

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Parâmetros genéticos e fenotípicos de
características reprodutivas de fêmeas de
Tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*,
variedade GIFT**

Thaís Gornati Gonçalves

Jaboticabal, São Paulo

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Parâmetros genéticos e fenotípicos de
características reprodutivas de fêmeas de
Tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*,
variedade GIFT**

Thaís Gornati Gonçalves

Orientador: Prof. Dr. Rafael V. Reis Neto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo

2022

G635p Gonçalves, Thaís Gornati
Parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas de fêmeas de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, variedade GIFT / Thaís Gornati Gonçalves. -- Jaboticabal, 2022
ii, 40 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2022

Orientador: Rafael Vilhena Reis Neto

Banca examinadora: Ivan Bezerra Allaman, Diogo Teruo Hashimoto

Bibliografia

1. Parâmetros reprodutivos. 2. Peixe de água doce. 3. Melhoramento genético. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3:636.082

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas de fêmeas de Tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, variedade GIFT

AUTOR: THAÍS GORNATI GONÇALVES

ORIENTADOR: RAFAEL VILHENA REIS NETO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. RAFAEL VILHENA REIS NETO (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Unesp Campus de Registro, Registro-SP



Prof. Dr. IVAN BEZERRA ALLAMAN (Participação Virtual)
Departamento Ciências Exatas / Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC, Ilhéus-BA



Prof. Dr. DIOGO TERUO HASHIMOTO (Participação Virtual)
Laboratório de Genética / Centro de Aqüicultura da Unesp, Caunesp, Jaboticabal-SP

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2022

***“Todo sucesso se deve ao incentivo e
coragem de seguir em frente”***

Agradecimento

À vida, uma obra de Deus, concedida a uma família que me deu a base de tudo que sou e me torno a cada dia.

Agradeço aos meus pais, Paulo Sergio e Teresa Maria, que formam a base de tudo, me dando a chance dos estudos, de minha formação acadêmica e profissional; sem eles não teria tido a chance de ser quem sou e colocar em prática tudo que aprendi até hoje. Com eles aprendi que o amor a profissão nos torna o profissional de sucesso que queremos e demonstramos aos demais.

A meu irmão, que mesmo tendo pensamentos diferentes dos meus, acreditou em mim e nos meus objetivos profissionais e pessoais.

Ao meu orientador, Rafael Vilhena Reis Neto, que antes de orientador é amigo, por acreditar que conseguiríamos chegar até aqui, e mesmo com todas as dificuldades e entraves pelos quais passamos acreditou que seria possível.

A mestranda Kétuly Ataides, que disponibilizou seu tempo para me auxiliar nas análises de estatística, se tornando uma amiga e professora em muitos momentos.

Aos inúmeros amigos, próximos ou distantes, que sempre acreditaram que eu conseguiria voltar a estudar e concluir mais uma etapa em minha vida, o meu muito obrigada por todo o apoio sempre.

A todos da S3 Piscicultura, que conseguiram seguir o trabalho mesmo nos momentos de minha ausência para reuniões, aulas e tempos afastada para escrever esse trabalho; em especial a um estagiário e amigo que assumiu as coletas em poucas pessoas só para que eu estudasse, Marcelo Tamagusko eu agradeço a paciência e o apoio sempre.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Meu obrigado a todos que acreditam e torcem por mim.

SUMARIO

Lista de tabelas	i
Lista de figuras	ii
Resumo	1
Abstract	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO LITERATURA	5
2.1 BIOLOGIA REPRODUTIVA DA TILÁPIA	5
2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DE TILÁPIAS	7
2.3 COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS	9
3. OBJETIVOS	11
3.1 GERAL	11
3.2 ESPECÍFICOS	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1 MATRIZES DE TILÁPIAS	11
4.2 MANEJO REPRODUTIVO	13
4.3 VARIÁVEIS AVALIADAS	15
4.3.1 Intervalos médio e frequência de desova	15
4.3.2 Volume de ovos total e médio	15
4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	15

<u>5.</u>	<u>RESULTADOS</u>	20
<u>6.</u>	<u>DISCUSSÕES</u>	23
<u>7.</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	26
<u>8.</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	27

Lista de tabelas

Tabela 1 Origem dos animais avaliados em cada ciclo _____	13
Tabela 2 Modelos analisados _____	16
Tabela 3 Estimativas de herdabilidade, repetibilidade, ambiente permanente e critério de Akaike (AIC) para os 5 modelos mistos testados _____	20
Tabela 4 Estimativas dos efeitos fixos e seus respectivos erros padrão para variáveis reprodutivas considerando cinco diferentes modelos mistos _____	22
Tabela 5 Estimativas de herdabilidade (h^2), repetibilidade e ambiente permanente para volume total e volume médio de ovos produzidos, frequência e intervalo médio de desovas de tilápias _____	22
Tabela 6 Correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre características reprodutivas de tilápias _____	22

Lista de figuras

- Figura 1** - Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no ciclo 1 (12/07/2009 a 8/05/2010) _____ 17
- Figura 2** Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no Ciclo 4 (02/09/2012 a 05/04/2013) _____ 17
- Figura 3** Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no Ciclo 10 (26/08/2018 a 27/04/2019) _____ 18
- Figura 4** Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no Ciclo 12 (30/08/2020 a 16/04/2021) _____ 18

Parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas de fêmeas de Tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus*, variedade GIFT

Resumo

Objetivou-se com o presente estudo verificar a possibilidade de se obter ganho genético por seleção a partir de estimativas dos parâmetros genéticos para características de desempenho reprodutivo de fêmeas de Tilápias da variedade GIFT em uma propriedade particular localizada no vale do Ribeira. O estudo foi realizado por meio de um banco de dados com informações das variáveis reprodutivas coletadas entre os anos de 2009 a 2021. Durante o período de reprodução os animais foram estocados em tanques de alvenaria em uma relação de machos/fêmeas 1:3. A coleta de ovos da boca das matrizes ocorreram a cada cinco dias, e os ovos coletados foram medidos em provetas de 100mL para estimativa do volume de ovos, e, posteriormente incubados artificialmente em incubadoras instaladas em um sistema de recirculação de água onde permaneciam até a eclosão. Para estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos (herdabilidade, correlação e repetibilidade) foi utilizado um modelo animal misto com os efeitos fixos de ciclo produtivo e tanques de reprodução além dos efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos e de ambiente permanente. Os valores de herdabilidade foram de 0,26, 0,18, 0,15 e 0,13 para volume total, volume médio de ovos, frequência de desova e intervalo médio de desovas, respectivamente, com repetibilidade acima de 0,43 para todas as variáveis analisadas, demonstrando a capacidade que as matrizes avaliadas têm de manter o mesmo nível de produção durante os diferentes ciclos. As correlações genéticas entre as variáveis foram, de modo geral, elevadas, acima de 0,69, com destaque para a correlação de -0,99 entre volume total de ovos produzidos e intervalo médio de desovas, indicando que selecionando os animais para o volume, que possui a maior herdabilidade, tem-se também uma redução entre os intervalos de desovas.

Palavra-chave: parâmetros reprodutivos, peixe de água doce, melhoramento genético

Genetic and phenotypic parameters of reproductive traits of female Nile**Tilapia, *Oreochromis niloticus*, GIFT variety****Abstract**

The objective of this study was to verify the possibility of obtaining genetic gain through selection based on genetic parameter estimates for reproductive performance traits of female Tilapia of the GIFT variety in a private property located in Vale do Ribeira. The study was carried out using a database with information of reproductive variables collected from the years 2009 to 2021. During the breeding period, the animals were stocked in masonry tanks in a 1:3 male to female ratio. Egg collection from the mouths of the broodstock occurred every five days, and the collected eggs were measured in 100mL beakers to estimate egg volume, and then artificially incubated in incubators installed in a water recirculation system where they remained until hatching. To estimate the variance components and genetic parameters (heritability, correlation and repeatability) a mixed animal model was used with the fixed effects of production cycle and breeding tanks in addition to the additive direct genetic and permanent environment random effects. Heritability values were 0.26, 0.18, 0.15 and 0.13 for total volume, average egg volume, spawning frequency and average spawning interval, respectively, with repeatability above 0.43 for all analyzed variables, demonstrating the ability of the evaluated breeds to maintain the same production level during the different cycles. The genetic correlations among the variables were, in general, high, above 0.69, with highlight to the correlation of -0.99 between total volume of produced eggs and average spawning interval, indicating that selecting the animals for the volume, which has the highest heritability, there is also a reduction among the spawning intervals.

Key-words: reproductive parameters, freshwater fish, genetic improvement

1. INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2020), os avanços científicos dos últimos 50 anos estão permitindo melhorar os conhecimentos dos funcionamentos dos ecossistemas aquáticos, assim como despertar a consciência mundial sobre a necessidade de produções de forma sustentável. Estima-se ainda que a produção mundial de pescado tenha alcançado 179 milhões de toneladas em 2018, sendo 46% deste total representado pela produção aquícola continental.

Na aquicultura continental, a tilápia é a terceira espécie mais produzida, representando 8,3% da produção mundial de pescado, ficando atrás apenas da carpa herbívora e da carpa prateada (FAO, 2020). Apesar de não ser a espécie de maior destaque, o histórico de crescentes níveis produtivos da tilápia sempre apresentou destaque ao ser comparado com o das demais espécies

Apesar de todos os entraves causados pela pandemia, a Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2021) informou que a piscicultura brasileira cresceu 5,93% no último ano, saltando de 758.006t em 2019 para 802.930 t em 2020. O maior destaque é a tilapicultura que cresceu 12,5%, atingindo 486.155 toneladas (contra 432.149 t do ano anterior), gerando uma participação de 60,6% na produção total de peixes nacional, colocando país na 4ª colocação mundial de produção da espécie, ficando atrás apenas da China, Indonésia e Egito.

Os destaques produtivos no Brasil são decorrentes do clima favorável para a produção de peixes, insumos para a elaboração de dietas de baixo custo e retenção de cerca de 13% da água doce renovável do planeta, com grandes reservatórios aptos para o desenvolvimento da atividade de piscicultura (Rocha et al., 2013). O fato da tilápia no Brasil ser criada utilizando-se linhagens melhoradas também colabora para dar destaque ao país em níveis produtivos, porém, visando a constância na produção de alevinos, ainda são necessários estudos para melhoria da eficiência reprodutiva dos animais, fortalecimento da fase inicial e melhoria da quantidade e qualidade dos animais nos demais elos da cadeia produtiva.

Uma das formas de avaliar o desempenho reprodutivo de matrizes de tilápias é por meio do volume de ovos produzidos, que pode ser medido por ciclo reprodutivo ou por cada vez que as fêmeas desovam. Esta característica pode ser influenciada pelo tamanho e idade das fêmeas, assim como por questões ambientais como temperatura, fotoperíodo, nutrição, manejo e também pela genética das fêmeas, animais que apresentem um volume maior acabam sendo mais desejados para maximizar a produção.

Outra característica importante para avaliação do desempenho reprodutivo de tilápias é o intervalo entre desovas que, quando reduzido, torna a oferta de alevinos mais constante e, como consequência dos menores intervalos, as fêmeas desovam mais vezes por ciclo reprodutivo resultando em um maior volume final de ovos produzidos, isso acaba otimizando o espaço físico do produtor que também economiza com os gastos com insumos de produção. Além da questão produtiva, animais que desovam com maior frequência são bastante interessantes para os programas de melhoramento, que encontram na fase de produção das famílias de meios-irmãos e irmãos-completos um dos maiores gargalos operacionais.

Desta forma, o presente estudo busca verificar a possibilidade de ganho genético por seleção para as características reprodutivas de fêmeas de Tilápias, estimando parâmetros genéticos que demonstrem a viabilidade técnica para a criação de um programa de melhoramento genético com objetivo de colocar no mercado uma variedade com melhor desempenho reprodutivo.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1 BIOLOGIA REPRODUTIVA DA TILÁPIA

Pertencente à família *Cichlidae*, a tilápia representa grande número de espécies de peixes de água doce, sendo que poucas dessas espécies são utilizadas na produção aquícola (Schoenen et al., 1982). Segundo Trewavas et al. (1983), três gêneros foram descritos conforme a forma de reprodução, hábito alimentar e biogeografia, na década de 80. Sendo eles o gênero *Oreochromis* que possui cuidado parental, onde as fêmeas realizam incubação oral dos ovos e proteção às pós-larvas, o gênero *Sarotherodon* que se caracteriza pelo cuidado parental ser de macho e fêmea, tendo a incubação por ambos, e o gênero *Tilapia* que engloba o grupo de espécies que desova em substrato e geralmente não realizam a incubação dos ovos e a proteção parental. (Trewavas, 1983; Kubitza, 2011).

Destacam-se na produção comercial três espécies: *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), *Oreochromis mossambicus* (tilápia de Moçambique) e *Oreochromis aureus* (tilápia azul), sendo a tilápia do Nilo a mais produzida no Brasil (Bentsen et al., 2012; FAO, 2020). Por ser caracterizadas por um crescimento rápido, pela rusticidade, reprodução em cativeiro, por hábito alimentar onívoro, aceitação de alimentação artificial e baixa conversão alimentar (Yoshida, 2014), a tilápia apresenta potencial para ser a espécie mais importante mundialmente em fins comerciais para consumo (Fitzsimmons et al., 2011).

Quanto a reprodução em viveiros escavados, assim como em condições naturais, os machos constroem ninhos no fundo e cortejam as fêmeas que desovam nos ninhos (Kubitza, 2011). Após a desova e a fertilização, as fêmeas coletam os ovos e os incubam em suas cavidades bucais por um longo período (Rana, 1988).

A produção comercial de alevinos de Tilápias pode ocorrer por meio de coleta de larvas recém eclodidas, em que reprodutores e matrizes permanecem juntos em um mesmo tanque e as pós-larvas são coletadas para posterior classificação e início da masculinização (Kubitza, 2000). Ou com a coleta dos ovos fertilizados diretamente da cavidade bucal das fêmeas, com posterior incubação

artificial em incubadoras com controle do fluxo de água e temperatura, até a eclosão e absorção completa do saco vitelínico das pós-larvas, que posteriormente são transferidas para indução da masculinização (Little et al., 1995).

Em condições adequadas de temperatura, as tilápias reproduzem naturalmente durante todo o ano. As fêmeas atingem a maturação sexual com 3 a 4 meses de vida, com peso mínimo de 100 g. Para a desova, necessitam de temperatura da água acima de 21°C, sendo a temperatura ideal na faixa de 27 a 29°C, com produção de 500 a 2.000 ovos por desova (SENAR, 2017). No entanto, ainda existem alguns gargalos que comprometem a oferta alevinos para o setor produtivo. Assim, para satisfazer o aumento da crescente demanda por formas jovens de tilápia, é necessário, atentar-se à baixa fecundidade e desovas assíncronas desta espécie, que de acordo com Hughes & Behrends (1983) e Little et al. (1993), são problemas comuns no processo reprodutivo de tilápias e prejudicam a oferta de alevinos para comercialização, afetando negativamente os demais elos da cadeia produtiva (Campos-Mendoza et al., 2004).

O fato de as fêmeas serem assíncronas, mesmo em condições naturais, e acabarem sofrendo influência de fatores ambientais envolvendo temperatura e fotoperíodo fazem com que, assim como outros peixes de desova múltiplas, apresentem intervalos entre desovas variáveis (Couvard & Bromage, 2000). Além dos fatores ambientais, El-Sayed (2006) citou que a variedade utilizada, o tamanho das fêmeas, o estado nutricional e as condições de cultivo exercem grande influência no aumento ou redução do intervalo entre desovas. Enquanto fatores como a coleta de ovos na boca pode contribuir para a redução de intervalos entre desovas e permitir a utilização mais eficiente das fêmeas melhorando a sincronia de desovas (Campos-Mendoza et al., 2004).

Para amenizar estes problemas a correta utilização de uma densidade de estocagem de reprodutores e proporção macho:fêmea pode otimizar a produção de alevinos (Hughes & Behrends, 1983; Lovshin, 1982). No trabalho de Tsadik & Bart (2007), foi observado que a densidade de 3 fêmeas/m² apresentou maior produção de ovos quando comparado com 10 fêmeas/m². Já Little (1992) argumentou que a densidade próxima a de 6 peixes/m² contribui para uma boa interação entre machos e fêmeas, resultando na maior produção de alevinos. Em

relação à razão macho:fêmea, a utilização de 1:2 ou 1:3 foi estabelecida para maximizar a produção de ovos (Hughes & Behrends, 1983; Siddiqui & Al-Harbi, 1997). Como descrito anteriormente, as tilápias possuem desova parcelada, tornando possível a utilização da matriz por mais de uma vez em cada ciclo reprodutivo. O intervalo de desova varia de 14 a 55 dias, e a coleta de ovos na boca ou a “extrusão” das fêmeas contribuem para a redução do intervalo entre desovas, melhorando a sincronia de desovas e o desempenho reprodutivo das fêmeas (Campos-Mendoza et al., 2004; Coward & Bromage, 2000; Little et al., 1993; Ridha & Cruz, 2000).

Existem muitas informações sobre manejos, técnicas de reprodução e nutrição de reprodutores para melhorar a produção de alevinos de tilápias. No mesmo sentido, muitos estudos evidenciam como os fatores ambientais que influenciam na reprodução de peixes (Duponchelle et al., 1997), como por exemplo, a temperatura da água que altera o metabolismo, consumo e conseqüentemente o desempenho reprodutivo dos peixes (Popma & Lovshin, 1996). Porém, além de fatores ambientais, as características genéticas individuais podem influenciar o desempenho reprodutivo das tilápias, e, neste caso, existem poucas informações na literatura sobre estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas em tilápias.

2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO DE TILÁPIAS

Como resultado da seleção e domesticação de animais terrestres e plantas, o melhoramento genético já é estudado a décadas e traz contribuições para a agricultura e pecuária (Lind et al, 2012). Estudos genéticos de animais aquáticos com foco nas características de desempenho, iniciou na década de 1970 com salmão do Atlântico, *Salmo salar* e truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Gall & Cross, 1978; Gjedrem, 2012; Gjedrem & Bentse, 1997).

Na piscicultura, os altos valores de herdabilidade para as características de maior importância econômica combinada com o desempenho reprodutivo e o curto intervalo de gerações, variam de um a quatro anos na maioria das espécies

(Gjedrem, 2012). Assim permitem ganhos genéticos na ordem de 10-20% por geração para taxa de crescimento, valor cinco a seis vezes maior quando comparado com as espécies terrestres (Gjedrem & Baranski, 2009).

A maior parte dos programas de melhoramento genético utilizam como critério de seleção as características de taxa de crescimento. Os ganhos obtidos para esta característica foram observados no salmão do Atlântico, que durante cinco gerações de seleção obteve ganho acumulado de 113% quando comparado com peixes selvagens (Thodesen et al., 1999). Em tilápias do Nilo, durante cinco anos de condução do projeto GIFT, obteve o acumulado de 86% de ganho (Bentsen et al., 2003). No entanto, o desempenho reprodutivo em condições comerciais de cultivo e o intervalo de gerações devem ser consideradas em um programa de melhoramento genético, pois o mesmo é fundamental para que ocorra o melhoramento, a otimização de estruturas e o melhor uso de reprodutores (Gjedrem, 2005).

A obtenção das famílias de irmãos completos e meios-irmãos em curto período é complexa dentro dos programas de melhoramento de tilápias. O acasalamento em “hapas” na razão 1:1 (macho:fêmea), bem como a privação do comportamento natural de construção de ninho pelo macho (Trong et al., 2013) resultam em períodos superiores a três meses para a obtenção das famílias (Ponzoni et al., 2011). Assim, acarreta aumento do efeito de ambiente comum de família, reduzindo acurácia das estimativas dos valores genéticos (Bentsen et al., 2012). Diante de tal situação, Trong et al. (2013) realizaram estudos que indicaram alta herdabilidade para sucesso de desova ao longo dos 20 dias iniciais da estação reprodutiva, sendo essa a característica mais favorável para a seleção. Os mesmos autores evidenciaram que a seleção para peso a despesca não afetou o sucesso de desova em tilápias do Nilo, variedade GIFT, pela correlação genética positiva entre estas características.

Desta forma, peixes com genética superior para características reprodutivas podem contribuir não somente com a oferta regular de alevinos e juvenis para os produtores como também com a constituição de uma linha materna em programas de melhoramento genético.

2.3 COMPONENTES DE VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS

Os parâmetros genéticos são definidos pelos componentes de variância, nas diversas populações, sendo assim específicos para determinada população, podendo ser analisada sob dois componentes: variância dentro dos indivíduos (mede o desempenho de um mesmo indivíduo) ou variância entre indivíduos (parcialmente genética e parcialmente ambiente) (Pereira, 2008).

Para a estruturação de um programa de melhoramento genético temos três parâmetros importantes, são eles: herdabilidade, correlações e repetibilidade; podendo essas correlações serem fenotípica, genética e ambiental ou residual.

Quando analisada a herdabilidade de um lote, estamos medindo a consistência da utilização do fenótipo de uma característica, sendo a semelhança entre os desempenhos fenotípicos dos filhos e dos pais. Ao ter uma herdabilidade alta, podemos dizer que a tendência é a produção de filhos semelhantes aos pais, já na baixa herdabilidade o desempenho dos pais revela muito pouco sobre o desempenho da progênie (Eler, 2017).

Segundo Eler (2017), a importância do estudo de correlações está justificada no fato de que a seleção para uma determinada característica pode causar resposta em outra geneticamente relacionada. Essas correlações genéticas entre duas características mostram a extensão em que os genes afetam a expressão das mesmas, medindo a probabilidade de duas características serem afetadas pelo mesmo genes. Entretanto existem possibilidade de as características serem relacionadas, mas uma não dependente da outra.

Estatisticamente, o grau de associação entre duas características pode resultar de maneira positiva, negativa ou nula. Quando positiva ocorre o aumento de uma variável juntamente a outra, quando negativa o aumento de uma corresponde a diminuição da outra, ou ainda nula quando as características não estão associadas (Pereira, 2008).

Já o coeficiente de repetibilidade expressa o grau de similaridade entre os desempenhos produtivos da mesma característica em épocas diferentes da vida do

mesmo animal (Eler, 2017). O valor da característica do indivíduo tende a repetir-se e depender, parcialmente, do genótipo; sendo utilizada principalmente para a indicar a acurácia das mensurações múltiplas do indivíduo (Pereira, 2008).

Poucas são as pesquisas realizadas com os parâmetros genéticos de características reprodutivas de tilápias até o momento, e estimar estes parâmetros é de suma importância para se iniciar um programa de seleção genética.

3. OBJETIVOS

3.1 GERAL

Verificar a possibilidade de ganho genético por seleção para as características reprodutivas de uma população comercial de Tilápias da variedade GIFT em uma propriedade particular localizada no vale do Ribeira.

3.2 ESPECÍFICOS

Estimar parâmetros genéticos (herdabilidade, correlações genéticas e repetibilidade) para intervalo de desovas, frequência de desova e volume de ovos por fêmeas de Tilápias da variedade GIFT utilizando informações coletadas durante o período de 2009 a 2021.

4. MATERIAL E MÉTODOS

As análises envolvidas na estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram realizadas a partir de um banco de dados com mais de 6000 registros de variáveis reprodutivas (volume de ovócitos, intervalo de desova) de aproximadamente 2675 fêmeas coletados de 2009 a 2021. Os dados foram obtidos de uma população comercial pertencente a S3 Piscicultura Comercial, localizado na cidade de Registro – SP no Vale do Ribeira (latitude 24° 25' 3" S, longitude 47° 47' 34" W). A S3 Piscicultura trabalha com a produção de alevinos e juvenis para a cadeia produtiva da tilápia desde 2009, tendo sempre o controle reprodutivos dos animais, o que acabou gerando esse banco de dados com informações de campo. Estas informações foram então tabuladas e analisadas para a realização deste estudo, entretanto por serem dados de campo algumas informações que seriam coletadas em termos de pesquisa acabaram não constando para o banco de dados, como é o caso do peso dos animais.

4.1 MATRIZES DE TILÁPIAS

As matrizes utilizadas na propriedade são originárias do Projeto GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) que teve início no Brasil em 2005 por meio de uma parceria entre a Universidade Estadual de Maringá e o WorldFish Center (Malásia). Na época, foram importadas 30 famílias da linhagem GIFT e iniciou-se o Programa de Melhoramento Genético de Tilápias em Maringá – PR.

Os primeiros animais utilizados na propriedade fazem parte de 3 diferentes famílias da 4ª geração da GIFT no Brasil e foram adquiridos em 2008. Os peixes foram adquiridos com peso corporal de aproximadamente 1g sendo criados até a fase adulta, quando passaram a ser utilizados como reprodutores a partir do ciclo reprodutivo de 2009/2010. Todos os peixes foram marcados com microchips e seguiram um protocolo de reprodução pré-determinado pelo programa de melhoramento. Tal manejo objetivou impedir acasalamentos entre indivíduos aparentados, para evitar problemas de consanguinidade. Após essa primeira geração de reprodutores, a propriedade adquiriu animais do programa GFIT em mais duas oportunidades, em 2010 e 2011, com 3 e 2 famílias distintas respectivamente.

Atualmente a propriedade comercializa alevinos e juvenis de tilápias produzidos a partir de reprodutores e matrizes descendentes dos peixes GIFT originais adquiridos inicialmente que foram selecionados fenotipicamente usando o desempenho reprodutivo como critério de seleção. Assim, avaliando os dados coletados nos períodos reprodutivos de 2009 a 2021 será possível observar a evolução genética do plantel de matrizes da propriedade. Considerando que a reposição de animais ocorre a cada cinco anos, condição que permitirá a avaliação dos pais e a 2ª geração de seus descendentes (Tabela 1).

Tabela 1. Origem dos animais avaliados em cada ciclo reprodutivo

Ciclo Reprodutivo	Famílias Avaliadas
2009/2010	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT
2010/2011	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT; IV, V e VI da 5ª geração GIFT
2011/2012	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT; IV, V e VI da 5ª geração GIFT
2012/2013	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT; IV, V e VI da 5ª geração GIFT
2013/2014	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT; IV, V e VI da 5ª geração GIFT; VII e VII da 6ª geração GIFT
2014/2015	Famílias I, II e III da 4ª geração GIFT; IV, V e VI da 5ª geração GIFT; VII e VII da 6ª geração GIFT
2015/2016	Famílias IV, V e VI da 5ª geração GIFT; VII e VII da 6ª geração GIFT
2016/2017	Famílias IV, V e VI da 5ª geração GIFT; VII e VII da 6ª geração GIFT
2017/2018	Famílias IV, V e VI da 5ª geração GIFT; VII e VII da 6ª geração GIFT; N da 1ª geração da propriedade
2018/2019	Famílias VII e VII da 6ª geração GIFT; N da 1ª geração da propriedade e 4 e 5 da 2ª geração da propriedade
2019/2020	Famílias VII e VII da 6ª geração GIFT; N da 1ª geração da propriedade e 4 e 5 da 2ª geração da propriedade
2020/2021	Famílias VII e VII da 6ª geração GIFT; N da 1ª geração da propriedade e 4 e 5 da 2ª geração da propriedade

4.2 MANEJO REPRODUTIVO

O manejo reprodutivo adotado na propriedade é o de coleta de ovos da boca das matrizes. O período de reprodução tem início em setembro e ocorre até maio, de cada ano, podendo ser mais curto ou mais longo conforme as variações climáticas que influenciam a temperatura da água. Fora do período reprodutivo, as matrizes e reprodutores permanecem estocadas em tanques de manutenção. Entretanto, separadas as fêmeas dos machos, sendo que a partir do início do período reprodutivo os reprodutores e matrizes são redistribuídos para tanques de reprodução construídos em alvenaria com 10m de comprimento, 3m de largura e 1,2m de profundidade. Cada tanque possui fluxo constante de água em uma renovação diária média de 20%. A relação machos/fêmeas utilizada na propriedade é de 1:3, assim, em cada tanque de reprodução são estocados 10 machos e 30 fêmeas onde permanecem por todo período reprodutivo (Hughes & Behrends, 1983; Siddiqui & Al-Harbi, 1997). Os reprodutores e matrizes, são alimentados

diariamente, inclusive durante os ciclos reprodutivos, por meio de uma dieta comercial extrusada com 32% de proteína bruta. A alimentação ocorre de acordo com a temperatura da água, variando de 1 a 1,5% da biomassa de cada tanque no período reprodutivo.

Antes da estocagem nos tanques de reprodução, a identificação dos animais é verificada para realizar o direcionamento dos acasalamentos conforme as orientações do programa de melhoramento.

A coleta de ovos da boca das fêmeas é repetida a cada cinco dias em cada tanque. O manejo ocorre de forma rápida para minimizar o estresse dos animais. Os peixes são contidos em uma rede de despesca e são capturados individualmente, para verificação do sexo e a presença ou não de ovos na boca. Observado a presença dos ovos, a fêmea é identificada e ovos são coletados e medidos em provetas de 100mL, com precisão de 1mL para estimativa do número de ovos a partir do volume de ovos obtidos. Em seguida, os ovos são transferidos para incubadoras de três litros, em formato cilíndrico com cavidade mais estreita no fundo, fazendo com que o fluxo de água se mantenha de forma constante para oxigenação dos ovos, de forma a simular a incubação natural dos ovos na boca da fêmea na natureza. As baterias de incubadoras estão instaladas em um laboratório de incubação e larvicultura equipado com sistema de recirculação de água com temperatura e oxigênio controlados, onde ocorre a masculinização dos animais. Após o período de incubação as larvas eclodidas de cada incubadora nadam deliberadamente seguindo o fluxo de água para uma bandeja de 12L localizada, com fluxo constante de água pressurizada, onde são contadas para estimativa da taxa de eclosão, entretanto, as incubadoras recebem ovos de acordo com as famílias e estágios embrionários, sendo incubados ovos de diferentes fêmeas ao mesmo tempo, o que não nos permitiu estimar individualmente a taxa de eclosão.

Os parâmetros de qualidade da água são medidos diariamente em cada tanque no período da manhã (6:00hs), com o auxílio de uma sonda multiparâmetro da marca InsthruTerm® (Brasil), modelo MO-900, que fornece os níveis de oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C).

4.3 VARIÁVEIS AVALIADAS

4.3.1 Intervalos médio e frequência de desova

Os intervalos médios de desova, foram calculados para cada fêmea pela relação entre período de reprodução em dias, máximo de 240 dias, e pelo número de vezes que a fêmea desovou em um determinado ciclo. Já a frequência de desova de uma fêmea se dá pela somatória de todas as desovas ao longo do ciclo.

4.3.2 Volume de ovos total e médio

O volume de ovos produzidos de cada fêmea, em cada desova, foi medido em provetas de 100 mL com precisão de 1mL. Foram considerados na avaliação o volume total e médio por coleta, que foi calculado em função de quantas desovas ocorreram ao longo do período reprodutivo.

4.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

No banco de dados com as informações coletadas de 2009 a 2021, foi inicialmente realizada a busca por informações inconsistentes, como por exemplo, peixes com a mesma identificação, peixes sem número de registro, algumas fêmeas sem registro de pai e mãe, peixes sem registro de idade, e médias das variáveis analisadas com valores improváveis. Registros com informações inconsistentes foram descartados das análises, esta eliminação de informações inconsistente foi realizada por meio do programa *R* versão 3.6.1 (R Core Team, 2019), após a eliminação, o número de registros caíram de pouco mais de 6000 para cerca 4000.

Com os dados verificados quanto as informações inconsistentes, foi realizada uma análise prévia incluindo todas as variáveis ambientais (idade, sexo, ano de registro, outros) e respectivas interações para verificar quais destas variáveis influenciam significativamente a média das variáveis analisadas. A partir dos resultados desta análise foram então constituídos os grupos contemporâneos (GC) que por sua vez foram eventualmente incluídos nos modelos de avaliação genética como efeito fixo. Também, a partir do banco de dados “limpo”, foi realizada a

construção do “pedigree” dos animais. Nesta etapa, para os animais oriundos do programa GIFT foi possível incluir a identificação dos parentais maternos e paternos, já para as matrizes de reposição, selecionadas do plantel da propriedade, só foi possível incluir a identificação materna, uma vez que a reprodução ocorria em hapas coletivas onde existiam diferentes machos.

Para as análises realizadas, foram testados 5 modelos como descritos na Tabela 1, onde foi possível incluir, conforme o modelo, os efeitos fixos de tanque, ciclo reprodutivo, grupo contemporâneo e a idade como covariável considerando o comportamento linear e quadrático. Além dos efeitos fixos, foram incluídos nos modelos os efeitos aleatórios genético aditivo e de ambiente permanente.

Tabela 2 - Modelos Analisados

Modelo	Tanque fixo	Ciclo Fixo	Idade Linear	Ambiente Permanente	Animal	Grupo Contemp	Idade Quadrática
1	✓	✓	✓	✓	✓		
2			✓	✓	✓	✓	
3	✓	✓	✓	✓	✓		✓
4			✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓		✓	✓		

Como não ocorria a pesagem das fêmeas durante o manejo reprodutivo, não foi possível incluir o efeito de peso nos modelos, contudo, entende-se que a influência desta variável já está sendo considerada ao se incluir idade ou ciclo reprodutivo. Ainda dentro do efeito de ciclo, consideramos que estava contemplado a influência de efeitos ambientais como a temperatura da água e o fotoperíodo. Nos gráficos abaixo estão demonstrados a variação da temperatura e número de animais desovando em função do período reprodutivo. Nota-se uma variação muito grande destes parâmetros de um ciclo para outro, justificando a inclusão desse efeito nos modelos (Figuras 1, 2, 3 e 4).

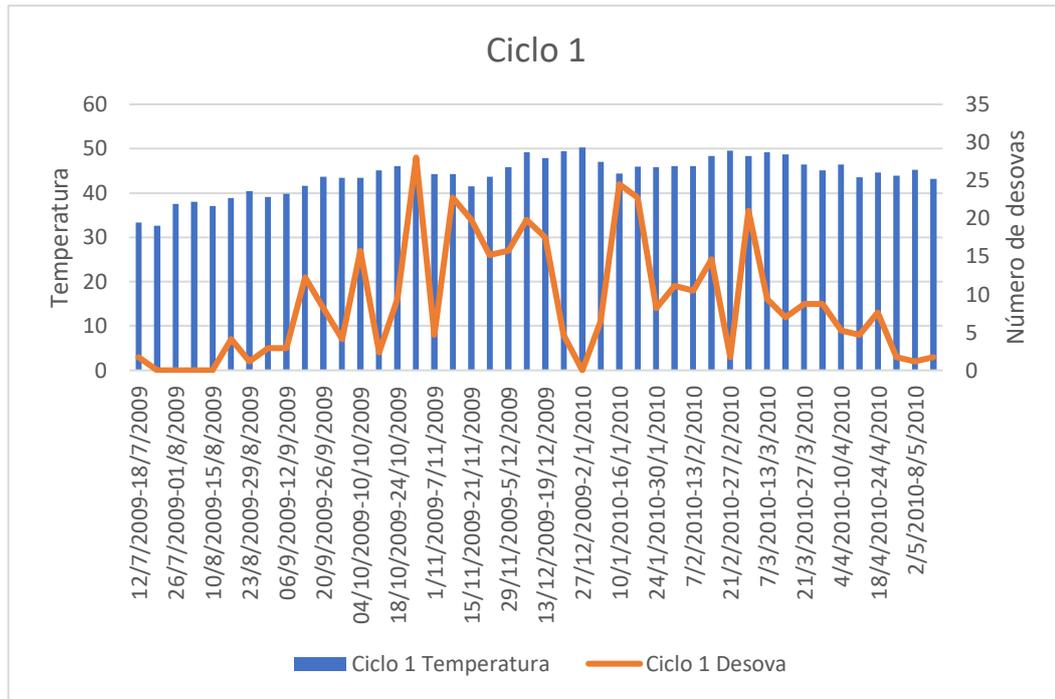


Figura 1 – Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no ciclo 1 (12/07/2009 a 8/05/2010)

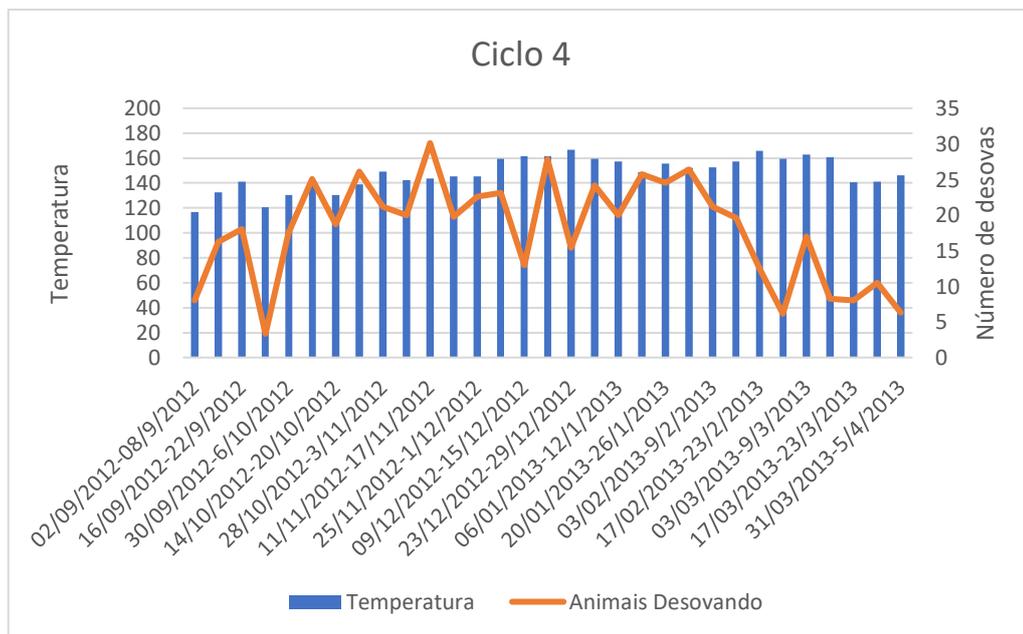


Figura 2 – Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no ciclo 4 (02/09/2012 a 05/04/2013)

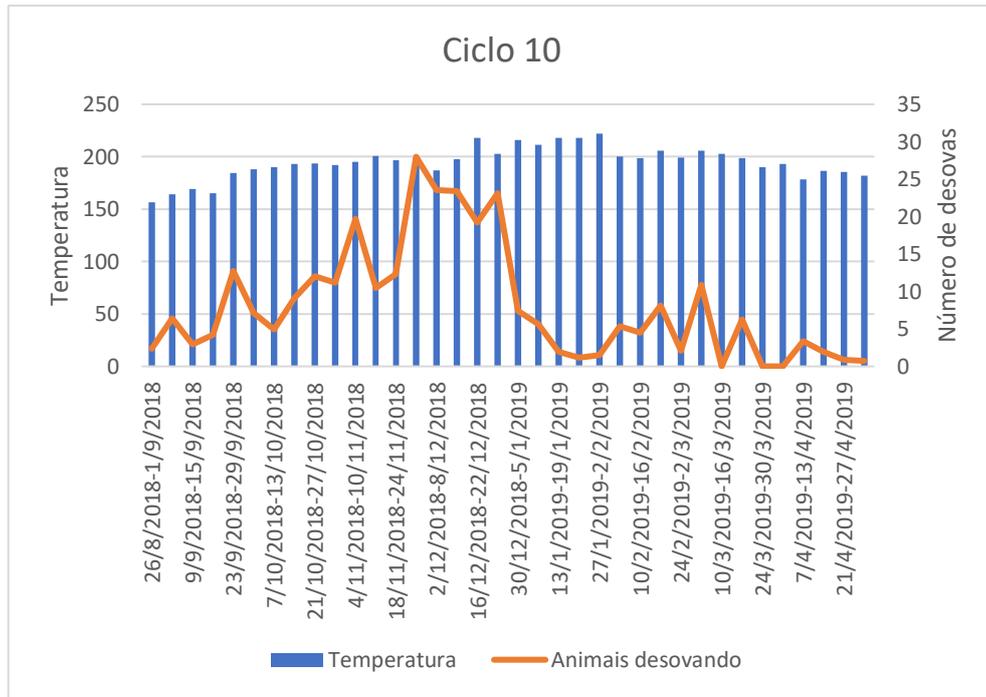


Figura 3– Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no ciclo 10 (26/08/2018 a 27/04/2019)

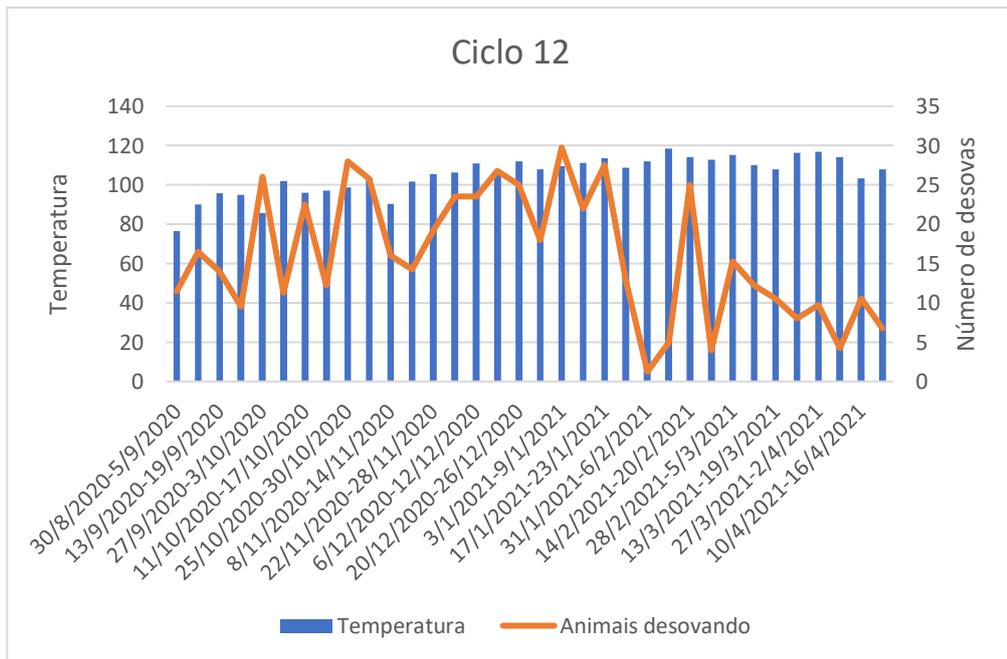


Figura 4– Interação dos dados semanais de temperatura e animais desovando no ciclo 12 (30/08/2020 a 16/04/2021)

A partir do modelo escolhido, foram realizadas então análises Uni e Bi características para estimar os componentes de (co)variância para frequência de desova, intervalo de desova, volume total e volume médio de ovos produzidos.

Foram calculados, utilizando os componentes (co)variâncias do modelo escolhido, a herdabilidade e a repetibilidade para cada característica separadamente, além das correlações genéticas entre as características avaliadas conforme as equações abaixo.

$$h^2 = \sigma^2_a / \sigma^2_p$$

$$r = (\sigma^2_a + \sigma^2_{pe}) / \sigma^2_p$$

$$rg_{1,2} = \text{Cova}_{1,2} / \sqrt{(\sigma^2_{a1} \cdot \sigma^2_{a2})}$$

Onde:

h^2 é a herdabilidade

r é a repetibilidade

$rg_{1,2}$ é correlação genética entre as características 1 e 2;

σ^2_a é a variância genética aditiva;

σ^2_p variância de ambiente permanente;

σ^2_p variância fenotípica;

$\text{Cova}_{1,2}$ é a covariância genética entre as características 1 e 2.

Como complemento, também foram estimadas as correlações fenotípicas entre as mesmas características.

Para estimar os componentes de variância, os valores genéticos aditivos e os parâmetros genéticos (herdabilidade, correlação e repetibilidade), foi utilizado o método de máxima verossimilhança restrita, por meio do software AIREMLF90® (MISTZAL et al, 2014).

5. RESULTADOS

Dentre os modelos testados, o que incluiu somente os efeitos fixos de tanque e ciclo reprodutivo (modelo 5) gerou os valores bastante consistentes e com pequenas dispersões para os parâmetros genéticos (Tabela 2). Desta forma, os parâmetros gerados pelo modelo 5 foram os considerados na discussão.

Tabela 3 - Estimativas de herdabilidade, repetibilidade, ambiente permanente para os 5 modelos mistos testados

	Modelo	h^2	Repetibilidade	Amb. Permanente
Volume total de ovos	1*	0,19 ± 0,11	0,43 ± 0,039	0,24 ± 0,078
	2**	0,06 ± 0,38	0,34 ± 0,021	0,29 ± 0,030
	3***	0,18 ± 0,11	0,42 ± 0,038	0,24 ± 0,076
	4****	0,03 ± 0,02	0,35 ± 0,018	0,32 ± 0,022
	5*****	0,26 ± 0,14	0,45 ± 0,046	0,19 ± 0,094
Volume médio de ovos	1	0,08 ± 0,06	0,4 ± 0,025	0,32 ± 0,042
	2	0,15 ± 0,09	0,4 ± 0,033	0,25 ± 0,063
	3	0,07 ± 0,05	0,39 ± 0,023	0,33 ± 0,038
	4	0,12 ± 0,07	0,4 ± 0,028	0,29 ± 0,052
	5	0,18 ± 0,10	0,43 ± 0,037	0,24 ± 0,072
Frequência de desova	1	0,17 ± 0,10	0,46 ± 0,035	0,29 ± 0,074
	2	0 ± 0,05	0,35 ± 0,017	0,35 ± 0,018
	3	0,16 ± 0,10	0,45 ± 0,034	0,29 ± 0,073
	4	0 ± 0,004	0,36 ± 0,018	0,36 ± 0,018
	5	0,15 ± 0,09	0,45 ± 0,031	0,3 ± 0,065
Intervalo médio de desova	1	0,06 ± 0,04	0,55 ± 0,019	0,49 ± 0,038
	2	0,02 ± 0,02	0,51 ± 0,017	0,49 ± 0,022
	3	0,05 ± 0,04	0,55 ± 0,018	0,5 ± 0,035
	4	0 ± 0,07	0,51 ± 0,017	0,51 ± 0,018
	5	0,13 ± 0,08	0,58 ± 0,024	0,44 ± 0,06

*modelo 1 – tanque fixo, ciclo fixo, idade covariável, ambiente permanente, animal

**modelo 2 - idade covariável, ambiente permanente, animal, grupo contemporâneo

***modelo 3 - tanque fixo, ciclo fixo, idade covariável, ambiente permanente, animal, idade quadrática

****modelo 4 - idade covariável, ambiente permanente, animal, grupo contemporâneo, idade quadrática

*****modelo 5 – tanque fixo, ciclo fixo, ambiente permanente, animal

A opção de não usar um dos modelos que incluíram a idade como covariável para estimar os componentes de variância se deu por considerar que as

magnitudes deste efeito estimadas pelos modelos foram muito reduzidas e ainda apresentavam uma grande dispersão (Tabela 3). Além disso, ao escolher um modelo mais simples que gerou estimativas precisas e consistentes optamos por usar o critério da parcimônia entre os modelos.

Tabela 4 – Estimativas dos efeitos fixos e seus respectivos erros padrão para variáveis reprodutivas considerando cinco diferentes modelos mistos

Variável	Modelo	Tanque	Ciclo reprodutivo	Idade linear	Grupo Contemp.	Idade Quadrática
Volume Total ovos	1	43,15 ± 31,37	-37,20 ± 22,90	13,47 ± 6,91	-	-
	2	-	-	-4,18 ± 3,90	100,64 ± 22,31	-
	3	43,11 ± 30,94	-35,66 ± 22,57	15,45 ± 7,35	-	-0,33 ± 0,42
	4	-	-	24,01 ± 4,22	66,51 ± 17,75	-3,62 ± 0,38
	5	92,20 ± 19,84	-17,58 ± 8,14	-	-	-
Volume Médio ovos	1	16,07 ± 2,85	-2,52 ± 1,95	1,68 ± 0,57	-	-
	2	-	-	0,94 ± 0,74	18,41 (4,19)	-
	3	15,52 ± 2,73	-2,065 ± 1,86	2,27 ± 0,63	-	-0,10 ± 0,06
	4	-	-	3,13 ± 0,74	15,83 (3,74)	-0,28 ± 0,05
	5	22,25 ± 2,22	-0,13 ± 0,98	-	-	-
Frequência de desova	1	3,43 ± 0,95	-1,24 ± 0,69	0,17 ± 0,21	-	-
	2	-	-	-0,40 ± 0,05	5,12 ± 0,32	-
	3	3,41 ± 0,95	-1,22 ± 0,69	0,19 ± 0,23	-	0,19 ± 0,23
	4	-	-	0,40 ± 0,11	4,04 ± 0,34	-0,10 ± 0,01
	5	4,02 ± 0,56	-0,99 ± 0,25	-	-	-
Intervalo médio desova	1	148,15 ± 21,91	37,42 ± 15,06	-11,62 ± 4,37	-	-
	2	-	-	-1,92 ± 2,70	125,42 ± 15,52	-
	3	151,32 ± 21,10	34,79 ± 14,36	-14,98 ± 4,91	-	0,56 ± 0,45
	4	-	-	-16,66 ± 3,35	141,43 ± 11,46	1,99 ± 0,35
	5	105,76 ± 16,64	20,82 ± 7,48	-	-	-

Considerando então o modelo 5, observou-se valores de herdabilidade variando de baixa (0,13 – intervalo médio; 0,15 – frequência de desova; 0,18 – volume médio de ovos) a alta magnitude (0,26 – volume total de ovos), indicando que existe um bom potencial de ganho genético por seleção para o volume total de ovos produzidos, porém um potencial menor para ganho considerando as demais características. Já os valores estimados para repetibilidade foram elevados (0,45 – volume total de ovos, 0,43 – volume médio de ovos, 0,45 – frequência de desovas, 0,58 – intervalo médio) demonstrando que, para as características reprodutivas

avaliadas, as fêmeas têm potencial genético para manter o mesmo desempenho durante vários ciclos (Tabela 4).

Tabela 5 – Estimativas (\pm erro padrão) de herdabilidade (h^2), repetibilidade e ambiente permanente para volume total e volume médio de ovos produzidos, frequência e intervalo médio de desovas de tilápias

Característica	h^2	Repetibilidade	Amb. Permanente
Volume total de ovos	0,26 \pm 0,14	0,45 \pm 0,046	0,19 \pm 0,094
Volume médio de ovos	0,18 \pm 0,10	0,43 \pm 0,037	0,24 \pm 0,072
Frequência de desovas	0,15 \pm 0,089	0,45 \pm 0,031	0,3 \pm 0,065
Intervalo Médio	0,13 \pm 0,075	0,58 \pm 0,024	0,44 \pm 0,06

Os modelos Bivariados geraram valores altos de correlações genéticas, positivas e negativas (Tabela 5). Para a maioria das estimativas os desvios foram bastantes elevados, indicando baixa precisão. Entre as correlações genéticas estimadas com maior precisão, destaca-se a associação negativa (-0,99) entre Intervalo médio de desovas e volume total de ovos produzidos.

Tabela 6 - Correlações genéticas (acima da diagonal) e fenotípicas (abaixo da diagonal) entre características reprodutivas de tilápias

	Frequência	Intervalo Médio	Volume Total	Volume Médio
Frequência	1	-0,83 \pm 1,3	0,89 \pm 0,6	0,69 \pm 0,9
Intervalo Médio	-0,76 \pm 0,08*	1	-0,99 \pm 0,008	-0,96 \pm 0,6
Volume Total	0,89 \pm 0,11 *	-0,67 \pm 0,08*	1	0,97 \pm 0,03
Volume Médio	0,23 \pm 0,1*	-0,17 \pm 0,09*	0,62 \pm 0,012*	1

* significância

De forma geral, os resultados obtidos apontam para uma estratégia de se selecionar os animais para característica volume total de ovos, que apresentou um herdabilidade moderada, possuindo assim, boas possibilidades de se obter ganhos genéticos consideráveis. Além disso, o volume total está inversamente correlacionado com o intervalo médio de desovas, sendo que, espera-se também uma redução destes intervalos ao se selecionar para o volume.

6. DISCUSSÕES

A etapa de modelagem dos fatores é de extrema importância para as estimativas de componentes de (co)variância. No presente estudo, foram testados cinco modelos diferentes variando os efeitos fixos a serem incluídos. Inicialmente, os modelos 2 e 4, que incluíam os grupos contemporâneos e a idade em comportamento linear e quadrático (modelo 4), foram descartados por terem gerado estimativas pouco consistentes dos parâmetros genéticos com valores de herdabilidade próximos de zero e, para algumas variáveis analisadas, erros bastante altos.

Os modelos 1 e 3 resultaram em estimativas um pouco mais precisas, porém, em ambos os modelos estava incluída a idade dos animais como covariável, e, as estimativas para efeito de idade, tanto linear como quadrática, foram de magnitude bastante baixa quando comparada com as estimativas dos outros efeitos fixos, o que pode ser consequência de dois fatores: o primeiro é que a idade impõe uma influência pouco importante sobre as variáveis analisada, o segundo, e mais provável, é que o efeito de idade já esteja incluído em algum outro efeito fixo considerado no modelo, como por exemplo, o efeito de ciclo reprodutivo.

Desta forma, escolha do modelo 5 se justifica por ter gerado estimativas bastante consistentes e precisas, e também pelo critério da parcimônia, sendo o modelo mais simples entre os modelos testados. No trabalho de Yoshida (2014) sobre avaliação genética de características reprodutivas de tilápias, o modelo utilizado incluiu como efeitos fixos a covariável idade e local, obtendo estimativas de parâmetros genéticos similares às deste trabalho, exceto para volume total de ovos produzidos em que, no trabalho citado, a herdabilidade foi próxima de zero.

As características de frequência de desova, intervalo médio e volume médio de ovos apresentaram estimativas de herdabilidade de 0,15, 0,13 e 0,18 respectivamente, verifica-se valores estes próximos aos descritos anteriormente por Yoshida (2014) de 0,14 e 0,16, respectivamente, para desova e desova múltiplas, em análise Unicaracter. Estas baixas estimativas de herdabilidade evidenciam a grande influência do ambiente sobre as características em questão. Entretanto, no modelo utilizado o volume total de ovos apresentou herdabilidade de

0,26, sendo uma herdabilidade elevada quando comparada a outras espécies aquáticas. Sendo superior a encontrada por Yoshida (2014) que observou herdabilidade de 0,02 para volume de ovos produzidos, mas ficando próximo ao valor encontrado por Gall & Huang (1988), de 0,30 em truta arco-íris. Sendo assim, é possível afirmar que existe uma boa possibilidade de se obter ganho genético ao se selecionar os animais para volume total de ovos.

As estimativas de repetibilidade foram elevadas para todas as características, o que significa que não é necessário a avaliação de vários ciclos para se fazer seleção, já que os animais tendem a manter o mesmo desempenho reprodutivo por vários ciclos. Além disso, do ponto de vista dos produtores de alevinos, a repetibilidade alta é bastante interessante uma vez que animais de genética superior poderão permanecer por bastante tempo no plantel de matrizes mantendo uma boa produção. Poucos são os trabalhos que descrevem análise de repetibilidade para fatores reprodutivos, Yoshida (2014) encontrou repetibilidade de 0,28 para volume de ovos, o que fica abaixo do encontrado no presente estudo que foi de 0,45, assim como Trong et al. (2013) observaram baixa repetibilidade para sucesso de desova em tilápias do Nilo, entre 0,04 e 0,17, resultados que diferem dos encontrados no presente no qual a repetibilidade para intervalo médio de desovas obtidos foram de 0,58.

Por meio das análises Bicaraterísticas se observou uma elevada correlação negativa para intervalo médio x volume total, de -0,99, demonstrando que ambas as características são controladas pelo mesmo grupo de genes. Conforme descrito por Campos-Mendoza et al. (2004), as desovas de tilápias podem ocorrer com intervalos inferiores a 21 dias, o que gera um aumento de desovas por ciclo, porém com uma redução do número de ovos produzidos em cada desova (Tsadik, 2008). Desta forma, considerando cada desova separadamente, a seleção genética para produzir matrizes que desovam com intervalos mais curtos não resultaria em vantagem prática, porém, considerando um longo período reprodutivo, a grande frequência com que estas matrizes produziram ovos em um ciclo completo compensaria a queda de produção por desova.

Todas as demais correlações apresentaram valores elevados, entretanto desvios médios elevados também, apenas a correlação entre volume total e volume

médio apresentou valor positivo e elevado com baixo desvio padrão, entretanto o mesmo já seria esperado uma vez que são características similares e interligadas. Observa-se ainda que a correlação entre volume de ovos e frequência possui uma correlação positiva, porém um desvio padrão elevado, uma vez que frequências menores irão gerar um volume maior de ovos produzidos, porém sabe-se também que esse fator está diretamente relacionado com o tamanho e idade das fêmeas. Santos et.al. (2007) salientou em seu estudo que a prolificidade de tilápia do Nilo com grande porte possui uma prolificidade cerca de 60% maior que um animal de pequeno porte.

De acordo com os dados obtidos nesse trabalho e em vista de informações que ainda devem ser analisadas de forma mais profunda, a seleção genética para as variáveis intervalo de desova e volume total produzido demonstrou ser uma estratégia viável para um programa de melhoramento, tornando assim mais eficiente o manejo e a produtividade de fêmeas de tilápia.

Com essa seleção, passa-se a se ter animais com uma produção maior de ovos no ciclo reprodutivo, o que maximiza o espaço físico do produtor, que conseguirá uma produtividade maior com um número reduzido de matrizes, possibilitando ainda uma constância de produção, já que ao longo do ciclo os animais terão a desova mais distribuída e com isso mais constante.

7. CONCLUSÕES

A alta herdabilidade encontrada para volume de ovos, demonstra um potencial ganho genético, indicando ser uma característica que pode ser usada como critério de seleção em um programa de melhoramento.

As variáveis intervalo médio de desovas e o volume total de ovos produzidos, são altamente correlacionadas de forma negativa, o que é favorável a um programa de melhoramento, uma vez que o aumento de volume de ovos gera um intervalo médio de desovas menor. Sendo assim, a seleção de peixes com elevado volume total, é uma estratégia de seleção pertinente.

Por fim, a repetibilidade encontrada nas análises significam a constância da característica por um longo tempo, o que é desejado para o programa de reprodução e de melhoramento genético.

8. REFERÊNCIAS

- Baerends, G.P., Baerends-Van Roon, J.M., 1950. An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. Behavior Supplement 1, 1-242.
- Bentsen, H.B., Gjerde, B., Nguyen, N.H., Rye, M., Ponzoni, R.W., Palada De Vera, M.S., Bolivar, H.L., Velasco, R.R., Danting, J.C., Dionisio, E.E., Longalong, F.M., Reyes, R.A., Abella, T.A., Tayamen, M.M., Eknath, A.E., 2012. Genetic improvement of farmed tilapias: genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. Aquaculture 338–341, 56–65.
- Campos-Mendoza, A., Mcandrew, B.J., Coward, K., Bromage, N., 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. Aquaculture 231(1), 299-314.
- Coward, K., Bromage, N.R., 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10, 1 –25.
- Duponchelle, F., Pouyaud, L., Legendre, M., 1997. Variation in reproductive characteristics of *Oreochromis niloticus* populations: genetic or environmental effects. In: Fitzsimmons, K. Ed., Tilapia Aquaculture: Proceedings from the 4th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, NRAES-106, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY, 808 pp.
- Fryer, G., Iles, T.D., 1972. The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Evolution. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Hughes, D.G., Behrends, L.L., 1983. Mass production of *Tilapia nilotica* seed in suspended net enclosures. In: Fishelson, L., Yaron, Z. (Eds.), Tilapia Aquaculture. Proceedings of the International Symposium on Tilapia Aquaculture, Israel Tel Aviv University, Nazareth, pp. 394 – 401.
- Kubitza, F., 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Ed. Aqualmagem, Jundiaí, SP, 285p.

- Little D.C., Macintosh D.J., Edwards P., 1993. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture and Fisheries Management* 24, 399–405.
- Little, D.C., Lin, C.K., Turner, W.A., 1995. Commercial scale tilapia fry production in Thailand. *World Aquaculture* 26(4), 20–24.
- Lovshin, L.L., 1992. Tilapia hybridization. p. 279–308. In: Pullin, R.S.V., Lowe-McConnell, R.H. Eds., *The biology and culture of tilapias*, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 432 pp.
- Lowe-McConnell, R.H., 1982. Tilapias in fish communities, pp. 83–113. In: Pullin, R.S.V., Lowe-McConnell, R.H. Eds., *The biology and culture of tilapias*, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 432 pp.
- Neira, N., 2010. Breeding in aquaculture species: genetic improvement programs in developing countries. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig, Germany, p. 8.
- PEIXE BR. (2020). Anuário PEIXEBR da Piscicultura. Disponível em: < <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>> (27/02/2020).
- Pereira, J.C.C. 2008. Melhoramento genético aplicado à produção animal, - 5. ed. - Belo Horizonte : FEPMVZ Editora.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H., Khaw, H.L., Hamzah, A., Bakar, K.R.A., Yee, H.Y., 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the World Fish Center with the GIFT strain. *Reviews in Aquaculture* 3, 27–41.
- Popma, T.J., Lovshin, L.L., 1996. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Research and development series no. 41, Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, AL, USA, 23 pp.

- Rana, K. J. 1988. Reproductive biology and hatchery rearing of tilapia egg and fry. In Recent advanced Aquaculture, (Muir, J. F., Roberts, R. J., and Rana, K. J., Eds.), pp. 343-406. Croom Helm: London & Sydney.
- Ridha, M.T., Cruz, E.M., 2000. Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. seed production. *Aquaculture Research* 31(7), 609-617.
- Rocha, C.M.C.; Resende, E. K.; Routledge, E.A.B.; Lundstedt, L.M. (2013). Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.8, p.iv-vi.
- Santos, L. S.; Oliveira filho, D.R; Santos, S.S; Santos Neto, M.A.; Lopes, J.P.. (2007). Prolificidade da tilápia do Nilo, variedade Chitralada, de diferentes padrões de desenvolvimento. *Ver. Bras. Enga. Pesca* 2 (Esp.) set. 2007.
- SENAR. (2017). Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de Tilápias. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, Brasília, 90 pag.
- Siddiqui, A.Q., Al-Harbi, A.H., 1997. Effects of sex ratio, stocking density and age of hybrid tilapia on seed production in concrete tanks in Saudi Arabia. *Aquaculture International* 5(3), 207-216.
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *Brithish Museum (Natural History)*, p. 583.
- Trọng, T.Q., Arendonk, J.A.M., Komen, K., 2013. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn. *Aquaculture* 416-417, 57-64.
- Tsadik, G.G., Bart, A.N., 2007. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 272(1), 380-388.
- Watanabe, W.O., Kuo, C.M., 1985. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. *Aquaculture* 49(3), 315-323, 1985.

Yoshida, G. M. (2014). Avaliação genética e de efeitos ambientais em características reprodutivas de tilápia do Nilo. Dissertação. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. UEM, Maringá, PR