



# *Panorama da* **AQUICULTURA**



## **TILÁPIAS EM TANQUES-REDE:** **AS VANTAGENS DA REDUÇÃO NA DENSIDADE DE ESTOCAGEM**

**Demandas para uma produção sustentável de tilápia • Conceitos de melhoramento genético ao alcance de todos • A importância da tilapicultura para a América Latina e Caribe • Brasil recorre à produção aquícola estrangeira para garantir seu abastecimento • E o futuro da produção de peixes nativos?**



Na última edição da *Panorama da AQUICULTURA* (nº 137-maio/junho de 2013) iniciamos com o tema “Desmitificando a genética” uma série de artigos sobre os conceitos e metodologias da área de melhoramento genético aplicado à aquicultura, onde são abordados desde os aspectos metodológicos de programas de seleção, até a produção de peixes transgênicos. Nesta edição trataremos dos principais conceitos usados em programas de melhoramento genético animal, para uma melhor compreensão das terminologias técnicas que serão utilizadas nos próximos artigos.

○ melhoramento genético é um conjunto de técnicas e métodos que tem como objetivo melhorar o valor genético médio da população, selecionando e acasalando os indivíduos superiores, isto é, aqueles mais resistentes, com melhor desempenho, melhor rendimento de filé, entre outras características de interesse zootécnico para que tais características sejam transmitidas e expressas nas futuras proles. O Triângulo da Vida, de Walter (**Figura 1**), demonstra o que representa o melhoramento genético no contexto da produção animal. Um indivíduo (peixe) é aquilo que herdou de seus pais (Genótipo); está submetido aquilo que lhe é oferecido (Ambiente) e será aquilo que produzirá (Fenótipo).

# Conceitos de melhoramento genético ao alcance de todos

Por:

**Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas** - [rilke@dzo.ufla.br](mailto:rilke@dzo.ufla.br)

Universidade Federal de Lavras - Departamento de Zootecnia

**Prof. Dr. Alexandre W.S. Hilsdorf** - [wagner@umc.br](mailto:wagner@umc.br)

Universidade de Mogi das Cruzes - Laboratório de Genética de Organismos Aquáticos e Aquicultura

**M.Sc. Aline de Assis Lago** - [alineassislago@posgrad.ufla.br](mailto:alineassislago@posgrad.ufla.br)

Doutoranda da Universidade Federal de Lavras - Departamento de Zootecnia

**Prof. Dr. Heden Luiz Marques Moreira** - [heden@ufpel.edu.br](mailto:heden@ufpel.edu.br)

Universidade Federal de Pelotas - Departamento de Zoologia e Genética





Figura 1. Triângulo da Vida, de Walter, citado por Domingues (1968)

Para aumentar a produção de peixes, o piscicultor pode escolher dois caminhos. O primeiro é aumentar o tamanho de sua piscicultura. O segundo é aumentar a produtividade, que é a produção por unidade de área de viveiros (kg/hectare) ou volume de tanque-rede (kg/m<sup>3</sup>). O aumento da piscicultura muitas vezes é limitado devido à indisponibilidade de área ou elevado preço da terra, ou mesmo pela ausência de maiores volumes de água para o abastecimento e renovação em novas áreas de criação.

Aumentar a produtividade é a maneira mais eficiente de incrementar a produção de peixes sem aumento da área. O produtor pode aumentar sua produtividade de duas formas; a primeira é manejando os fatores ambientais envolvidos na produção de peixes, ou seja, melhor alimentação, melhor manejo, cuidados com a qualidade da água, aumento da disponibilidade de oxigênio são alguns destes fatores que melhoram o bem estar dos animais e consequentemente sua produtividade. A outra opção é utilizar alevinos geneticamente melhorados para que as melhores condições ambientais fornecidas pelo produtor sejam efetivamente aproveitadas pelos indivíduos em cativeiro e expressadas na forma de produção de carne.

O sucesso de uma unidade de produção animal depende de um programa efetivo de melhoramento genético. O aumento da produtividade apenas com o aprimoramento das condições ambientais pode ser limitado pela baixa qualidade genética dos indivíduos, ou mesmo pelas possíveis variações destas condições, entretanto, mudanças genéticas geradas por programas de melhoramento são permanentes.

## Fenótipo e genótipo

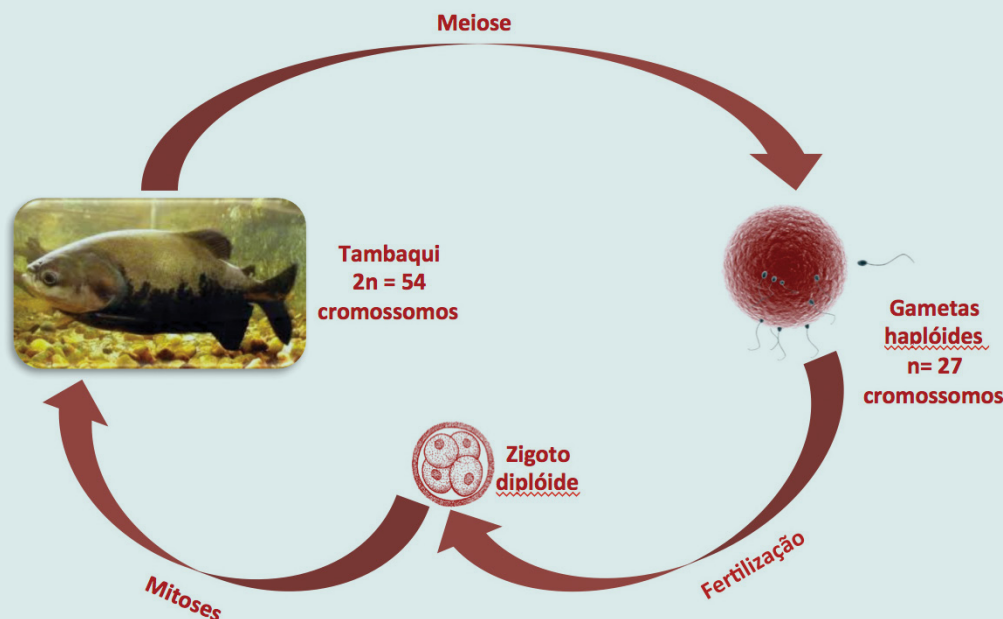
O fenótipo (F) do animal é resultado da interação de seu genótipo (G) com o ambiente (A), no qual está sendo criado. Esta ideia pode ser traduzida pela expressão:  $F=G+A$  (Figura 2). O termo “fenótipo” (do grego *pheno*: evidente, brilhante; e *typos*: característico) é empregado para designar as características apresentadas por um indivíduo, sejam elas morfológicas, fisiológicas ou comportamentais, em outras palavras, tudo aquilo que podemos observar, quantificar e registrar no peixe. Como exemplo de fenótipos de interesse zootécnico, podemos citar: peso, tamanho, ganho de peso, rendimento de filé, conteúdo de gordura, área



Figura 2. Mudanças fenotípicas de tilápias nilóticas induzidas pelo ambiente. Na tilápia (a) foi mantida a 5°C por 5 min. As mudanças fenotípicas induzidas foram o clareamento do peixe pela agregação de melanócitos e mudanças morfológicas como a distensão da região da cabeça. Na tilápia (b) foi mantida a 25°C pelo mesmo período sem reposta quanto à coloração e morfologia da cabeça (Fonte: Jaso-Friedmann *et al.*, 2000)

de lombo, presença ou não de escamas, coloração entre outros. O genótipo (do grego *genos*: originar, provir, e *typos*: característica) refere-se à constituição genética do indivíduo, ou seja, aos genes que ele possui e que lhe foram transmitidos por seus pais.

A transmissão genética é feita por meio dos gametas, espermatozóide e óvulo, que são células haplóides resultantes de um processo de divisão celular denominado meiose, pelo qual a espécie reduz pela metade o seu número de cromossomos. Durante a fecundação, quando o espermatozóide se funde ao óvulo, o estado diplóide é reestabelecido formando o genótipo do novo indivíduo, que conterá metade dos genes ou dos cromossomos oriundos



**Figura 3.** Diagrama esquemático mostrando as fases de produção de gametas haplóides (meiose) e fecundação para recompor o estado diplóide da espécie e gerar um novo indivíduo por mitoses em um tambaqui

de seu pai e a outra metade de sua mãe (**Figura 3**). Daí se conclui que o genótipo de um indivíduo não representa exatamente o conteúdo genético dos pais, mas dependerá do arranjo de genes presentes nos gametas que lhe deram origem e que é resultante da combinação aleatória da metade dos genes de seu pai com a metade dos genes de sua mãe.

### Melhoramento genético

Duas são as ferramentas disponíveis para promover o melhoramento genético de qualquer espécie: seleção e acasalamento. Seleção é o processo decisório que indica quais animais de uma geração tornar-se-ão pais da próxima, e quantos filhos lhes será permitido deixar. Em outras palavras, pode-se entender seleção como sendo a decisão de permitir que os melhores indivíduos de uma geração sejam pais da geração subsequente, buscando sempre aumentar a frequência de genes desejáveis para determinadas características. Neste ponto, precisamos entender que os genes estão presentes nas células em pares (uma cópia da mãe e outra do pai), e cada gene pode possuir diferentes sequências de DNA que são denominadas de alelos. Genes e alelos podem se relacionar em interações entre genes (conhecido

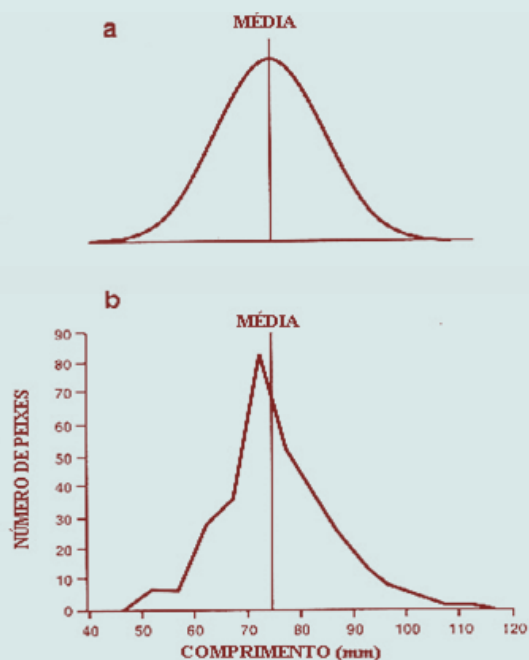
como epistasia) e entre alelos (dominância e recessividade). Assim, a expressão do genótipo na progênie, com a consequente produção de um fenótipo superior, depende dos reprodutores a serem escolhidos para o acasalamento e de como os genes e alelos se interagem na expressão destes fenótipos. O acasalamento é, por isso, responsável pela definição dos genótipos a serem formados na próxima geração.

Para praticarmos a seleção e o acasalamento, é necessário identificar os indivíduos geneticamente superiores, isto é, aqueles que apresentam em seu genótipo a maior quantidade de genes favoráveis a(s) característica(s) de interesse. Entretanto, no processo de melhoramento convencional o genótipo de um indivíduo não pode ser medido diretamente. O valor de um genótipo é estimado pela observação e quantificação de seu fenótipo, expresso na progênie e na geração parental.

Como relatado no artigo anterior, os fenótipos podem ser divididos em qualitativos e quantitativos, sendo a maioria das características ligadas à produção, tais como: comprimento, peso, conversão alimentar e rendimento de filé; são classificadas como quantitativo. Essas características são controladas por vários genes e estão sujeitas a grande influência ambiental, como densidade e estocagem, alimentação, tamanho e idade da mãe. A escolha do melhor animal, nesse caso, vai depender não somente



"Conhecer quais são os componentes principais da variância genética que governam a expressão de um fenótipo é o primeiro passo a ser dado para escolha de um programa de melhoramento baseado na seleção dos melhores indivíduos"



**Figura 4.** Distribuição exibida por um fenótipo quantitativo em uma população. O gráfico (a) ilustra uma distribuição perfeita, que produz o que é chamado de “curva em forma de sino” com a média subdividindo a curva a partir de seu cume. O gráfico (b) é a distribuição do comprimento aos sete meses em uma população de carpa comum (Fonte: Tave, 1993)

da escolha dos genótipos superiores, mas também de como o ambiente, no qual o animal será criado, vai influenciar a expressão do fenótipo.

Em virtude dos fenótipos quantitativos serem características controladas por dúzias e até centenas de genes, a expressão sequencial e/ou simultânea destes genes torna impossível identificar genes individuais e decifrar os seus modos de herança.

Os fenótipos de interesse econômico, tais como, peso ao abate ou rendimento de filé variam de indivíduo para indivíduo em uma população de peixes com uma distribuição contínua (**Figura 4**).

Assim, para selecionarmos os melhores precisamos avaliar o quanto estas medidas se diferenciam uma das outras, o valor desta diferença é chamada variância. Estas diferenças quanto ao peso ao abate, por exemplo, pode ser devido aos genes (componente herdável) ou ao ambiente (componente não herdável). O componente herdável da variância é o que interessa em um programa de melhoramento genético, pois é o que será transmitido aos filhos e produzirá uma prole que expressará o melhor dos pais.

Conhecer quais são os componentes principais da variância genética que governam a expressão de um fenótipo é o primeiro passo a ser dado para escolha de um programa de

#### Glossário:

**Alelo:** formas diferentes de um mesmo gene localizados em um mesmo locus em cromossomos homólogos; os alelos de um gene são os responsáveis pela variabilidade de um fenótipo.

**Efeito aditivo:** é o efeito individual dos genes envolvidos em determinado fenótipo que somados resultam no fenótipo final.

**Efeito de dominância:** é o efeito da expressão de um gene o qual o alelo dominante encobre o efeito do outro alelo recessivo no mesmo locus.

**Efeito de epistasia:** é o efeito da expressão de um fenótipo como resultado da interação entre diferentes genes, sendo que um gene em um loco altera o efeito de genes em locus diferentes.

**Loco (plural: locus):** posição específica de um gene em um cromossomo.

**Variabilidade:** diferenças entre indivíduos de uma população ou progênie de certas características causadas por fatores genéticos e/ou ambientais que possam ser medidas ou categorizadas.

**Variância:** é a medida da variabilidade, é um parâmetro estatístico que avalia o quanto os dados estão afastados da média aritmética. Ela é calculada pela média dos quadrados do desvio padrão e é uma importante para estimar os componentes da variabilidade fenotípica.

**Variância genética aditiva, dominância e epistasia:** é a medida da variância fenotípica que depende dos efeitos genéticos aditivos, de dominância ou epistáticos.

# FAÇA A DIFERENÇA

Quando você escolhe  
uma boa fonte de informação  
o mercado escolhe você

Conhecimentos aprofundados  
para quem está se qualificando  
para exames de graduação,  
pós-graduação ou concursos que  
exijam informações atualizadas.



*Panorama da*  
**AQUICULTURA**

Assine e estude nas páginas da *Panorama da AQUICULTURA*.

(21) 3547-9979

Quem sabe pode mais. [www.panoramadaaquicultura.com.br](http://www.panoramadaaquicultura.com.br)



melhoramento baseado na seleção dos melhores indivíduos, o conhecimento de quais os componentes principais da variância genética estão presentes no fenótipo é muito importante. Se desejarmos aumentar a média de ganho de peso em uma população de peixes, necessitamos saber se ao selecionarmos os melhores indivíduos pelo fenótipo, estamos indiretamente selecionando os melhores genes para esta característica, e por sua vez se a expressão destes genes resultará diretamente em ganho de peso. Este tipo de variância genética, chamada de aditiva, permite que haja um incremento do fenótipo nas gerações subsequentes à seleção. Em outras palavras, ao selecionarmos os indivíduos com melhores pesos ao abate, os filhos destes apresentarão uma média de peso igual ou maior que os pais, isto chamamos de ganho de seleção.

Em alguns casos, a expressão da característica não é determinada por um efeito aditivo. Neste caso a estratégia é acasalar indivíduos que apresentem características específicas e se beneficiar com o chamado vigor de híbrido. Esta é a estratégia usada para produzir milho híbrido. Como exemplo em peixes, podemos imaginar que ao selecionarmos uma característica qualquer por muitas gerações em uma população, de forma que nesta população possuam genes responsáveis por esta característica em homozigose, e em outra população selecionamos outra característica da mesma forma. Ao cruzarmos estas populações produziremos uma prole que reúne o melhor das duas populações, isto é, uma progênie cuja média de produção será melhor que a média dos pais, o vigor de híbrido. Falaremos mais sobre isto em um próximo artigo.

Por último, um conceito importante é o da herdabilidade. O entendimento deste conceito é simples, se uma característica tem alta herdabilidade, isto significa que ao selecionarmos esta característica ela será transmitida e possivelmente expressa na progênie. Uma característica com baixa herdabilidade significa que a expressão desta característica é governada majoritariamente por fatores ambientais. Por exemplo, a herdabilidade de rendimento de filé é estimada em 0,12 (ver Turra et al., 2010), isto significa que 12% da herança desta característica é devido aos genes (componente aditivo) e os outros 88% a outros fatores, principalmente ao ambiental (manejo, alimentação, etc...). Assim, a melhoria do rendimento de filé depende de outras características, tais como, peso do filé, peso corporal, comprimento e largura do peixe que tem herdabilidade mais altas; 0,24; 0,26; 0,25 e 0,25, respectivamente.

O programa de seleção a ser escolhido é fundamental para o incremento da produção final de peixes. No próximo artigo iremos apresentar os tipos de programas de seleção genética usadas em piscicultura, mostraremos como a GIFT foi pensada e qual sistema de seleção foi usado para produzir esta variedade de tilápia tão difundida no mundo. ■

## Temas dos artigos:

- (I) Desmitificando a genética (edição 137)
- (II) Conceitos de melhoramento genético ao alcance de todos
- (III) Seleção genética de caracteres qualitativos e quantitativos
- (IV) Como fazer melhoramento genético em sua piscicultura
- (V) Hibridização em peixes: Vantagens e riscos
- (VI) O que é peixe triploide – o quanto esta técnica pode ser útil no melhoramento genético
- (VII) A transgenia na piscicultura: realidade ou ficção
- (VIII) O que é endogamia e como controlá-la
- (IX) Melhoramento genético para resistência a doenças
- (X) Uso de DNA em programas de melhoramento
- (XI) Rastreabilidade por DNA: isto é possível?
- (XII) Desafios do Melhoramento Genéticos de organismos aquáticos

## Leitura Complementar:

- Bourdon, R. M.**, 1997. Understanding Animal Breeding. Upper Saddle River, Prentice Hall, 523 p.
- Domingues, O.**, 1968. Introdução à zootecnia. Rio de Janeiro, SIA, 1968. 392 p.
- Douglas T.**, 1993. Genetics for fish hatchery managers, 2nd ed., AVI Book, Van Nostrand Reinhold, New York, 415 p.
- Falconer, D.S.**, 1987. Introdução à genética quantitativa. Viçosa, UFV, 279 p.
- Gama, L.T. da.**, 2002. Melhoramento Genético Animal, Lisboa, Escolar Editora, 306 p.
- Jaso-Friedmann, L.**, Ruiz, J., Bishop, G.R., Evans, D.L., 2000. Regulation of innate immunity in tilapia: activation of nonspecific cytotoxic cells by cytokine-like factors. *Developmental and Comparative Immunology*. 24: 25-36.
- Olesen, I., A.F. Groen & B. Gjerde.** 2000. Definition of breeding goals for sustainable production systems. *Journal of Animal Science*. 78: 570-582.
- Pereira, J.C.C.**, 2012. Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal. Belo Horizonte, Ed. FEPMVZ, 6ª, 618 p.
- Shultz, F.T.**, 1986. Developing a Commercial Breeding Program. *Aquaculture*. 57: 65-76.
- Turra, E.M., Oliveira, D.A.A., Teixeira E.A., Prado, S.A., Melo, D.C., Sousa, A.B.**, 2010. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 34: 29-36.