

HUMBERTO NEVES DE AGUIAR

**ÍNDICE DE SELEÇÃO UTILIZANDO DADOS SIMULADOS DE
TILÁPIAS DO NILO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

A282i
2006

Aguiar, Humberto Neves de, 1974-

Índice de seleção utilizando dados simulados de
tilápias do Nilo / Humberto Neves de Aguiar. – Viçosa :
UFV, 2006.

vi, 34f. : il. ; 29cm.

Orientador: Ricardo Frederico Euclides.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 29-34.

1. Tilápia (Peixe) - Seleção - Simulação por compu-
tador. 2. GENESYS (Programa de computador).

3. Tilápia (Peixe) - Melhoramento genético.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 639.3774

HUMBERTO NEVES DE AGUIAR

**ÍNDICE DE SELEÇÃO UTILIZANDO DADOS SIMULADOS DE
TILÁPIAS DO NILO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como parte
das exigências do Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 04 de setembro de 2006.

Prof. Robledo de Almeida Torres
(Co-orientador)

Prof^a. Ana Lúcia Salaro
(Co-orientadora)

Prof. Paulo Sávio Lopes

Prof. Antonio Policarpo Souza
Carneiro

Prof. Ricardo Frederico Euclides
(Orientador)

Aos meus pais Carlos Alberto Aguiar e Marina Ramos Neves e
a minha namorada Mariana Salim Prado

AGRADECIMENTOS

Agradeço pela variância genética aos meus pais e avós;

Agradeço pela variância fenotípica à:

Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

Professores Ricardo Frederico Euclides, por ter acreditado em mim e me orientado. Robledo de Almeida Torres, Paulo Sávio Lopes, Ana Lucia Salaro e Antonio Policarpo Souza Carneiro pelo apoio recebido.

Meu irmão e meus amigos que me ajudaram nas várias idas à Vila Velha e aos meus amigos de Viçosa.

A minha namorada, meu sogro e minha sogra pelo apoio.

E a todos os outros que tenham direta ou indiretamente contribuído para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 . INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1. CRIAÇÃO DE TILÁPIA NO BRASIL	3
1.2 PROGRAMAS DE SELEÇÃO	3
2.2.1 HERDABILIDADE (h^2).....	6
2.2.2 CORRELAÇÕES GENÉTICAS	9
2.3 EFEITO PLEIOTRÓPICO	9
2.4 ÍNDICE DE SELEÇÃO	11
2.5 OBTENÇÃO DO VALOR ECONÔMICO	11
2.5.1 EQUAÇÃO DE LUCRO	12
2.6 PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO	13
2.7 GENESYS®	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 MATERIAL	14
3.2 MÉTODOS	14
3.2.1 CARACTERÍSTICAS SIMULADAS	14
3.2.2 HERDABILIDADES	14
3.2.3 EFEITO PLEIOTRÓPICO	14
3.2.4 AVALIAÇÕES DAS HERDABILIDADES E DAS CORRELAÇÕES	15
3.2.5 TESTE T DE STUDENT.....	16
3.2.6 PARÂMETROS UTILIZADOS PARA A SIMULAÇÃO DAS TILÁPIAS	16
3.2.6.1 – DADOS SIMULADOS NO EXPERIMENTO.....	16
3.2.7 ÍNDICE DE SELEÇÃO	17
3.2.8 VALORES ECONÔMICOS	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5 – CONCLUSÕES	28
6 – BIBLIOGRAFIA	29

RESUMO

AGUIAR, Humberto, Neves de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2006. **Índice de seleção utilizando dados simulados de tilápias do Nilo.** Orientador: Ricardo Frederico Euclides. Co-orientadores: Robledo de Almeida Torres e Ana Lúcia Salaro.

A tese visa demonstrar que existem diferenças significativas nos índices de seleção se calculados a geração e para cada um dos sexos em separado. Para tal, foram calculados índices utilizando dados simulados de peso e comprimento de tilápias no Nilo totalmente desenvolvidas. A simulação foi feita com duas herdabilidades para cada característica (0,2 e 0,4 para o peso e 0,3 e 0,5 para o comprimento) e com diferentes efeitos pleiotrópicos (30, 50 e 70%). Simulou-se população base, de 500 machos e 500 fêmeas com uma correlação positiva entre as características. Limitou-se o potencial das fêmeas em 80% do dos machos, para ambas as características. Selecionou-se a população inicial, ao acaso, da população base, 10 machos e 100 fêmeas. De cada fêmea foram selecionados, ao acaso, 10 alevinos, com balanceamento de sexo. A simulação foi feita por 10 gerações e com 10 repetições por geração. O primeiro índice de seleção foi calculado para machos e fêmeas separadamente, levando em consideração peso e comprimento (b_1 e b_2 para machos e b_1 e b_2 para fêmeas). Um segundo índice foi feito com os mesmos parâmetros, no entanto com os sexos calculados conjuntamente. Utilizou-se pesos definidos para as características a serem analisadas. Estes pesos foram estipulados com base no interesse de cada uma das características.

ABSTRACT

AGUIAR, Humberto, Neves de, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, September of 2006. **Selection index using simulated data of Nile tilapia.** Adviser: Ricardo Frederico Euclydes. Co-Advisers: Robledo de Almeida Torres e Ana Lúcia Salaro.

This thesis intends to demonstrate the existence of significant differences on the selection index when calculated at each generation and for both sex separately. For this purpose, the indexes were calculated using simulated data of heights and weights of sexually developed Nile tilapias. The simulation was made with two heritabilities for each characteristic (0,2 and 0,4 for weight and 0,3 and 0,5 for height) and with different pleiotropic effects (30, 50, 70%). A base population of 500 males and 500 females was simulated with a positive correlation between the characteristics. The female's potential was limited as 80% of the male's potential, for both characteristics. The initial population of 10 males and 100 females was random selected from base population. Ten fry, sex balanced, were random selected from each female. The simulation was made for 10 generations, 10 times for each generation. The first selection index was calculated with sex separation considering weight and height (b_1 and b_2 for males and b_1 and b_2 for females). A second index was established, using the same parameters, but sex was included in calculations. Different weights were used for each of the analyzed characteristics. These weights were stipulated considering the interest of each characteristic.

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura vem crescendo, progressivamente, entre as atividades zootécnicas. Dentro dessas atividades, a produção de tilápias tem despertado grande interesse devido à capacidade desta espécie de responder de forma eficiente aos diferentes sistemas de produção.

A produção de peixes no Brasil em 2003 foi de 171.186,5 toneladas. A criação somada de todas as espécies de tilápia representou 64.857 toneladas desse total, sendo a espécie de pescado de água doce mais produzida (FAO – Food and Agriculture Organization). No entanto, o Brasil tem muito a crescer e desenvolver no que concerne aos programas de melhoramento genético e às pesquisas realizadas nessa área, já que a maioria trata apenas da nutrição, sanidade e/ou manejo.

A maior parte da metodologia genética adotada no país provém de programas e especificações desenvolvidas no exterior. Nos poucos programas na área de piscicultura desenvolvidos no Brasil, nem todos os resultados obtidos podem ser estendidos ao restante do território, devido às diferenças climáticas. Com isso as tilápias podem não atingir o máximo de seu potencial devido a essas restrições ambientais.

A maior dificuldade em selecionar os indivíduos é avaliar seu mérito genético, que é composto pelo conjunto de genes, os quais não são mensuráveis diretamente, necessitando ser preditos por modelos genéticos adequados. Com relação às tilápias, as herdabilidades, por exemplo: as de ganho de peso e comprimento assim como o efeito pleiotrópico que atua sobre essas características são desconhecidos.

Uma das metodologias mais promissoras para a avaliação genética dos animais em um programa de melhoramento é o índice de seleção, o qual é capaz de analisar características do animal e o seu impacto econômico, contribuindo para que a seleção seja feita com base no lucro que a característica pode proporcionar e auxiliando no cálculo do valor do material

genético de empresas. No entanto, a forma como tal análise tem sido aplicada e a metodologia de cálculo utilizada podem ser de pouca valia, pois, como dito anteriormente, o ambiente influencia de maneira determinante na expressão genética das características, assim como o sexo e a geração também o fazem, se as características analisadas forem correlacionadas.

Uma forma segura, barata e eficiente de fazer as análises genéticas é o uso de programas de simulação como o Genesys[®], que permite a criação de um grande número de gerações e de repetições, com mérito genético perfeitamente conhecido assim como toda a interação entre os genes.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar, via simulação de dados, que o cálculo do índice de seleção é uma forma viável de avaliar uma população de peixes de um programa de melhoramento experimental, mas que para tal, devem ser criadas mais variáveis no cálculo do índice do plantel.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CRIAÇÃO DE TILÁPIA NO BRASIL

A tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus*, é uma espécie originária dos rios e lagos africanos que foi introduzida no Brasil em 1971 em açudes do nordeste e difundiu-se para todo o país. O Brasil produziu em 2003, 171.186,5 toneladas de peixes e a tilápia ocupa lugar de destaque com produção de 64.875 toneladas, sendo a espécie de pescado de água doce mais produzida (Proença & Bitencourt, 1994) e a espécie mais criada no mundo (Clement & Lovell, 1994; Keenleyside, 1991). A produção da aquicultura brasileira tem crescido bastante desde meados da década de 90.

Atualmente, a tilápia tailandesa, linhagem desenvolvida no Japão, melhorada na Tailândia e introduzida no Brasil em 1996 é a mais cultivada. A cadeia produtiva da tilápia é considerada uma das mais importantes da aquicultura brasileira. A tecnologia para produção de alevinos está bem desenvolvida e o produto final é comercializado inteiro, eviscerado, em forma de filés, defumados, entre outros e os subprodutos do processamento, como vísceras, restos de carcaça e couro, constituem uma renda alternativa à agroindústria (EMPARN).

Tendo a tilápia tailandesa sido introduzida no Brasil sem um programa de melhoramento adequado, a criação se difundiu devido à grande adaptabilidade da espécie, apresentando desempenhos variados nas diferentes regiões.

2.2. PROGRAMAS DE SELEÇÃO

Na piscicultura os dois tipos de seleção mais importantes são: a não seleção e a seleção direcionada.

Pode parecer estranho o uso da não seleção para qualquer espécie de interesse zootécnico. No entanto, ao analisarmos a piscicultura, essa é uma das mais importantes formas de tratamento de um plantel, se for acompanhada de metas e planejamento. A não seleção se baseia em se colocar os peixes em um local adequado e com a temperatura, oxigênio, alimentação e todos os

demais parâmetros importantes para o desenvolvimento semelhantes aos encontrados onde eles serão alocados. Assim pelas interações dentro do criatório, serão selecionados os animais mais aptos e os ganhos serão advindos do grande número de descendentes gerados. Segundo Tave (1993), no uso da não seleção, se não houver metas a serem seguidas e se não forem respeitadas as características dos peixes, tais fatores podem ocasionar uma alteração do padrão genético da população, dificultando seu crescimento e até eliminando alelos que auxiliariam na resistência a doenças, o que pode impedir completamente um futuro programa de seleção.

No intuito de melhorar as médias de produtividade do plantel, pode-se optar pelo melhoramento, usando a seleção direcionada, pelo aumento das médias fenotípicas do plantel. Para isso é necessário um plano de metas coeso e realista, conhecimento da atividade (custos, mercado futuro, planilhas de controle da empresa, etc...) e conhecimento do mercado consumidor.

Para a escolha dos fenótipos adequados para o plano é fundamental separar a variância ambiental da variância genética aditiva, já que:

$$V_P = V_G + V_E + V_{G-E}$$

Em que: V_P = Variância Fenotípica

V_G = Variância Genotípica

V_E = Variância Ambiental

V_{G-E} = Variância devida a Genótipo x Ambiente

Para uma acurada estimação da V_G , esta deve ser subdividida em seus subcomponentes:

$$V_G = V_A + V_D + V_I$$

Em que: V_G = Variância Genotípica

V_A = Variância Genética Aditiva

V_D = Variância dos Desvios da Dominância

V_I = Variância Epistática

A V_D e a V_I , nesse caso, referem-se a componentes da V_G e não exatamente à ação aditiva de genes em particular. A maior diferença entre a V_D , V_I e a V_A é a forma como se apresentam ou não, nas gerações subseqüentes.

Dentro de cada programa de melhoramento deve-se saber qual das variâncias será mais explorada e como fazê-lo, já que a V_D está mais ligada à interação entre os alelos em cada locus. Os gametas (haplóides) não apresentam V_D assim sendo esse tipo de variância não pode ser transmitido. A influência de sua interação é perdida para a progênie que irá apresentar interações diferentes. A exploração da V_D pode se dar apenas pelo uso de técnicas de hibridação (Tave, 1993).

A V_I é influenciada pela interação entre alelos de dois ou mais loci, sua herdabilidade é tão restrita quanto a da V_D e ainda é difícil de ser explorada em um plantel.

A V_A é advinda da soma dos efeitos de todos os alelos dentro de um locus, não sendo alterada pela meiose. Assim sendo esses efeitos podem ser herdados. A V_A é explorada com o uso de seleção.

Estas variâncias são usadas para auxiliar a manipulação do plantel visando aprimorar os ganhos, quando trabalhando com características quantitativas (Tave, 1993).

Parnell (2000) demonstra que se deve ter em mente os objetivos da seleção para um programa de melhoramento usando o índice de seleção. Esses objetivos devem ser elaborados em etapas:

Etapa 1 – Definição das características de importância econômica: estas devem atender às exigências do mercado e às expectativas do produtor para o plantel. Deve-se priorizar as características produtivas, de carcaça, de qualidade de carne e reprodutivas.

Etapa 2 – Determinação das necessidades do mercado: ao selecionar uma característica, essa deve ser baseada nos interesses do presente, mas levando em conta os interesses futuros do mercado.

Tave (2003) cita que a piscicultura tem uma capacidade de se adequar ao mercado muito maior que outras espécies zootécnicas, devido a ter um ciclo reprodutivo mais curto e grande prolificidade e os objetivos da seleção (poderem) ser modificados em menos de um ano.

Parnell (2003) demonstra que em bovinos são necessários de 3 a 5 anos para a alteração dos objetivos.

Etapa 3 – Determinação dos objetivos a serem alcançados: nesse ponto deve-se determinar a situação e as condições da empresa atingir os objetivos programados. Com isso pode-se otimizar o uso dos insumos, técnicas e infraestrutura necessária.

Etapa 4 – Determinação da situação financeira atual: a partir dessa análise pode-se determinar quais serão os próximos passos a serem seguidos.

Etapa 5 – Determinação dos objetivos da seleção: feita pela comparação da situação atual da propriedade com a sua capacidade de produção futura e com as exigências do mercado. Assim pode-se identificar as características a serem priorizadas na seleção e verificar se há a necessidade de importação de material genético.

Etapa 6 – Determinação dos critérios de seleção: deve-se priorizar as características escolhidas para seleção.

A escolha de características a serem exploradas no programa também é fundamental, pois algumas delas, quando postas sob seleção podem ser contraproducentes. Moller et al. (1979), ao trabalhar com trutas arco íris, citam que a seleção para precocidade sexual pode atrapalhar o lucro total do empreendimento rural, já que isso afetaria a taxa de crescimento final.

Os programas de seleção, no caso da criação de tilápias tailandesas ocorrem apenas em nível de empresas produtoras de alevinos, pois os produtores normalmente compram apenas tilápias revertidas sexualmente em machos.

2.2.1 HERDABILIDADE (h^2)

A grande importância do conhecimento da V_A é que essa é utilizada para auxiliar a previsão dos possíveis ganhos em uma próxima geração. A proporção dentro da V_P que é controlada pela V_A é denominada herdabilidade (h^2). A h^2 é calculada pela porção dos componentes genéticos não afetados durante a meiose (Tave, 1993). Sua fórmula é dada por:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

Após determinar a h^2 , a resposta predita para a seleção pode ser mensurada pela fórmula:

$$\Delta G = h^2 \Delta S$$

em que ΔG é a resposta (aumento ou diminuição) por geração e ΔS é o diferencial de seleção (superioridade ou inferioridade da progênie em comparação com a média da população selecionada). Assim, quanto maior a herdabilidade maior será a resposta obtida na geração seguinte.

Essa diferença se deve ao ambiente que pode causar alterações no cálculo da h^2 , já que tem influência direta no V_P . Hagen e Blouw (1983) encontraram que a h^2 das placas laterais em *Apeltes quadracus* era de 0.50 a 21°C e de 0.83 a 16°C. Oldorth et al. (1989) encontraram h^2 para o peso aos 136 dias, em tilápias nilóticas que foram selecionadas na Alemanha, de 0.6 para os machos e de 0.7 para fêmeas. Quando estas mesmas tilápias foram levadas para o Quênia as h^2 foram calculadas em 0.39 e 0.34 respectivamente. Beachan (1989) encontrou alterações na h^2 para ganho de peso em salmão rosa (*Oncorhynchus-Gorbuscha*) em diferentes idades. Smisek (1979A) encontrou h^2 para ganho de peso de 0.49, 0.15, 0.24 e 0.21, para as idades de 1, 2, 3 e 4 anos respectivamente. Estas herdabilidades variáveis podem causar uma dificuldade ao se mensurar um índice para calcular o ganho de populações inteiras.

Em suas pesquisas, de Ch'ang (1971B) estimou as h^2 para ganho de peso aos 5 meses altamente variadas para machos, para fêmeas e , também, ao analisar ambos os sexos juntos (para a *Tilapia mossambicana*) e Tave (1986), ao estimar as herdabilidades para o número de raios das nadadeiras dorsais na Tilápia nilótica encontrou desvios acima da média dos dados analisados, para raios duros e para raios moles.

Tabela 2 – Herdabilidades calculadas para ganho de peso de *Tilapia mossambicana* aos 5 meses para machos, fêmeas , ambos e número de raios das nadadeiras dorsais da Tilápia nilótica

Espécie Tilápia mossambicana	Herdabilidades	Referência
Peso aos 150 dias M	0.01 a 0.36	Ch'ang (1971B)
Peso aos 150 dias F	0.10 a 0.76	Ch'ang (1971B)
Peso aos 150 dias MF	-0.01 a 0.33	Ch'ang (1971B)
Número de raios duros da barbatana dorsal	0.24±0.27	Tave. (1986)
Número de raios moles da barbatana dorsal	0.23±0.26	Tave. (1986)

Tave (1993)

2.2.2 CORRELAÇÕES GENÉTICAS

Na piscicultura as correlações genéticas são difíceis de mensurar devido à grande dificuldade de separar tal correlação da correlação ambiental.

O pleiotropismo é a principal causa dessa correlação, embora ligações gênicas sejam uma causa de correlação transitória, especialmente, em cruzamentos advindos de linhagens divergentes (Falconer, 1987).

Características de um animal, ou de uma (população), podem ter correlação positiva, negativa ou nula. Tais correlações demonstram a influência que os genes podem ter sobre mais de uma característica. Tave e Smitherman (1980) encontraram correlações superiores a 1,00, para tamanho x peso tanto aos 45 dias quanto aos 90 dias. Kronert *et al.* (1987) encontraram correlações negativas para peso aos 136 dias x peso das gônadas. Características correlacionadas favoravelmente são de fácil seleção, pois ao se optar por uma característica, ambas apresentam as tendências desejadas. Ao se mensurar um programa de seleção, essas características devem ser priorizadas (Tave, 1993).

Tabela 3 – Correlações calculadas para pesos aos 45 e aos 90 e para peso das gônadas e peso total aos 136 dias na espécie Tilápia nilótica.

Espécie <i>Tilápia nilótica</i>	Correlação genética	Referência
Peso aos 45 dias	1.09±1.43	Tave e Smitherman (1980)
Peso aos 90 dias	1.12±1.61	Tave e Smitherman (1980)
Peso aos 136 dias vs peso das gônadas	-0.37±0.22	Kronert <i>et al.</i> (1987)
Peso aos 136 dias vs peso das gônadas	-0.28±0.0.23	Kronert <i>et al.</i> (1989)

Tave (1993)

2.3 EFEITO PLEIOTRÓPICO

Tave (1993) explica o efeito pleiotrópico como a capacidade de um gene afetar dois ou mais fenótipos simultaneamente. Esses efeitos podem alterar a viabilidade, produtividade e/ou valor de mercado de um plantel. Falconer (1987) ressalta que com a segregação genética as características correlacionadas são afetadas. O grau de correlação originado do pleiotropismo expressa a quantidade pela qual duas características são influenciadas pelos mesmos genes. A correlação resultante do pleiotropismo expressa o efeito total de todos os genes em segregação, que afetam ambas as características. Alguns genes podem aumentar ambas as características enquanto outros aumentam uma e reduzem a outra, sendo que os primeiros são responsáveis pelas correlações positivas e os últimos pelas correlações negativas.

Wohlfarth e Moav (1970) ao estudarem a carpa comum demonstraram que em algumas cores em que apareciam, esses peixes apresentavam taxas de crescimento menores que as de cor normal.

El Gamal *et al.* (1998) ao estudar a capacidade de eclosão e sobrevivência dos híbridos de Tilápia nilótica e de Tilápia áurea conclui que as de coloração normal tem eclodibilidade superior às de coloração vermelha. Como se vê nas figuras 3 e 4.

Tilápias que apresentam colorações vermelha e douradas têm menor valor no mercado de peles que as de coloração normal. Tave (1990B) estudou a influência do pleiotropismo ao analisar tais fenótipos.

2.4 ÍNDICE DE SELEÇÃO

O índice de seleção foi desenvolvido por Lush (1931) e Wright (1931). Hazel (1943) aplicou a metodologia do índice no melhoramento animal. Hazel e Lush (1942) compararam a eficiência do método de Tandem e do método de níveis independentes de descarte com o índice de seleção e chegaram a conclusão que o índice de seleção é tão melhor quanto maior for o número de características analisadas. Falconer (1987) demonstra que para o cálculo de um valor econômico deve-se analisar mais de uma característica. Ao se incluir

todas as características de interesse pode-se ter uma maior precisão e velocidade na seleção dos animais.

Henderson (1973) apresentou algumas deficiências do índice de seleção, como a necessidade de avaliar a esperança condicional dos valores genéticos, dado os valores observados, assim como os valores genéticos em si.

Harris (1998) refere-se ao índice de seleção como um recurso não apenas para classificar os animais, mas também para o uso na formação de preço do material genético de um plantel.

O índice de seleção é uma ferramenta que tem sua eficiência aumentada ao se selecionar simultaneamente duas ou mais características pelo desenvolvimento de uma fórmula de análise de uma população, podendo com isso estimar o valor de cada um dos peixes dessa população (Tave 1993).

Segundo Hazel (1943) o valor genético total para características de relevância econômica pode ser obtido pela soma dos valores genéticos das características ponderadas pelos seus respectivos valores econômicos relativos, utilizando-se a fórmula:

$$H = a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_ng_n$$

Em que: H - agregado genotípico ou valor genético total

a - valor econômico da característica

g - valor genético da característica.

A seleção é obtida por uma função linear dos valores fenotípicos, pela fórmula:

$$I = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

Em que I é o escore individual, os b são os coeficientes de regressão múltipla e os X (X) são os fenótipos dos indivíduos, que devem ser compostos apenas de reconhecido valor econômico, para que não haja uma redução no diferencial de seleção. Os b são obtidos das h^2 , das correlações e dos valores econômicos agregados aos valores fenotípicos das características. A meta principal da construção de um índice de seleção é maximizar a correlação entre o índice (I) e o agregado genotípico (H). Pelo sistema de equações $b = P^{-1}Ga$ (Pereira, 2001):

$$b_1\sigma_{X_1X_n} + b_2\sigma_{X_2X_n} + \dots + b_n\sigma_{X_nX_n}^2 = a_1\sigma_{G_1G_n} + a_2\sigma_{G_2G_n} + \dots + a_n\sigma_{G_nG_n}^2$$

Em que: $b_1\sigma_{X_1X_n} + b_2\sigma_{X_2X_n}$; covariâncias fenotípicas das características

$b_n\sigma_{X_nX_n}^2$; variâncias fenotípicas das características

$a_1\sigma_{G_1G_n} + a_2\sigma_{G_2G_n}$; covariâncias genotípicas das características

$a_n\sigma_{G_nG_n}^2$; variâncias genotípicas das características

A resolução deste sistema de equações permite mensurar os valores de $b_1, b_2, \dots, b_n$, para duas características Y_1 e Y_2 :

$$\begin{bmatrix} V_{P(X_1)} & Cov_{P(X_1, X_2)} \\ Cov_{P(X_2, X_1)} & V_{P(X_2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{A(X_1, Y_1)} & Cov_{A(X_1, X_2)} \\ Cov_{A(X_2, X_1)} & V_{P(X_2)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

(1)=P (2)=b (3)=G (4)=a

Onde (1) representa a matriz de variância e covariância fenotípicas, (2) matriz composta pelos valores dos índices, (3) matriz de variância e covariância genéticas e (4) matriz composta pelos valores econômicos relativos dos índices.

O valor econômico em si representa o acréscimo adicional de retorno marginal no melhoramento da característica. (Pereira, 2001).

2.5 - OBTENÇÃO DO VALOR ECONÔMICO

Há uma grande dificuldade em se obter valores econômicos adequados para as características priorizadas para o índice de seleção. Segundo Gibson *et al.* (1998) o principal complicador é que o valor econômico deve descrever uma ligação adequada entre o lucro e os ganhos advindos das mudanças genéticas. No entanto, a grande influência que o ambiente exerce sobre a expressão dessas características pode mascarar os reais ganhos genéticos.

Apesar das dificuldades de se obterem os valores econômicos das características, trabalhos têm mostrado que moderados erros nos valores

econômicos de até 50%, não influenciam na eficiência de métodos de seleção, especialmente os índices de seleção (Vandepitte, 1974; e Lopes et al., 1986).

2.5.1 - EQUAÇÃO DE LUCRO

As equações de estimação de lucro são indispensáveis para a obtenção dos valores econômicos. Estas equações avaliam as mudanças no retorno econômico baseadas em parâmetros físicos, biológicos e econômicos, criando assim uma base para a definição dos pesos econômicos das características selecionadas, sendo o lucro definido como a função das variâncias genéticas aditivas que compõem o agregado genotípico das características a serem melhoradas (Gibson *et al.* 1998).

Os valores da equação podem variar de rebanho para rebanho ou de região para região. Além disso, também podem haver alterações durante o progresso de um programa de melhoramento, como no caso de ocorrerem permanentes mudanças na demanda de mercado (Hazel, 1943).

Weller (1984) ressalta que o lucro pode ser calculado pela equação que expressa o lucro do programa de melhoramento(L) e é dada pela fórmula:

$$L = [receita(R) - custo(C)]$$

Para que as equações de lucro se mantenham úteis dentro do plantel, estas devem ser atualizadas levando em consideração que as mudanças no lucro devem ser baseadas nas funções das mudanças genéticas e não nas mudanças fenotípicas. Cada mudança no manejo deve ser considerada no cálculo da equação de lucro e os parâmetros econômicos devem refletir o mercado e o sistema de produção utilizados (Gibson *et al.* 1998).

As principais dificuldades ao se calcular o valor econômico são:

1) em algumas características, o padrão para designação de valores econômicos relativos não é prontamente obtido, tal como, conformação corporal;

2) em algumas características, a hipótese de que os valores econômicos permanecem constantes sobre uma faixa de variação não é satisfeita;

3) quando algumas restrições são designadas, os valores econômicos relativos não são tão precisos quanto aqueles do índice de seleção não restrito.

Os valores econômicos podem também ser corrigidos para diferentes perspectivas de lucro. Brascamp *et al.* (1985), desenvolveu a equação para o caso de lucro zero e Smith *et al.* (1986) usou da desconsideração do lucro proporcionado por ajustes não genéticos no sistema produtivo, assim como o lucro advindo de aumento na escala de produção - outro fator não genético.

Bright (1991) afirma que apesar da polêmica a respeito do uso de equações lineares para estimar ponderadores econômicos, o método necessita de várias considerações adicionais a respeito do seu emprego.

2.6 PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO

Os programas de simulação surgiram para gerar uma comparação de estratégias a respeito de problemas individuais no mundo real.

A maioria das aplicações de simulação inclui-se nessa categoria. Tais aplicações começam com alguma análise estatística frente a um problema específico e, através da simulação, procura-se encontrar uma solução para um problema.

Em adição, a simulação pode ser utilizada como ferramenta ou fonte de idéias para novas técnicas analíticas, assim como pode ser aplicada para validação de métodos matemáticos. (Euclides, 2005)

2.7 GENESYS®

O programa Genesys® foi criado pelo Dr. Ricardo Frederico Euclides, professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com o intuito de facilitar e reduzir os custos das pesquisas na área de melhoramento genético.

O programa foi escrito em linguagem Fortran e conta com mais de 50.000 comandos, podendo simular genomas, população base, população inicial, acasalamento ao acaso, seleção por marcadores, seleção por genes candidatos, seleção genotípica, seleção individual, índice de seleção, BLUP, seleção individual + marcadores, índice de seleção + marcadores, BLUP + marcadores e cruzamento. O Genesys® em sua versão mais atual trabalha com até cinco características.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Utilizou-se para a simulação dos dados um computador Athlon 64 3.2Gz, 1,5Gz de RAM, e os programas Genesys[®] e SAEG[®]. Os dados populacionais e os valores econômicos – hipotéticos - foram obtidos via simulação usando o Genesys[®] e os dados foram testados no SAEG[®].

3.2 MÉTODOS

3.2.1 CARACTERÍSTICAS SIMULADAS

Para este estudo avaliou-se as características ganho de peso e comprimento de tilápias sexualmente desenvolvidas, com o intuito de selecionar os animais e aferir sua influência na composição do índice.

3.2.2 HERDABILIDADES

Foram utilizadas herdabilidades para os cálculos, devido à ausência de referências quanto às reais herdabilidades das tilápias tailandesas. Para o ganho de peso utilizou-se dados simulados com $h^2 = 0,2$ e $0,4$. Para o comprimento foram simulados dados utilizando $h^2 = 0,3$ e $0,5$.

3.2.3 EFEITO PLEIOTRÓPICO

O pleiotropismo foi simulado em bases hipotéticas devido à ausência de referências quanto aos reais valores dos mesmos.

Utilizou-se, para os cálculos, 30%, 50% e 70% de genes em comum.

3.2.4 AVALIAÇÕES DAS HERDABILIDADES E DOS EFEITOS PLEIOTRÓPICOS

As avaliações das características foram feitas combinando as diferentes h^2 e os efeitos pleiotrópicos na tentativa de aferir seis efeitos sobre o índice.

Tabela 5 – Herdabilidades teóricas testadas para as populações a serem simuladas

Herdabilidades dos ganhos de peso (Gp)	Herdabilidades ligadas ao comprimento (C)	
	0.3	0.5
0.2	0.2/0.3	0.2/0.5
0.4	0.4/0.3	0.4/0.5

Gp- Ganho de peso; C – Comprimento;

Tabela 6 – Pleiotropismo teórico entre as características de herdabilidades que serão simuladas abrangendo as várias herdabilidades testadas

Herdabilidades (Gp/C)	Efeito pleiotrópico		
	0.3	0.5	0.7
0.2/0.3	0.2/0.3 --> 0.3	0.2/0.3 --> 0.5	0.2/0.3 --> 0.7
0.2/0.5	0.2/0.5 --> 0.3	0.2/0.5 --> 0.5	0.2/0.5 --> 0.7
0.4/0.3	0.4/0.3 --> 0.3	0.4/0.3 --> 0.5	0.4/0.3 --> 0.7
0.4/0.5	0.4/0.5 --> 0.3	0.4/0.5 --> 0.5	0.4/0.5 --> 0.7

Gp- Ganho de peso; C – Comprimento;

As correlações e as herdabilidades foram calculadas desta mesma forma por duas vezes, uma levando em consideração a separação dos sexos e outra com os sexos unidos.

3.2.5 – TESTE T DE STUDENT

A metodologia do teste t foi utilizada para a comparação das médias entre os *bs* de ganho de peso e comprimento para machos e ganho de peso e comprimento quando avaliados machos e fêmeas juntos, assim como para comparar tais características analisadas para fêmeas contra os sexos analisados conjuntamente. Essas comparações foram feitas na quinta e na décima geração e com um $\alpha = 0,01$, assim como entre machos e fêmeas na décima geração.

3.2.6 – PARÂMETROS UTILIZADOS PARA A SIMULAÇÃO DAS TILÁPIAS

Para as tilápias do experimento foram utilizados os seguintes parâmetros:

Parâmetros	Valores
Tamanho dos cromossomos (cM)	1315
Número de cromossomos	44
Variação de tamanho (%)	20
Número de locus / Qtls	200
Número de marcadores	50
Mutações	0.00000010
Diferença estipulada para fêmeas em relação aos machos (%)	80
Número de alelos	2
Frequência inicial	0.5

3.2.6.1 – DADOS SIMULADOS NO EXPERIMENTO

Utilizou-se população base de 500 machos e 500 fêmeas e uma correlação positiva entre as características dos machos. Limitou-se o potencial das fêmeas em 80% do dos machos, para ambas as características.

Selecionou-se a população inicial, ao acaso, da população base, na proporção de 10 machos e 100 fêmeas. Tal seleção foi utilizada para aumentar a pressão de seleção sobre os machos. Fêmeas e machos foram simulados

sob condições ótimas de oxigenação, temperatura e compartilhando da mesma água. Os acasalamentos foram simulados considerando um tempo de repouso para os machos, de forma que a qualidade e quantidade dos espermatozoides fossem mantida dentro dos padrões desejáveis. Cada um dos 10 machos fertilizou os ovos de uma fêmea por vez, perfazendo assim 10 ciclos de cobertura. De cada fêmea foram selecionados, ao acaso, 10 alevinos, com balanceamento de sexo.

3.2.7 – INDICE DE SELEÇÃO

O primeiro índice foi calculado para machos e fêmeas separadamente, levando em consideração peso e comprimento (b_1 e b_2 para machos e b_1 e b_2 para fêmeas). Um segundo índice foi feito com os mesmos parâmetros, no entanto, com os sexos calculados conjuntamente.

3.3 – VALORES ECONÔMICOS

Utilizou-se pesos definidos para as características a serem analisadas. Estes pesos foram estipulados com base no interesse de cada uma das características. Estipulou-se como valores para o ganho de peso e comprimento com, 20 e 10 respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – DADOS E TESTES

Em um programa de melhoramento, durante a passagem das gerações, as características do animal se alteram e tais alterações ocorrem de forma diferente para machos e para fêmeas, o que não se reflete no índice de seleção tradicional. No entanto, na tabela abaixo pode se notar alterações em todas as características com o passar das gerações e entre machos e fêmeas; essas diferenças são muito menos predominantes quando não há separação entre os sexos, como se pode notar na tabela 7 a seguir.

Tabela 7 – Coeficientes dos índices de seleção para machos, fêmeas e ambos os sexos unidos para cada geração, nas diferentes herdabilidades.

h ² Gp- h ² Co-EP	Geração	Índice com sexos separados				Índice com sexos unidos			
		Machos		Fêmeas					
		b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
0.2-0.3- 0.3	1	5,86	35,27	5,62	36,90	7,78	40,79		
	5	4.36±0.82	21.67±4.54	3.59± 0.83	19.85±4.81	7.75±0.35	35.81±2.03		
	10	2.46±0.41	11.46±3.03	2.13± 0.38	9.54±2.82	7.67±0.42	30.21±0.86		
0.2-0.3- 0.5	1	7,77	38,76	6,37	39,20	11,58	34,37		
	5	6.15±0.54	39.12±2.98	5.80±0.28	37.69±2.68	11.18±0.38	36.57±4.08		
	10	2.19±0.35	10.21±2.02	1.79±0.39	9.77±2.18	11.00±0.38	38.10±1.21		
0.2-0.3- 0.7	1	7,41	47,32	8,02	59,95	11,35	47,81		
	5	5.29±0.58	27.40±2.24	4.78±0.37	27.19±4.15	10.57±0.33	34.33±4.79		
	10	2.52±0.27	13.28±2.57	2.23±0.17	12.42±1.91	10.65±0.40	33.28±3.76		
0.2-0.5- 0.3	1	5,43	52,58	6,49	46,42	11,89	41,08		
	5	3.91±0.40	27.37±3.30	3.51±0.32	24.96±2.91	11.74±0.30	43.58±4.20		
	10	2.15±0.33	11.40±3.31	1.94±0.52	11.49±2.76	11.91±0.18	46.02±4.87		
0.2-0.5- 0.5	1	6,13	58,78	5,45	54,06	10,68	45,35		
	5	4.07±0.27	35.34±3.91	3.48±0.91	34.01±2.38	10.72±0.74	38.78±4.66		
	10	2.03±0.22	13.12±1.64	1.63±0.11	11.64±0.81	10.62±0.79	48.18±3.76		
0.2-0.5- 0.7	1	6,03	55,99	5,85	61,03	9,29	50,13		
	5	3.91±0.37	34.20±3.26	3.81±0.31	36.21±3.21	9.85±0.21	47.55±4.26		
	10	1.97±0.06	18.79±2.69	1.89±0.11	17.75±2.51	9.56±0.75	51.43±4.43		
0.4-0.3- 0.3	1	8,01	51,38	7,38	40,53	12,73	41,58		
	5	5.57±0.87	23.94±3.92	5.05±0.56	20.31±2.34	13.03±0.35	36.91±3.40		
	10	3.40±0.27	12.22±3.75	2.82±0.28	10.28±3.53	12.52±0.22	43.03±4.96		
0.4-0.3- 0.5	1	11,28	41,74	9,86	51,77	12,58	43,16		
	5	6.61±0.76	31.36±4.45	5.83±0.74	30.30±3.79	12.97±0.14	36.23±3.82		
	10	2.86±0.27	12.61±2.64	2.47±0.28	12.55±2.13	12.69±0.43	32.97±5.31		
0.4-0.3- 0.7	1	8,11	51,79	7,94	53,30	11,79	40,06		
	5	6.30±0.64	31.21±2.58	5.76±0.38	30.49±1.87	11.41±0.28	36.06±3.27		

h2Gp- h2Co-EP	Geração	Índice com sexos separados						Índice com sexos unidos	
		Machos		Fêmeas					
		b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂	b ₁	b ₂
0.4-0.3-0.7	10	3.51±0.16	21.08±0.36	3.46±0.34	19.80±2.26			11.18±0.51	37.22±2.71
0.4-0.5-0.3	1	10.28	53.25	10.21	50.19			13.69	38.83
	5	7.60±0.62	29.97±4.30	6.02±0.46	28.66±2.59			13.38±0.51	41.70±3.26
	10	4.40±0.22	16.16±2.79	3.88±0.36	15.91±2.00			13.57±0.64	42.39±4.32
0.4-0.5-0.5	1	9.96	51.31	9.04	56.54			13.10	42.47
	5	6.41±0.22	31.40±2.91	5.55±0.55	35.58±3.89			12.93±0.51	45.48±3.02
	10	2.31±0.12	13.65±2.61	2.64±0.25	13.18±3.65			12.99±0.53	40.02±2.91
0.4-0.5-0.7	1	8.83	55.27	7.80	56.02			12.27	42.71
	5	7.01±0.62	38.52±4.79	6.68±0.46	37.48±2.61			12.30±0.35	42.97±1.73
	10	3.69±0.55	20.04±4.81	3.25±0.63	17.33±2.15			12.62±0.56	41.11±6.77

h²Gp = h² para ganho de peso, h²Co = h² para comprimento, b₁ ganho de peso, b₂ comprimento

Quanto às variações apresentadas ao se analisar as características, ganho de peso e comprimento, ao passar das gerações, pode-se verificar uma alteração nos pesos relativos entre estas características, quando comparados os b de cada geração (tabela 8).

Tabela 8 – Diferenças apresentadas ao comparar os b de comprimento / ganho de peso ao passar das 10 gerações, para machos, fêmeas e machos + fêmeas.

h ² Gp-h ² Co-EP	Geração	Machos	Fêmeas	Machos+Fêmeas
		b ₂ /b ₁	b ₂ /b ₁	b ₂ /b ₁
0,2 - 0,3 – 0,3	1	6,02	6,56	5,24
	5	4,97	5,52	5,00
	10	4,65	4,47	3,93
0,2 - 0,3 – 0,5	1	4,98	6,15	2,86
	5	6,36	6,32	3,16
	10	4,66	5,45	3,46
0,2 - 0,3 – 0,7	1	6,34	7,47	4,21
	5	4,67	5,68	3,24
	10	5,26	5,56	3,12
0,2 - 0,5 – 0,3	1	9,68	7,37	3,45
	5	7,00	7,11	3,71
	10	5,30	5,92	3,86
0,2 - 0,5 – 0,5	1	9,58	9,91	4,24
	5	8,68	9,77	3,61
	10	6,46	7,14	4,53
0,2 - 0,5 – 0,7	1	9,28	10,43	5,39
	5	8,74	9,50	4,82
	10	9,53	9,39	5,37
0,4 - 0,3 – 0,3	1	6,41	5,49	3,26
	5	4,29	4,02	2,83
	10	3,59	3,64	3,43
0,4 - 0,3 – 0,5	1	3,70	5,34	3,43
	5	4,74	5,19	2,79
	10	4,41	5,08	2,59
0,4 - 0,3 – 0,7	1	6,38	6,71	3,39
	5	4,95	5,29	3,16
	10	6,01	5,72	3,32
0,4 – 0,5 – 0,3	1	5,17	4,91	2,83
	5	3,94	4,76	3,11
	10	3,67	4,10	3,12
0,4 – 0,5 – 0,5	1	5,15	6,25	3,24
	5	4,89	6,41	3,51

	10	5,90	4,99	3,08
	1	6,26	7,91	3,48
0,4 – 0,5 – 0,7	5	5,49	5,61	3,49
	10	5,43	5,33	3,25

b_1 ganho de peso, b_2 comprimento

Uma forma mais fácil de se visualizar as variações apresentadas é pelos gráficos comparativos (Figuras 5, 6, 7 e 8).

Figura 5 – Comparação entre os b de machos, fêmeas e machos + fêmeas (b_2/b_1) da relação das herdabilidades, 0,2 para ganho de peso, 0,3 para comprimento e 0,3; 0,5 e 0,7 , respectivamente, para o efeito pleiotrópico.

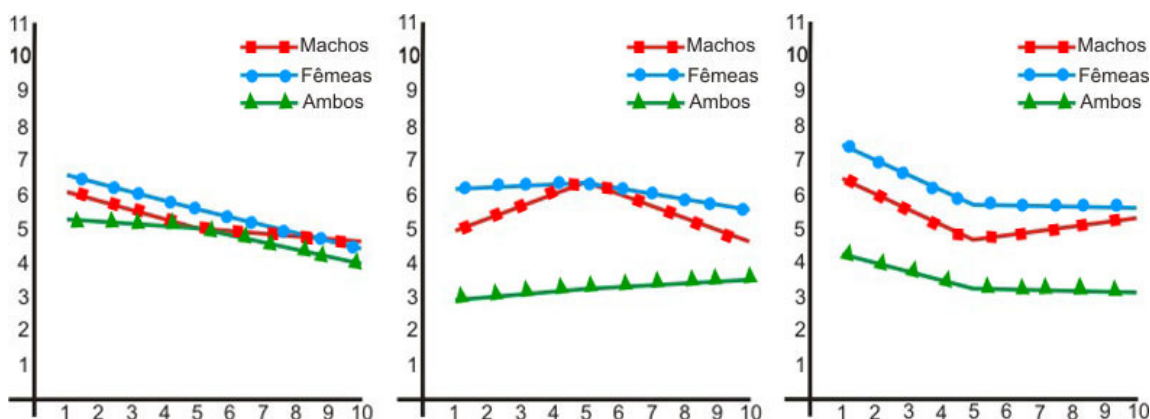


Figura 6 – Comparação entre os b de machos, fêmeas e machos + fêmeas (b_2/b_1) da relação das herdabilidades, 0,2 para ganho de peso, 0,5 para comprimento e 0,3; 0,5 e 0,7 , respectivamente, para o efeito pleiotrópico.

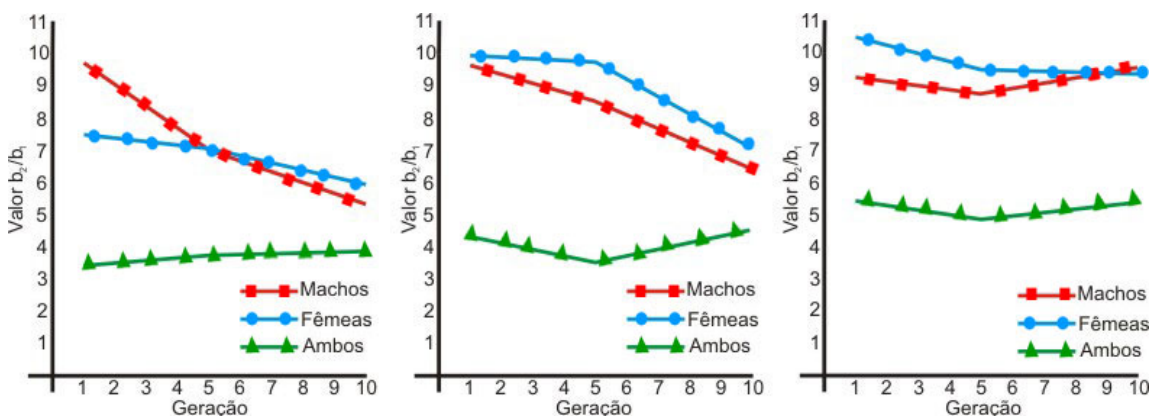


Figura 7 – Comparação entre os b de machos, fêmeas e machos + fêmeas (b_2/b_1) da relação das herdabilidades, 0,4 para ganho de peso, 0,3 para comprimento e 0,3; 0,5 e 0,7 , respectivamente, para o efeito pleiotrópico.

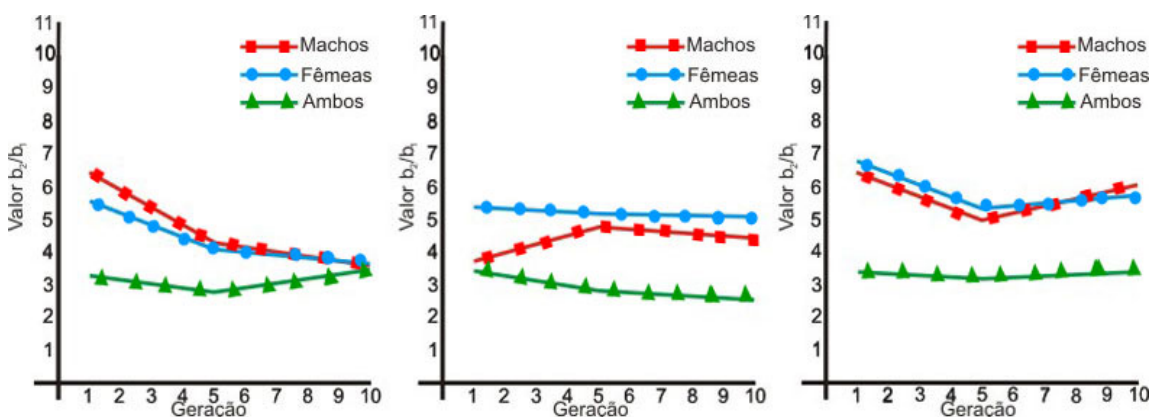
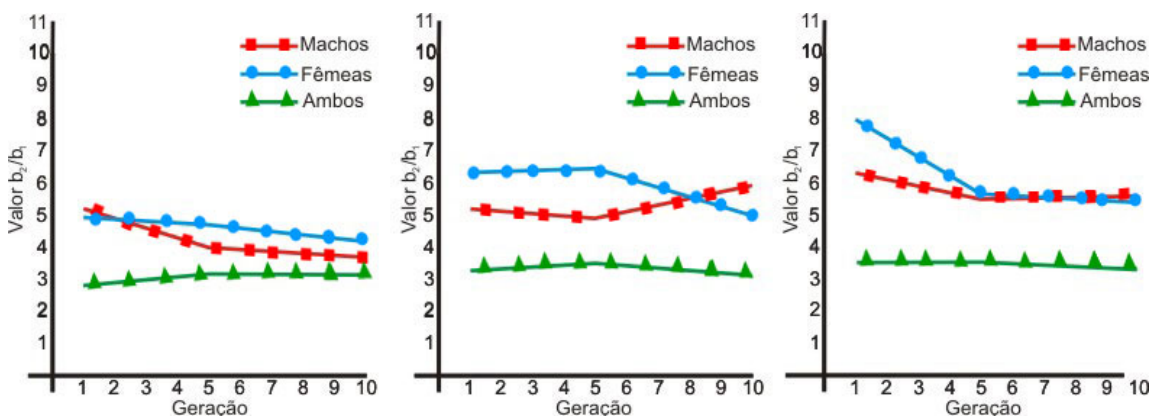


Figura 8 – Comparação entre os b de machos, fêmeas e machos + fêmeas (b_2/b_1) da relação das herdabilidades, 0,4 para ganho de peso, 0,5 para comprimento e 0,3; 0,5 e 0,7 , respectivamente, para o efeito pleiotrópico.



As variações apresentadas nos b ao passar das gerações, demonstram haver uma clara alteração no peso das características analisadas. Os valores dos b de ganho de peso tendem a ter uma queda menor, ao passar das gerações, que os valores dos b de comprimento. Tal variação é devido ao valor econômico selecionado para o ganho de peso ser duas vezes maior que o selecionado para o comprimento. Com isso a pressão de seleção aplicada o ganho de peso irá diminuir sua variabilidade genética, pela fixação dos alelos de interesse, ocasionando assim a uma menor variação de seu índice ao passar das gerações.

Outra peculiaridade observada ao se analisar as figuras 5, 6, 7 e 8 é que quanto mais forte é o pleiotropismo mais difícil se torna a visualização das diferenças de peso apresentadas entre os b, ao passar das gerações, já que ao haver um maior número de genes compartilhados pelas características haverá uma maior dificuldade de dissociá-las.

No que concerne especificamente ao cálculo do índice de seleção as variações apresentadas nas figuras 5, 6, 7 e 8, ressaltam ainda mais a necessidade de que haja um recálculo do índice ao passar de cada geração, pois como pode ser visto a padronização esperada da aproximação entre os b, em alguns casos, é falha. A tabela 9, a seguir demonstra a ausência desta padronização esperada, pode-se observar que as médias fenotípicas apresentaram grandes variações principalmente quando as herdabilidades e o pleiotropismo eram maiores, o que resulta em maior dificuldade de se separar os genes que afetam cada uma das características.

Tabela 9 - Diferenças das médias fenotípicas de ganho de peso e comprimento de machos e fêmeas, quando os índices foram calculados separadamente (P_{M+F}) e subtraídos dos índices calculados com os sexos unidos (P_{MF}), na quinta e décima geração.

h ² Gp-h ² Co-EP	Diferenças de ganho de peso(g)		Diferenças de comprimento(cm)	
	5° Geração	10° Geração	5° Geração	10° Geração
0,2 - 0,3 - 0,3	-1,03	-0,63	-0,73	-1,70
0,2 - 0,3 - 0,5	0,34	5,24	-0,40	-0,35
0,2 - 0,3 - 0,7	-0,22	0,08	0,75	0,72
0,2 - 0,5 - 0,3	-0,48	1,25	0,22	1,43
0,2 - 0,5 - 0,5	1,56	-0,15	0,76	0,59
0,2 - 0,5 - 0,7	10,87	10,80	0,92	1,66
0,4 - 0,3 - 0,3	1,40	1,04	0,84	0,73
0,4 - 0,3 - 0,5	2,80	-2,27	0,87	0,38
0,4 - 0,3 - 0,7	-5,59	5,01	0,56	1,28
0,4 - 0,5 - 0,3	5,27	-0,72	-0,09	2,47
0,4 - 0,5 - 0,5	0,86	2,75	0,66	0,91
0,4 - 0,5 - 0,7	-5,75	-5,12	1,45	-0,14

Tais diferenças podem ser mais bem visualizadas em uma tabela onde se compara a média fenotípica entre os dados calculados para machos e fêmeas separados subtraídos dos dados obtidos ao se calcular os sexos unidos.

Tabela 10 - Diferenças das médias fenotípicas de peso e de comprimento dos machos e fêmeas. Os índices foram calculados separadamente (P_{M+F}) e subtraídos dos índices calculados com os sexos unidos (P_{MF}), na quinta e na décima geração.

h^2Gp-h^2Co-EP	Diferenças de ganho de peso(g)		Diferenças de comprimento(cm)	
	5° Geração	10° Geração	5° Geração	10° Geração
0,2 - 0,3 – 0,3	-1,03	-0,63	-0,73	-1,70
0,2 - 0,3 – 0,5	0,34	5,24	-0,40	-0,35
0,2 - 0,3 – 0,7	-0,22	0,08	0,75	0,72
0,2 - 0,5 – 0,3	-0,48	1,25	0,22	1,43
0,2 - 0,5 – 0,5	1,56	-0,15	0,76	0,59
0,2 - 0,5 – 0,7	10,87	10,80	0,92	1,66
0,4 - 0,3 – 0,3	1,40	1,04	0,84	0,73
0,4 - 0,3 – 0,5	2,80	-2,27	0,87	0,38
0,4 - 0,3 – 0,7	-5,59	5,01	0,56	1,28
0,4 - 0,5 – 0,3	5,27	-0,72	-0,09	2,47
0,4 - 0,5 – 0,5	0,86	2,75	0,66	0,91
0,4 - 0,5 – 0,7	-5,75	-5,12	1,45	-0,14

Nota-se que quando o pleiotropismo é maior as diferenças entre os índices tornam-se inconsistentes, devido as características compartilharem um grande número de genes.

Ao comparar média dos índices de machos e fêmeas com os coeficientes obtidos das tilápias sem separação de sexos pode-se notar que todos os b são diferentes, ao serem analisados pela metodologia do teste t.

Tabela 11 - Comparação entre a média dos índices de Ganho de peso e do Comprimento dos machos (GpM e CoM), e o Ganho de peso e comprimento de machos e fêmeas juntos ($GpMF$ e $CoMF$). Comparação entre a média dos índices de Ganho de peso e do Comprimento das fêmeas (GpF e CoF), e o

Ganho de peso e comprimento de machos e fêmeas juntos (GpMF e CoMF). Utilizando o teste t com $\alpha = 0,01$.

h ² Gp-h ² Co-Ep	Geração	Valores obtidos no teste t			
		GpM x GpMF	CoM x CoMF	GpF x GpMF	CoF x CoMF
0,2-0,3-0,3	05	-111,9457*	-136,1542*	-100,9242*	-107,0568*
	10	-228,2749*	-248,4476*	-181,6500*	-212,8917*
0,2-0,3-0,5	05	-208,8051*	12,4163*	-280,7404*	5,5665*
	10	-434,399*	-303,1862*	-438,6237*	-323,304*
0,2-0,3-0,7	05	-224,316*	-30,7113*	-307,4393*	23,42,06*
	10	-434,399*	-303,1862*	-438,6237*	-323,3040*
0,2-0,5-0,3	05	-424,6706*	-75,4365*	-489,7493*	-89,0163*
	10	-740,6512*	-143,2605*	-554,6859*	-147,1533*
0,2-0,5-0,5	05	-194,5462*	-14,1955*	-165,0959*	-21,5253*
	10	-238,5206*	-199,2160*	-253,1934*	-214,7915*
0,2-0,5-0,7	05	-395,9665*	-61,6263*	-444,9541*	-52,5289*
	10	-225,8915*	-151,3739*	-227,4185*	-157,7924*
0,4-0,3-0,3	05	-325,7319*	-66,1151*	-337,6774*	-98,1584*
	10	-700,1238*	-122,4851*	-732,8743*	-131,8762*
0,4-0,3-0,5	05	-256,1628*	-22,0040*	-294,8381*	-28,4161*
	10	-467,1562*	-80,8752*	-482,7036*	-82,7155*
0,4-0,3-0,7	05	-214,3351*	-28,9610*	-325,5763*	-35,3073*
	10	-328,2588*	-132,5687*	-306,1428*	123,8070*
0,4-0,5-0,3	05	-192,1850*	-58,8415*	-272,0646*	-77,9763*
	10	-311,2786*	-123,4901*	-314,5529*	-130,2450*
0,4-0,5-0,5	05	-273,3948*	-86,1531*	-4,2442*	-54,1956*
	10	-444,8541*	-171,1133*	-414,1837*	-154,3054*
0,4-0,5-0,7	05	-210,8884*	-26,1689*	-263,0248*	-48,7108*
	10	-292,8723*	-62,1815*	-292,8062*	-76,6236*

* Rejeita-se H₀: $\mu_1 = \mu_2$ ao nível de significância de 0,01

O cálculo do b foi diferente, em todas as gerações, ao se comparar machos e fêmeas com o índice sem a diferenciação de sexo, pelo teste t de *Student* ao nível de 0,01.

As diferenças entre machos e fêmeas podem ser fundamentais em um sistema de produção. Estas diferenças podem ser notadas entre os animais, ao comparar os b dos ganhos de peso e comprimento da 10ª geração dos machos com o das fêmeas do experimento, por um teste t de Student com $\alpha = 0,01$. (Tabela 10).

Tabela 12 - Diferenças entre a média dos índices da 10^o geração de machos e fêmeas, usando o teste t de Student com $\alpha = 0,01$

h ² Gp-h ² Co-EP	Valores de t na comparação entre Machos e Fêmeas	
	b ₁ Machos x b ₁ Fêmeas	b ₂ Machos x b ₂ Fêmeas
0.2-0.3-0.3	13,20*	10,37*
0.2-0.3-0.5	17,07*	3,31*
0.2-0.3-0.7	20,32*	6,00*
0.2-0.5-0.3	7,62*	-0,46
0.2-0.5-0.5	36,36*	18,09*
0.2-0.5-0.7	14,27*	6,32*
0.4-0.3-0.3	33,34*	8,42*
0.4-0.3-0.5	22,41*	-0,39
0.4-0.3-0.7	2,97*	12,50*
0.4-0.5-0.3	22,56*	1,62
0.4-0.5-0.5	-26,61*	2,34
0.4-0.5-0.7	11,76*	11,50*

* Rejeita-se H₀: $\mu_1 = \mu_2$ ao nível de significância de de 0,01

Com exceção de alguns valores referentes ao comprimento, houve diferenças significativas entre os *b* dos machos e das fêmeas, diferenças estas que podem ser atribuídas à limitação imposta ao desempenho das fêmeas de 80% do valor dos machos.

Todos os fatores testados variaram significativamente durante o estudo.

CONCLUSÕES

Os índices das características testadas no presente estudo apresentaram variação nas gerações, sexos e herdabilidades, principalmente quando o efeito pleiotrópico era maior.

Quanto às gerações houve um encurtamento na relação de b_2 com b_1 devido à pressão de seleção sobre b_1 (característica de maior valor econômico). Tal fato pode também ser observado para machos, fêmeas e na análise conjunta, principalmente em herdabilidades mais baixas com menor pleotropismo.

Pelos dados apresentados pode-se concluir que o índice de seleção da forma como é utilizado casualmente é de pouca valia, principalmente em espécies de alta prolificidade e ciclo reprodutivo curto. Já que variações ocorrem dentro da mesma população, com o passar das gerações e entre os sexos, o índice deve ser recalculado a cada geração.

6 – BIBLIOGRAFIA

BEACHAM, T. D., Genetic-variation in body-weight of pink salmon (*Oncorhynchus-Gorbuscha*). Genome 32, 227-231. 1989. p.

BRASCAMP, E. W., SMITH, C., GUY, D. R. Derivation of economic weight from profit equations. Animal Production, v. 40, p. 175-180. 1985.

BRIGHT, G. Economic weight from profit equation: appraising their accuracy. Animal Production, v. 53, p. 395-398, 1991.

CARREIRA, A., CARVALHO, N., COSTA, V. Breve histórico da linguagem Fortran. Praticas de Computação. 2001

CH'ANG, M. T. Determination of realized weight heritability in tilapia (*tilapia mossambicana* Peters). Sov, Genet. 7, 1550-1554, 1971B.

CLEMENT, S., LOVELL, R. T. Comparison of processing yield and nutrient composition of culture Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, v.119, p. 299-310, 1994.

DUNHAM, R. A. SMITHERMAN, R. O. Response to selection and realized herdability for body weight in three strains of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, grown in earthen ponds. Aquaculture 33, 89-96. 1983.

EL GAMAL, A. A., SMITHERMAN, R. O., BEHREND, L. L. viability of red and normal colored *Oreochromis aureus* and *O. niloticus* hybrids. In: The Second

International Symposium on Tilapia in Aquaculture, R. S. V. Pullin, T. Bhukaswaw, K. Touguthai, J. L. Maclean (editors). JCLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries , Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 1998.

EUCLYDES, R. F. Sistema de simulação Genesys, Seminário, Universidade Federal de Viçosa, 2005

FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.

GALL, G. A. E. Two-stage Trout Broodstock selection program: Reproductive performance and growth rate. Calif. Fish Game 60, p 26-35. 1979.

GIBSON, J. B., VAN ARENDONK. Introduction to the design and economics of animals breeding strategies. Apostila. p 68-111. 1998.

HAGEN, D. W., BLOUW, D. M. Herdability of dorsal spines in the fourspine stickleback (*Apeltes quadracus*). Heredity 50 p. 275-281. 1983.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HAZEL, L. N., LUSH, JAY L. The efficiency of three methods of selection. *Journal Heredity*. 33: p. 393-399. 1942.

HENDERSON, C.R. Sire evaluation and genetics trends. In: ANIMAL BREEDING AND GENETICS SYMPOSIUM IN HONOR OF DR. JAY L. LUSH, 1973, Blacksburg.Proceedings... Champaign: ASAS/ADSA, p. 10-41. 1973.

HARRIS, D.L. Livestock improvement: art, science, or industry? Journal animal Science, v 76. p.2294-2302, 1998.

<http://www2.ibama.gov.br/~geobr/Livro/cap2/pesca.pdf> , IBAMA 2001.

<http://www.emparn.rn.gov.br/Arquivos/Piscicultura.asp>, EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A)

KEENLEYSIDE, M. H. A, Child fishes: behavior, ecology and evolution. Fish and fisheries. Chapman & Hall, 378p. 1991.

KRONERT, U., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., LANGHOLZ, H. J., Investigation on selection of tilapia for late maturity. Selection, Hybridization and Genetic Engineering in Aquaculture, vol. 2, Berlin. Germany. 1987.

KRONERT, U., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., LANGHOLZ, H. J., Prospects of selecting late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*). Family studies under laboratory conditions, Aquaculture, 77, 113-121. 1989.

LUSH, J.L.. Predicting gains in feeder cattle & pigs. J Agricultural Res 42, p 853-881. 1931

LOPES, P.S.; SILVA, M.A.; LUDWIG, A.; SOARES, P.R.; TORRES, R.A.; GRAÇAS, A.S. Estudo de índices de seleção para aves Legorne. Revista Brasileira de Zootecnia, v.15, n.2, p.165-174, 1986.

MOLLER, D., NAEVEDAL, G., HOLM, M., LEROY, R. Validation in growth rate and age at sexual maturity in rainbow trout. In: Advances in Aquaculture, T. V. R. Pillay and W. A. Dill (editors). Fishing News Books, Farnham, Surrey, England. 1979.

OLDORF, W., KRONERT, U., BALARIN, J., HALLER, R., HÖSTANGEN-SCHWARK, G., LANGHOLZ, H. J. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*) II. Strain comparisons under laboratory and field conditions. Aquaculture 77, p. 123-133. 1984.

PARNELL, P. Balancing growth, carcass and fertility in your breeding program. Angus Technical Report, n.2, p.1-8, 2000. Available from <http://angusaustralia.com.au> Acesso em: 09 maio 2001.

PEREIRA, Melhoria Genética Aplicada à Produção Animal. 3ª ed. Belo Horizonte, MG: FEPMVZ-Editora, 1999, v. , p. 447-493.

PROENÇA, E.C.M., BITTENCOURT, P.R.L. Manual de piscicultura tropical. Brasília: IBAMA. 195p. 1994.

REAGAN, R. E., PARDUE, G. B., EISEN, E. J. Predicting selection response for growth of channel catfish. J. Hered. 67, p 49-53. 1976.

SMÍSEK, J. The hybridization of the Vodnany and Hungarian lines of carp. Buletin VURH Vodnany 15(1), 3-12. Abstract in anim. Breed. Abs., 48(5), p 302. 1979(A).

SMITH, C., JAMES, J. W.; BRASCAMP, E. W. On the derivation of economic weights in livestock improvement. *Animal Production*, v. 43, p. 545-551, 1986.

TAVE, D., SMITHERMAN, R. O. Predicted response to selection for early growth in *tilapia nilotica*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 109, p 439-445. 1980.

TAVE, D. A quantitative genetic analysis of phenotypes in *Tilapia nilotica*. *Copeia*. 1986, 672-679. 1986.

TAVE, D. Effective breeding number and broodstock management: II. How to minimize genetic drift. In: *Proceedings Auburn Symposium on Fisheries and Aquaculture*, R. O. Smitherman and D. Tave (editors). Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL. 1990B.

TAVE, D. Genetic for fish hatchery managers. Van Nostrand Reinhold, New York. 2nd ed, 415p. 1993.

VANDEPITTE, W.M. Factors affecting the accuracy of selection indexes for the genetic improvement of pigs. Ames, ISU, 1974, 174p. Tese Ph.D., Iowa State University, 1974.

WELLER, J. I. Economic aspects of animal breeding. 4.ed. Israel: Chapman & Hall, 244p. 1994.

WOHLFARTH, G. W., MOAV, R. The effects of variation in spawning time on subsequent relative growth rate and viability in carp. *Bamidgeh* 22, 42-47. 1970.

WRIGHT, S. (1931), "Evolution in Mendelian Populations", *Genetics* 16: 97-159.
Reprinted in William B. Provine (1986), *Sewall Wright: Evolution: Selected Papers*: Chicago: University of Chicago Press: 98-160.