



Panorama da **AQUICULTURA**



ESTIAGEM NOS RESERVATÓRIOS

FALTA DE CHUVA E CALOR AFETAM A PRODUÇÃO DE TILÁPIA

Ômega-3: Tudo o que você queria saber • Vantagens e riscos da hibridização em peixe • O verme do olho em tambaquis de Rondônia • Com Parques Aquícolas e com crédito a aquicultura toma fôlego? • Piscicultura Aquabel comemora 20 anos • Dietas para a prevenção de enfermidades • Entrevista com Geraldo Bernardino • IBGE inclui a Aquicultura na Pesquisa Pecuária Municipal



Por:

Prof. Dr. Alexandre W.S. Hilsdorf

wagner@umc.br

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

M.S. Marco Aurélio Dessimoni Dias

marconepr@yahoo.com.br

Doutorando da Universidade Federal de Lavras e do Laboratório de
Genética de Organismos Aquáticos e Aqüicultura (UMC)

Prof. Dr. Heden Luiz Marques Moreira

heden@ufpel.edu.br

Universidade Federal de Pelotas - Departamento de Zoologia e Genética

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

rilke@dzo.ufla.br

Universidade Federal de Lavras - Departamento de Zootecnia

Hibridização em peixe: Vantagens e riscos

Durante a Grécia antiga, o homem vislumbrava a vantagem em possuir a força de um boi, a velocidade de um cavalo ou a agilidade de um bode sob as formas quiméricas de minotauros, centauros e sátiros, respectivamente. Estes eram seres da natureza com o corpo metade humana e metade animal, ou seja, híbridos entre homem e animal. No entanto, hoje sabemos que tais seres não existiram e apenas povoavam a imaginação das antigas civilizações. A palavra “híbrido” em português ou *hybrid* em inglês vem do grego *hybris* que significa ultraje, irregular, anômalo, aberrante, anormal ou monstruoso. Assim, híbrido para os gregos quer dizer aquilo que contraria as leis naturais, isto é, a palavra transmite a ideia daquilo que é originário de uma mistura anômala ou irregular. Em resumo, híbrido é a mistura ou composição de dois elementos diferentes resultando em um terceiro elemento anormal que pode ser superior ou inferior aos elementos que o originaram.

Os termos “híbrido” e “hibridização” foram incorporados pelas ciências naturais, principalmente a genética, para designar o cruzamento entre gêneros, espécies, variedades, linhagens distintas de animais ou vegetais e que produzam descendência viável fértil ou não. O uso da hibridização sempre despertou a atenção dos naturalistas, tais como o alemão Joseph Gottlieb Kölreuter primeiro a realizar cruzamentos entre espécies diferentes de tabaco. Charles Darwin foi outro naturalista que levantou questões sobre a viabilidade de híbridos, realizando experimentos com cruzamentos entre plantas e animais. Não podemos esquecer outro importante personagem da história da genética, o monge agostiniano Gregor Johann Mendel que usou o conceito de hibridização em seu trabalho “Experimentos sobre hibridização de plantas” e foi o primeiro a estabelecer os princípios da herança genética.

A hibridização entre espécies distintas é bem conhecida pelos estudiosos no tema. Alguns animais híbridos, como o zebrasno – cruzamento entre a zebra e o asno - podem ser vistos na forma selvagem na África do Sul e Namíbia. Outros cruzamentos incomuns são também encontrados em cativeiro ou em parques nacionais, tais como o ligre - cruzamento entre um leão (*Panthera leo*) e uma tigresa (*Panthera tigris*), o wolphin - cruzamento entre fêmea de golfinho (*Tursiops truncatus*) com um macho de falsa-orca (*Pseudorca crassidens*) ou mesmo um cruzamento muito conhecido por nós brasileiros, principalmente da Região Nordeste, a mula ou muar que é o resultado do cruzamento do macho do cavalo (*Equus caballus*) e a fêmea do jumento (*Equus asinus*).

A hibridização como método de melhoramento genético

O interesse de juntar características genéticas superiores advindas de tipos diferentes sempre despertou atenção dos melhoristas de plantas e animais. Na agricultura, o desenvolvimento de híbridos possibilitou o aumento substancial da produtividade de algumas espécies e o exemplo mais conhecido é o do milho híbrido. Os dados de evolução desta cultura mostram que os milhos híbridos disponíveis no mercado brasileiro possibilitaram um grande incremento na produtividade média, que variou de 1.479 kg/ha na década de 1970 para 4.196 kg/ha em 2011/2012.

Na pecuária, cruzamentos entre raças e linhagens de bovinos, suínos e aves têm sido usadas para produzir animais que reúnam características zootécnicas da geração parental na produção de um animal superior. O girolanda é uma raça leiteira oriunda do cruzamento entre um bovino europeu da raça holandesa com um de origem indiana da raça zebuína, o gir (5/8 holandesa + 3/8 gir). Esta raça que uniu a aptidão leiteira da raça europeia com a rusticidade da raça indiana é atualmente responsável por 80% da produção leiteira no Brasil. Em suínos, a EMBRAPA realiza vários cruzamentos entre diferentes raças - Large White, Landrace e Duroc - para produzir animais mais resistentes e produtivos às condições de clima e criação no Brasil.



Diferentes híbridos encontrados na natureza, (a) zebrasno, (b) ligre, (c) wolphin, (d) mula (Fonte: Wikipédia)

A avicultura de corte é também outro exemplo de como a hibridização tem sido usada para gerar animais de alta produtividade. Neste caso, os chamados avozeiros mantêm linhagens puras de raças de frango (*Gallus domesticus*) – Cornish, Plymouth Rock Branca, New Hampshire, entre outras - para diversas aptidões zootécnicas. Estas linhagens puras são animais altamente homocigóticos selecionados para fenótipos de interesse e são cruzados para gerar as matrizes que produzirão os pintinhos de um dia que serão comercializados. Estes cruzamentos reúnem o material genético das matrizes que expressarão as características zootécnicas desejadas no que é conhecido como vigor de híbrido.

A genética por detrás da hibridização

Nesta etapa precisamos entender que vários são os tipos de cruzamentos que são classificados como hibridização. Em essência, a hibridização no melhoramento genético refere-se ao cruzamento entre tipos geneticamente diferentes. Estes cruzamentos podem envolver cruzamentos interespecíficos ou até mesmo entre animais taxonomicamente de gêneros diferentes. Por exemplo, o “jundiara” ou “pintado-da-amazônia” obtido do cruzamento entre cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) e o jundiá-da-amazônia (*Leiarius marmoratus*). No caso de cruzamentos intraes-

pecíficos, estes são realizados entre famílias, variedades, linhagens ou mesmo populações de animais geneticamente distintos.

O objetivo de se usar cruzamentos para produção de híbridos como método de melhoramento é o de gerar progênie com desempenho médio superior à média dos pais. Em genética, este fenômeno é conhecido como heterose ou vigor de híbrido. Neste ponto, precisamos entender como a genética explica este fenômeno. Os genes são constituídos por diferentes sequências de DNA herdadas dos progenitores, chamado de alelos (ver artigos 2 e 3 desta série, na Revista *Panorama da AQUICULTURA*, edições 138 e 139). Os alelos de um mesmo locus interagem produzindo diferentes tipos de ações gênicas que podem ser observadas ou medidas na forma de um fenótipo. Os fenótipos de interesse econômico são geralmente controlados por muitos genes localizados nos diversos cromossomos da espécie. Assim, para um melhorista é importante conhecer qual interação entre os alelos é predominante para determinado fenótipo, pois este conhecimento é base para o tipo de metodologia que será aplicada no programa de melhoramento. Desta forma, as seguintes interações alélicas na expressão de um fenótipo são apresentadas (nas figuras demonstrativas a seguir, utilizaremos um exemplo de duas variedades de tilápias, cujo valor de um fenótipo quantitativo qualquer está expresso em unidades).



FAV Veterinary Pharmacology

- **FF-50**
Antibiótico Florfenicol
- **CITROFAV**
Ácidos Orgânicos e Óleos Essenciais
- **FAV-O₂**
Aumenta oxigênio dissolvido
- **ALFAEVER**
Hormônio
Alfametiltestosterona
- **OROTECH-3**
Fertilizante e biorremediador de solos



FAV DO BRASIL
Farmacologia em Aquicultura Veterinária Ltda

R. Bruno Veloso, 603 - sala 803
Cep: 51.021-280
Boa Viagem - Recife - PE

Tel.: + 55 81 3094-3038
3040 -3039

E-mail: fav@favdobrasil.com.br
giovanni@favdobrasil.com.br

www.fav.cl



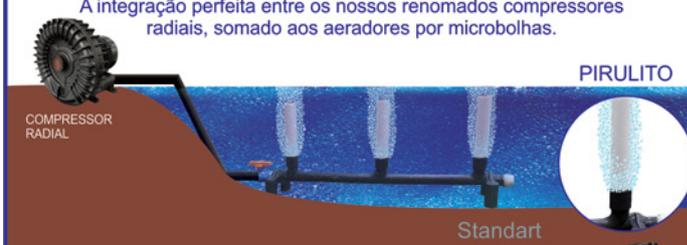

Oxigenação por microbolhas para tanques de criação de camarões, peixes (pl's e alevinos)



Compressor Radial

AERADORES POR MICROBOLHAS

A integração perfeita entre os nossos renomados compressores radiais, somado aos aeradores por microbolhas.



PIRULITO

COMPRESSOR RADIAL

Standart



DISCO

Plus

COMPRESSOR RADIAL

- inovação
- simplicidade
- praticidade
- eficiência
- lucratividade
- economia



Rua Porto Alegre, 118
Mooça - São Paulo - SP
(11) 3796-9566
(11) 2606-2006

www.artek.ind.br

Interação Aditiva: neste tipo de interação cada alelo de cada gene que controla o fenótipo contribui com pequeno efeito na expressão final do fenótipo. Se um determinado fenótipo for controlado por dois genes, cada alelo A1, A2, B1, B2 contribuirá para o valor do fenótipo final. Desta forma, a geração filial I (F₁) apresentará uma média de valor fenotípico pelo menos igual à média dos genitores. Sendo assim, ao selecionarmos os melhores genitores obteremos também um valor médio maior na geração seguinte (Figura 1).

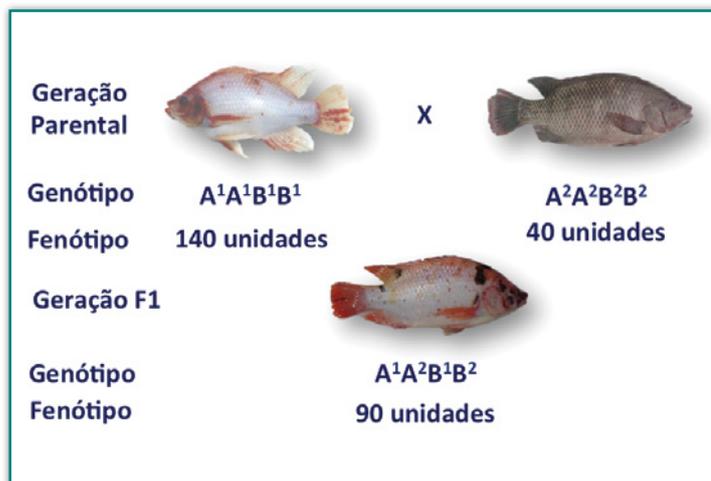


Figura 1. Ação gênica do tipo interação aditiva em duas variedades de tilápia

Interação Dominante: aqui a contribuição para a expressão do fenótipo é o resultado do locus dos genes envolvidos e não mais do alelo. Assim, se o fenótipo hipotético for controlado por dois genes, os genótipos AA = Aa = BB = Bb apresentarão um valor fenotípico e os genótipos aa = bb apresentarão outro. No caso do cruzamento entre dois progenitores homocigóticos para um fenótipo quantitativo qualquer, a média do valor fenotípico da progênie resultante F₁ será diferente da média dos progenitores e pelo menos igual à média de um dos progenitores. Neste caso, não há ganho fenotípico médio de uma geração para outra (Figura 2).

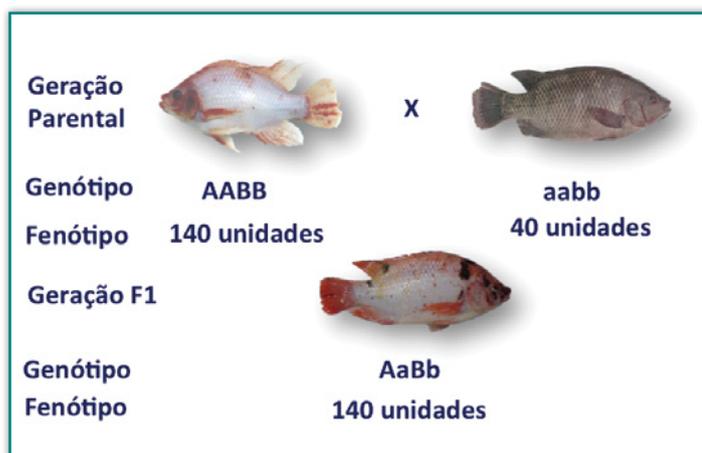


Figura 2. Ação gênica do tipo interação dominante em duas variedades de tilápia

Sobredominância: neste tipo de interação, o desempenho do heterocigoto é superior ao dos homocigotos que o originaram. Assim, teremos que os genótipos AA = BB apresentarão um valor fenotípico, aa = bb apresentarão outro valor e os genótipos Aa = Bb apresentarão um terceiro valor de fenótipo. Dois progenitores de variedades, linhagens ou mesmo espécies diferentes quando cruzados apresentaram o efeito de sobredominância quando a progênie produz um valor fenotípico médio superior à média dos progenitores e maior que o valor do melhor progenitor. Neste caso, observa-se um ganho na geração F₁, isto é, o que denominamos em genética, Vigor de Híbrido (Figura 3).

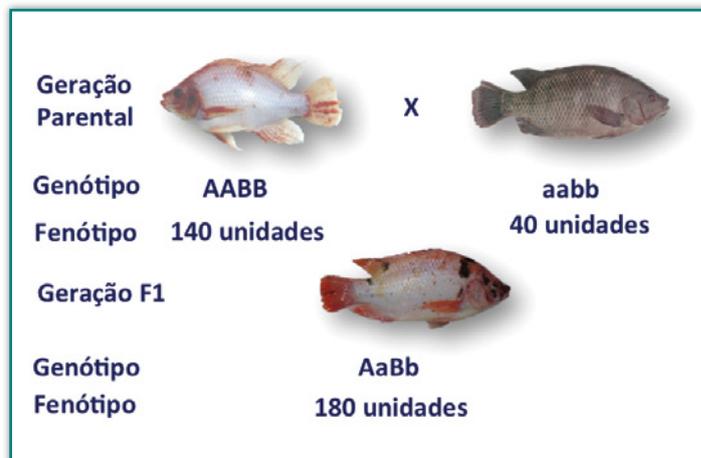


Figura 3. Ação gênica do tipo interação sobredominância em duas variedades de tilápia

É importante salientar que nem todos os cruzamentos entre progenitores contrastantes produzem o Vigor de Híbrido. Este fenômeno é mais facilmente observado entre populações homocigóticas contrastantes selecionadas para fenótipos de interesse. Assim, a verificação do vigor de híbrido em uma piscicultura pode ser observada pelo produtor, procurando-se averiguar quanto determinada progênie é superior em média no ganho de peso, na resistência a doenças, em animais de melhor manejo entre outros fenótipos quando comparado com a média da população progenitora. Se assim for, o produtor estará usando o vigor de híbrido em sua criação.

A hibridização em peixes

Nos peixes, a hibridação é um fenômeno bastante comum se comparado ao que ocorre em outros grupos de vertebrados. A literatura relata diversos exemplos de hibridização entre espécies diferentes (ver artigo de Epifanio e Nielsen, 2001).

Hibridizações naturais em peixes podem ser explicadas pela própria condição ecofisiológica do grupo, que apresenta características peculiares, entre outras a fertilização externa, mecanismos de isolamento, competição por territórios de desova, abundância de espécies e sobrevivência em ambientes com recursos limitados. Contudo, grande parte de eventos de hibridação em peixes tem sido atribuída à intervenção humana. É

certo que a aquicultura é uma das maiores responsáveis pela produção de híbridos, principalmente os interespecíficos.

A produção artificial de híbridos interespecíficos na aquicultura mundial abriu uma janela para programas de melhoramento genético com resultados mais rápidos do que os programas convencionais de seleção intraespecífica, pois em muitos casos, híbridos são favorecidos em situações em que a produção pode ser aumentada e direcionada para algumas características físicas ou fisiológicas desejáveis. Sendo muitos destes híbridos férteis, estes podem ser utilizados em programas específicos de seleção.

As tilápias são um grupo de peixes no qual a hibridização intraespecífica tem sido muito usada. Vários são exemplos de cruzamentos entre espécies de tilápias para produção de progênie 100% macho, resistente à salinidade com melhor crescimento, resistente a baixas temperaturas e híbridos de coloração vermelha (Tabela).

Alguns outros exemplos de hibridações utilizadas na aquicultura podem ser encontrados em ciprinídeos (carpa capim – *Ctenopharyngodon idella* x carpa cabeça grande – *Aristichthys nobilis*), salmonídeos (salmão do atlântico – *Salmon salar* x truta marrom - *S. trutta*) e siluriformes (bagre de canal – *Ictalurus punctatus* x bagre azul – *I. furcatus*).

No Brasil, os programas de melhoramento de espécies nativas tiveram seu início com a produção de híbridos. O “tambacu” foi o primeiro híbrido interespe-

cífico na década de 1980 a ser produzido em escala comercial, reunindo características do tambaqui e do pacu para criações em regiões com temperaturas mais baixas. Muitos híbridos entre espécies e gêneros têm sido produzidos de forma extensiva na piscicultura nacional desde então. O grupo de pesquisa do Prof. Dr. Fábio Porto-Foresti vem trabalhando sobre as questões genéticas da produção de híbridos no Brasil (ver artigos na Revista *Panorama da AQUICULTURA* edições 126, 127 e 128, 2011). Os trabalhos do Prof. Fábio têm mostrado que a contenção destes híbridos nas pisciculturas não tem sido eficiente e que muitos destes híbridos férteis são encontrados em ambientes naturais em contato direto com as populações selvagens das espécies que os originaram.

Em um país mega diverso em ictiofauna como o Brasil, com espécies de peixes de potencial para piscicultura, tais como pintado, cachara, tambaqui, pacu, jundiá entre outras, tais recursos genéticos devem ser observados com extrema cautela. O escape de híbridos para natureza e a possibilidade de cruzamentos destes com as populações selvagens pode, a longo prazo, levar à erosão da variabilidade genética encontrada nas populações selvagens. Programas de melhoramento genético, principalmente de espécies em processo de domesticação ou mesmo que ainda não foram submetidas à seleção, têm como base a variabilidade genética encontrada na natureza. Desta forma, ao investigarmos as diferenças genéticas de uma espécie de ampla ocorrência podemos encontrar populações que foram selecionadas a condições

EQUIPAMENTOS PARA PISCICULTURA.

AGRICOTEC
 (47) 3370 0712 | 3371-1579 www.agricotec.com.br

Cruzamento	Fenótipo
Tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) x Tilápia azul (<i>O. aureus</i>)	Híbridos são férteis com aumento a tolerância a baixas temperaturas e maiores salinidades. Cruzamentos entre algumas variedades geram progênie 100% macho.
Tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) x Tilápia de zamzibar (<i>O. hornorum</i>)	Híbridos produzidos a partir de uma geração parental pura são férteis e 100% macho. Este cruzamento foi usado na Chesf na Bahia (ver artigo Tilápia - o vigor do híbrido, na Revista <i>Panorama da AQUICULTURA</i> edição 52, 1999).
Tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) x Tilápia mossambica (<i>O. mossambicus</i>)	Híbridos são férteis e apresentam o bom desempenho da nilótica com a tolerância a maiores salinidades da mossambica. Algumas variedades de tilápia vermelha conhecida como tilápia vermelha da Flórida são provenientes deste cruzamento.
Tilápia nilótica (<i>O. niloticus</i>) x Greenhead ou longfin tilápia (<i>O. macrochir</i>)	Híbridos são predominantemente machos, a tilápia nilótica usada como fêmea no cruzamento contribui com um incremento na produção de alevinos.
Saint-Peter de Israel – variedade ND-56	Produzido pela <i>Aquaculture Production Tecnology Ltd.</i> envolve o cruzamento entre quatro espécies de tilápia para produção de uma geração parental vermelha que é então usada para gerar um tetra-híbrido com coloração avermelhada. Este híbrido vermelho foi o primeiro a ser introduzido em criações no Brasil.

Tabela. Alguns cruzamentos para geração de híbridos em tilápias (adaptado de Bartley et al., 2001)

ambientais diversas e por isso podem apresentar combinações de genes que expressem fenótipos de interesse para criação. Um exemplo disto foi o programa GIFT da tilápia nilótica. As famílias geradas pelo projeto e que estão em uso no Brasil, foram produzidas por cruzamentos dialélicos entre populações de tilápia nilótica espalhadas em diversas condições de criação.

Para usar um exemplo de uma espécie nativa do Brasil, vamos considerar o pintado *Pseudoplatystoma corruscans*. Esta espécie tem sua ocorrência registrada da região central do Brasil até o norte da Argentina, isto é, há populações selvagens habitando regiões com variáveis ambientais diversas. Tais populações podem apresentar características herdáveis

de interesse para um programa de seleção, que podem gerar uma variedade sintética que reúna fenótipos de interesse zootécnico, e isto também é hibridização. A perda destes recursos genéticos por razões diversas, construção de barragens, poluição e por que não dizer introgressão genética de híbridos oriundos de escapes pode comprometer o sucesso futuro de programas de melhoramento.

Um método biotecnológico que poderia ser empregado na produção de híbridos para esterilização destes, como é feito nos EUA para produção de carpa-capim, é a triploidização, isto é, a produção de peixes com três conjuntos cromossômicos que invariavelmente produz peixes estéreis. Mas, este é o assunto para o nosso próximo encontro, até lá. ■

Glossário:

Cruzamento dialélico: esquema de cruzamentos realizado em um programa de melhoramento para combinar genótipos diversos para avaliar a genética de fenótipos quantitativos e reconhecer diferentes tipos de ações gênicas.

Endogamia: Processo de obtenção de indivíduos homozigóticos por cruzamentos entre indivíduos aparentados ou no caso de peixes produzidos por ginogênese.

Intraespecífico: Indivíduos que pertencem à mesma espécie.

Interespecífico: Indivíduos que pertencem a espécies diferentes.

Ginogênese: Processo biotecnológico para produzir indivíduos somente com material genético materno.

Linhagem: Indivíduo ou grupo de indivíduos produzidos por endogamia cujo genótipo é homozigótico em todos ou na maioria do locus.

Triplóide: Indivíduo com três conjuntos cromossômicos, geralmente dois conjuntos maternos e um conjunto paterno.

População: Na genética corresponde a um grupo intraespecífico de indivíduos que se reproduz ao acaso com continuidade espacial e temporal.

Variabilidade: É um termo que corresponde a um grupo de indivíduos da mesma espécie submetidos a programas de seleção e que por isso apresentam características específicas para determinada condição ou região. Este termo é mais utilizado na agricultura como sinônimo de cultivar. Contudo, em peixes também pode ser aplicado, por exemplo, *Cyprinus carpio* var. espelho ou *Cyprinus carpio*, var. escama.

Leitura complementar:

- Bartley, D.M., Rana, K., Immink, A.J. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*.10: 325-337.
- Epifanio, J., Nielsen, J. 2001. The Role of Hybridization in the Distribution, Conservation and Management of Aquatic Species. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*.10: 254-251.
- Hashimoto, D.T., Prado, F.D.; Senhorini, J.A., Foresti, F., Porto-Foresti, F. 2011. Marcadores de DNA no monitoramento de híbridos interespecíficos de Peixes. *Panorama da AQUICULTURA*. 127: 48-53.
- Hashimoto, D.T., Senhorini, J.A., Foresti, F., Porto-Foresti, F. 2012. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. *Reviews in Aquaculture*. 4: 108-118.
- Lopes, J.P., 1999. Tilápia: o vigor do híbrido. *Panorama da AQUICULTURA*. 52: 13-19.
- Porto-Foresti, F., Hashimoto, D.T., Prado, F.D., Senhorini, J.A., Foresti, F. 2011. A hibridização interespecífica canadum em peixes. *Panorama da Aquicultura*. 128: 28-33.
- Prado, F.D., Hashimoto, D.T., Senhorini, J.A., Foresti, F., Porto-Foresti, F. 2011. Híbridos Interespecíficos de Peixes em Ambientes Naturais. *Panorama da AQUICULTURA*, 128: 30-41.
- Ramalho, M.A.P., SANTOS, J.B., PINTO, C.A.B.P. 2008. Genética na agropecuária. 4. ed. rev. Lavras, MG: Ed. UFLA, 463 p.
- Scribner, K.T., Page, K.S., Barton M.L. 2001. Hybridization in freshwater fishes: a review of case studies and cytonuclear methods of biological inference. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 10: 293-323.
- Toledo-Filho, S.A., Almeida-Toledo, L.F., Foresti, F.; Calcagnotto, D.; Santos, S.B.A.F.; Bernardino, G. 1998. *Cadernos de Ictiogenética 4: programas genéticos de seleção, hibridação e endocruzamento aplicados à piscicultura*. São Paulo: USP, 56 p.