão (CP), três pontos de altura (AC1, AC2 e AC3), três pontos de largura (LC1, LC2 e LC3) e três perímetros (P1, P2 e P3). Rutten et al. (2004), contudo, trabalharam com comprimento de cabeça, comprimento padrão e comprimento chamado por eles de “correto”, a diferença entre o comprimento padrão e o da cabeça. Mensuraram uma altura e uma largura consideradas as maiores do animal.

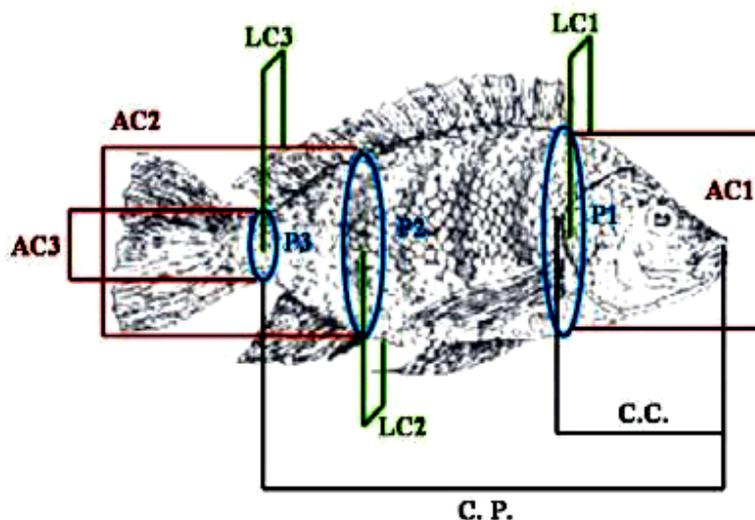


Figura 1. Avaliação morfométrica de tilápias do Nilo (Diodatti, 2006).

Em que,

CC: comprimento de cabeça	CP: comprimento padrão	
AC1: primeira altura	AC2: segunda altura	AC3: terceira altura
LC1: primeira largura	LC2: segunda largura	LC3: terceira largura
P1: primeiro perímetro	P2: segundo perímetro	P3: terceiro perímetro

Santos (2004) utilizou medidas idênticas às de Diodatti (2006), porém gerou informações diferentes, como o volume do corpo (V) e a área da pele (AP; Fig. 2), estimados a partir das seguintes expressões:

$$V = (1/3 \cdot \pi \cdot L/k) (a_1^2 + a_1a_2 + a_2^2);$$

$$AP = (P_1 + P_3) \cdot (CP - CC) / 2.$$

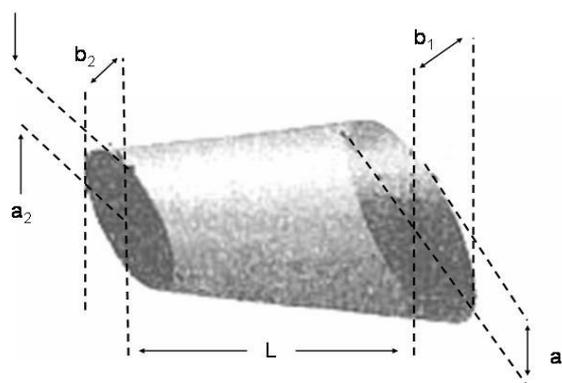


Figura 2. Tronco do cone elíptico (Swokowski, 1994, citado por Santos, 2004).

Em que,

V: volume do corpo;

L: comprimento do corpo (CP-CC);

K: excentricidade média das elipses das bases, $(AC1/LC1 + AC3/LC3) / 2$;

a_1 : $LC1 / 2$; a_2 : $LC3 / 2$; b_1 : $AC1 / 2$; b_2 : $AC2 / 2$.

Independente das opções de medidas morfométricas de cada estudo em tilápias do Nilo, a principal conclusão destes autores foi que a correlação fenotípica entre peso corporal e peso de filé é geralmente alta, enquanto entre peso corporal e rendimento de filé é baixa.

As medidas corporais normalmente apresentam alta correlação fenotípica com peso corporal e o peso do filé e baixa com o rendimento de filé. Charo-Karisa et al. (2007) encontraram correlações fenotípicas entre medidas corporais e peso vivo do animal que variaram entre 0,64 e 0,89. Rutten et al. (2004) encontraram valores entre 0,76 (largura) e 0,91 (altura) como correlações fenotípicas com o peso do filé. Santos (2004) afirmou que grande parte das correlações entre medidas de conformação e peso de carcaça e filé foram maiores do que 0,9.

Rutten et al. (2004) encontraram coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,95 para modelo preditor do peso de filé com base no peso corporal e em medidas morfométricas. Diodatti (2006), por meio do procedimento *backward*, também obteve modelo preditor do peso de filé com alto R^2 (0,90), mas com somente o comprimento padrão e uma das larguras corporais incluídas como variáveis independentes. O autor identificou altas correlações entre as várias medidas corporais em seu estudo.

As correlações fenotípicas entre medidas corporais ou peso do animal e rendimentos cárneos encontradas nos estudos foram normalmente muito baixas. Santos (2004) não encontrou valores maiores que 0,30 tanto para rendimento de carcaça quanto para filé, apesar de o volume do corpo (V) e o rendimento de filé terem maior associação (0,58). Os resultados de correlações obtidos por Rutten et al. (2004) também foram pequenos, <0,19 (largura). Rutten et al. (2005a) obtiveram correlações de 0,38 (comprimento de cabeça) a 0,51 (largura).

O modelo preditor de rendimento de filé, avaliado por Rutten et al. (2004), explicou somente 15% de toda a variação observada. Todas as medidas corporais foram significativas, mas peso corporal não. O modelo obtido por Diodatti (2006) explicou apenas 1% da variação do rendimento do filé de acordo com seus resultados de mensuração.

Diferenças entre populações, idade e peso dos animais filetados, tipo de processamento e destreza do filetador ou regulagem de máquina filetadora dificultam a obtenção de modelo que melhor explique variações no rendimento de filé.

Para programas de melhoramento genético, informações sobre variâncias e covariâncias fenotípicas entre características não são suficientes. (Co)variâncias genéticas são necessárias para a predição de valores genéticos e a estimativa de ganhos genéticos, seja selecionando direta ou indiretamente para as características de interesse. Em tilápias do Nilo, são poucas as estimativas de (co) variâncias genéticas de peso corporal e medidas corporais. Na literatura, foi encontrado apenas um trabalho que estimou correlações genéticas entre rendimento de filé e medidas corporais.

Velasco et al. (1995), provavelmente, foram os primeiros a estimar herdabilidades para pesos de carcaça e medidas de conformação. Estimaram as herdabilidades do peso corporal de 0,61 (machos) e 0,24 (fêmeas); peso de filé de 0,63 (machos) e 0,30 (fêmeas); altura de 0,61 (machos) e 0,57 (fêmeas); comprimento padrão de 0,48 (machos) e 0,44 (fêmeas); peso de carcaça de 0,63 (machos) e 0,40 (fêmeas). Os autores apresentaram correlações genéticas altas entre todas as características, e concluíram ser desnecessário o uso de todas as medidas em um programa de seleção. Nguyen et al. (2007) chegaram às mesmas conclusões e sugeriram que existe pouca ou nenhuma variação genética independente entre medidas morfométricas (correlações genéticas de 0,94 a 0,99). Os autores estimaram as herdabilidades para peso corporal, comprimento total, altura e largura, moderadas a altas, que variaram entre 0,20 e 0,35. Estimaram, ainda, altas correlações (entre 0,91 e 0,96) entre sexos para todas as medidas de conformação e peso corporal, o que indica serem desnecessários programas de melhoramento distintos para os sexos.



Rutten et al. (2005a) foram os primeiros a avaliar geneticamente o rendimento de filé em tilápias do Nilo. Em seu estudo, correlações genéticas foram maiores que as fenotípicas. As correlações genéticas entre peso corporal e medidas corporais variaram de 0,76 a 0,92; entre peso de filé e as mesmas medidas, de 0,89 a 0,99; entre as medidas de conformação, as correlações variaram de 0,82 a 0,98, reforçando as conclusões de Velasco et al. (1995) e Nguyen et al. (2007). O rendimento de filé foi correlacionado com largura (0,98), com o próprio peso do filé (0,81) e com o peso corporal (0,74).

Os autores estimaram herdabilidades do peso do filé, peso corporal, comprimento e largura como moderadas a altas (0,24; 0,26; 0,25 e 0,25, respectivamente). Porém, a herdabilidade do rendimento de filé foi baixa (0,12). É possível que o processo de filetagem tenha sido o grande responsável pelo aumento da variância ambiental desta característica, ou havia pequena variância genética aditiva nesta população.

Estes resultados sugerem que respostas correlacionadas para rendimento de filé por meio de medidas conformacionais seriam maiores que a seleção direta, dado que houve correlações genéticas altas entre rendimento de filé e medidas conformacionais e a herdabilidade da característica escolhida como critério de seleção (medidas conformacionais) foi maior que a do objetivo de seleção (rendimento de filé).

Contudo, Rutten et al. (2005a) acreditam que um programa de melhoramento para tilápias do Nilo deveria ter como objetivo peso de filé, por representar uma combinação genética do peso corporal e do rendimento de filé. Como a correlação genética entre peso de filé e peso corporal é altíssima, 0,99, e bem alta com rendimento de filé, garantir-se-ia o melhoramento do peso corporal, que é a principal fonte de renda do produtor, mas sem negligenciar ganhos genéticos em rendimento de filé. A maior herdabilidade da característica peso de filé resultaria em retornos econômicos maiores para a cadeia produtiva.

Constata-se a existência de pouca informação na literatura sobre estimativas de componentes de (co)variância genética de rendimentos de filé e medidas corporais em tilápias do Nilo. Aparentemente, a baixa herdabilidade da característica rendimento de filé favorece o uso de características correlacionadas para o seu melhoramento. Altas correlações genéticas com medidas morfométricas e as herdabilidades moderadas a altas destas últimas contribuem para a seleção indireta.

Análises genéticas longitudinais destas características avaliando o perfil de (co)variâncias genéticas e ambientais ao longo do crescimento dos peixes ajudariam a definir a viabilidade do melhoramento genético destas características em populações comerciais de tilápias do Nilo.

Agradecimentos

Esta pesquisa é parte integrante de projeto financiado pelo CNPq (processo nº 478429/2008-8). Os autores desejam agradecer a CAPES pelo financiamento de uma bolsa ao estudante de doutorado Eduardo Maldonado Turra.

Referências bibliográficas

- Aguiar HN.** *Índice de seleção utilizando dados simulados de tilápias do Nilo.* 2006. 34f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- Bosworth BG, Libey GS, Notter DR.** Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). *J World Aquacult Soc*, v.29, p.40-50, 1998.
- Brummett RE, Angoni DE, Pouomogne V.** On-farm and on-station comparison of wild and domesticated Cameroonian populations of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, v.242, p.157-164, 2004.
- Charo-Karisa H, Bovenhuis H, Rezk MA, Ponzoni RW, Van Arendonk JAM, Komen H.** Phenotypic and genetic parameters for body measurements, reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, v.273, p.15-23, 2007.
- Cibert C, Fermon Y, Vallod D, Meunier FJ.** Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. *Aquat Living Resour*, v.12, p.1-10. 1999.
- Contreras-Guzmán ES.** *Bioquímica de pescados e derivados.* Jaboticabal: FUNEP, 1994. 409p.
- Diodatti FC.** *Medidas morfométricas no peso e rendimento de componentes corporais de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus).* Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.
- Eknath AE, Bentsen HB, Gjerde B, Tayamen MM, Abella TA, Circa AV, Gjedrem T, Pullin RSV.** Approaches to national fish breeding programs: pointers from a tilapia pilot study. *NAGA: the ICLARM Q*, v.14, n.2, p.10-12, 1991.
- Eknath AE, Tayamen MM, Palada-de-Vera MS, Danting JC, Reyes RA, Dionísio EE, Capili JB, Bolívar HL, Abella TA, Circa AV, Bentsen HB, Gjerde B, Gjedrem T, Pullin RSV.** Genetic improvement of farmed tilapia: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. *Aquaculture*, v.111, p.171-188, 1993.
- Falconer DS, Mackay TFC.** *Introduction to quantitative genetics.* 4.ed. Harlow, UK: Pearson Education, 1996
- FAO.** The state of world fisheries and aquaculture 2006. Disponível em: www.fao.org/docrep/009/a0699e/



a0699e00.htm. Acessado em: 05 set. 2008.

- Fitzsimmons K.** Tilapia: the most important aquaculture species of the 21st century. In: International Symposium on Tilapia Aquaculture, 5, 2000, Rio de Janeiro, Brazil. *Proceedings: Tilapia Aquaculture in the 21st Century*. Rio de Janeiro, Brazil: ISTA, 2000. v.1, p.3-8.
- Gjedrem T.** Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquacult Res*, v.31, p.25-33, 2000.
- Gjedrem T.** Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquacult*, v.22, p.33-45, 1997.
- Huang CM, Chang SL, Cheng HJ, Liao IC.** Single gene inheritance of red body coloration in Taiwanese rede tilapia. *Aquaculture*, v.74, p.227-232, 1988.
- Huang CM, Liao IC.** Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, v.85, p.199-205, 1990.
- Hulata G.** Genetic manipulations in aquaculture, a review of stock improvement by classical and modern technologies. *Genetica*, v.111, p.155-173, 2001.
- Hulata G, Wohlfarth G, Halevy A.** Mass selection for growth rate in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.57, p.177-184, 1986.
- Kause A, Ritola O, Paananen T, Mäntysaari E, Eskelinen U.** Coupling body weight and its composition: a quantitative genetic analysis in rainbow trout. *Aquaculture*, v.211, p.65-79, 2002.
- Khaw HI, Ponzoni RW, Danting MJC.** Estimation of genetic change in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by comparing contemporary progeny produced by males born in 1991 or in 2003. *Aquaculture*, v.275, p.64-69, 2008.
- Kronert U, Hörstgen-Schwark G, Langholz HJ.** Prospects of selecting late maturing in tilapia (*Oreochromis niloticus*). Family studies under laboratory conditions. *Aquaculture*, v.77, p.113-121, 1989.
- Kubitza F.** Tilápias na boda de cristal. *Panor Aquicult*, v.17, n.99, p.14-21, 2007.
- Lymbery AJ, Doupe RG, Jenkins G, Thorne T.** Genetics in the aquaculture industry. *Aquacult Res*, v.31, p.1-2, 2000.
- Nguyen NH, Khaw HL, Ponzoni RW, Hamzah A, Kamaruzzaman K.** Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? *Aquaculture*, v.272, n.S1, p.S38-S46, 2007.
- Oldorf W, Kronert U, Balarin J, Haller R, Höstangen-Schwark G, Langholz HJ.** Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*) II. Strain comparison under laboratory and field conditions. *Aquaculture*, v.77, p.123-133, 1989.
- Pereira JCC.** *Melhoramento genético aplicado à produção animal*. 5.ed. Belo Horizonte, MG: FEPMVZ, 2008.
- Ponzoni RW, Khaw HI, Nguyen HN.** Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.269, p.187-199, 2007.
- Quillet E, Guillou SL, Aubin J, Fauconneau B.** Two-way selection for muscle lipid content in pan-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, v.245, p.49-61, 2005.
- Romana-Eguia MRR, Ikeda M, Basiao ZU, Taniguchi N.** Genetic diversity in farmed Asian Nile and red hybrid tilapia stocks evaluated from microsatellite and mitochondrial DNA analysis. *Aquaculture*, v.236, p.131-150, 2004.
- Rutten MJM, Bovenhuis H, Komen H.** Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.246, p.125-132, 2005a.
- Rutten MJM, Bovenhuis H, Komen H.** Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.231, p.113-122, 2004.
- Rutten MJM, Komen H, Bovenhuis H.** Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture*, v.246, p.101-113, 2005b.
- Rye M, Gjerde B.** Phenotypic and genetic parameters of composition traits and flesh colour in Atlantic salmon. *Aquacult Res*, v.27, p.121-133, 1996.
- Santos VB.** *Crescimento morfométrico e alométrico de linhagens de tilápia (Oreochromis niloticus)*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.
- Silva PC, Souza VL, Cantisani Padua DM, Dalacorte PC, Gonçalves DC.** Effect of stocking density on growth and fillet composition of tetra hybrid red tilapia, Israeli strain. In: International Symposium on Tilapia Aquaculture, 5, 2000, Rio de Janeiro, Brazil. *Proceedings: Tilapia Aquaculture in the 21st Century*. Rio de Janeiro, Brazil: ISTA, 2000. v.3, p.341-345.
- Souza MLR, Castagnoli N, Konkra SN.** Influência das densidades de estocagem e sistema de aeração sobre o peso e características de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Sci*, v.20, p.387-393, 1998.
- Souza MLR, Macedo-Viegas EM.** Effects of filleting methods on processing yield of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: International Symposium on Tilapia Aquaculture, 5, 2000, Rio de Janeiro, Brazil. *Proceedings: Tilapia Aquaculture in the 21st Century*. Rio de Janeiro, Brazil: ISTA, 2000. v.3, p.451-457.
- Van Sang N, Thomassen M, Klemetsdal G, Gjøen HM.** Prediction of fillet weight, fillet yield, and fillet fat for live river catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture*, v.288, p.166-171, 2009.
- Velasco RR, Janagap CC, De Vera MP, Afan LB, Reyes RA, Eknath AE.** Genetic improvement of farmed tilapias: estimation of heritability of body and carcass traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.137, p.280-281, 1995.