



Foto: Ponciano (pixabay.com)

COMUNICADO  
TÉCNICO

04

Palmas, TO  
Dezembro, 2020

**Embrapa**

# Tambaqui

## Benefícios econômicos com a adoção do Tambapulus Parentesco

Manoel Xavier Pedroza Filho  
Roberto Manolio Valladão Flores  
Patrícia Ianella  
Leonardo Castilho-Barros  
Éder José de Oliveira  
Alexandre Rodrigues Caetano

# Tambaqui: benefícios econômicos com a adoção do Tambapplus Parentesco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Manoel Xavier Pedroza Filho, engenheiro-agrônomo, doutor em Economia, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO. Roberto Manolio Valladão Flores, economista, doutor em Economia Agrícola, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO. Patrícia Ianella, bióloga, doutora em Genética, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF. Leonardo Castilho-Barros, biólogo, doutor em Aquicultura, bolsista da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO. Éder José de Oliveira, engenheiro de Aquicultura, mestre em Zootecnia, consultor associado do projeto Amazongen da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO. Alexandre Rodrigues Caetano, zootecnista, doutor em Genética, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

## Introdução

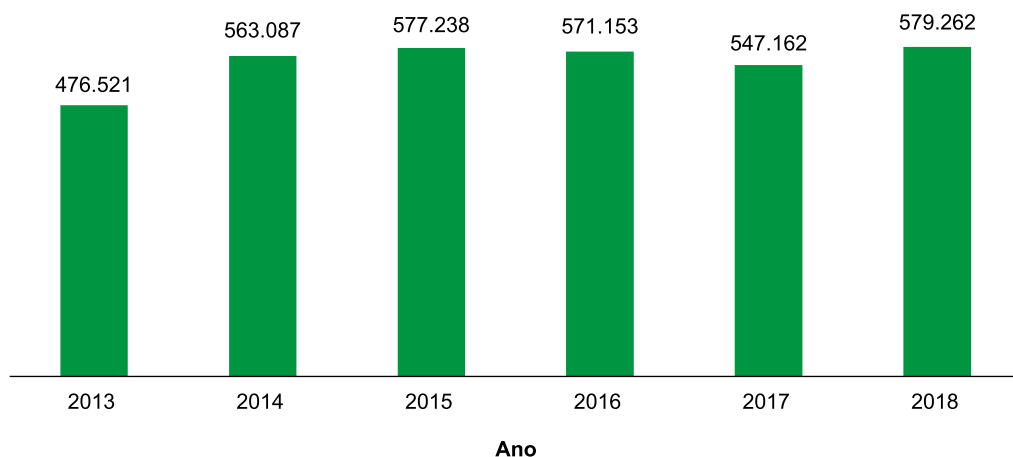
A aquicultura brasileira vem apresentando tendência de crescimento nas últimas décadas. Embora tenham sido observadas quedas na produção associadas à crise econômica do País nos anos de 2016 e 2017, o setor vem retomando a tendência de crescimento, e, segundo dados do IBGE, no ano de 2018, produziu 579 mil toneladas de pescado, o que representa um aumento de 5,8% em comparação com 2017 (Figura 1).

A produção aquícola é realizada em todas as regiões do Brasil, o que evidencia a abrangência da atividade em escala nacional. A região Sul é a maior produtora com 180 mil toneladas, seguida da região Nordeste com 144 mil toneladas (Tabela 1). Essas duas regiões são grandes produtoras de tilápia (*Oreochromis niloticus*), a principal espécie da aquicultura brasileira. No entanto, utilizam sistemas de produção diferentes: enquanto, na região Sul, verifica-se um predomínio do cultivo em viveiros escavados em

terra, no Nordeste a maior parte dos cultivos ocorre em sistemas de tanque-rede localizados em grandes reservatórios de usinas hidrelétricas.

Paraná, São Paulo e Rondônia são os estados com os maiores volumes de produção de aquicultura, com 121 mil, 51 mil toneladas e 50 mil toneladas em 2018, respectivamente (Tabela 2). A posição do Paraná como maior produtor nacional está diretamente ligada à produção de grandes cooperativas agroindustriais (ex.: Copacol e C-Vale), as quais têm investido fortemente na produção de tilápia nos últimos anos, e utilizam o mesmo modelo de integração vertical praticado na produção de aves e suínos.

A grande diversidade de espécies é uma característica da aquicultura brasileira. Cerca de 64 espécies e seus híbridos são produzidos comercialmente no Brasil, e a grande maioria é nativa e cultivada em água doce (Roubach et al., 2003; Calixto et al., 2020; FAO, 2020). A tilápia é a espécie mais produzida no Brasil, com uma produção de



**Figura 1.** Produção (t) da aquicultura brasileira de 2013 a 2018.

Fonte: IBGE (2020).

**Tabela 1.** Produção da aquicultura brasileira por região em 2018

Região	Produção (t)
Sul	180.170
Nordeste	144.159
Norte	98.808
Sudeste	92.388
Centro-Oeste	63.736
<b>Total</b>	<b>579.261</b>

Fonte: Embrapa (2020) a partir de dados do IBGE (2020).

311 mil toneladas, representando 60% da produção total da piscicultura brasileira, seguida pelo tambaqui (*Colossoma macropomum*), com 102 mil toneladas, representando 20% da produção total (Figura 2).

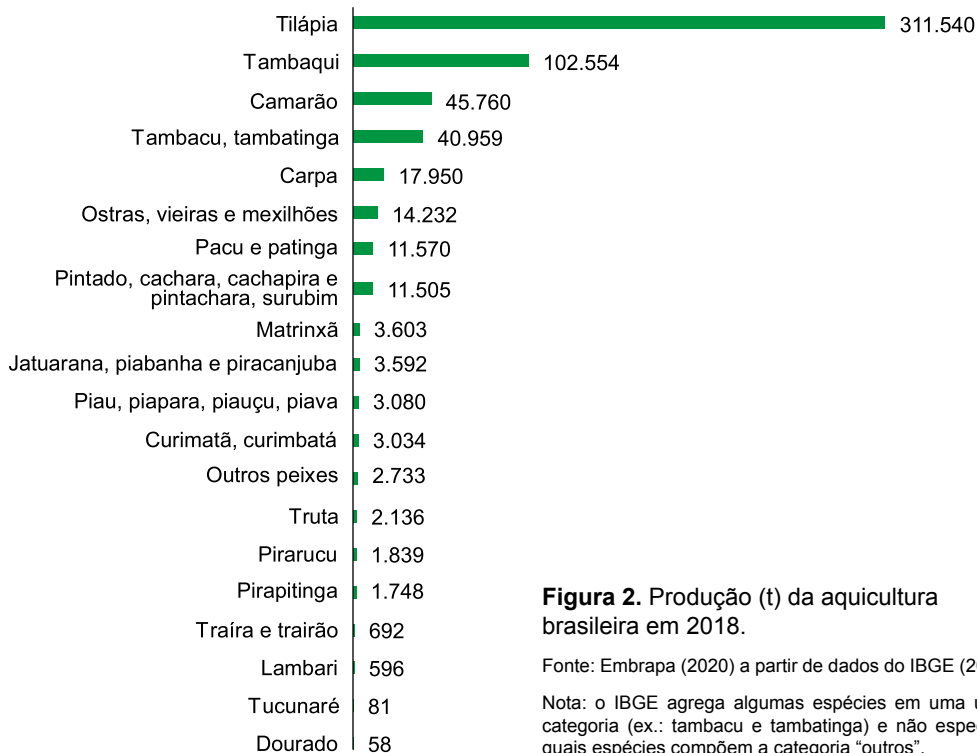
No período de 2013 a 2018, a produção de tambaqui apresentou crescimento de 15,6%, com uma taxa média de

**Tabela 2.** Produção da aquicultura brasileira por estado em 2018.

Estado	Produção (t)
Paraná	121.479
São Paulo	51.628
Rondônia	50.181
Santa Catarina	44.445
Minas Gerais	35.429
Mato Grosso	33.975
Maranhão	27.699
Ceará	24.197
Pernambuco	22.789
Rio Grande do Norte	22.165
Outros	145.275
<b>Total</b>	<b>579.262</b>

Fonte: Embrapa (2020) a partir de dados do IBGE (2020).

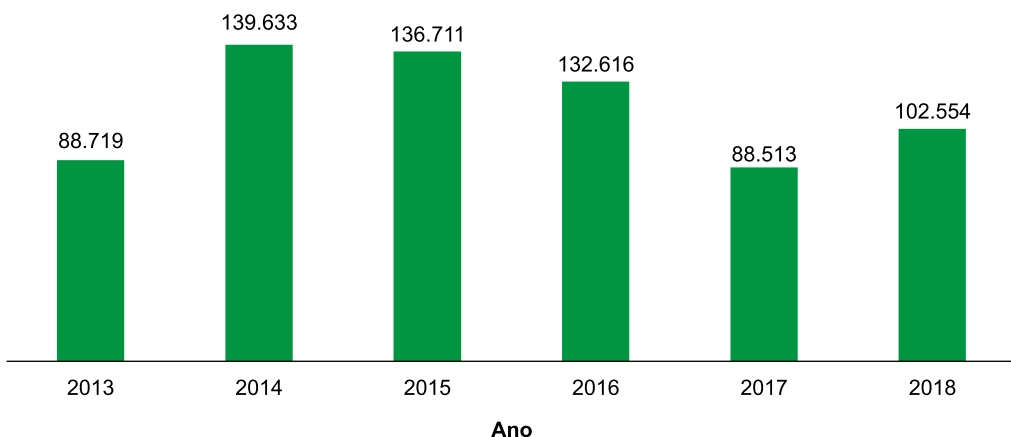
aumento anual de 2,6%, passando de 88 mil para 102 mil toneladas (Figura 3).



**Figura 2.** Produção (t) da aquicultura brasileira em 2018.

Fonte: Embrapa (2020) a partir de dados do IBGE (2020).

Nota: o IBGE agrega algumas espécies em uma única categoria (ex.: tambacu e tambatinga) e não especifica quais espécies compõem a categoria "outros".



**Figura 3.** Produção (t) de tambaqui (*Colossoma macropomum*) entre 2013 e 2018.

Fonte: Embrapa (2020) a partir de dados do IBGE (2020).

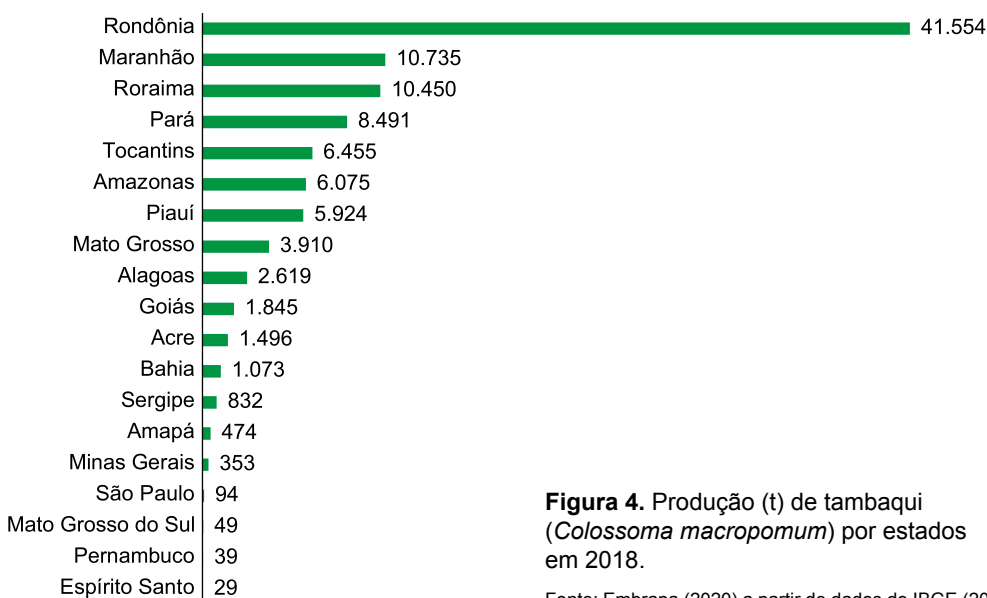
Rondônia é o principal estado produtor de tabaqui, com 41.554 t, seguido do Maranhão e de Roraima, com 10.735 t e 10.450 t, respectivamente (Figura 4).

Apesar de apresentar um mercado consumidor ainda muito regionalizado, com destaque nas regiões Norte e Centro-Oeste, o tabaqui apresenta um grande potencial de popularização em escala nacional haja vista seu preço competitivo e sabor agradável (Pedroza Filho et al., 2020). Além disso, a espécie também vem se destacando nas exportações da aquicultura brasileira, e foi a terceira espécie mais exportada no primeiro semestre de 2020 (Pedroza Filho; Rocha, 2019). Seu potencial de inserção no mercado internacional tem despertado o interesse de empresas e instituições tal como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a

Agricultura (FAO) que, recentemente, lançou uma publicação técnica sobre o tabaqui (Woynárovich; Van Anrooy, 2019).

O processo de consolidação da cadeia produtiva do tabaqui depende diretamente da existência de segmento produtor de formas jovens que assegure o fornecimento de grandes volumes com alta qualidade zootécnica e custo competitivo. O custo de produção de alevinos de tabaqui e a sua qualidade zootécnica têm impacto sobre toda a cadeia, tal como demonstrado nos estudos de Brabo et al. (2015) e Guerreiro et al. (2015).

Nesse sentido, o Tambaplus Parentesco se apresenta como uma ferramenta que pode contribuir com o aumento da qualidade genética dos alevinos de



**Figura 4.** Produção (t) de tabaqui (*Colossoma macropomum*) por estados em 2018.

Fonte: Embrapa (2020) a partir de dados do IBGE (2020).

tambaqui por meio da redução de acasalamentos endogâmicos obtida com o melhor gerenciamento do plantel. Como consequência, espera-se uma redução de custos de produção e incremento na oferta de formas jovens, o que trará ganhos significativos para toda a cadeia produtiva.

## Implicações da endogamia sobre a produção de tambaqui

Mutações em genes com funções essenciais, que geram variantes (alelos) sem função, que causam doenças genéticas e malformações quando observadas em homozigose (ex.: aa), resultam principalmente na morte de formas jovens (embriões, larvas, alevinos, etc.). Geralmente, essas mutações ocorrem em baixa frequência nas populações de animais, selvagens ou domésticos e, portanto, têm baixo impacto. Se considerarmos um gene com um alelo letal com frequência de 1% na população ( $f(a) = 0,01$ ), em populações panmíticas (em que os acasalamentos são aleatórios) e, portanto, em equilíbrio Hardy-Weinberg (cujas frequências genotípicas observadas são iguais às esperadas a partir de acasalamentos aleatórios), a frequência esperada de um homozigoto para esse alelo é de 0,01% ( $f(aa) = 0,0001$ ), ou seja, espera-se que apenas 0,1% de todos os filhos gerados morram em decorrência dessa situação.

Os acasalamentos endogâmicos ou consanguíneos, entre animais que possuem parentesco próximo (irmãos completos, meios-irmãos, pais e filhos, etc.), geram, entretanto, produtos com alta probabilidade de presença de alelos letais em homozigose. Considerando dados da literatura sobre análise genômica de animais domésticos, espera-se que dois irmãos completos sejam heterozigotos (Aa) para um alelo letal em pelo menos um gene. Portanto, espera-se que acasalamentos entre irmãos completos gerem pelo menos 25% de produtos que não sobreviverão até a fase final de crescimento e abate (ex.: um cruzamento Aa x Aa resulta em uma proporção 1 AA: 2 Aa: 1 aa).

O tambaqui, assim como muitas espécies de peixes, é extremamente prolífico. Uma fêmea de tambaqui recém-madura, com aproximadamente 3 kg de peso corporal, produz em média 10% do seu peso em ovócitos (1.000 ovócitos por grama), ou seja, 300 mil ovócitos em sua primeira desova (Brabo et al., 2015; Galo et al., 2015), e pode ser usada por mais 3 anos seguidos como matriz. A eclosão dos ovos fertilizados gera larvas milimétricas, e a marcação com chips eletrônicos RFID (*Radio Frequency Identification*) só pode ser feita em alevinos com mais de 15 g, o que ocorre por volta de 3 meses após a eclosão, dependendo do sistema de criação. Essa restrição apresenta um grande desafio para o rastreamento de informações de pedigree pelos produtores.

A alta prolificidade da espécie associada à baixa adesão de métodos e

processos de marcação individual e rastreamento de informações genealógicas, comumente observados no setor produtivo, contribuem para que reprodutores (machos e fêmeas) com alta relação de parentesco sejam encontrados em plantéis de reprodutores e, subsequentemente, utilizados em acasalamento para a produção de alevinos para a engorda, ou para reposição de reprodutores. O uso dessas matrizes pode gerar perdas nas fases de alevinagem e de engorda, uma vez que os produtos que sobrevivem apresentam produtividade (taxa de crescimento, sobrevivência até o abate, etc.) reduzida como consequência dos efeitos da depressão endogâmica. Uma longa lista de estudos pode ser observada na literatura científica dos anos 1970 e 1980 que mostra que filhos de irmãos completos, com um coeficiente de endogamia ( $F$ ) de 25% ( $F = 0,25$ ), apresentam perdas de produtividade na engorda de, aproximadamente, 10%. Com mais uma geração de acasalamento entre irmãos ( $F = 0,50$ ), as perdas produtivas podem chegar a 30% (Gjerde et al., 1983).

A Embrapa, por meio de ações de pesquisa executadas entre os anos de 2012 e 2016 pelo projeto da Rede Genômica Animal, e em execução pelo Projeto Componente Germoplasma/ Projeto BRSAqua, vem desenvolvendo ferramentas genômicas para estimar a relação de parentesco de matrizes destinadas à reprodução, utilizando marcadores *Single Nucleotide Polymorphism* (SNP). O nível atual de desenvolvimento da ferramenta consiste em um painel de 80 marcadores que podem ser

utilizados para estimar o parentesco de matrizes com erro padrão médio de 5%. Ademais, foi gerada também uma ferramenta para análise de pureza-específica para detectar híbridos, com capacidade de identificar descendentes de híbridos contendo introgressões genéticas de  $\geq 6\%$  – equivalentes a três gerações de cruzamentos absorventes (Silva; Caetano, 2020). As duas ferramentas foram validadas em amostras de referência, e já foram utilizadas para analisar amostras de  $> 1.600$  matrizes/reprodutores de tambaqui provenientes do setor produtivo (amostras de  $> 15$  produtores de alevinos de tambaqui de seis estados brasileiros).

Embora o aprimoramento das ferramentas ainda esteja em andamento, o estágio de desenvolvimento alcançado já permite que o material do setor produtivo possa ser avaliado de forma a contribuir para a eficiência produtiva do setor. Nesse sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de estimar os impactos econômicos decorrentes de ganhos nas taxas de produtividade gerados pela aplicação das referidas ferramentas em diferentes elos da cadeia produtiva do tambaqui.

## Características e uso do Tambaplus Parentesco

O uso da tecnologia Tambaplus Parentesco é simples, de baixo custo e



fácil acesso, voltada para produtores de alevinos e formas jovens.

Para que o produtor de alevinos e formas jovens de tambaqui possa usar corretamente a tecnologia Tambaplus, e assim evitar perdas produtivas em decorrência de problemas com altas taxas de endogamia, são necessários alguns passos críticos:

- a) marcação individual de todos os reprodutores com chips eletrônicos RFID (do inglês *Radio-frequency identification*), os quais são encontrados no comércio de insumos agropecuários, para que o produtor possa rastrear cada animal de seu plantel e realizar acasalamentos dirigidos, conforme orientações fornecidas a partir das análises realizadas;
- b) coleta de uma amostra de tecido de cada reprodutor (ex.: um fragmento de nadadeira de 0,5 cm<sup>2</sup>, conservado em etanol > 70%) associado ao número do chip implantado no animal;
- c) contratação do serviço de análise da Embrapa (Tambaplus) que se constitui do processamento de amostras de nadadeira, geração dos dados genômicos necessários, análise dos dados gerados, emissão de um relatório com os resultados obtidos (ex.: matriz de parentesco), e orientações de como utilizar as informações para a produção de alevinos para engorda ou reposição de matrizes. Com essa prestação de serviço e a identificação individual dos animais, será permitido direcionar os

acasalamentos de acordo com os resultados dessas análises.

Produtores que se restringem a engordar alevinos adquiridos no mercado poderão usufruir da tecnologia identificando alevineiros que utilizam o Tambaplus em seus processos de produção. Em situações em que alevinos adquiridos apresentem baixo desempenho no crescimento, deformidades esqueléticas, etc., análises com o Tambaplus podem ser feitas para determinar se as observações são consequências de problemas de consanguinidade. Dessa forma, os produtores poderão identificar fornecedores de alevinos que utilizam boas práticas de manejo genético na produção de alevinos.

As análises Tambaplus poderão também ser utilizadas para nortear atividades de compra/venda e troca de reprodutores e matrizes entre produtores de tambaqui, e permitir que os atores envolvidos possam tomar decisões com base em informações técnicas concretas sobre a genealogia dos animais em questão.

## Potenciais impactos da adoção do Tambaplus Parentesco nos segmentos de alevinagem e engorda de tambaqui

A avaliação dos impactos econômicos da adoção do Tambaplus Parentesco baseou-se em uma análise de custo-



-benefício, com base em valores e indicadores zootécnicos verificados com os produtores. Esses dados foram obtidos a partir de diversas fontes, tais como: documentos técnicos, artigos científicos, projetos de pesquisa da Embrapa e parceiros (ex.: Campo Futuro/CNA) e informações obtidas diretamente com os produtores e demais agentes da cadeia produtiva do tambaqui.

As projeções relativas aos efeitos zootécnicos do Tambaplus Parentesco consideraram resultados de pesquisas da Embrapa, realizadas em condições de experimento e com os produtores parceiros.

Visando a uma estimativa mais detalhada dos efeitos econômicos da adoção do Tambaplus, as análises foram separadas por fase de produção: alevinagem e engorda.

## Alevinagem

Grande parte das alevinagens de tambaqui tem apresentando taxas médias de sobrevivência, entre a fase de larva e o alevino de 3 cm, inferiores a 80%, em consequência de problemas com manejo, potencializados pelas perdas observadas em decorrência de dificuldades para evitar acasalamentos endogâmicos nos plantéis. A utilização do Tambaplus® visa garantir taxas de produção de larvas viáveis com sobrevivência em torno de 80%.

Para a análise dos ganhos econômicos do uso do Tambaplus Parentesco na fase de alevinagem, inicialmente foram

levantados os indicadores técnicos da produção com e sem os efeitos negativos da endogamia (Tabela 3).

Em seguida, foram calculados os indicadores econômicos da produção de alevinos de tambaqui com e sem o Tambaplus. Para isso, considerou-se como referência um custo operacional efetivo (COE<sup>2</sup>) de R\$ 90,00<sup>3</sup> por milheiro para uma alevinagem sem ocorrência de endogamia e com uma taxa de sobrevivência média entre o estágio de larva e alevino de 80% (Tabela 4). Esses dados foram obtidos a partir de pesquisas e informações pessoais de produtores de alevinos.

A produção de alevinos a partir de acasalamentos entre animais aparentados (ex.: sem o uso do Tambaplus) apresenta uma taxa de sobrevivência média de 60%, uma vez que se espera que 25% das larvas que sobreviveriam até a fase de alevino morram por problemas genéticos decorrentes da consanguinidade. Por consequência, observa-se um maior COE, já que os

---

<sup>2</sup> O COE inclui os gastos fixos e variáveis que implicam em desembolso direto pelo produtor, tais como: mão de obra, fertilizantes, rações, hormônios para indução reprodutiva, reparo de benfeitorias e máquinas, impostos e taxas, energia elétrica, combustíveis, entre outros. Não estão incluídas no COE as despesas com depreciação de benfeitorias e equipamentos.

<sup>3</sup> Os custos de produção de alevinos de tambaqui podem variar em função da escala do empreendimento e do nível de tecnologia adotada. O custo médio considerado no presente trabalho foi obtido com alevinagens e especialistas do setor, e refere-se a empreendimentos de médio porte.

**Tabela 3.** Indicadores técnicos da produção de alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) por matriz com e sem efeitos da endogamia.

Item	Sem endogamia	Com endogamia <sup>(1)</sup>
Matriz – número de fêmeas (3 kg)	1	1
Matriz – número de machos	1	1
Produção média de ovócitos pelo peso da fêmea (%)	10	10
Peso total da produção de ovócitos (g)	300	300
Número total de ovócitos	1.200	1.200
Número de ovócitos por fêmea	360.000	360.000
Taxa de fecundação <sup>(2)</sup> (%)	55	55
Número de ovos eclodidos ou larvas	198.000	198.000
Taxa final de sobrevivência das larvas	80	60
Perda total de larvas (número)	39.600	79.200
Total final de larvas (número)	158.400	118.800
Perdas devido à endogamia (número)	0	39.600

<sup>(1)</sup> Quando ocorre o acasalamento de peixes com parentesco próximo, espera-se uma mortalidade adicional de 25% nas larvas geradas, conforme explicado no texto, reduzindo a sobrevivência final de 80% para 60%.

<sup>(2)</sup> Taxa conservadora.

**Tabela 4.** Indicadores técnico-econômicos na produção de alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com e sem endogamia

Indicador	Sem endogamia	Com endogamia (mortalidade adicional de 25%)
Taxa de sobrevivência (%)	80	60
Custo operacional efetivo (R\$ por milheiro)	R\$ 90,00	112,50 <sup>(1)</sup>
Preço de venda (R\$ por milheiro)	R\$ 150,00	150,00
Margem bruta (R\$ por milheiro)	R\$ 60,00	37,50
Margem bruta (%)	40	25

<sup>(1)</sup> Estimativa calculada com base no aumento de mortalidade de larvas em decorrência de problemas genéticos resultantes de acasalamentos endogâmicos.

Nota: valores de referência para o ano de 2019.

custos de produção permanecem os mesmos, embora a produção total diminua. A redução na taxa de sobrevivência no cultivo de alevinos provenientes de

acasalamentos endogâmicos incorre em um aumento proporcional de 25% no COE, elevando-o para R\$ 112,50 por milheiro (Tabela 4).

O cálculo da margem bruta teve como preço de venda de referência o valor médio de R\$ 150,00 por milheiro. Desse modo, a margem bruta obtida na alevinagem sem endogamia foi R\$ 60,00 por milheiro (40% de margem bruta), enquanto com endogamia esse valor foi de R\$ 37,50/milheiro (25% de margem bruta). Portanto, estima-se que a adoção de medidas que evitem acasalamentos consanguíneos a partir dos resultados de análises com o Tambaplus Parentesco pode assegurar para o produtor de alevinos uma margem bruta 60% superior, passando de R\$ 37,50 por milheiro para R\$ 60,00 por milheiro.

#### **Análise custo-benefício da adoção do Tambaplus Parentesco**

Para cálculo da estimativa de custo-benefício da adoção do Tambaplus Parentesco, foi realizada uma simulação considerando uma situação hipotética de um produtor de médio porte que possua uma população de 100 matrizes de tambaqui estruturadas, sem o seu conhecimento, em seis famílias com o mesmo número de indivíduos (Tabela 5). Essa condição gera uma probabilidade de acasalamento entre irmãos completos de 17%.

Considerando a realização de 20 acasalamentos por ano, espera-se que pelo menos três desses acasalamentos sejam entre irmãos completos, gerando uma perda de, aproximadamente, 132 mil alevinos (3,33 acasalamentos x 39.600 larvas perdidas por matriz em razão da

**Tabela 5.** Simulação de perdas anuais decorrentes de endogamia em uma alevinagem de tambaqui (*Colossoma macropomum*) de médio porte.

<b>Indicador</b>	<b>Quantidade</b>
Número de reprodutores	100
Número de famílias	6
Probabilidade de cruzamento entre irmãos completos (%) <sup>(1)</sup>	17%
Número total de acasalamentos por ano	20
Número de acasalamentos entre irmãos completos	3,33
Perdas adicionais (número de alevinos perdidos por problemas genéticos = 3,33 x 39.600)	132.000
Valor do milheiro (R\$)	150,00
Valor dos alevinos perdidos por ano (R\$)	19.800,00

<sup>(1)</sup> Considerando seis famílias com o mesmo número de irmãos.

endogamia) resultando em um valor de mercado de R\$ 19.800,00.

O custo total estimado para a implementação do Tambaplus Parentesco na alevinagem de médio porte utilizada na simulação foi de R\$ 9.000,00 (Tabela 6).

Considerando que, em média, uma matriz é utilizada por 3 anos, o custo anual da tecnologia seria de R\$ 3.000,00 por ano (R\$ 9.000,00 em 3 anos). Assim, tendo em vista uma perda anual de R\$ 19.800,00 com

**Tabela 6.** Custos operacionais na implementação do Tambaplus em uma alevinagem de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com 100 matrizes.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Custo direto para análise do parentesco das matrizes com o Tambaplus <sup>(1)</sup>	100	75,00	7.500,00
Outros custos <sup>(2)</sup>	100	15,00	1.500,00
<b>Total</b>			<b>9.000,00</b>

<sup>(1)</sup> Custos para realização das análises pela Embrapa. Esses custos podem sofrer alteração quando forem realizados por parceiros privados.

<sup>(2)</sup> Outros custos se referem à aquisição de microchips eletrônicos para marcação dos reprodutores.

mortalidade oriunda da endogamia, estima-se que o Tambaplus Parentesco pode gerar um retorno financeiro anual de R\$ 16.800,00, para o exemplo utilizado (Tabela 7).

## Engorda

Como mencionado anteriormente no item Implicações da Endogamia sobre a Produção de Tambaqui, estima-se que animais gerados a partir de acasalamentos entre irmãos completos ( $F = 0,25$ ) apresentem produtividade 10% menor na fase de engorda, podendo chegar a 30% com mais uma geração de endogamia ( $F = 0,50$ ).

Assim, considerando o cenário mais conservador de 10% de redução da produtividade na engorda, a Tabela 8 apresenta uma estimativa do impacto econômico-financeiro da endogamia sobre a receita da produção, com apenas um milheiro de alevinos. Estima-se uma perda por volta de R\$ 880,00 por milheiro com o uso de alevinos gerados a partir de dois irmãos completos.

A Tabela 9 apresenta a mesma estimativa considerando uma unidade produtiva de 1,0 ha de lâmina d'água (10.000 m<sup>2</sup>). Nesse caso, é esperado que haja uma perda de R\$ 4.950,00 por hectare quando o produtor usa alevinos gerados a partir de acasalamentos entre irmãos completos.

**Tabela 7.** Análise de custo-benefício do Tambaplus Parentesco em alevinagem de médio porte.

Item	Valor (R\$)
Ganho anual com redução de perdas por mortalidade adicional em razão de endogamia	19.800,00
Custo anual de implementação do Tambaplus	3.000,00
Retorno financeiro anual	16.800,00

**Tabela 8.** Comparativo da receita por milheiro de alevinos gerados a partir do acasalamento com e sem endogamia.

<b>Cálculo de produção por milheiro de alevinos</b>	<b>Sem endogamia</b>	<b>Com endogamia (-10% produtividade)</b>
Taxa de sobrevivência de alevinos de 2 cm a 2,5 cm até a despesca (%)	80	80
Peso médio na despesca (kg)	2	2
Produção esperada por milheiro (kg)	1.600 <sup>(1)</sup>	1.440 <sup>(2)</sup>
Preço por quilograma pago ao produtor (R\$)	5,50	5,50
Receita por milheiro (R\$)	8,800	7,920

<sup>(1)</sup> Base de cálculo = 800 peixes de 2 kg.

<sup>(2)</sup> Base de cálculo = 800 peixes de 2 kg - 10%, sendo atribuído 10% pela perda por endogamia.

**Tabela 9.** Simulação de receita para 1,0 ha de lâmina d'água a partir de alevinos com (gerados a partir de irmãos completos) ou sem endogamia.

	<b>Sem endogamia</b>	<b>Com endogamia (-10% de produtividade)</b>
Produtividade (kg)	9.000	8.100
Preço por quilograma vivo na despesca (R\$)	5,50	5,50
Receita bruta total (R\$)	49.500,00	44.550,00

## Impacto econômico do Tambaplus em escala nacional

Para o cálculo dos impactos econômicos do Tambaplus em escala nacional, utilizou-se como referência a média da produção brasileira de tambaqui dos últimos 5 anos disponíveis (2014 a 2018) divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IBGE, 2020), obtendo-se valor da produção média de 114.790 t.

Considerando esse volume de produção e um preço ao produtor de R\$ 5,50

por quilograma, estimou-se um valor da produção total do Brasil de R\$ 631 milhões. A partir desses dados, foram estimados os possíveis ganhos econômicos com a adoção do Tambaplus em escala nacional.

Visando estimar as perdas em toda a cadeia produtiva do tambaqui no Brasil, foram calculadas separadamente as perdas em alevinagem e engorda, considerando níveis de alevinos gerados a partir de acasalamentos entre irmãos completos de 10%, 20% ou 30% do total, cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Na fase de engorda, as perdas

calculadas variaram de R\$ 6,3 milhões a R\$ 18,9 milhões (Tabela 10).

As perdas de 10% geradas pela depressão endogâmica na fase de engorda se referem à redução de produtividade em toneladas em razão da presença de indivíduos com menor desempenho zootécnico (Naciri-Graven et al., 2000; Gallardo et al., 2004; Luo et al., 2014).

Para atender à produção anual de 114.790 t, são necessários 566 acasalamentos, conforme cálculos apresentados na Tabela 11.

A partir dessa quantidade total de acasalamentos, calcularam-se as perdas na fase de alevinagem em todo o Brasil, para os três cenários de níveis de acasalamento entre irmãos completos (10%, 20% e 30% dos alevinos produzidos), verificando-se que as perdas financeiras na alevinagem variam de R\$ 338 mil a R\$ 1 milhão por ano (Tabela 12).

As perdas totais estimadas, no Brasil, considerando-se conjuntamente as fases de alevinagem e engorda, estão resumidas na Tabela 13. As estimativas obtidas mostram que o setor poderia evitar perdas anuais entre R\$ 6,6 milhões e

**Tabela 10.** Estimativas de perdas na engorda de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em todo o Brasil, em três cenários de níveis de acasalamentos endogâmicos.

Cenário	Fração de alevinos derivados de acasalamentos endogâmicos (%)	Produção oriunda de acasalamentos endogâmicos (t)	Perda gerada por depressão endogâmica de 10% (t)	Perda gerada por depressão endogâmica de 10% (R\$)
Cenário 1	10	11.479	1.148	6.314.000
Cenário 2	20	22.958	2.298	12.639.000
Cenário 3	30	34.437	3.443	18.936.500

**Tabela 11.** Estimativa do número de acasalamentos necessários para gerar a produção anual de tambaqui (*Colossoma macropomum*).

Indicador	Quantidade
Produção anual nacional de tambaqui (toneladas)	114.790
Número total de peixes despescados com 2 kg	57.395.000
Número total de alevinos 80% sobrevivência	71.743.750
Número total de larvas 80% sobrevivência	89.679.687
Número total de acasalamentos 158.400 larvas/acasalamento	566

**Tabela 12.** Estimativas de perdas na alevinagem de tambaqui (*Colossoma macropomum*) para todo o Brasil, em três cenários de níveis de acasalamentos endogâmicos.

Cenário	Fração de alevinos derivados de acasalamentos entre irmãos completos (%)	Número de acasalamentos consanguíneos com 158.400 larvas/acasalamento	Perda adicional de larvas por acasalamento (158.400 x 0,25)	Perda total em milhares	Perda total em reais (R\$ 150 por milheiro)
Cenário 1	10	57		2.257	338.580
Cenário 2	20	113	39.600	4.474	671.220
Cenário 3	30	170		6.732	1.009.800

**Tabela 13.** Estimativas de perdas de produção em alevinagem e engorda por depressão endogâmica, no Brasil.

Cenário	Fração de alevinos derivados de acasalamentos endogâmicos (%)	Perda em alevinagem (R\$)	Perda em engorda (R\$)	Perda total (R\$)
Cenário 1	10	338.580	6.314.000	6.652.580
Cenário 2	20	671.220	12.639.000	13.310.220
Cenário 3	30	1.009.800	18.936.500	19.946.300

R\$ 19,9 milhões ao adotar tecnologias que façam uso das informações de *pedigree* na fase de acasalamento para produção de alevinos.

A simulação da análise de custo/benefício do Tambaplus Parentesco sugere viabilidade financeira da adoção da tecnologia. Considerando que 566 acasalamentos seriam suficientes para suprir todos os alevinos necessários para produzir 114.790 t de tambaqui (Tabela 11), e que normalmente os produtores utilizam apenas um terço das matrizes que possuem, podemos estimar que um total de 3.396 matrizes serão necessárias

para suprir essa produção (566 acasalamentos x 2 reprodutores [casal] x 3).

Com um custo de implementação de R\$ 90,00 por matriz (R\$ 9.000,00 por 100 matrizes) para os testes de parentesco e demais custos, o valor de R\$ 305.640,00 seria suficiente para analisar todas as 3.396 matrizes do setor produtivo do Brasil que, amortizado em 3 anos, resulta em um custo anual de R\$ 101.880,00. Assim, a relação do custo de adoção do Tambaplus Parentesco e os benefícios oriundos da maior produtividade do setor são de R\$ 1,00 para R\$ 65,30,



R\$ 130,65 ou R\$ 195,78, considerando as perdas totais em reais nos níveis de 10%, 20% e 30% de alevinos derivados de acasalamentos entre irmãos, respectivamente (Tabela 13).

As análises realizadas indicam que a relação de custo/benefício da adoção do Tambapulus Parentesco permanece constante, independentemente da escala de produção. Os custos utilizados nas projeções analisadas se restringem aos custos diretos, sem a inclusão de salários e depreciação dos equipamentos. Com o aumento do uso da tecnologia pelo setor produtivo, e eventual transferência das atividades de geração de dados para uma empresa prestadora de serviços, os custos poderão subir em cerca de 250%, o que elevaria o custo por matriz de R\$ 90,00 para R\$ 315,00. Porém, mesmo nesse cenário de maior custo em razão da implementação por uma empresa privada, os ganhos esperados com o uso do Tambapulus Parentesco continuarão positivos.

## Conclusão

As simulações realizadas mostram que a adoção do Tambapulus® Parentesco permite evitar as perdas decorrentes dos efeitos da endogamia nas fases de alevinagem e engorda, e, potencialmente, pode gerar um retorno para a cadeia produtiva em todo o Brasil de R\$ 65,30, R\$ 130,65 ou R\$ 195,78 para cada R\$ 1,00 investido, dependendo da fração de alevinos

derivados de acasalamentos entre irmãos (10%, 20% ou 30%).

As perdas decorrentes de acasalamentos consanguíneos esperadas nas fases de alevinagem e engorda são proporcionais ao nível de endogamia e, portanto, têm efeito acumulativo ao longo das gerações, acarretando taxas de perdas superiores às que foram utilizadas nos cálculos apresentados. Assim, a adoção ampla do Tambapulus Parentesco para controle de *pedigree*, gestão genética de reprodutores e direcionamento de acasalamentos trará benefícios em longo prazo, além de benefícios imediatos para o produtor que faz uso da tecnologia. Com o uso do Tambapulus, o produtor fica preparado também para incorporar outras tecnologias, de avaliação e melhoramento genético para características produtivas, que, por sua vez, trarão ganhos de produtividade adicionais, potencializando os ganhos de lucratividade e da produção e oferta de tambaqui ao mercado consumidor.

A adoção ampla do Tambapulus Parentesco pelos produtores de tambaqui vai permitir a elaboração e execução de novos modelos de negócio para troca, comércio e reposição de matrizes e reprodutores, com animais identificados, com *pedigree* rastreado, baseado em testes genômicos de alta acurácia. Ademais, lotes de alevinos poderão ser testados e analisados, para avaliação de níveis de variabilidade/endogamia genética, o que permite o comércio de germoplasma de alta qualidade genética.

## Referências

- BRABO, M. F.; REIS, M. H. D.; VERAS, G. C.; SILVA, J. M. da; SOUZA, A. da S. L. de; SOUZA, R. A. L. de. Viabilidade econômica da produção de alevinos de espécies reofílicas em uma piscicultura na Amazônia Oriental. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 3, p. 677-685, 2015.
- CALIXTO, E. S.; SANTOS, D. F. B.; LANGE, D.; GALDIANO, M. S.; RAHMAN, I. U. Aquaculture in Brazil and worldwide: overview and perspectives. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 98-107, 2020. DOI 10.24221/jeap.5.1.2020.2753.098-107.
- EMBRAPA. **CIAqui - Centro de Inteligência e Mercado em Aquicultura**: comércio exterior – exportação. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-em-aquicultura>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- FAO. **National Aquaculture Sector Overview – Brazil**. 2020. Disponível em: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_brazil/en](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_brazil/en). Acesso em: 15 ago. 2020.
- GALLARDO, J. A.; GARCÍA, X.; LHORENTE, J. P.; NEIRA, R. Inbreeding and inbreeding depression of female reproductive traits in two populations of Coho salmon selected using BLUP predictors of breeding values. **Aquaculture**, v. 234, n. 1-4, p. 111-122, May 2004. DOI 10.1016/j.aquaculture.2004.01.009.
- GALO, J. M.; RIBEIRO, R. P.; STREIT-JUNIOR, D. P.; ALBUQUERQUE, D. M.; FORNARI, D. C.; ROMA, C. F. C.; GUERREIRO, L. R. J. Oocyte quality of tambaqui (*Colossoma macropomum*) during the reproductive season. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2, p. 279-284, 2015. DOI 10.1590/1519-6984.10113.
- GJERDE, B.; GUNNES, K.; GJEDREM, T. Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout. **Aquaculture**, v. 34, n. 3-4, p. 327-332, Aug. 1983. DOI 10.1016/0044-8486(83)90212-0.
- GUERREIRO, L. R. J.; STREIT JUNIOR, D. P.; ROTA, M. A. Análises econômica e de custos em unidade produtora de alevinos de peixes reofílicos brasileiros. **Custos e @gronegócio On Line**, v. 11, n. 4, p. 377-400, out./dez. 2015.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**: pesquisa da pecuária municipal. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acesso em: 15 ago. 2020.
- LUO, K.; KONG, J.; LUAN, S.; MENG, X.-H.; ZHANG, T.-S.; WANG, Q.-Y. Effect of inbreeding on survival, WSSV tolerance and growth at the postlarval stage of experimental full-sibling inbred populations of the Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. **Aquaculture**, v. 420-421, p. 32-37, Jan. 2014. DOI 10.1016/j.aquaculture.2013.10.030.
- NACIRI-GRAVEN, Y.; LAUNEY, S.; LEBAYON, N.; GERARD, A.; BAUD, J.-P. Influence of parentage upon growth in *Ostrea edulis*: evidence for inbreeding depression. **Genetics Research**, v. 76, n. 2, p. 159-168, Nov. 2000. DOI 10.1017/S0016672300004663.
- PEDROZA FILHO, M. X.; FLORES, R. M. V.; ROCHA, H. S.; SILVA, H. J. T. da; SONODA, D. Y.; CARVALHO, V. B. de; OLIVEIRA, L. de; RODRIGUES, F. L. M. **O mercado de peixes da piscicultura no Brasil**: estudo do segmento de supermercados. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. 38 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 25).
- PEDROZA FILHO, M. X.; ROCHA, H. S. **Subsídios técnicos à implementação do regime aduaneiro de drawback para exportações de tilápia**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2019. 16 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Comunicado técnico, 1).
- ROUBACH, R.; CORREIA, E. de S.; CAVALLI, R.; ZAIDEN, S. F.; MARTINO, R. C. Aquaculture in Brazil. **World Aquaculture**, v. 34, n. 1, p. 28-34, 2003.
- SILVA, J. P. da; CAETANO, A. R. Determining minimum numbers of di-allelic diagnostic markers required to identify introgressions in diploid cross-species hybrid individuals from different types of inter- and backcross populations. **Genetics and Molecular Biology**, v. 43, n. 3, e20190324, Aug. 2020. DOI 10.1590/1678-4685-gmb-2019-0324.
- WOYNÁROVICH, A.; VAN ANROOY, R. **Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816)**. Rome: FAO, 2019. 132 p. (FAO fisheries and aquaculture technical paper, 624).

Exemplares desta edição  
podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pesca e Aquicultura**

Avenida NS 10, Loteamento Água Fria,  
Palmas, TO Caixa Postal nº 90,  
CEP 77008-900, Palmas, TO  
Fone: (63) 3229-7800  
Fax: (63) 3229-7800  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

**1ª edição**

Publicação digital (PDF) 2020



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Unidade Responsável

Presidente

*Eric Arthur Bastos Routledge*

Secretário-Executivo

*Diego Neves de Sousa*

Membros

*Adriana Lima, Alexandre Uhlmann, Hellen  
Kato, Jefferson Christofoletti, Lucas Simon  
Torati, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida*

Supervisão editorial

*Wyviane Carlos Lima Vidal*

Revisão de texto

*Maria Cristina Ramos Jube*

Normalização bibliográfica

*Rejane Maria de Oliveira*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*