

## Avaliação genética do crescimento de tilápia do Nilo em condições de baixa temperatura

Rodrigo Fortes-Silva<sup>1\*</sup>, Roble de Almeida Torres<sup>2</sup>, Oswaldo Pinto Ribeiro-Filho<sup>3</sup>, Victor Lopes Schiavetti<sup>2</sup>, Marcelo Maia Pereira<sup>3</sup>, Rafael Teixeira Bastos<sup>4</sup>, Marcos Yamaki<sup>5</sup> e José Lindenberg Rocha Sarmento<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Murcia (UMU). Departamento de Fisiología Animal. 30003 Murcia. España. \*Correo electrónico: fortesrs@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV). Departamento de Zootecnia. 36571-000 Viçosa-MG. Brasil.

<sup>3</sup>UFV. Departamento de Biologia. 36571-000 Viçosa-MG. Brasil.

<sup>4</sup>Instituto Federal Minas Gerais. (CEFET). 38900-000 Bambuí - MG. Brasil.

<sup>5</sup>Melhorista genético Sadia. Concórdia-SC. Brasil.

<sup>6</sup>Universidade Federal do Piauí (IEFS). Departamento de Genética e Melhoramento Animal. Piauí - PI. Brasil.

---

### RESUMO

Os parâmetros genéticos para criar ou aperfeiçoar programas de melhoramento genético para peso corporal são escassos. Para avaliar o potencial da seleção massal para o crescimento, os parâmetros genéticos são necessários. O objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos de características de crescimento em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em condição natural de baixa temperatura. Foi utilizada a informação de 800 irmãos completos provenientes de 20 famílias. Os peixes foram pesados a cada  $12 \pm 2$  dias do nascimento até o final do experimento (150 dias). O proc mixed foi utilizado para estimar as varianças e covarianças e obter as herdabilidades e covariâncias, sendo aplicado modelo de unicaracterística via REML considerando como efeito fixo o grupo contemporâneo (tanque e sexo), e efeito genético (animal). As medidas gerais para peso aos 60 dias (P60), peso aos 150 dias (P150g), comprimento aos 60 dias (C60), comprimento aos 150 dias (C150), ganho de peso diário (GPD), ganho de comprimento diário (GCD), carcaça eviscerada (CE) e rendimento de carcaça (RC) foram: 31,62g; 220,54g; 10,50cm; 90,60cm; 1,68g; 0,69cm; 83,89g; 0,87g respectivamente. Os valores altos de herdabilidade e de correlação genética para peso corporal e rendimento de carcaça obtido para a tilápia do Nilo neste trabalho poderão ser explorados em futuros trabalhos de melhoramento, com o objetivo de aumentar a proporção destas características em relação ao peso.

*Palavras Chave:* estimação, parâmetros genéticos, *Oreochromis niloticus*.

---

### Genetic evaluation of Nile tilapia in natural conditions of low temperature

#### ABSTRACT

Genetic parameters to design or optimize breeding programs for these body weights are lacking. To evaluate the potential of mass selection for growth, genetic parameters are required. The goal of this study was estimate genetic parameters of growth characteristics in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in natural conditions of low temperature. Information on 800 full-sib provide by 20 families was used. Fishes were weighed every  $12 \pm 2$  days until end of experiment (150 days). Proc Mixed was used to evaluate the variance and covariance components and to obtain heritability and correlations. Uncharacteristic model via REML, considering fixed effect the contemporary group (tank and sex) and genetic effect (animal) was used. Measurements for weight at

60 days (W60), weight at 150 days (W150), length at 60 days (L60), length to 150 days (L150), daily weight gain (DWG), daily length gain (DLG), Carcass (EC) and carcass efficiency (CE) were: 31,62g; 220,54g; 10,50cm; 90,60cm; 1,68g; 0,69cm; 83,89g; 0,87g respectively. High heritability and genetic correlation for body weight and eviscerated dressing Values of Nile Tilapia obtained in this study, can be used in future studies of animal breeding, intending to increase the proportion characteristics related to body weight.

*Keywords:* estimation, genetics parameters, *Oreochromis niloticus*.

## Evaluación genética del crecimiento de la tilapia de Nilo en condiciones naturales de baja temperatura

### RESUMEN

Con la finalidad de evaluar genéticamente el crecimiento de la tilapia de Nilo en condiciones naturales de baja temperatura, se utilizó una información de 800 peces hermanos provenientes de 20 familias, quienes fueron pesados cada  $12 \pm 2$  días después del nacimiento hasta el final del experimento (150 días). La estimación de la varianza, covarianza y las correlaciones se obtuvieron utilizando el Proc Mixed, aplicando el modelo univariado mediante REML. La heredabilidad fue alta: 0,91 y 1,36 a los 60 y 150 días, respectivamente. Se registró una longitud de 0,94 y 0,95 a los días 60 y 150, respectivamente. La ganancia diaria de peso y la ganancia diaria de longitud fueron 0,87 y 0,60. El rendimiento de carcaza sin viseras y con viseras oscila entre el 1,00 y 0,21, respectivamente. Los altos valores observados en la heredabilidad, la correlación genética del peso corporal y el rendimiento de la carcaza obtenidos en este estudio, podrían ser explotados en futuros trabajos con el objetivo de potenciar estos parámetros para obtener una mayor ganancia de peso.

*Palabras clave:* estimación, parámetros genéticos, *Oreochromis niloticus*.

### INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa considerável posição no mercado internacional como produtor de pescado (Anualpec 2007), possuindo boas condições de clima que poderiam permitir aumentar consideravelmente sua produção (Peixoto *et al.*, 2010). Todavia, devido à grande extensão territorial, existem regiões de baixas temperaturas anuais, porém com alguma importância no cultivo da tilápia devido à geração de emprego e renda nessas regiões. No estado de Santa Catarina, por exemplo, onde as temperaturas anuais geralmente são baixas, a produção anual de 2003 ultrapassou a Carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) com o montante de 6.900 toneladas cultivadas (CEDAP, 2003).

O crescente interesse na produção de tilápia aumentou a busca por programas de melhoramento genético para melhoria da produtividade (Rutten *et al.*, 2005a,b; Ponzoni *et al.*, 2005; Maluwa e Gjerde, 2006). Segundo Mackay *et al.* (1984) e Rutten *et al.* (2005a), é de fundamental importância a avaliação

da interação genotípica com a temperatura para obter melhores taxas de crescimento em trutas. Para estabelecer um programa genético, é necessário levar em consideração a importância das características que se deseja melhorar (Rezk *et al.*, 2009). A estimativa de parâmetros genéticos como herdabilidade e correlação para características de certa importância é um dos recursos necessários para implantação de um método de seleção e também para o sucesso de um programa de melhoramento de peixes (Tave, 1986; Falconer e Mackay, 1996). Dessa forma, é possível determinar uma estratégia ao programa de melhoramento genético nas condições ambientais em que se encontram os animais, de forma a possibilitar incremento nas características que se deseja melhorar.

Embora diversas instituições venham desenvolvendo pesquisas com tilápias persistem muitas dúvidas com relação à criação desta espécie em regiões com temperaturas fora do seu padrão de conforto térmico (Graeff e Pruner, 2006).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros genéticos para características de produção em uma geração da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em condições naturais de baixa temperatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Condição experimental

Este trabalho foi realizado no Departamento de Biologia, setor de ricultura da Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG, no período de 01/03/2007 a 01/07/2007. As matrizes e reprodutores foram obtidos de uma fazenda localizada na zona rural de Paula Cândido-MG, Brasil. Com o objetivo de obter o controle dos acasalamentos, para a obtenção de irmãos completos contemporâneos, utilizou-se a técnica de sincronização da reprodução com extrato bruto de hipófise de carpa para obtenção de 20 famílias de irmãos completos.

As larvas foram mantidas em tanques individuais de 150 l para posterior identificação. Aos 60 dias de idade, aleatoriamente 40 alevinos de cada família foram identificados de acordo com a marcação adaptada de (Faria *et al.*, 2003) e repartidos em 5 tanques de alvenaria com capacidade total de 5.000 l cada. Assim, as informações utilizadas no presente estudo corresponderam ao registro de 800 animais. Todos os tanques possuíam sistema de abastecimento de água interligado de modo a permitir a mesma taxa de renovação e a mesma qualidade de água. A temperatura era mensurada duas vezes ao dia e a taxa de oxigênio e o pH eram mensurados semanalmente. A ração era fornecida até a aparente saciedade dos peixes, sendo realizadas as 08h00min, 13h00min e 17h00min. Foi utilizada em todos os tanques ração comercial para tilápia com 30% de proteína bruta, 9,40% energia digestível, 15,0% extrato etéreo, 7,89% cinzas e 91,3% de matéria seca.

A partir dos 60 dias de idade foram realizadas dez biometrias até o final do experimento para obtenção do peso e comprimento. No momento das biometrias, peixes detectados com perda de marcação eram descartados, sendo utilizada a informação dos animais restantes. Aos 180 dias de idade realizou-se sexagem de todos os indivíduos e os peixes foram anestesiados e sacrificados para a obtenção do rendimento de carcaça e peso de carcaça eviscerada. A média da temperatura para todo o período experimental esteve

em  $21 \pm 4^{\circ}\text{C}$ , chegando a  $17 \pm 1^{\circ}\text{C}$  no último mês de experimentação.

### Análise dos dados

As variáveis consideradas para o estudo foram: peso aos 60 dias de idade (P60), peso aos 150 dias de idade (P150), comprimento total aos 60 dias de idade (C60), comprimento total aos 150 dias de idade (C150), ganho de peso diário (GPD), ganho de comprimento diário (GCD), rendimento de carcaça total (RC) e carcaça eviscerada (CE).

Os componentes de variância e covariância de acasalamento para a obtenção das herdabilidades e correlações foram estimados pelo Proc Mixed, aplicando modelo de unicaracterística via REML (Máxima Verossimilhança Restrita), utilizando o programa estatístico SAS (2004). Como variáveis ambientais (efeito fixo) foram consideradas grupo contemporâneo (tanque e sexo) e efeito genético (animal).

O modelo estatístico utilizado para este caso foi:  $y_{ijk} = \mu + s_i + c_j + e_{ijk}$  em que:  $y_{ijk}$  = animal k do acasalamento j do sexo i;  $\mu$  = Média geral;  $s_i$  = Efeito fixo de sexo,  $i = 1, 2$ ;  $c_j$  = Efeito do acasalamento j,  $j = 1, 2, \dots, 20$ ,  $C_i \sim \text{NID}(0, \sigma_c^2)$ ;  $e_{ijk}$  = erro associado a cada observação  $y_{ijk}$ .

Não foi considerado o efeito ambiental permanente materno uma vez que as larvas foram separadas das mães no segundo dia de vida. Utilizando a covariância entre irmãos-completos, o componente genético foi descrito como componente de variância de acasalamento que, em termos de componentes genéticos foi:

$\sigma_c^2 = \sigma(IC) = 1/2 \sigma_A^2 + 1/4 \sigma_D^2$ . Descrito por Silva (1980).

A herdabilidade foi estimada por:

$$\hat{h}^2 = 2\sigma_c^2 / \sigma_c^2 + \sigma_e^2.$$

As correlações entre as características foram estimadas utilizando os componentes de covariância de acasalamento e calculadas do seguinte modo:

$$\sigma_{c(A,B)} = (\sigma_{c(A+B)}^2 - \sigma_{c(A)}^2 - \sigma_{c(B)}^2) / 2;$$

$$r_g = \sigma_{c(A,B)} / \sqrt{\sigma_{c(A)}^2 \cdot \sigma_{c(B)}^2}$$

$$r_p = \sigma_{c(A,B)} + \sigma_{e(A,B)} / \sqrt{(\sigma_{cA}^2 + \sigma_{eA}^2)(\sigma_{cB}^2 + \sigma_{eB}^2)}$$

Em que:  $\sigma_{c(A,B)}$  = Componente de covariância de acasalamento das características "A" e "B", entre reprodutores;  $r_g$  = Correlação Genética;  $r_p$  = Correlação Fenotípica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Valores fenotípicos

Segundo Kubitzka (2000), a faixa de temperatura para a maximização do crescimento da espécie estudada situa-se entre 27°C e 32 °C, assim considera-se que a temperatura esteve abaixo do recomendado para a tilápia. As médias fenotípicas para cada uma das variáveis de crescimento estudadas e seus devidos erros padrão estão representadas no Quadro 1. As médias de peso aos 60 e 150 dias de idade foram de 31,62 ± 7,01 e 220,54 ± 40,50 respectivamente.

Esses resultados foram consideravelmente superiores os encontrados por Graeff e Pruner (2006), que trabalhando com alevinos de tilápias com peso inicial de 41,0 ± 1,0g obtiveram animais de 99,3±6,0g aos 152 dias de idade. Esses dados foram devido à oscilação da temperatura que foi de 32,4°C no final de junho a um mínimo de 7,2°C. Os dados de comprimento aos 60 dias de idade (10,50 ± 0,98) e comprimento

aos 150 dias de idade (90,60 ± 4,26) também foram superiores aos encontrados por estes autores. Graeff e Pruner (2006) confirmam que mesmo os peixes tendo um baixo rendimento no inverno, estes chegarão ao consumidor mais cedo devido a um maior peso dos alevinos na entrada do verão, o que justificaria sua criação em baixa temperatura.

Contudo, certas condições de temperatura devem ser respeitadas, pois abaixo de 20°C o apetite fica comprometido e temperaturas na faixa de 8 a 14°C podem ser letais, dependendo da espécie, linhagem e condição dos peixes e do ambiente (Kubitzka, 2000).

### Parâmetros genéticos

O Quadro 1 representa os componentes de variância e herdabilidade ( $h^2$ ) e seus respectivos erros padrão das análises univariadas para cada uma das características de crescimento.

As estimativas de herdabilidades foram de moderadas a altas, portanto, diferenças genéticas entre os indivíduos são responsáveis, em grande parte, pela variação fenotípica da característica, o que permite predizer valores genéticos por meio dos valores fenotípicos, pois o componente genético é altamente relevante dentro da expressão total da variação. A herdabilidade para P60, foi estimada em um valor maior que 1.

Quadro 1. Componentes de variância e herdabilidade para as variáveis analisadas em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Media ± DE	$\sigma_e^2$	$\sigma_g^2$	$h^2$ (EP)
P 60 (g)	31,62 ± 7,01	1,366	1,812	1,36 (0,15)
C 60 (cm)	10,50 ± 0,98	0,685	0,480	0,94 (0,12)
P 150 (g)	220,54 ± 40,50	470,85	314,902	0,91 (0,11)
C 150 (cm)	90,60 ± 4,26	2,420	1,703	0,95 (0,10)
GPD (g)	1,68 ± 0,21	0,055	0,035	0,87 (0,11)
GCD (cm)	0,69 ± 0,11	0,032	0,010	0,60 (0,13)
CE (g)	83,89 ± 6,67	2,332	1,988	1,00 (0,16)
RC (g)	0,87 ± 0,01	1,980	1,672	0,21 (0,10)

P 60: peso aos 60 dias de idade, C 60: comprimento aos 60 dias de idade, P 150: peso aos 150 dias de idade, C 150: comprimento aos 150 dias de idade, GPD: ganho de peso diário, GCD: ganho de comprimento diário, CE: carcaça eviscerada e RC: rendimento de carcaça.  $\sigma_e^2$ : variância ambiental,  $\sigma_p^2$ : variância genética e  $h^2$ : índice de herdabilidade. EP: erro padrão.

De igual modo, Neira *et al.* (2006), trabalhando com salmão Coho (*Oncorhynchus kisutch*), selecionando populações para peso na despesca durante 4 gerações encontraram também valor maior do que 1. O autor concluiu que a resposta foi superestimada devido a um efeito ambiental positivo que não foi quantificado. O valor da herdabilidade para (P150) de (0,91), foi maior do que aqueles encontrados por Charo-Karisa *et al.*, (2006), que observaram estimativa de herdabilidades para peso corporal na idade de abate de 0,60, 0,38 e 0,51 em três gerações sucessivas para tilápia do Nilo. Contudo, a literatura indica vasta variação da estimativa da herdabilidades (Tave e Smitherman, 1980; Bolívar e Newkirk, 2002; Ponzoni *et al.*, 2005; Rutten *et al.*, 2005 a,b) para peso corporal de tilápia do Nilo adultas em diferentes sistemas de produção.

As estimativas de herdabilidades para C60 e C150 tiveram valores altos e semelhantes entre si, e as estimativas para GPD e CE consideradas também altas, podem ter ocorrido devido ao fato das herdabilidades terem sido estimadas apenas em uma geração que não sofreu nenhum processo de seleção. Segundo Carvalho *et al.* (2001), quando a estimativa de herdabilidade é feita com base em apenas um ano e um local, a variância genética sofre ação dos fatores de interações que possam estar presentes, e com isso ocorrer uma super estimativa da variância.

As estimativas de herdabilidades para GPD e GCD foram também relativamente altas com valores de 0,87 e 0,60 respectivamente. Esses dados foram

similares aos encontrados por Wang, *et al.* (2006), que estimou herdabilidades para taxa de crescimento baseado no peso em híbridos de (*Striped Bass*), usando média de família e estas foram de 0,82 para matrizes e de 0,81 para reprodutores. Resultados similares foram obtidos com dados de taxa de comprimento. Já a estimativa para RC de 0,21, foi considerada media a baixa. Gjerde e Gjedrem (2003), observaram também valores considerados baixos para esta característica em salmão do Atlântico e truta Arco-Íris.

Segundo Falconer (1981), a estimação depende do método utilizado, número de indivíduos e forma de realização do experimento, o que poderia explicar parte das variações na estimação dos componentes. Os valores obtidos, portanto, podem fornecer uma resposta eficiente à seleção fenotípica, uma vez que grande parte da variação fenotípica é atribuída à variação genética entre indivíduos. Os resultados de correlação genética e fenotípicas estão representados no Quadro 2.

Neste trabalho, os efeitos de ambiente comum são resultados do fato dos peixes serem contemporâneos e criadas na mesma qualidade de água, bem como densidade e luz. As correlações genéticas e Fenotípicas entre (P60/P150;P60/C 60), (P150/C150) e (P150/CE) foram consideradas altas e sugere dada a magnitude das correlações genéticas entre as características, que os mesmos genes estão envolvidos na expressão das características, (Falconer e Mackay, 1996). De acordo com Cardellino e Rovira (1987), o grau de correlação

Quadro 2. Correlação fenotípica ( $r_e$ ) e genética ( $r_p$ ) para as variáveis analisadas em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variável	$r_e$	$r_p$
P60 x P150	+ 0, 70	+ 0,36
P60 x C 60	+ 0, 84	+ 0, 67
P150 x C150	+ 1, 00	+ 0, 87
P60 x CE	+ 0, 48	+ 0, 32
P150 x CE	+ 0, 76	+ 0, 85

P 60: peso aos 60 dias de idade, C 60: comprimento aos 60 dias de idade, P 150: peso aos 150 dias de idade, C 150: comprimento aos 150 dias de idade, GPD: ganho de peso diário, GCD: ganho de comprimento diário e CE: carcaça eviscerada.

genética entre duas características é importante para controlar diretamente a mudança genética da característica quando selecionada por meio de outra. As Correlações Genéticas de (P150/C150) de (1,00), concordam com Gjerde e Gjedrem, (2003), que observaram valor semelhante para o salmão do Atlântico e a truta Arco-Íris respectivamente, logo, o ganho genético proveniente da seleção para peso implicará em ganhos nestas características correlacionadas (Agostinho, 1988).

O valor estimado para (P60/CE) foi baixos, não concordando com Gjerde e Gjedrem (2003), que estimou valores para peso corporal eviscerado e não eviscerados igual a 1,00 em salmão do Atlântico e truta Arco-Íris. Também Tave e Smitherman (1980), estimaram valores considerados altos para correlação genética acima de 0,9 entre 100 dias de idade e todas as idades acima de 115 dias para tilápia do Nilo. Entretanto, o valor (0,76) obtido para (P150 x CE) e 0,70 para (P60/C150), podem permitir ganhos genéticos alcançados por meio de seleção indireta. A contribuição das correlações genéticas levemente superiores à das correlações ambientais para a maioria das características estudadas, sugeri que peixes com alto peso quando juvenis podem apresentar características de peso e tamanho elevados em idades mais avançadas, tanto por causas genéticas como ambientais.

### CONCLUSÕES

As estimativas de herdabilidades para peso, comprimento, ganho de peso diário, carcaça eviscerada e ganho de comprimento diário obtidos para a tilápia do Nilo, indicam que as características estudadas são em grande parte controladas por genes com efeito aditivo, sendo possível obter ganhos genéticos por meio de seleção na espécie estudada. A correlação genética obtida para peso e comprimento, peso aos 60 dias, peso aos 150 dias, peso aos 150 dias e carcaça eviscerada nos permite praticar seleção para as características correlacionadas.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado com fundos próprios concedidos pelo setor de piscicultura-UFV. Ao D. Pr. Oswaldo Pinto Ribeiro Filho e funcionários do Departamento de Biologia pelo especial apoio ao

trabalho e a piscicultura João Salame pela doação de hipófises.

### LITERATURA CITADA

- Agostinho, C.A. 1988. Estimativa dos Parâmetros Genéticos e Fenotípicos de Características de Produção em Rã-Pimenta, (*Leptodactylus labyrinthicus*) (Spix, 1824). Universidade Federal de Viçosa (Tese Doutorado), p.139.
- Anuário da Pecuária Brasileira. 2007. (ANUALPEC), pp. 287-289.
- Bolivar, R. B. and G. F. Newkirk. 2002. Response to within family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. *Aquaculture*, 204: 371–381.
- Cardellino, R. Y J. Rovira. 1987. Mejoramiento genético animal. Montevideo, Hemisferio Sur. p. 253.
- Carvalho, F. I. F., S. A. De Silva, A. J. Kurek e V. S. Marchiori. 2001. Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção. Pelotas: Ufpel, p. 98.
- CEDAP. 2003. Aqüicultura de Santa Catarina - dados de produção. Santa Catarina: CEDAP, 2003, p. 18.
- Charo-Karis, H., H. Bovenhuis, M. A. Rezk, R. W. Ponzoni, A. M. Arendonk, J. and H. Komen. 2007. 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*. 273:115-23. Falconer, D. S. 1981. *Intrusão à genética quantitativa* trad. Silva, M. A., Silva, J. C., Viçosa M. G.; UFV. Impr. Uni. p. 279.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. *Introduction to quantitative genetics*. 4 th ed., Longman, Malaysia. p. 446.
- Falconer, D. S., 1993. *Quantitative genetics in Edinburgh: 1947–1980*. *Genetics* 133 (1), pp 137–142
- Faria, R. H. S., L. R. Souza, M. E R. Pereira. 2003. Avaliação de diferentes posições de marcação externa em juvenis de tilápia (*Oreochromis*

- niloticus*; Cichlidae), Acta Scientiarum. 25 (1): 273-276.
- Gjerde B. and T. Gjedrem. 2003. Estimates of phenotypic and genetic parameters for carcass traits in Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture*. 36: 97-110.
- Graeff Á. e E. N. Pruner. 2006. Variáveis que podem interferir na sobrevivência e desenvolvimento da Tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) na região fria do Estado de Santa Catarina. CIVA 2006 (<http://www.civa2006.org>). pp. 70-79.
- Kubitza, F. (2000). Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. 1º. ed. Jundiaí: F. Kubitza. p. 285.
- Maluwa, A.O. and B. Gjerde. 2006. Estimates of the strain additive, maternal, and heterosis genetic effects for harvest body weight of an F2 generation of *Oreochromis shiranus*. *Aquaculture* 259:38–46.
- McKay., L.R., G.W. Friars and P. E. Ihssen.1984. Genotype × temperature interactions for growth of rainbow trout. *Aquaculture* 41:131-140
- Neira R., N. F. Díaz, A.E. Gall G. J. A. Gallardo, J. P. Llorente and A. Alert. 2006. Genetic improvement in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*).II: Selection response for early spawning date. *Aquaculture*.157:1-8
- Rezk M. A., R. W. Ponzoni, H. L. Khaw, E. Kamel, T. Dawood and G. John 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.
- Peixoto, S., W. Wasielesky and R. Cavalli. 2010. Broodstock maturation and reproduction of the indigenous pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in Brazil: An updated review on research and development. *Aquaculture*. In press. Doi: AQUA-629132.
- Ponzoni, R.W., A. Hamzah, S. Tan and H. Kamaruzzaman. 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 247:203-210.
- Rutten, M.J.M., H. Bovenhuis and H. Komen. 2005a. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L). *Aquaculture*. 246: 125-132.
- Rutten, M.J.M., H. Bovenhuis and H. Komen. 2005b. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L) body weight using a random regression model. *Aquaculture*. 246: 101-113.
- SAS, (2004). Statistical Analysis Software Institute, SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA.
- Silva, M.A. 1980. Métodos de estimação de componentes genéticos. Universidade Federal de Viçosa. Imprensa Universitária., p. 49.
- Tave, D. 1986. Genetics of quantitative phenotypes. In: Genetic for fish hatchery managers. Connecticut: Westport., 115-160.
- Tave, D., and R. Smitherman. 1980. Predicted response to selection for early growth in Nile tilapia. *Trans Animal Fish Soc.*, pp 439-445.
- Wang, X., K. E. Ross, E. Sailland, D. M. Gatlin Iii and J. R. Gold. 2006. Quantitative genetic and heritability of growth-related traits in hybrid striped bass (*Morone chrysops female x Morone saxatilis male*). *Aquaculture*. 261: 535-545.