

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

Desenvolvimento de simuladores bioeconômicos para pisciculturas de terminação e reprodução de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e determinação do índice de seleção da décima geração melhorada

Rosiane Araujo Rodrigues Nass

CAMPO GRANDE – MS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO

Desenvolvimento de simuladores bioeconômicos para pisciculturas de terminação e reprodução de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e determinação do índice de seleção da décima geração melhorada

Development of bioeconomic simulators for tilapia (*Oreochromis niloticus*) finishing and breeding fish farms and determination of the improved tenth generation selection index

Rosiane Araujo Rodrigues Nass

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carneiro Brumatti

Coorientador: Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE – MS, 2021

Certificado de Aprovação

17/09/2021 13:34

SEI/UFMS - 2763785 - Certificado



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ROSIANE ARAUJO RODRIGUES NASS

Desenvolvimento de simuladores bioeconômicos para pisciculturas de terminação e reprodução de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e determinação do índice de seleção da décima geração melhorada

Development of bioeconomic simulators for finishing and breeding tilapia fish farms (*Oreochromis niloticus*) and determination of the improved tenth generation selection index

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 27-08-2021

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Ricardo Carneiro Brumatti
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira
(UEM)

Dra. Cristiane Fatima Meldau de Campos
UEMS

Dr. Jayme Aparecido Povh
UFMS

Dra. Karina Marcia Ribeiro de Souza
UFMS



Documento assinado eletronicamente por **Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral**, Usuário Externo, em 29/08/2021, às 16:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por Jayme Aparecido Povh, Professor



do Magisterio Superior, em 30/08/2021, às 07:40, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Karina Marcia Ribeiro de Souza Nascimento**, Professora do Magistério Superior, em 30/08/2021, às 08:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Carneiro Brumatti**, Professor do Magisterio Superior, em 30/08/2021, às 15:13, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Antonio Lopes de Oliveira**, Usuário Externo, em 01/09/2021, às 21:25, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2763785 e o código CRC C97E0CA9.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Dedicatória

Dedico esta tese a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que este momento se tornasse realidade. Dentre essas pessoas estão meu esposo, filha, pais, irmão e família.

A eles dedico minha vida.

Homenagem

Aos meus orientadores:

Prof. Dra. Cássia Rejane Brito Leal

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação

Prof. Dr. Ricardo Carneiro Brumatti

Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh

Dissertação – Mestrado

Tese – Doutorado

Pela amizade, oportunidade, confiança, zelo e orientação.

Agradecimentos

Como não agradecer primeiramente à Deus... meu verdadeiro amigo. Nunca me abandonou e esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida. Minha vida seria um grande “nada” sem a presença Dele.

Agradeço aos meus pais, Natalício Rodrigues da Silva e Cícera Araujo Rodrigues, por me ensinar desde cedo sobre a importância de estudar e de nunca desistir. Agradeço ao meu irmão Adeilson Araujo Rodrigues, por acreditar que eu seria capaz de ir longe e que as dificuldades que passei seriam apenas degraus de uma escada rumo ao sucesso.

Agradeço a minha filha Iris Rodrigues Botelho, por compreender minhas escolhas e saber que tudo que fiz e faço é por ela e para ela. Passamos por muitas dificuldades na verdade, porém nunca nos faltou nada e hoje conseguimos enxergar um futuro ainda mais belo, repleto de vitórias.

Agradeço ao meu esposo Elói Nass, por cuidar da nossa família, pela paciência e por toda ajuda durante estes anos em que me dediquei a minha formação. Obrigada por todo apoio, atenção e amor.

Agradeço ao meu orientador Ricardo Carneiro Brumatti, que muito me ajudou, desde a graduação, durante o Mestrado e agora no Doutorado. Obrigada por acreditar em mim, apoiar minhas ideias e me corrigir quando eu estava errada. Cresci e aprendi muito durante estes anos. Que fique aqui toda minha admiração pela pessoa e profissional que é.

Agradeço ao meu coorientador Jayme Aparecido Povh, por me apresentar essa área incrível que é a piscicultura. Obrigada por toda ajuda desde a época de estágio da graduação, durante o mestrado e doutorado. Sua paixão pela profissão é inspiradora.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul por ser minha segunda casa a nove anos. Muito orgulho de ser UFMS! Agradeço aos demais professores e pesquisadores que passaram por minha vida acadêmica e pós acadêmica, em especial as professoras Cássia Rejane Brito Leal e Karina Márcia Ribeiro de Souza Nascimento.

Agradeço aos professores das demais instituições (UEMS, UNESP e UEM) que muito me ajudaram, professores Carlos Antonio Lopes de Oliveira, Ricardo Pereira Ribeiro, Cristiane Fátima Meldau de Campos Amaral e Eduardo Antônio Sanches.

Agradeço aos meus amigos e colegas dentro e fora da pós-graduação por todo apoio, Laura, Luana, Resenângela, Thiago e Jean Carla. Cada um de vocês tem um lugar especial no meu coração.

Agradeço pelas lutas, pelas dificuldades, pelas vezes que chorei sem ninguém ver... tudo isso me lapidou e me tornou forte. Gratidão!

“O mais corajoso dos atos ainda é pensar com a própria cabeça.”

(Coco Chanel)

Resumo

Nass, R.A.R. Desenvolvimento de simuladores bioeconômicos para pisciculturas de terminação e reprodução de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e determinação do índice de seleção da décima geração melhorada. 2021. 110 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

Resumo: A tilapicultura tem apresentado destaque na produção nacional. Muitas regiões do país tornaram-se polos produtivos, englobando todas as etapas necessárias para a produção de tilápia. Devido sua importância, o trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver simuladores bioeconômicos para pisciculturas de reprodução e terminação, possibilitando o estudo das variações econômicas, técnicas e financeiras de alguns cenários simulados. Após a conclusão desta etapa, o simulador foi utilizado para determinar ponderadores econômicos para piscicultura de terminação, tendo como base de dados informações referentes a décima geração de tilápias melhoradas e assim alcançar o índice de seleção para características de interesse econômico Peso à Despesa (PD) e Rendimento de Filé (RF) na terminação de tilápias. No primeiro estudo foi desenvolvido o simulador bioeconômico para terminação de tilápia testando sua eficiência em quatro cenários produtivos: monofásico em taque-rede (MonoT), monofásico em viveiro (MonoV), multifásico em tanque-rede (MultiT) e multifásico em viveiro (MultiV). Após a avaliação econômica, todos os sistemas demonstraram resultados positivos. O sistema MultiT apresentou a maior Receita (US\$ 984.762,36) e Lucro Líquido (US\$ 508.906,32), com produtividade de 397.72 kg/m³/ano. Financeiramente o sistema MultiT apresentou os melhores resultados, com Taxa Interna de Retorno (TIR) de 76,58% e *payback* de dois anos. No segundo estudo, um simulador bioeconômico foi concebido para pisciculturas de reprodução e testado em dois cenários: cenário 1 com reprodução em hapas e coleta de ovos na cavidade bucal da matriz e cenário 2 com reprodução em viveiros e coleta de nuvens de pós-larvas. No Demonstrativo de Resultados Econômicos (DRE), os Cenários 1 e 2 apresentaram respectivamente Receita US\$ 122.764,17 e US\$ 79.579,72, Custo total US\$ 103.181,35 e US\$ 73.373,80 e Lucro Líquido de US\$ 19.582,81 e US\$ 6.205,92. Dentre os indicadores financeiros constantes no simulador, o cenário 1 e 2 apresentaram Relação benefício/custo (RBC) 1,11 e 1,01, Índice de lucratividade (IL) 1,48 e 1,04, TIR 17,82 e 8,95%, Valor Presente Líquido (VPL) US\$ 81.655,54 e US\$ 6.003,37 e *payback* de 6 e 10 anos respectivamente. O terceiro estudo utilizando-se do simulador bioeconômico para pisciculturas de terminação, determinou os ponderadores econômicos das características PD e RF para que estes fossem utilizados na composição de um índice econômico de seleção. Foram calculados através do simulador

bioeconômico: valor econômico, desvio padrão genético e valor genético-econômico para as características PD e RF. Os ponderadores econômicos para PD e RF nos sistemas multifásicos foram de US\$ 4,828/10g e US\$ 0,020/% respectivamente, superiores aos valores obtidos nos sistemas monofásicos (US\$ 2,414/10g para PD e US\$ 0,012/% para RF). Em tanque-rede os valores genético-econômicos são superiores aos encontrados nos sistemas, onde no presente estudo foram de 0,031 para PD e de 0,116 para RF. Em todos os sistemas analisados, a característica RF apresentou importância econômica superior ao PD confirmando sua importância na composição do lucro. Em todos os estudos o simulador bioeconômico foi capaz de apresentar resultados próximos aos encontrados em situações reais em pisciculturas de terminação e reprodução. Pode ser empregado ainda outras combinações produtivas, reais ou simuladas. O simulador foi capaz de determinar os ponderadores econômicos com os quais foi possível desenvolver os índices de seleção para os sistemas de produção em viveiro e tanque-rede.

Palavras-chave: Avaliação econômica, custo de produção, melhoramento genético, modelo bioeconômico, tilapicultura

Abstract

Nass, R.A.R. Development of bioeconomic simulators for tilapia (*Oreochromis niloticus*) finishing and breeding fish farms and determination of the improved tenth generation selection index. 2021. 110 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

Abstract: Tilapiculture has featured prominently in national production. Many regions of the country have become productive centers, encompassing all the steps necessary for the production of tilapia. Due to its importance, the work was conducted with the objective of developing bioeconomic simulators for breeding and finishing fish farms, enabling the study of economic, technical, and financial variations of some simulated scenarios. After completing this step, the simulator was used to determine economic weights for finishing fish farms, having as a database information regarding the tenth generation of improved tilapia and thus achieving the selection index for characteristics of economic interest Body Weight at Slaughter (BWS) and Fillet Yield (FY) in the termination of tilapia. In the first study, a bioeconomic simulator for tilapia termination was developed, testing its efficiency in four production scenarios: monophase in tank-net (MonoT), monophase in nursely (MonoN), multiphase in tank-net (MultiT) and multiphase in nursely (MultiN). After the economic evaluation, all systems showed positive results. The MultiT system presented the highest Revenue (US\$ 984,762.36) and Net Income (US\$ 508,906.32), with productivity of 397.72 kg/m³/year. Financially, the MultiT system showed the best results, with an Internal Rate of Return (IRR) of 76.58% and a two-year payback. In the second study, a bioeconomic simulator was designed for breeding fish farms and tested in two scenarios: scenario 1 with reproduction in hapas and egg collection in the oral cavity of the matrix and scenario 2 with reproduction in nurseries and collection of post-larvae clouds. In the Statement of Economic Results (SER), Scenarios 1 and 2 presented Revenue US\$ 122,764.17 and US\$ 79,579.72, respectively, Total Cost US\$ 103,181.35 and US\$ 73,373.80, and Net Income of US\$ 19,582.81 and US\$ 6,205.92. Among the financial indicators contained in the simulator, scenario 1 and 2 presented a benefit/cost ratio (BCR) of 1.11 and 1.01, profitability index (PI) 1.48 and 1.04, IRR 17.82 and 8.95%, Net Present Value (NPV) US\$ 81,655.54 and US\$ 6,003.37 and payback for 6 and 10 years respectively. The third study, using the bioeconomic simulator for finishing fish farms, determined the economic weights of the BWS and FY characteristics so that they could be used in the composition of an economic selection index. The following were calculated using the bioeconomic simulator: economic value, genetic standard deviation, and genetic-economic value for the BWS and FY

traits. The economic weights for BWS and FY in multiphase systems were US\$ 4.828/10g and US\$ 0.020/% respectively, higher than the values obtained in monophase systems (US\$ 2.414/10g for BWS and US\$ 0.012/% for FY). In tank-net, genetic-economic values are higher than those found in nursery, where in the present study they were 0.031 for BWS and 0.116 for FY. In all analyzed systems, the FY characteristic presented economic importance superior to the BWS, confirming its importance in the profit composition. In all studies, the bioeconomic simulator was able to present results close to those found in real situations in finishing and reproduction fish farms. Still other productive combinations, real or simulated, can be used. The simulator was able to determine the economic weights with which it was possible to develop the selection index for nursery and tank-net production systems.

Keywords: Bio-economical model, economic evaluation, genetic improvement, production cost, tilapia culture

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1

- Figura 1. Balança comercial de pescado no Brasil 2016 a 2020 (US\$ milhões).....21
- Figura 2. Estados brasileiros com as maiores produções de tilápia.....22
- Figura 3. Estruturas para produção de peixe. (A) Viveiro escavado e (B) hapas instaladas em viveiro escavado.....23
- Figura 4. (A) Coleta de larvas de tilápia, (B) coleta de ovos na cavidade bucal da matriz de tilápia e (C) incubadora com ovos de tilápia.....24
- Figura 5. Tanques-rede.....24
- Figura 6. Preço médio dos produtos de tilápia exportados, 2019 e 2020 (US\$/kg).....26
- Figura 7. Esquema de um programa de melhoramento genético para espécies da aquicultura.36

Capítulo 2

- Figura 1. Organograma das funções desenvolvidas pelo Simulador Bioeconômico.....56
- Figura 2. Custo Operacional efetivo – COE de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápias.....65

Capítulo 3

- Figura 1. Organograma das funções desenvolvidas pelo Simulador Bioeconômico para pisciculturas de reprodução.....78

Capítulo 4

- Figura 1. Sequência de ações realizadas pelo simulador bioeconômico para obtenção dos valores econômicos das características PD (peso à despesca) e RF (rendimento de filé).....97

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Caracterização da propriedade* e dos cenários para teste do Simulador bioeconômico de terminação de tilápia-do-Nilo.....	61
Tabela 2. Demonstrativo de Resultados Econômicos de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo.....	63
Tabela 3. Indicadores técnicos e econômicos de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo.....	67
Tabela 4. Resultados Financeiros de quatro cenários simulados de terminação de tilápia-do-Nilo.....	68

Capítulo 3

Tabela 1. Descrição das funções desempenhadas nas planilhas do Simulador bioeconômico...	77
Tabela 2. Caracterização da propriedade* e dos cenários para teste do Simulador bioeconômico de piscicultura de reprodução de tilápia-do-Nilo.....	82
Tabela 3. Demonstrativo de Resultados Econômicos de dois cenários simulados de pisciculturas de reprodução de tilápia-do-Nilo.....	84
Tabela 4. Indicadores de desempenho técnicos e econômicos de dois cenários simulados de reprodução de tilápia-do-Nilo.....	86
Tabela 5. Resultados Financeiros de dois cenários simulados de piscicultura de reprodução de tilápia-do-Nilo.....	87

Capítulo 4

Tabela 1. Caracterização da propriedade* e dos cenários para obtenção dos valores econômicos com uso do modelo bioeconômico de terminação de tilápia-do-Nilo.....	96
Tabela 2. Valores econômicos* das características PD e RF calculados através do modelo bioeconômico para piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo.....	99
Tabela 3. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (ambos os sexos) em sistemas de terminação em viveiros e tanque-rede.....	101
Tabela 4. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (machos) em sistemas de terminação em tanque-rede e viveiros.....	102
Tabela 5. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (fêmeas) em sistemas de terminação em tanque-rede e viveiros.....	102

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	17
1. INTRODUÇÃO.....	18
1.1. REVISÃO DE LITERATURA	19
1.1.1. Indicadores Macroeconômicos e Cenário Produtivo Nacional	19
1.1.2. Simuladores Econômicos e Bioeconômicos.....	27
1.1.3. Avaliação Econômica e Financeira	30
1.1.4. Evolução da Tilápia e do Programa de Melhoramento Genético no Brasil	33
1.1.5. Índice de Seleção	37
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1	53
ARTIGO 1 – Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de terminação de tilápia-do-Nilo.....	54
1. Introdução	55
2. Material e Métodos	56
3. Resultados e Discussão	62
4. Conclusão	68
Referências	69
CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2	72
ARTIGO 2 – Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de reprodução de tilápia-do-Nilo	73
1. Introdução	74
2. Material e Métodos	76
3. Resultados e Discussão	83
4. Conclusão	87
Referências	88
CAPÍTULO 4 – ARTIGO 3	91

ARTIGO 3 – Índice de seleção com uso de simulador bioeconômico para tilápia-do-Nilo em sistemas de terminação	92
1. Introdução	93
2. Material e Métodos	94
3. Resultados e Discussão	98
4. Conclusão	103
Referências	103
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
ANEXOS	110

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Em meados dos anos 90 a piscicultura se apresentou como uma atividade econômica viável, pois até então o pescado era obtido basicamente de forma extrativista, porém demonstrou maior fortalecimento a partir dos anos 2000. A tilapicultura se estabeleceu como uma atividade econômica mais importante da aquicultura nacional e uma das mais importantes da aquicultura mundial. A produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem um papel econômico e social no país muito importante, abastecendo o mercado nacional, gerando emprego e renda e trazendo desenvolvimento as mais diversas regiões.

O mercado tem demandado cada vez mais por produtos de qualidade e em maior quantidade, para isso, esforços estão sendo realizados nas mais diversas frentes produtivas (reprodução, larvicultura, alevinocultura e terminação), iniciando nas pisciculturas de reprodução até as pisciculturas de terminação. Para obtenção do produto final uniforme e que atenda as mais diversas necessidades dos consumidores finais, os programas de melhoramento genético de tilápia tem contribuído para isso.

Tais programas voltados à seleção das bases produtivas de tilápia ainda estão muito aquém dos programas já existentes para outras espécies de animais (ex: suínos e aves), e os programas existentes trabalham selecionando as tilápias com interesse em algumas características isoladas que possuem importância econômica.

Para que estes programas se mostrem mais eficientes e mantendo esta linha de seleção, faz-se necessário atribuir valor econômico a cada característica e assim chegar a um índice de seleção que irá nortear os programas de melhoramento a definir quais as características que deverão ser objetivos de seleção e determinar quais critérios de seleção serão considerados para alcançar estes objetivos.

Para obtenção dos valores econômicos é possível a utilização de simuladores bioeconômicos, os quais são constituídos por planilhas em que são realizados diversos cálculos baseados em um pré-determinado grupo de animais vinculados a índices zootécnicos e de desempenho e a valores genéticos encontrados pelos programas de melhoramento genético.

De maneira geral, avaliações econômicas e financeiras na piscicultura ainda são muito escassas. Qualquer informação econômica obtida através de meios científicos agrega um enorme desenvolvimento para esta cadeia de produção. Tratando-se de melhoramento genético, essas avaliações são ainda mais difíceis de serem encontradas na literatura científica.

Tendo conhecimento do índice de seleção, os programas de melhoramento de tilápia irão se tornar mais eficientes em seus objetivos de seleção e isso trará um ganho econômico para todos os envolvidos na cadeia, aumentando a produção, diminuindo custos, usando menos

recursos naturais, gerando empregos, fazendo com que a cadeia produtiva de tilápia seja mais eficiente e lucrativa.

Mesmo com a vultuosa produção mundial e nacional que a tilápia apresenta, como qualquer outra espécie cultivada pelo homem, suas características zootécnicas precisam ser melhoradas em termos genéticos para garantir o contínuo crescimento e disseminação de material geneticamente superior para a cadeia produtiva (OLIVEIRA et al., 2015; MORAES et al., 2017).

Os programas devem continuar buscando melhorias em características produtivas e com maior rendimento econômico (OLIVEIRA et al., 2012) como ganho de peso, menor tempo de cultivo, rendimento de filé, entre outras, e características reprodutivas como número de desovas, volume médio da desova e intervalo entre as desovas, sendo possível idealizar tempo de permanência das matrizes nas pisciculturas de reprodução e conseguir ao final da produção ótimos resultados econômicos.

Com isso, este estudo foi conduzido com os seguintes objetivos: (I) desenvolver planilhas (simuladores bioeconômicos) para realização de avaliações econômicas e financeiras de pisciculturas de terminação e de reprodução, servindo como ferramenta para produtores e programas de melhoramento genético de tilápias; (II) utilizar o simulador bioeconômico para calcular os valores econômicos (ponderadores econômicos) das características produtivas de interesse econômico que são objetivos de seleção (peso à despesca e rendimento de filé); (III) determinar o índice de seleção das características de interesse econômico aqui estudadas através dos ponderadores econômicos juntamente aos valores genéticos de cada uma das características.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. Indicadores Macroeconômicos e Cenário Produtivo Nacional

O crescimento da população mundial, a preocupação com a segurança alimentar e o interesse cada vez mais intenso em relação à sustentabilidade ambiental estão entre os principais desafios a serem enfrentados pelos países nas próximas décadas (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017). Acredita-se que uma solução para o fornecimento de alimento virá da aquicultura, prevendo-se que haverá uma produção pesqueira mundial de 204 milhões de toneladas em 2030, sendo 53% destinados a alimentação (FAO, 2020).

A aquicultura é o setor produtor de alimentos que mais cresce no mundo. Essa atividade produtiva é praticada em vários países, sendo uma importante fonte de renda e de proteína animal, com média de crescimento de 7,5% ao ano desde 1970 (FAO, 2020). O Brasil tem se

mostrado um dos grandes produtores mundiais, estando em 13º colocado tratando-se de produção de pescado (PEIXEBR, 2021).

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2020), a produção mundial de pescado no ano de 2018 foi de 178,5 milhões de toneladas. Os dados deste relatório também mostram que do total da produção mundial, 54,3 milhões de toneladas foram de peixes, existindo uma projeção positiva para o ano de 2030 onde se espera um aumento de 14,5% para produção de pescado e 38% quando se trata da aquicultura; o consumo mundial de pescado *per capita* foi registrado em 20,5 kg e estimando um crescimento desta média em 1,5% ao ano. Do total de 178 milhões de toneladas produzidas, 156.4 milhões de toneladas (88%) foi direcionada para o consumo humano, sendo 44% comercializado vivo, fresco ou refrigerado, 35% congelado, 11% preparado e conservado e 10% curado.

No Brasil o consumo *per capita* de pescado ainda é inferior a 10 kg, muito abaixo da média mundial (20,2 kg) (FAO, 2020). Destes quase 10 kg, menos de 4 kg são de peixes cultivados em água doce profissionalmente (PEIXEBR, 2021). É importante destacar a importância nutricional dos peixes, um alimento rico e saudável, sendo assim, necessário o incentivo de seu consumo. A maioria dos peixes consumidos no Brasil são oriundos da captura (água salgada) e importados e apenas 1/3 do consumo atual provem do cultivo nacional (PEIXEBR, 2019).

Algumas empresas (públicas e privadas) tem trabalhado com algumas estratégias para ampliar o consumo nacional de peixes e fortalecer a cadeia produtiva. Entre as principais estratégias estão: marketing de produtos, estratégias de comercialização, acesso a novos mercados, disponibilizar dados para subsidiar estratégias de gestão do negócio, análises econômicas, estudos de mercado, análises da evolução do setor pesqueiro, fornecer informações para empreendedores em potencial e atualizar constantemente os produtores (PEIXEBR, 2019).

Tratando-se das exportações realizadas em 2018, parte da produção mundial pesqueira foi comercializada de alguma forma no comércio internacional; cerca de 37,6% das exportações tiveram papel de atender o consumo humano ou algum fim comestível, apresentando um volume de 67,1 milhões de toneladas exportadas em todo o mundo (FAO, 2020). Em 2020, as exportações de produtos das pisciculturas brasileiras, alcançaram 6,680 t. Os principais produtos exportados são filés (com maior participação em valor), óleos e gorduras e peixes inteiros congelados (78,27% do volume total exportado). Tratando-se de espécies, a principal exportada é a tilápia (88,17%), seguida do curimatá (5,16%) e tambaqui (4,81%), tendo como principais destinos os países Estados Unidos, Chile e China (PEIXEBR, 2021).

O relatório da PEIXEBR (2021), traz algumas informações sobre as exportações e importações que ocorreram no ano de 2020 e o movimento na balança comercial nos últimos anos; Mato Grosso do Sul é o estado que apresenta o maior volume de tilápias exportadas, gerando uma receita de US\$ 5.8 milhões, representado 56,3% do total exportado no Brasil; no geral, o país gerou uma receita de US\$ 10.307,578 em exportações de tilápia em 2020. Segundo o relatório, o Brasil vem historicamente apresentando déficit na balança comercial, onde, quando comparado o déficit de 2019 para 2020, observa-se uma redução de 34,4%, porém, isso ocorreu devido a diminuição das importações (-29%) e das exportações (+13,7%). A diferença entre exportação e importação de produtos da aquicultura em 2020 foi de US\$ 632 milhões (Figura 1). De todo o volume importado, o salmão representa 45,35% do total.

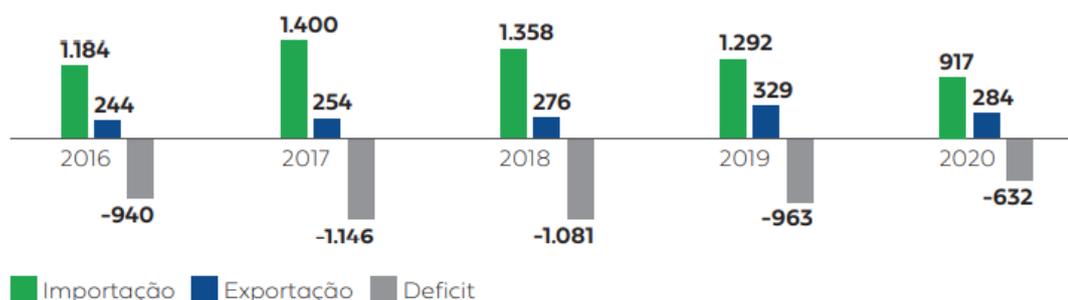


Figura 1. Balança comercial de pescado no Brasil 2016 a 2020 (US\$ milhões). Fonte: PEIXEBR (2021) adaptado de COMEXSTAT/Ministério da Economia.

Internamente, o Banco Central informou que os piscicultores de todo país captaram no ano de 2020 R\$ 437,25 milhões em recursos para custeio e R\$ 117,1 milhões para investimentos em suas pisciculturas; cita ainda que a maior parte do valor foi investido em compra de matrizes e reprodutores, viveiros escavados, seguido de equipamentos que tecnificam a piscicultura, como aeradores e estufas (PEIXEBR, 2021).

Para Barroso et al. (2018) a tilapicultura tem se desenvolvido nas mais diversas frentes, desde produtores mais simples até os mais tecnificados com grandes estruturas produtivas com perfil empresarial, e em ambas o cultivo tem sido comercial e não de subsistência. Para estes autores, como existe essa grande heterogeneidade tecnológica encontrada entre os produtores, deve-se desenvolver ferramentas e novas tecnologias para colaborar com o desenvolvimento desta atividade econômica de forma a impactar positivamente a vida de todos os envolvidos.

A produção de peixes de cultivo no Brasil no ano de 2020 foi de 802,930 mil toneladas, 5,93% superior a produção realizada em 2019 (758,006 t). No mesmo ano, a tilápia foi a segunda espécie mais produzida no mundo, com total de 6,4 milhões de toneladas e

nacionalmente sua produção foi de 486,155 mil toneladas, representado 60,6% da produção Nacional, com um crescimento de 12,5% com relação ao ano anterior. O estado do Paraná liderou a produção de tilápia, seguido por São Paulo, segundo maior produtor da espécie, Minas Gerais, Santa Catarina e Mato Grosso do sul, 5º maior produtor de tilápia, com 29,090 toneladas. Juntos, estes estados detêm 72% do total produzido nacionalmente (Figura 2). Estes resultados reafirmam o potencial que o país apresenta para produção de peixes, devido aos recursos hídricos, às dimensões continentais, ao clima propício e ao empreendedorismo dos produtores (PEIXEBR, 2021).



Figura 2. Estados brasileiros com as maiores produções de tilápia. Fonte: PEIXEBR (2021).

Os peixes assim como os demais produtos obtidos por meio da atividade pesqueira, destacam-se nutricionalmente de outros alimentos de origem animal. Suas proteínas contêm todos os aminoácidos essenciais para o ser humano (SARTORI & AMANCIO, 2012). O valor nutricional estudado e divulgado sobre o pescado associados com as melhorias para a saúde têm causado, nos últimos anos, aumento no interesse por esse alimento (BURGUER, 2008).

A cadeia produtiva de tilápia no Brasil é dividida em três segmentos: produção, processamento e distribuição. Na fase de produção é importante saber que existem algumas variações na forma de atuar. O produtor pode atuar em uma piscicultura de reprodução, produzindo alevinos (forma jovem do peixe), desde o desenvolvimento de sua genética até atingirem o peso aproximado de 1,0 g, ou estendendo um pouco mais este período de cultivo,

atingindo peso entre 30 e 45 g (juvenil) e posteriormente a comercialização dos mesmos. Na etapa seguinte deste segmento, temos a piscicultura de crescimento e terminação, quando o empresário piscicultor, adquire alevinos e/ou juvenis da piscicultura de reprodução, segue no desenvolvimento do cultivo, fazendo a engorda dos animais até o momento do abate (LUIZ JUNIOR et al., 2018). Todas essas fases de produção podem ser incorporadas no simulador bioeconômico.

Na piscicultura de reprodução a obtenção de formas jovens se inicia com a escolha dos reprodutores e das matrizes. Estes podem se reproduzir naturalmente em viveiros escavados (de terra escavado) ou hapas (de tecido ou tela plástica) conforme apresentados na figura 3.



Figura 3. Estruturas para produção de peixe. (A) Viveiro escavado e (B) hapas instaladas em viveiro escavado. Fonte: SENAR (2017) e (2018b).

Passando um período de 15 dias após a estocagem, os locais de reprodução devem ser averiguados semanalmente para observar se existe a presença de larvas (Figura 4 (A)) ou ovos na cavidade bucal da fêmea a serem coletados se a reprodução ocorrer em hapas (Figura 4 (B)). Os ovos serão levados para as incubadoras (Figura 4 (C)) para que estes deem origem as larvas. Após a obtenção das larvas, estas devem permanecer nas bandejas coletoras de larvas cerca de 5 dias (período de absorção do saco vitelínico). Posteriormente as pós-larvas serão transferidas para tanques de reversão sexual no qual permanecerão cerca de 30 dias recebendo ração farelada própria + hormônio masculinizante. As pós-larvas já revertidas serão transferidas novamente para outros tanques ou hapas onde irão receber ração comercial em média por 30 dias para que se tornem alevinos. Atingindo o peso para venda, os alevinos serão comercializados às pisciculturas de engorda/terminação (SENAR, 2017).



Figura 4. (A) Coleta de larvas de tilápia, (B) coleta de ovos na cavidade bucal da matriz de tilápia e (C) incubadora com ovos de tilápia. Fonte: SENAR (2017).

A engorda das tilápias é comumente realizada em estruturas de produção denominadas tanque-rede (Figura 5) ou mesmo em viveiros escavados. O processo de terminação de tilápias consta descrito em SENAR (2018a); para iniciar o processo, os alevinos que serão engordados para venda devem ser adquiridos de fornecedores idôneos e deverão ser colocados nos tanques de forma escalonada durante todo o ano, respeitando a demanda do mercado. A engorda poderá ser realizada em uma única (monofásico) ou várias fases (bifásico ou trifásico). Em cada fase, os peixes devem ser estocados em quantidades adequadas buscando um desenvolvimento ideal e ganho econômico na produção. Durante o período de estocagem as tilápias recebem ração comercial até atingirem o peso de venda, que geralmente varia entre 0,700 a 1,2 kg.



Figura 5. Tanques-rede. Fonte: SENAR (2018a).

Segundo Schuller & Vieira Filho (2017), os insumos utilizados na aquicultura têm o papel principal na formação do preço final de comercialização do produto. Em relatório elaborado por CNA (2015) onde foi descrito as altas crescentes nos custos na produção de tilápia, no sistema intensivo de cultivo da tilápia, por exemplo, o custo com a ração tem uma participação média entre 50 e 75% no custo total de produção, variando conforme a conversão

alimentar, que, por sua vez, também tem relação com a temperatura média da água de cultivo; logo em seguida, os maiores custos são ocupados pela aquisição de alevinos (14%) e mão de obra que representa 9,4%. Em sistemas intensivos que fazem uso de aeradores, o gasto com energia elétrica modifica a distribuição dos custos de produção, ocupando a terceira posição entre os itens de custo, logo após os gastos com alimentação e aquisição de alevinos (NASS et al., 2020).

Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA (2018), no ano de 2018 os produtores de tilápia enfrentaram um aumento dos preços de alguns insumos como o da energia elétrica devido as bandeiras tarifárias. Outro insumo influenciado com o aumento foi a ração, alavancado pelo preço do milho que apresentou alta de 24,5% do seu preço de venda. Houve também a elevação dos preços dos aditivos usados nas rações como por exemplo as vitaminas, que teve seu preço influenciado pela alta do dólar. Ao mesmo tempo, os preços de venda diminuíram à medida que houve aumento na produção, facilitando as negociações pelos varejistas, e com isso os produtores viram suas margens sendo diminuídas.

Em 2019, algumas regiões sofreram com escassez de água e outras regiões ainda encontram dificuldades com o licenciamento ambiental para a realização de suas atividades (PEIXEBR, 2020). Para 2020 existia uma forte expectativa de crescimento na produção de tilápia, porém frente ao enfrentamento a pandemia e elevado aumento na cotação do dólar (cerca de 40%), todos os elos da cadeia de produção sofreram no primeiro semestre, mas obtiveram uma boa recuperação no segundo semestre com o aumento da demanda, recuperando os prejuízos do primeiro semestre do ano (PEIXEBR, 2021).

O consumidor é beneficiado pelo aumento da produção e oferta de peixes e pela diminuição nos preços, porém os produtores acabam tendo uma menor margem de lucratividade pois além de menores valores pagos por seu produto, veem os custos de produção aumentarem, fazendo com que haja uma nova estratégia de produção, revisando seus custos e redimensionando o uso de maquinários e mão de obra na propriedade (CNA, 2018).

A tilápia é um peixe que possibilita agregar valor em sua matéria prima e nas várias formas de processo para consumo. Possui características atrativas aos consumidores, como por exemplo, a ausência de espinhas em “y”, que possibilita a filetagem e em seguida a obtenção dos filés, seu principal produto de maior valor agregado (CNA, 2018).

Até o segundo trimestre de 2017, o preço da tilápia inteira era de R\$ 14,48/kg, enquanto o filé era comercializado a R\$ 36,93/kg. Em alguns estados como Rio de Janeiro, o preço da tilápia inteira e do filé alcançaram preços de R\$ 18,64/kg e R\$ 41,54/kg respectivamente, tendo

como explicação para estes preços as dificuldades logísticas e de comercialização encontradas na região (EMBRAPA, 2017).

Esses valores podem parecer altos quando comparados ao preço pago no quilograma de outras fontes de proteína animal, porém o produtor brasileiro tem uma remuneração inferior a praticada em outros países como a China, cerca de 16% a menos. Essa variação se estende aos estados brasileiros, onde os preços pagos variam de R\$ 3,60 no Paraná a R\$ 6,00 no Ceará. Os frigoríficos também remuneram cerca de 5% a menos que os intermediários (EMBRAPA, 2017).

Em estudo realizado por Pedroza Filho et al. (2020), constataram que no ano de 2019, entre os principais polos de produção de tilápia no Brasil, apresentavam-se diferentes valores pagos (R\$/kg), dependendo do canal de comercialização. Neste estudo, o maior valor médio pago (R\$ 6,34/kg) foi o da venda direta ao consumidor final, seguido por feirantes/peixaria (R\$ 6,07/kg); e os menores valores médios pagos foram registrados pelos frigoríficos (R\$ 4,79/kg). Os autores deste trabalho concluíram que além dessa diferença de valores, os produtores ainda enfrentam falta de compradores e inadimplência dos compradores.

Segundo PEIXEBR 2021, no ano de 2020 produtos como o filé de tilápia fresco para exportação apresentou queda no valor pago por quilograma em relação ao ano de 2019 (Figura 6). Outros produtos como o filé congelado e a tilápia inteira fresca por sua vez, sofreram um aumento nos preços para exportação. Muitas destas variações de preço se deram pela forte valorização do dólar frente ao Real ao longo do ano de 2020.

CATEGORIA	2019	2020
Filés de tilápia fresco ou refrigerado	6,72	6,43
Filés de tilápia congelados	2,69	4,49
Tilápias inteiras frescos ou refrigerados	2,17	3,60
Tilápias inteiras congeladas	2,21	1,73
Óleos e gorduras	0,82	0,96
Subprodutos de tilápia impróprios para alimentação humana	1,01	0,75

Figura 6. Preço médio dos produtos de tilápia exportados, 2019 e 2020 (US\$/kg). Fonte: PEIXEBR (2021). Adaptado de COMEXSTAT/Ministério da Economia.

Sonoda (2007) avaliou como preço e renda se relacionam com a demanda por pescado. Seus estudos apontaram que a elasticidade preço-demanda por pescado no Brasil foi de -0,7

indicando que o consumidor reduz a quantidade demandada de pescado em 0,7% a cada aumento de 1% nos preços do pescado. Além disso, o autor observou que a elasticidade renda-demanda foi de 0,79 onde a quantidade demandada de pescado aumenta em 0,79% para cada variação positiva de 1% na renda atribuída ao consumo de proteína animal. Em relação às elasticidades cruzadas da demanda, o autor atingiu resultados positivos para todos os bens substitutos (carne bovina, suína, aves, ovos e leite), indicando que há aumento na quantidade demandada de pescado sempre que ocorre um aumento no preço de um desses bens.

1.1.2. Simuladores Econômicos e Bioeconômicos

Frente a necessidade de avaliações econômicas nas mais diversas áreas de produção animal, algumas ferramentas foram se tornando cada vez mais conhecidas e utilizadas. O uso de simuladores encontra-se amplamente difundido nas mais diversas áreas e sua utilização vem de longa data. Acredita-se que as simulações com uso de computadores tiveram início no período da Segunda Guerra Mundial. Até a década de 70 o uso de simuladores não era amplamente utilizado pois se tratava de uma ferramenta com custo de elaboração elevado. Em meados dos anos 90 os equipamentos tornaram-se mais acessíveis, o que possibilitou a difusão do uso dos simuladores para elaboração de projetos e pesquisas (BALADEZ, 2009).

O simulador tem como função auxiliar a tomada de decisão, necessária ao pesquisador e produtor que precisa ter em mãos uma ferramenta de coleta e análise de dados que seja eficiente, rápida e o mais simples possível, identificando, com as informações do mercado (preço de venda, insumos, impostos, etc.), os riscos e as oportunidades durante o processo produtivo e tornando possível responder algumas perguntas: “Qual o custo por unidade produzida?”, “Qual a receita obtida em determinado sistema de produção?”, “A propriedade é sustentável economicamente?”, “Quão vantajoso é utilizar na produção, animais (peixes) melhorados?” (LORENZON & DALCHIAVON, 2019).

Como o mercado tem se tornado cada vez mais competitivo, são necessárias novas ferramentas para auxiliar a tomada de decisão quando expostos a diferentes sistemas de manejo. O simulador facilita a integração entre o que é científico e o que é experimental, facilitando o entendimento do funcionamento da propriedade rural em cenários diferentes de manejo, avaliando também sua eficiência econômica, auxiliando na melhor alocação dos recursos (VIU et al., 2008).

Em 1943, Hazel desenvolveu o índice de seleção para várias características, sendo que parte deste índice se refere a estimativa dos valores genéticos das características sob seleção e outra parte que determina o valor econômico da característica avaliada, descrevendo assim a

relação entre a característica e o lucro dentro de um determinado sistema de produção. A simulação bioeconômica proporciona ganhos consideráveis, pois sistematiza as informações, considerando os mais diversos cenários, variando as condições de mercado, índices zootécnicos, clima e o melhoramento genético da espécie estudada, auxiliando o produtor na hora de tomar as decisões (STEWART, 1998).

O sucesso da atividade é influenciado por diversos fatores sendo que muitos deles não são controláveis. Todos esses fatores (clima, precipitações, variações no preço dos insumos), interferem na lucratividade da propriedade, levando a possíveis erros sobre os fatores que são controláveis (SILVA et al., 2020). Afim de facilitar a tomada de decisão frente a todos os fatores citados, a simulação bioeconômica surge como uma ferramenta importante, podendo ser utilizada estrategicamente por produtores, pesquisadores e técnicos da área, para demonstrar o comportamento de um sistema de produção antes mesmo deste ser empregado, próximo da realidade e possibilitando a manipulação dos fatores e de como poderão afetar o desempenho e os resultados, tornando possível ajustar as possíveis falhas, minimizando assim os riscos (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Segundo Gibson & Van Arendonk (1998), para que uma simulação seja considerada bioeconômica, ela deve apresentar dados econômicos associados a características biológicas, pois dessa maneira quando existir alguma variação biológica, o simulador poderá recalcular todos os parâmetros a ela vinculados, sejam eles econômicos ou produtivos.

À medida que ocorrem os avanços nas pesquisas, novas tecnologias se tornam disponíveis aos produtores e pesquisadores. Os modelos bioeconômicos podem auxiliar na implantação de tecnologias, serem aplicados no melhoramento genético ou simplesmente na investigação de uma nova técnica de produção. O simulador bioeconômico faz uso de modelos matemáticos que unem os parâmetros biológicos (produção) e econômicos, e quando estes são bem aplicados, se tornam uma importante ferramenta de tomada de decisão. Assim, novas metodologias podem ser escolhidas com uma margem de segurança, o que evita prejuízos, sejam eles sociais ou ambientais (SANTANA et al., 2013).

Uma característica positiva do uso de simuladores é que eles permitem várias análises sem gerar custos e não ter necessidade de área para experimentação e mão de obra qualificada. Outra característica é a possibilidade de identificar falhas e corrigi-las em seguida, fazendo todos os ajustes necessários, e logo após, efetuar uma nova simulação, tantas vezes se fizerem necessárias a fim de chegar ao objetivo esperado (YÁÑEZ et al., 2006).

A simulação é uma ferramenta de análise disponível para o planejamento, projeto e controle de sistemas simples e complexos, e vem sendo cada vez mais utilizada e difundida principalmente devido ao surgimento de softwares específicos. Na literatura é possível

encontrar diversos trabalhos que validem sua utilização, porém no setor agropecuário as publicações são recentes, mas se encontram em desenvolvimento nas universidades pelo mundo (STIVARI & GAMEIRO, 2013; MOSNIER et al., 2017; BORREGO-KIM et al., 2020; KAMILARIS et al., 2020). Tratando-se da produção pecuária nacional propriamente dita, os trabalhos com uso de simuladores são raros. Com isso, o desenvolvimento desta ferramenta para produção de peixe (terminação e reprodução) se justifica pelo fato de poder dar suporte às pesquisas e aos produtores, principalmente no sentido de estimar o impacto socioeconômico da atividade na sociedade como um todo. Realizar a análise econômica de uma produção agropecuária não é algo trivial e sim muito importante e complexo, pois elas apresentam enorme heterogeneidade entre cada unidade produtiva, fazendo uso de muitos recursos naturais (solo, pasto, água, plantas, animais, mão de obra especializada etc.), que são de difícil valoração pelo homem (GAMEIRO, 2009).

A simulação deve mostrar também uma projeção da atividade no horizonte produtivo o mais real possível, possibilitando analisar tanto o impacto futuro das novas tecnologias quanto suas diversas combinações dentro da atividade, podendo ser realizada para o médio e longo prazo. Para que esta projeção esteja o mais próximo da realidade possível, se faz necessário incorporar aos modelos, os riscos e a probabilidade de ocorrência dos eventos pertinentes ao processo produtivo (STIVARI & GAMEIRO, 2013). As simulações devem considerar os padrões tecnológicos que melhor se encaixem ao perfil do produtor, à aptidão da fazenda, ou a uma região, podendo contribuir no sentido de conhecer os resultados possíveis e a viabilidade econômico-financeira das diferentes combinações tecnológicas disponíveis para cada realidade (STIVARI, 2012). Em resumo, o uso de simuladores em sistemas de produção animal possibilita uma compreensão melhor da sensibilidade dos valores econômicos no que diz respeito às atividades da propriedade, dos animais, funcionários, entre outras (ASH et al., 2015).

Na percepção de Pereira & Costa (2012), a simulação busca trazer a realidade para um ambiente controlado, possibilitando estudar o seu comportamento, sob diversas condições, sem riscos físicos e/ou grandes custos envolvidos. Devido a estas facilidades encontradas no uso de simuladores, se torna uma técnica útil e vantajosa em mercados crescentes, como é o caso da tilapicultura que requer uma produção adequada que atenda bem seus clientes e possibilite a expansão dos negócios. No trabalho destes autores, foi desenvolvido um modelo de simulação para auxiliar a tomada de decisões sobre a programação da produção de um frigorífico de peixe, e ao final, obtiveram resultados considerados confiáveis e úteis no auxílio de tomada de decisões quanto a produção, podendo estender a utilização do simulador a outras empresas que possuem características análogas ao frigorífico.

1.1.3. Avaliação Econômica e Financeira

Quando os produtores buscam por melhores opções de negócio, enfrentam uma falta de conhecimento em relação à viabilidade econômica e à eficiência dos processos produtivos, ocasionada principalmente pela falta de controle adequada dos custos e receitas, resultando no insucesso do negócio. O desempenho do negócio deve ser conhecido pelos produtores, fazendo com que as análises realizadas por eles detectem melhores investimentos (BOECHAT et al., 2015).

Na piscicultura, um exemplo seria o uso de linhagens melhoradas na reprodução e na engorda de tilápias que proporcionam ciclos de produção mais curtos, com ótimos índices de desempenho, principalmente no ganho de peso e conversão alimentar, proporcionando maior rentabilidade aos produtores e melhor rendimento à indústria (FÜLBER et al., 2009) sendo que através das análises econômicas é possível prever quais os benefícios ao se produzir animais melhorados, a lucratividade, a redução dos custos, qual a melhor taxa anual de reposição das matrizes melhoradas ao plantel de reprodutores, entre outros benefícios voltados a sustentabilidade como um menor uso dos recursos hídricos e melhor utilização da terra.

Uma estrutura de análise do custo de produção foi descrita por Scorvo Filho et al. (2004), na qual são considerados os seguintes componentes:

a) Custo Operacional Efetivo (COE): constitui o somatório dos custos com a utilização de mão de obra e com os insumos utilizados na piscicultura (ração, alevinos e energia elétrica) sendo, portanto, o dispêndio efetivo (desembolso) para a produção;

b) Custo Operacional Total (COT): resulta no somatório do COE e dos custos indiretos, monetários ou não monetários, tais como:

- Depreciação dos viveiros e outros equipamentos;
- Encargo direto sobre o custo com as horas gastas com a mão de obra permanente.

A depreciação dos bens duráveis, diretamente empregados na produção, é calculada pelo método linear, isto é, pela desvalorização durante a vida útil do equipamento, a uma cota constante.

A rentabilidade da criação é calculada levando-se em conta os seguintes índices:

• Receita: é a entrada obtida com a venda da produção (alevinos na piscicultura de reprodução ou animais terminados na piscicultura de engorda);

Receita (R\$) = Volume total da produção (kg) x Preço de comercialização (R\$/kg)

EBITDA (*Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*), que traduzida para o português significa lucros antes de juros, impostos, depreciação e amortização.

EBITDA (R\$) = Σ Receita – Σ Custos

- Lucro Líquido (R\$) = EBITDA – Depreciações
- Margem Líquida (%) = (Lucro líquido/Receita) x 100

A piscicultura se tornou ao longo dos anos um sistema moderno de produção para obtenção de lucros, composto por diferentes metodologias que podem ser aplicadas, baseadas em princípios científicos, ecológicos, tecnológicos e econômicos e que requer conhecimento e análise dos custos operacionais de seus projetos (SABBAG et al., 2007).

O desempenho econômico das propriedades agrícolas pode ser medido através do uso de indicadores econômicos que utilizam custos de produção. Esses custos podem oferecer uma possibilidade variável de análise. Com os dados de receita e custo de produção, é possível auferir medidas de desempenho. Todos os indicadores de desempenho podem resultar em valores positivos, o que significa que a propriedade obteve lucro, ou negativo, significando perda no período (FITZ & SILVÉRIO, 2011). Esses valores podem ser utilizados para determinar se a empresa gerou lucros ou prejuízos. Os indicadores de desempenho também podem ser segmentados em indicadores econômicos. Cada indicador é um item importante, quando o objetivo é comparar empresas agrícolas que realizam a mesma atividade produtiva (VIANA & SILVEIRA, 2008).

Com estes indicadores é possível monitorar se os processos de produção estão corretos e sendo realizados pelos funcionários de forma correta e se as necessidades dos demais envolvidos na cadeia produtiva são satisfeitas (NASS et al., 2020). Para o cálculo desses indicadores é necessário primeiramente coletar dados. O número de indicadores pode variar de uma propriedade rural para outra, porém o que realmente importa é a sua eficácia. É possível encontrar propriedades utilizando apenas um indicador, desde que este seja útil. Por outro lado, existem muitas propriedades que possuem centenas de indicadores, no entanto, eles não são utilizados (MACHADO et al., 2009). Como indicadores de desempenho econômico na piscicultura, podem ser citados a Receita e o Lucro/hectare ou quilograma de peixe produzido, Custo médio, Custo unitário, Retorno sobre o capital e Rentabilidade do produto (OLIVEIRA, 2012).

O custo médio é obtido pela divisão do custo total pelo número de unidades produzidas. Sabe-se que, quando a produção é pequena, esse custo total médio é alto devido ao fato de os custos fixos sobrecarregarem muito as primeiras unidades produzidas, ou seja, elas são distribuídas por um pequeno número delas. Com o aumento das unidades, os custos fixos se distribuem por um número crescente de unidades, diminuindo gradualmente o custo total médio (HOFFMANN et al., 1987). O custo unitário indica quanto o produtor gasta para produzir uma

unidade do produto. Para obtenção deste valor em uma piscicultura, o custo total da atividade é dividido pelo volume de peixe produzido (MOURA, 2009).

A rentabilidade avalia o lucro obtido em relação ao capital investido na atividade e é representada como uma porcentagem. O negócio é considerado rentável se gerar retorno ao produtor. A rentabilidade é obtida em uma atividade específica ou na empresa rural por meio da venda de produtos desenvolvidos e/ou produzidos, ou seja, quanto é que cada produto retorna ao produtor, após dedução do custo de sua produção (ANTUNES & RIES, 2001).

Para a avaliação financeira, as seguintes fórmulas matemático-financeiras são utilizadas de acordo com a metodologia citada por Gitman (2010) e Gaspar et al. (2018):

- Valor Presente Líquido (VPL): somatório dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação (entradas e saídas), calculados a partir de uma taxa dada e de seu período de duração, subtraindo-se o valor investido.

$$\text{VPL} = \text{Valor Atual das Entradas de Caixa} - \text{Investimento Líquido}$$

Se $\text{VPL} \geq 0$, o investimento é aceito.

- Taxa Interna de Retorno (TIR): taxa de desconto hipotética, que torna o VPL de uma alternativa de investimento nulo, ou seja, iguala o valor atual das entradas de caixa com o investimento líquido. Para isso, a TIR obtida é comparada com o custo de oportunidade do capital em um uso alternativo, dado pela taxa de atratividade definida no projeto.

Se $\text{TIR} \geq \text{Custo de Capital}$, o investimento é aceito.

- Índice de Lucratividade (IL): é a razão da soma dos valores atuais de entrada e o valor do investimento inicial, medindo assim o retorno para cada Real investido;

$$\text{IL} = \Sigma \text{Valor Atual das Entradas de Caixa} / \text{Investimento líquido}$$

Se $\text{IL} \geq 1$, o investimento é aceito.

- Relação Benefício/Custo (B/C) é o quociente entre o valor atual das receitas projetadas (Ra) e o valor atual dos custos projetados (Ca), incluindo os investimentos (Ia) necessários ao desenvolvimento do projeto.

$$\text{B/C} = \Sigma \text{Ra} / (\Sigma \text{Ca} + \Sigma \text{Ia})$$

Se $\text{B/C} \geq 1$, aceita-se o investimento.

- Período de *Payback* é o tempo necessário para que se tenha o retorno sobre um determinado investimento;

$$\text{Payback} = \text{Investimento líquido} / \text{Entradas médias de caixa anuais}$$

Alguns trabalhos realizaram avaliações econômicas e/ou financeiras de empreendimentos que trabalhavam com a terminação de tilápia em tanque-rede (FURLANETO et al., 2006; CAMPOS et al., 2007) e em viveiro (LEONARDO et al., 2009; TROMBETA et

al., 2017), tanque-rede e viveiros escavados (SIQUEIRA et al., 2021) e também de pisciculturas de reprodução de tilápia (KUBITZA et al., 2000), porém a metodologia de cálculo utilizada nestes trabalhos não são sensíveis as variações biológicas que ocorrem nos índices zootécnicos da tilápia como ocorre em um simulador bioeconômico.

1.1.4. Evolução da Tilápia e do Programa de Melhoramento Genético no Brasil

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) teve sua origem na África (bacia do rio Nilo), e é pertencente à família Cichlidae (BOSCOLO et al., 2001). Esta espécie apresenta maior utilização comercial no mundo, sendo cultivada em quase todos os países, apresentando maior destaque nas regiões com predominância de climas tropical e subtropical, como os países da Ásia (China, Indonésia, Filipinas), Estados Unidos, México, Panamá e toda a América do Sul (GALLI & TORLONI, 1999; FAO, 2018).

A tilápia-do-Nilo está adaptada às várias condições climáticas existentes no Brasil e possui características zootécnicas e de produção favoráveis ao cultivo, como: fácil manejo, resistência a doenças e a baixos níveis de saturação de oxigênio, altas densidades de povoamento, hábito alimentar onívoro (aceitam uma grande variedade de alimentos), desova durante todo o ano e rápido crescimento com ciclo de engorda relativamente curto, durando em média seis meses (HILSDORF, 1995; RESENDE, 2010). No Brasil, esta espécie foi a mais cultivada em 2020, com produção de 486.155 toneladas (PEIXEBR, 2021). Tal resultado evidencia a importância da tilápia no fornecimento de proteína de origem animal à população nacional. O aumento de produção normalmente está associado ao aumento de demanda, e para que essa demanda crescente seja suprida, áreas como a do melhoramento genético, associada aos demais manejos de forma adequada devem ser exploradas pois permitem, por exemplo, produzir um quilograma de carne com menor quantidade de ração consumida e em menor tempo, melhorando a utilização da terra e da água, produzindo assim de forma sustentável.

A tilápia chegou no Brasil pela primeira vez em 1953 pela “*Light*” em São Paulo com a introdução da *Tilapia rendalli* do Congo (OLIVEIRA et al., 2007). A tilápia-do-Nilo foi oficialmente introduzida no Brasil através da linhagem Bouaké em 1971 no estado do Ceará (cerca de 100 peixes) pelo programa do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), através do convênio com *Centre Technique Forétier Tropical* (CTFT), da França (CASTAGNOLLI, 1992) visando o peixamento dos reservatórios públicos no Nordeste.

Em nova tentativa, em 1981 houve a introdução da tilápia vermelha, porém com a falta de programas de melhoramento, estas apresentaram mais problemas do que a nilótica (OLIVEIRA et al., 2007). Então em 1996, uma linhagem melhorada da tilápia nilótica foi

introduzida no país, a Chitralada da Tailândia, em Londrina, município do Paraná (20.800 peixes jovens) (ZIMMERMANN, 1999).

Posteriormente, nos anos de 2002 e 2005, foram introduzidas duas linhagens resultantes de programas de melhoramento. Uma delas foi a linhagem *Genetically Improved Farmed Tilapia* – GIFT, originária da Malásia, desenvolvida inicialmente pelo ICLARM (*International Center for Living Aquatic Resources Management*) atual *World Fish Center*, e atualmente vem sendo cultivada e selecionada no Brasil por pesquisadores do grupo PeixeGen da Universidade Estadual de Maringá – UEM (SANTOS et al., 2011). A outra linhagem introduzida também em 2002 foi a GST (GenoMar Supreme Tilápia), pertencente a empresa Norueguesa GenoMar, através da piscicultura Aquabel (AQUABEL, 2021; GENOMAR, 2021). Em 2012, a empresa AquaAmérica iniciou a exploração de uma nova variedade de tilápia-do-Nilo (CARVALHO, 2016). A empresa que fica localizada em Alfenas, Minas Gerais, desenvolve esta variedade a partir do melhoramento genético da variedade GIFT (AQUAAMÉRICA, 2020). Em abril de 2020 a empresa GenoMar anunciou a compra dos ativos de genética e distribuição da empresa AquaAmérica e da AquaPorto (SEAFOOD BRASIL, 2020).

A tilápia vem se apresentado com uma importante fonte de proteína animal com uma ótima aceitação por parte dos consumidores e é detentora de um forte pacote tecnológico. Atualmente, são produzidas em vários polos no Brasil. Os que apresentam os maiores volumes de produção localizam-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (PEDROZA FILHO et al., 2020). As regiões com maiores produções são as que apresentam recurso hídrico e disponibilidade de insumos produtivos como ração e alevinos (MILANEZ et al., 2019).

O início do melhoramento genético de espécies aquícolas no mundo deu-se no ano de 1970, sendo este realizado primeiramente em salmão e truta (GALL & GROSS, 1978; GJOEN & BENTSEN, 1997; GJEDREM, 2012). Foi possível observar que as características de importância econômica em peixes como ganho de peso, apresentavam altos valores de herdabilidade, e que somados ao curto intervalo entre as gerações e a grande fecundidade apresentada pela espécie (GJEDREM, 2012), possibilitavam ganhos genéticos entre 10 a 20% por geração para algumas das características, ou seja, valores cinco a seis vezes maiores do que os encontrados em espécies terrestres (GJEDREM & BARANSKI, 2009).

O Brasil possui uma ampla ictiodiversidade, mas mesmo assim é necessário a escolha de algumas espécies para a aplicação de programas de melhoramento genéticos (HILSDORF & ORFÃO, 2011), possibilitando assim atender ao crescente mercado que demanda por peixe e por produtos advindos dos mais diversos processos a que podem ser submetidos e aliviar a pressão de captura sobre os estoques naturais.

Segundo Gjedrem (2012), no ano de 2010, no máximo 10% da produção aquícola mundial foi originada com base em estoques melhorados. Atualmente grande parte dos produtores pertencentes aos principais polos produtores de tilápia no Brasil, buscam trabalhar com estoques de animais melhorados, caracterizando uma das principais tecnologias empregadas pelos produtores em suas pisciculturas. Segundo Pedroza Filho et al. (2020), em média, 68% das tilapiculturas analisadas fazem uso de linhagens melhoradas geneticamente. No polo Boa Esperança (Piauí) esse percentual ainda é de 35%, porém este baixo percentual está ligado a ausência de fornecedores na região.

Até poucos anos atrás, o Brasil não possuía nenhum programa de melhoramento genético de peixes com métodos quantitativos consolidados com controle individual de pedigree (OLIVEIRA et al., 2012), fazendo com que os animais cultivados apresentassem potencial produtivo menor ou igual aos animais encontrados no meio ambiente (PONZONI et al., 2006) não compensando os esforços realizados.

Os melhores resultados no melhoramento genético de peixes até o momento foram observados em espécies exóticas, sendo a tilápia aquela que apresentou maior avanço no setor (FERNANDES et al., 2020). Essa variedade de peixe quando melhorada geneticamente apresenta, em geral, alta velocidade de crescimento, redução do tempo de cultivo e maior rendimento nos cortes comerciais (CARVALHO, 2016; AQUAAMÉRICA, 2020). Segundo Nguyen (2016), a variedade GIFT apresentou após algumas gerações melhoras, ganho médio de 10% a cada geração, dobrando seu ganho de peso na décima geração melhorada quando comparado a geração controle.

Em 2005, com a chegada da GIFT na Universidade Estadual de Maringá, foi estabelecido o primeiro programa de melhoramento genético de tilápias-do-Nilo totalmente conduzido no Brasil. Teve como objetivo de seleção o incremento da velocidade de crescimento e como critério de seleção se utilizou do ganho de peso diário (OLIVEIRA et al., 2012). Após a sexta geração da variedade GIFT, houve introdução de variedades locais de tilápia-do-Nilo, originando uma nova variedade denominada Tilamax (ZARDIN, 2016).

Ao longo da existência desse programa, diversos avanços foram alcançados, sendo registrados incrementos acumulados médios de mais 17% nas características referentes à velocidade de crescimento, aumento de cerca de 14% no volume corporal e aumento de 9,5% na área corporal dos animais em comparação aos que foram inicialmente introduzidos (RIBEIRO et al., 2016).

Além do programa da UEM, em 2012, surgiu outro programa de melhoramento genético de tilápias no país, o qual é conduzido por uma empresa privada, a AquaAmérica,

(AQUAAMÉRICA, 2020). O programa seleciona animais (avós) que darão origem as matrizes a cada ciclo e são selecionados anualmente os animais que irão produzir a próxima geração em seleção (Núcleo). Os acasalamentos para produção de matrizes levam em conta métodos de controle de endogamia, o que impede o acasalamento de animais aparentados até a terceira geração (BARBOSA et al., 2018).

As etapas do programa de melhoramento genético adotado para a tilápia-do-Nilo foram descritas por Nguyen (2016) e diagramado logo a seguir (Figura 7):

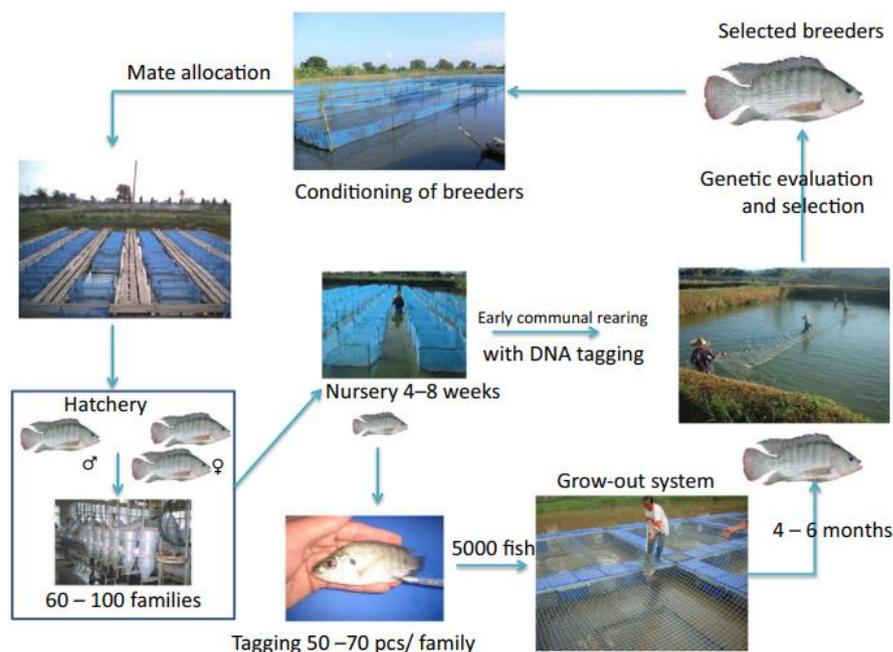


Figura 7. Esquema de um programa de melhoramento genético para espécies da aquicultura. O ciclo de produção da tilápia (cerca de 1 ano por geração) é dado como um exemplo ilustrativo. Cortesia da fotografia: Azhar Hamzah e WorldFish. Fonte: Nguyen (2016).

- 1) Os peixes da população base ou selecionados da geração anterior são alocados em hapas para crescimento e formação dos reprodutores (matrizes);
- 2) Machos e fêmeas são alocados em hapas individualizadas (duas fêmeas:1 macho) para que assim, ocorra a reprodução;
- 3) Coleta de ovos na cavidade bucal das fêmeas e posterior incubação individualizada;
- 4) Produção dos peixes jovens até idade para marcação com microchip no ventre;
- 5) Produção em ambiente comum por 4 a 6 meses (idade à reprodução);
- 6) Avaliação e seleção genética;
- 7) Obtenção da próxima geração melhorada;

Após a obtenção das famílias, irmãos completos e meios-irmãos, os parentes selecionados são utilizados para a produção de alevinos. Assim que atingem a maturidade

sexual é possível continuar o programa de melhoramento, buscando o ganho de peso, e passa a ser possível a distribuição das linhagens melhoradas de geração em geração para os produtores (RIBEIRO & LEGAT, 2008).

1.1.5. Índice de Seleção

Para dar início a um programa de melhoramento genético os objetivos de seleção devem ser definidos, ou seja, quais as características devem ser melhoradas e quais as medidas que serão necessárias afim de atingir os objetivos estipulados (critérios de seleção). Estes objetivos de seleção são as características que apresentam maior impacto econômico na cadeia produtiva de determinada população e determinada espécie, ou ainda, uma função destas, ponderadas pelos seus pesos econômicos, gerando um único valor, o agregado genotípico. Já os critérios de seleção são as características utilizadas para promover ganhos genéticos nas características que são objetivos do programa de melhoramento instalado (TURRA et al., 2010).

As avaliações e critérios de acompanhamento das gerações genéticas devem ser bem planejadas, evidenciando as características de importância econômica das linhagens de interesse, crescimento em diferentes ambientes, grau de endogamia e genótipos que permitam uma maior lucratividade do sistema de produção (PONZONI et al., 2005; MOREIRA et al., 2007; LOPES et al., 2009).

Cada indivíduo apresenta valores genéticos que representam o seu potencial, como progenitor, em melhorar a próxima geração geneticamente. Através da média destes valores genéticos, obtém-se a evolução dos valores genéticos médios e com essa informação é possível estimar a tendência genética de uma característica de interesse (PANETO & FERRAZ, 2000). Em posse da tendência genética é possível observar se os critérios de seleção que foram utilizados, proporcionaram progresso genético e quanto este progresso está impactando a economia (lucratividade e custo de produção).

Segundo Falconer (1987), para o cálculo do valor econômico é necessário a avaliação de mais de uma característica, e ao se adquirir os valores econômicos da característica de interesse, de sua correlação com outras características e entre os valores genéticos e fenotípicos (coeficiente de herdabilidade), encontra-se o peso econômico da característica que posteriormente será combinado com valores fenotípicos do animal e finalmente obter o índice de seleção (PANETO & FERRAZ, 2000).

O índice de seleção foi desenvolvido por Lush (1931) e Wright (1931). Hazel (1943) foi quem aplicou a metodologia do índice ao melhoramento animal. Hazel & Lush (1942)

chegaram à conclusão de que o índice de seleção é tão melhor quanto maior for o número de características analisadas.

Segundo Eknath et al. (1991), ao se traçar os objetivos da seleção, deve-se atender tanto os produtores quanto os outros segmentos, como por exemplo, os produtores de alevinos e a indústria de processamento, a fim de conquistar uma cadeia produtiva viável através da eficiência econômica de todos os segmentos. Sendo assim, o desempenho produtivo que ocorre no incubatório e o rendimento de filé na indústria de processamento, poderão ser objetivos de um programa de melhoramento.

Atualmente os programas de melhoramento buscam selecionar animais que supram a demanda comercial por peixes que apresentem características de maior valor comercial como, por exemplo, características produtivas de desempenho, como o ganho de peso (KUNITA et al., 2013; YOSHIDA et al., 2013) e taxa de crescimento (OMASAKI et al., 2016), características de carcaça como rendimento e peso de filé (RUTTEN et al., 2005) e características reprodutivas, como a maturidade sexual tardia (HORSTGEN-SCHWARK & LANGHOLZ, 1998).

Os peixes apresentam grande variabilidade em seu peso corporal devido à intensa competição por alimentos. É possível verificar esta competição quando os coeficientes de variação do peso interindividual da população estão elevados (JOBBLING, 1995). O coeficiente de variação para o peso corporal de tilápias da linhagem GIFT é alto, de 40 a 60% (PONZONI et al., 2005; NGUYEN et al., 2007). Devido a isto, os programas de seleção buscam reduzir esta variabilidade através dos processos de seleção para característica de ganho de peso, tornando o plantel mais uniforme (KHAW et al., 2016).

Tanto consumidores quanto os piscicultores, buscam por animais uniformes, e essa busca incentiva os criadores que trabalham com seleção a dar maior atenção às características produtivas e reprodutivas que irão garantir esta uniformidade (SAE-LIM et al., 2015). Apesar do objetivo da seleção, faltam pesquisas que relacionem estes valores genéticos de ganho de peso, taxa de crescimento e maturidade sexual tardia ao retorno econômico proporcionado pelo melhoramento genético. Os programas de melhoramento genético de peixes têm como principal objetivo melhorar as taxas de crescimento, contudo, o rendimento de filé também é considerado uma característica importante para a melhoria da eficiência econômica da cadeia produtiva (RUTTEN et al., 2004; TURRA et al., 2010).

O filé é o principal produto na industrialização da tilápia-do-Nilo (BOSCOLO et al., 2001) e o peso do mesmo deve ser considerado em um programa de melhoramento genético

(RUTTEN et al., 2005), pois permite verificar se o ganho de peso de determinado grupo genético se reflete em maior produtividade de partes comestíveis ou de partes não comestíveis (vísceras, gordura visceral e cabeça). A avaliação dos rendimentos corporais em peixes é importante do ponto de vista econômico, sendo que a partir destas informações, tanto o produtor quanto a indústria de beneficiamento conseguem avaliar o rendimento da produção (HONORATO et al., 2014).

Conforme observado por Todesco (2016) pode haver correlações genéticas entre ganho de peso e características reprodutivas. Trong et al. (2013), mostraram que quando selecionadas para maior peso à despesca, também ocorrerá seleção de fêmeas com maior chance de desovar. Charo-Karisa et al. (2007), indicaram que ao selecionarmos para velocidade de crescimento, ocorrerá um atraso na maturidade sexual das fêmeas.

No trabalho realizado por Yoshida et al. (2017), fêmeas de tilápia que haviam sido anteriormente selecionadas para ganho de peso diário, foram utilizadas para as avaliações reprodutivas, medindo seus desempenhos em sucesso a desova, desova múltipla, frequência de desova e volume de ovos. Ao final concluíram que os efeitos genéticos aditivos podem ser explorados selecionando os melhores indivíduos.

Com a obtenção de fêmeas cada vez mais tardias para reprodução, será possível a engorda das mesmas sem a necessidade da reversão sexual com uso de hormônio, e esse atraso reprodutivo fará com que elas atinjam o peso necessário para abate antes de estarem desenvolvidas para reprodução. Isso diminuiria custo com a reversão e geraria uma maior aceitabilidade deste produto por parte dos consumidores que ainda apresentam certa resistência em consumir um produto que foi submetido ao uso de hormônio em alguma das fases de produção, mesmo que já existem evidências que seu uso não resulta no acúmulo de resíduos nos tecidos dos peixes revertidos, onde segundo Piferrer (2001), os hormônios são eliminados 100% entre 3-4 semanas após sua utilização.

Com os resultados obtidos no presente estudo, foram elaborados os artigos intitulados: “Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de terminação de tilápia-do-Nilo” redigido conforme as normas da revista *Journal of Agricultural Economics*, “Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de reprodução de tilápia-do-Nilo” redigido conforme as normas da revista *Journal of Agricultural Economics* e “Índice de seleção com uso de simulador bioeconômico para tilápia-do-Nilo em sistemas de terminação” redigido conforme as normas da revista *Agricultural Systems*, com adaptações às normas de elaboração de dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/FAMEZ/UFMS.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, L. M.; RIES, L. R. Gerência Agropecuária. 2. ed. São Paulo: Guaíba Agropecuária, SP, p.272, 2001.

AQUAAMÉRICA. AquaAmérica Genética Superior. 2020. Disponível em: <http://www.aquaamerica.com.br/novo/index.php>. Acesso em 05 nov. 2021.

AQUABEL, Piscicultura. História da empresa. 2021. Disponível em: <http://www.aquabel.com.br/#sobre>. Acesso em 10 set. 2021.

ASH, A.; HUNT, L.; McDONALD, C.; SCANLAN, J.; BELL, L.; COWLEY, R.; WATSON, I.; McIVOR, J.; MacLEOD, N. Boosting the productivity and profitability of northern Australian beef enterprises: Exploring innovation options using simulation modelling and systems analysis. *Agricultural Systems*, v.139, p.50-65, 2015.

BALADEZ, F. O passado, o presente e o futuro dos simuladores. *Fasci-Tech – Periódico Eletrônico da FATEC-São Caetano do Sul, São Caetano do Sul*, v.1, n.1, 2009, p.29-40.

BARBOSA, J. V.; RIZZATO, G. S.; KUNITA, N.; HAINFELNNER, P. Tilápia no Brasil: Avanços no melhoramento genético através de parceria empresa-universidade. *Aquaculture Brasil*, v.11, 2018, p.22-27.

BARROSO, R. M.; MUÑOZ, A. E. P.; TAHIM, E. F.; TENÓRIO, R. A.; MUEHLMANN, L. D.; SILVA, F. M.; BARRETTO, L. E. G. de S.; HEIN, G.; CARMO, F. J.; FLORES, R. M. V. Dimensão socioeconômica da tilapicultura. Brasília: Embrapa, 2018. 110 p.

BOECHAT, F. P.; RODRIGUES, D. A.; RIBEIRO, G. M.; FREITAS, R. R. de. Avaliação econômica de uma atividade piscícola de água doce no norte do Espírito Santo, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, v.3, n.2, p.10-23, 2015.

BORREGO-KIM, P.; DOMINGUEZ-MAY, R.; MONROY-BORREGO, A. G.; GULLIAN-KLANIAN, M. Bioeconomic modeling of optimal harvest time in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) considering size heterogeneity and minimum marketable size. *Latin american journal of aquatic research*, vol.48, n.4, p.602-612, 2020.

BOSCOLO, W. R.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M.; FURUYA, W. M.; MEURER, F. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.5, p.1391- 1396, 2001.

BURGUER, J. Fishing, fish consumption, and awareness about warnings in a university community in central New Jersey in 2007, and comparisons with 2004. Environmental Research, v.108, n.1, p.107-116, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.05.003>.

CAMPOS, C. M.; GANECO, L. N.; CASTELLANI, D.; MARTINS, M. I. E. Avaliação econômica da criação de tilápias em tanque-rede, Município de Zacarias, SP. B. Instituto de Pesca, São Paulo, v.33, n.2, p.265-271, 2007.

CARVALHO, J. C. Desempenho zootécnico e curvas de crescimento de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) melhoradas geneticamente para ganho em peso. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

CASTAGNOLLI, N. Criação de peixes de água doce. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

CHARO-KARISA, H.; BOVENHUIS, H.; REZK, M. A.; PONZONI, R. W.; ARENDONK, J. A. M.; KOMEN, H. In Phenotypic and genetic parameters for body measurements, reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in lowinput earthen ponds. Aquaculture, p.15-23, 2007.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Altas do consumo e da produção de tilápia no Brasil ainda não refletem nas margens do produtor, que seguem pressionadas por custos crescentes e alta barganha da indústria. Tilápia Cenário Econômico, outubro de 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/artigostecnicos/Antecipacao-CNA-Cena%CC%81rio-Econo%CC%82mico-Tilapia.pdf>. Acesso em 18/02/2020.

CNA – CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Cadeia produtiva da tilápia. Ativos Aquicultura, ano 1, jul. 2015. 3. ed. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/boletins/ativos-aquicultura-cadeia-produtiva-da-tilapia-julho-2015>. Acesso em 15/02/2020.

EKNATH, A. E.; BENTSEN, H. B.; GJERDE, B.; TAYAMEN, M. M.; ABELLA, T. A.; CIRCA, A. V.; GJEDREM, T.; PULLIN, R. S. V. Approaches to national fish breeding programs: pointers from a tilapia pilot study. NAGA: the ICLARM Q, v.14, n.2, p.10-12, 1991.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. O mercado da tilápia - 2º trimestre de 2017 e Análise da estrutura do preço da tilápia no varejo. Palmas: Embrapa, 2017. (Informativo Mercado da Tilápia, n. 11). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162159/1/CNPASA-2017-mt11.pdf>. Acesso em 19/02/2020.

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

FITZ, J.; SILVERIO, A. C. Ferramentas da contabilidade aplicada na pecuária leiteira para a tomada de decisões. Electronic Accounting and Management, v.3, n.3, p.1-14, 2011.

FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; LARA, J. A. F.; RACHEL, R. C. Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa. Embrapa Pantanal, 2020. 7 p.

FÜLBER, V. M.; MENDEZ, L. D. V.; BRACCINI, G. L.; BARRERO, N. M. L.; DIGMEYER, M.; RIBEIRO, R. P. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes densidades de estocagem. Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, v.31, n.2, p.177-182, 2009.

FURLANETO, F. P. B.; AYROZA, D. M. M. R.; AYROZA, L. M. S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, Safra 2004/05. Informações Econômicas, v.36, n.3, p.63-69, 2006.

GALL, G. A. E.; GROSS, S. J. A genetic Analysis of the performance of three rainbow trout broodstocks. *Aquaculture*, v.15, p.113-127, 1978. DOI: 10.1016/0044-8486(78)90004-2.

GALLI, L. F; TORLONI, C. E. C. Criação de Peixes. São Paulo: Nobel, 1999. In: GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research*, v.31, n.1, p.25-33, 2000.

GAMEIRO, A. H. Análise econômica aplicada à Zootecnia: avanços e desafios. In SANTOS, M. V.; RENNÓ, F. P; SILVA, L. F. P.; ALBUQUERQUE, R. (ORG.) *Novos Desafios da Pesquisa em nutrição e Produção Animal*. Pirassununga: 5D, p.9-32, 2009.

GASPAR, A. O.; BRUMATTI, R. C.; PAULA, L. A.; DIAS, A. M. A simulation of the economic and financial efficiency of activities associated with beef cattle pasture. *Custos e @gronegócio online*, v.14, n.1, p.74-98, 2018.

GENOMAR, Safe Sustainable Sea Harvest. Genomar Genetics Group. 2021. Disponível em: <https://www.genomar.no/>. Acesso em: 10 set. 2021.

GIBSON, J. B.; VAN ARENDKONK, J. A. M. An introduction to the design and economics of animals breeding strategies. Apostila. 1998. p.68-111.

GITMAN, L. J. *Princípios de Administração Financeira*. São Paulo: Pearson, p.775, 2010.

GJEDREM, T.; BARANSKI, M. Selective breeding in aquaculture: an introduction. Dordrecht: Springer, 2009. 221p. (Methods and technologies in fish biology and fisheries, 10). DOI: 10.1007/978-90-481-2773-3.

GJEDREM, T. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. *Aquaculture*, v.344, p.12-22, 2012. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.003.

GJOEN, H. M.; BENTSEN, H. B. Past, present, and future of genetic improvement in salmon Aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*, v.54, p.1009-1014, 1997. DOI: 10.1016/S1054-3139(97)80005-7.

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The efficiency of three methods of selection. *Journal of Heredity*, v.33, n.11, p.393-399, 1942.

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

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas: uma revisão. *Boletim Instituto de Pesca*, v.22, n.1, p.73-84, 1995.

HILSDORF, A.W. S; ORFÃO, L. H. Aspectos gerais do melhoramento genético em peixes no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, São Paulo, v.40, p.317-324, 2011.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E. M. Administração de empresa agrícola. 3. Edição. São Paulo: Livraria Pioneira, p.325, 1987.

HONORATO, C. A.; CANEPPELE, A.; MATOSO, J. C.; PRADO, M. R.; SIQUEIRA, M. S.; SOUZA, L. R. O. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*), Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pirarucu (*Arapaimas gigas*). *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, v.17, n.4, p.237-242, 2014.

HORSTGEN-SCHWARK, G.; LANGHOLZ, H. J. Prospects of selecting for late maturity in tilapia *Oreochromis niloticus*: III. A selection experiment under laboratory conditions. *Aquaculture (Netherlands)*, v.167, n.1-2, p.123-133, 1998.

JOBLING, M. Simple indices for the assessment of the influences of the social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr. *Aquaculture, Int.* 3, p.60–65, 1995.

KHAW, H. L.; PONZONI, R. W.; YEE, H. Y.; AZIZ, M. A. B.; MULDER, H. A.; MARJANOVIC, J.; BIJMA, P. Genetic variance for uniformity of harvest weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.451, p.113–120, 2016.

KAMILARIS, C.; DEWHURST, R. J.; VOSOUGH AHMADI, B.; CROSSON, P.; ALEXANDER, P. A bio-economic model for cost analysis of alternative management strategies in beef finishing systems, *Agricultural Systems*, v. 180, 2020.

KUBITZA, F.; TATIZANA, S. A.; SAMPAIO, A. M. Como andam as contas da sua piscicultura? Parte 2 – Final. Panorama da Aquicultura, v.57, 2000.

KUNITA, N. M.; OLIVEIRA, C. A. L.; OLIVEIRA, S. N.; YOSHIDA, G. M.; RIZZATO, G. S.; RESENDE, E. K.; RIBEIRO, R. P. Avaliação genética de características morfométricas em tilápias do Nilo cultivadas. Archivos de Zootecnia, v.62, p.555-566, 2013.

LEONARDO, A. F. G.; TACHIBANA, L.; CORRÊA, C. F.; BACCARIN, A. E.; SCORVO FILHO, J. D.. Avaliação econômica da produção de juvenis de tilápia-do-nilo, alimentados com ração comercial e com a produção primária advinda da adubação orgânica e inorgânica. Custos e @gronegocio online, v.5, n.3, p.22-35, 2009.

LIMA JÚNIOR, I. F. Desenvolvimento de modelo de simulação para sistemas dinâmicos de produção de leite. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências agrárias programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, 2013.

LOPES, T. S.; STREIT JR., D. P.; RIBEIRO, R. P.; POVH, J. A.; LOPERA-BARRERO, N. M.; VARGAS, L.; PINTO FILHO, C.; QUEIROZ, J. R. Diversidade genética de estoques de reprodutores de *Colossoma macropomum*. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.61, n.3, p.728-735, 2009.

LORENZON, L. A.; DALCHIAVON, F. C. Simulação econômica de uma unidade produtora de grãos e comparação de custos pelo sistema barter. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v.12, n.2, p.435-458, 2019. DOI:10.17765/2176-9168.2019v12n2p435-458.

LUIZ JUNIOR, W.; LEMOS, W. S.; COSTA FILHO, B. A.; WANDER, A. E. Economic viability of the use of homemade ration in the feeding of tilapia in the state of Goiás, Brazil. Revista SODEBRAS, v.13, n.151, p.29-35, 2018.

LUSH, J. L. Predicting gains in feeder cattle and pigs. Journal of Agricultural Research, v.42, p.853-881, 1931.

MACHADO, P. F.; CASSOLI, L. D.; SILVA, A. L. Método de gestão em sistema de produção animal. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.(spe), p.405-411, 2009.

MILANEZ, A. Y.; GUIMARÃES, D. D.; MAIA, G. B. S.; MUÑOZ, A. E. P.; PEDROZA FILHO, M. X. Potencial e barreiras para a exportação de carne de tilápias pelo Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v.25, n.49, p.155-213. 2019.

MORAES, B. G.; SOUSA, B. M.; SALDANHA, G. B.; REZENDE, J. V. F. Melhoramento genético animal aplicado à aquicultura: atualidades e perspectivas futuras nos programas de melhoramento de tilápia (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. Sinapse Múltipla, v.6 n.2, p.336-340, 2017.

MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W. S.; SILVA, J. V.; SOUZA, V. R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.4, p.521-526, 2007.

MOSNIER, C.; DUCLOS, A.; AGABRIEL, J.; GAC, A. Orfee: A bio-economic model to simulate integrated and intensive management of mixed crop-livestock farms and their greenhouse gas emissions. Agricultural Systems, vol. 157, 2017.

MOURA, J. F. P. Análise tecnológica e sócio-econômica da produção de leite bovino no cariri da Paraíba. Tese (Doutorado em Zootecnia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, p.107, 2009.

NASS, R. A. R.; POVH, J. A.; FORNARI, D. C.; RIBEIRO, R. P.; BRUMATTI, R. C. Economic analysis of fish productions that use aerators in tanks: a case study in the Center-West region of Brazil. Custos e @gronegocio online, v.16, n.1, p.358-387, 2020.

NGUYEN N. H. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: achievements, lessons and challenges. Fish and Fisheries. v.17, p.483-506, 2016.

NGUYEN, N. H.; KHAW, H. L.; PONZONI, R. W.; HAMZAH, A.; KAMARUZZAMAN, N. Can Sexual Dimorphism and Body Shape be Altered in Nile Tilapia by Genetic Means? Aquaculture, v.272, s.1, p.S38-S46. 2007.

OLIVEIRA, A. W. Avaliação de indicadores de referência em propriedades leiteiras do estado de Alagoas. 2012. 61 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas. 2012.

OLIVEIRA, C. A. L.; YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA, S. N. O.; KUNITA, N. M.; SANTOS, A. I.; ALEXANDRE FILHO, L.; RIBEIRO, R. P. Avaliação genética de tilápias-do-Nilo durante cinco anos de seleção. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.50, n.10, p.871-877, 2015. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/21423/13082>. Acesso em 20/02/2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000002>

OLIVEIRA, C. A.; RIBEIRO, R. P.; STREIT JUNIOR, D. P.; POVH, J. A.; RESENDE, E. K. Melhoramento genético de peixes, uma realidade para piscicultura Brasileira. *Panorama da Aquicultura*, v.130, 2012.

OLIVEIRA, E. G.; SANTOS, F. J.S.; PEREIRA, A. M.L.; LIMA, C. B. Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. *Circular Técnica nº45*, Teresina, 2007. 12 p.

OMASAKI, S. K.; CHARO-KARISA, H.; KAHN, A. K.; KOMEN, H. Genotype by environment interaction for harvest weight, growth rate and shape between monosex and mixed sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v.458, p.75-81, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (Itália). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma: FAO, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. FAO 2020. 243p. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

PANETO, J. C. C.; FERRAZ, J. B. S. Comparison between the Economic and Genetic Trends of a Closed Seedstock Population of Swine. *Revista brasileira de zootecnia*, v.29, n.6, p.2216-2222, 2000.

PEDROZA FILHO, M. X.; RIBEIRO, V. S.; ROCHA, H. S.; UMMUS, M. E.; VALE, T. M. Caracterização da cadeia produtiva da tilápia nos principais polos de produção do Brasil. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2020. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 49 p.

PEIXEBR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019. São Paulo: PeixeBR, 2019. 148 p.

PEIXEBR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2020. São Paulo: PeixeBR, 2020. 136 p.

PEIXEBR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2021. São Paulo: PeixeBR, 2021. 71 p.

PEREIRA, C. R.; COSTA, M. A. B. A system simulation model applied to the production schedule of a fish processing facility. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.12, n.4, p.972-1001, 2012.

PIFERRER, F. Endocrine sex control strategies for the feminization of teleost fish. Aquaculture, v.197, p.229-281, 2001.

PONZONI, R.W.; AZHAR, H.; SAADIAH, T.; NORHIDAYAT, K. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, v.247, p.203-210, 2005.

PONZONI, R. W.; NGUYEN, H. N.; KHAW, H.L. Importance and implementation of simple and advanced selective breeding programs for aquaculture species in developing countries. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, MG, Brasil. p.13-18, 2006.

RESENDE, A. L. S. S. Viabilidade Técnica, Qualidade Nutricional e Sensorial de Produtos à Base de Carne de Tilápia (*Oreochromis niloticus*). 2010. 112 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RIBEIRO, R. P.; LEGAT, A. P. Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008, 25 p.

RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, C. A. L. Dez anos da tilápia GIFT no Brasil. *Aquaculture Brasil*, v.1, p.22-26, 2016.

RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v.246, p.125-132, 2005.

RUTTEN, M. J. M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body 469 measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, v. 470, n.1-4, p.113-122, 2004.

SABBAG, O. J.; ROZALES, R. R.; TARSITANA, M. A. A.; SILVEIRA, A. N. Análise econômica da produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade associativista em Ilha Solteira/SP. *Custos e @gronegocio on line*, v.3, n.2, p.86-100, 2007.

SAE-LIM, P.; KAUSE, A.; JANHUNEN, M.; VEHVILÄINEN, H.; KOSKINEN, H.; GJERDE, B.; LILLEHAMMER, M.; MULDER, H. A. Genetic (co)variance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) body weight and its uniformity across production environments. *Genetics Selection Evolution*, v.47, n.46, p.1-10, 2015.

SANTANA, R. A. V.; BARBOSA, F. A.; MANDARINO, R. A.; LOBO, C. F. Desempenho bioeconômico de sistemas intensivos de cria e de ciclo completo por meio de simulação. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.6, p.1773-1782, 2013.

SANTOS, A. I.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MORA, F.; ALEXANDRE FILHO, L.; FORNARI, D. C.; OLIVEIRA, S. N. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, p.33-43, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000100005.

SARTORI, A. G. O.; AMANCIO, R. D. Fish: nutritional relevance and consumption in Brazil. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v.19, n.2, p.83-93, 2012. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v19i2.8634613>.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia. / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2017. 42 p.

SCORVO FILHO, J. D.; MARTINS, M. I. E. G.; FRASCA-SCORVO, C. M. D. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva / editado por José Eurico Posseidon Cyrino... [et al.]. São Paulo: TecArt, Cap.17, p.517-533, 2004.

SEAFOOD BRASIL. Grupo que Controla Aquabel adquire AquaAmérica e AquaPorto. Revista Seafood Brasil. 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/hnRWf>>. Acesso em 10 set. 2021.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018a. 108 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Piscicultura: criação de tilápias em viveiros escavados. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018b. 122 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de tilápias. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2017. 85 p.

SILVA, P. H. G. S.; CHAVES, A. R. D.; LEITE, B. F.D.; GASPAR, A. O.; SILVA, L. H. B.; ESPINDOLA, Y. M.; BRUMATTI, R. C. Aplicabilidade de sistemas de simulação bioeconômica de propriedades rurais de bovinos de leite. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, n.1, p.1902-1915, 2020.

SIQUEIRA, R. P.; MELLO, S. C. R. P.; JORGE, T. B. F.; SEIXAS JUNIOR, J. T.; PEREIRA, M. M. Viabilidade econômica da produção da tilápia do Nilo como atividade secundária em propriedades rurais no Estado do Rio de Janeiro. Research, Society and Development, v.10, n.2, p.1-17, 2021.

SONODA, D. Y. Demanda por pescados no Brasil entre 2002 e 2003. 2007. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. 119 p. doi:10.11606/T.11.2007.tde-28022007-151841. Acessado em: 19/02/2020.

STEWART, T. S. Quantity, quality and the consumer: limitations to breeding objectives. *proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* v.25, p.327-334, 1998.

STIVARI, T. S. S.; GAMEIRO, A. H. Simulação de eventos discretos como ferramenta de avaliação e planejamento da produção animal. In: *Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal* [S.l: s.n.], 2013. Editora 5D. Pirassununga 321 p.

STIVARI, T. S. S. Simulação de eventos discretos: ferramenta para planejamento, gestão e pesquisa pecuária. *Socioeconomia & Ciência Animal*, n.58, p.1-2. 2012.

TODESCO, H. Desempenho reprodutivo de tilápias do Nilo melhoradas. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, 2016, 35 p.

TROMBETA, T. D.; BUENO, G. W.; MATTOS, B. O. Análise econômica da produção de tilápia em viveiros escavados no distrito federal, 2016. *Informações Econômicas*, v.47, n.2, p.42-49, 2017.

TRONG, T. Q.; ARENDONK, J. A. M.; KOMEN, H. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn. *Aquaculture*, v.416-417, p.57-64, 2013.

TURRA, E. M.; OLIVEIRA, D. A. A.; TEIXEIRA, E. A.; PRADO, S. A.; MELO, D. C.; SOUSA, A. B. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.34, n.1, p.29-36. 2010.

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Custos de produção e indicadores de desempenho: metodologia aplicada a sistemas de produção de ovinos. Custos e @gronegócios on line, v.4, n.3, p.2-27, 2008.

VIU, M. A. O.; MAGNABOSCO, C. U.; MUNIZ, L. C.; LOPES, D. T.; BARBOSA, V. Emprego de simulação através de modelos bioeconômicos em programas de melhoramento genético animal. PUBVET, v.2, n.5, 2008. 29 p.

WRIGHT, S. Evolution in Mendelian Populations. Genetics, v.16, p.97-159. 1931.

YÁÑEZ, A. H.; ARANGUREN, MÉNDEZ, J.; VILLASMIL-ONTIVEROS, Y.; ROJAS, N.; CHIRINOS, Z.; ORDÓÑEZ, J. Modelo bioeconómico de simulación para orientar la definición del objetivo de selección en el sistema doble propósito. Revista Científica, v.16, n.4, p.381 - 392, 2006.

YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA C. A. L.; KUNITA, N. M.; RIZZATO, G. S.; RIBEIRO, R. P. Genetic parameters in female reproductive traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.89, n.3, p.2515-2523, 2017. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160063>.

YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA, C. A. L.; OLIVEIRA, S. N.; KUNITA, N. M.; RESENDE, E. K.; FILHO, L. A.; RIBEIRO, R. P. Associação entre características de desempenho de tilápia-do-Nilo ao longo do período de cultivo. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.48, n.8, p.816-824, 2013.

ZARDIN, A. M. S. O. Impacto da seleção genética na morfometria e desempenho de tilápias do Nilo. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016, 69 p.

ZIMMERMANN, S. Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias do Nilo geneticamente superiores. Panorama da Aquicultura, v.9, n.5, p.15-21, 1999.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO 1

ARTIGO 1 – Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de terminação de tilápia-do-Nilo

Resumo: O trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver um simulador bioeconômico para ser utilizado como ferramenta de auxílio às pisciculturas de terminação, dando suporte às decisões gerenciais tomadas. Esta ferramenta foi desenvolvida através da combinação de planilhas que alinham os centros de controle técnico e econômico, possibilitando a obtenção de resultados econômicos e financeiros através do preenchimento de dados (*inputs*), podendo ser estes simulados ou reais. As planilhas são interligadas e após a inserção dos dados, os resultados são gerados automaticamente. Devido à importância que a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem demonstrado nos últimos anos, dados de seus indicadores de desempenho e técnicos foram utilizados para a criação de quatro cenários durante o período de um ano: monofásico em taque-rede (MonoT), monofásico em viveiro (MonoV), multifásico em tanque-rede (MultiT) e multifásico em viveiro (MultiV). Após a avaliação econômica, todos os sistemas demonstraram resultados positivos. O sistema MultiT apresentou a maior Receita (US\$ 984.762,36) e Lucro Líquido (US\$ 508.906,32), resultado de um melhor aproveitamento dos recursos, com densidade elevada, alcançando produtividade de 397.72 kg/m³/ano. Na avaliação financeira, todos os sistemas se mostraram aceitáveis à investidores, sendo o MultiT o que apresentou os melhores resultados, com TIR de 76,58% e *payback* de dois anos. O simulador mostrou-se eficiente e uma ferramenta de fácil utilização, fornecendo diversas análises automáticas que visam auxiliar produtores e pesquisadores.

Palavras-chave: ferramenta de simulação econômica, gerenciamento aquícola, *Oreochromis niloticus*, viabilidade econômica aquícola

Abstract: The objective of this work was to develop a bioeconomic simulator to be used as a tool to assist finishing fish farms, supporting the management decisions taken. This tool was developed through the combination of spreadsheets that align the centers of technical and economic control, making it possible to obtain economic and financial results by filling in data (*inputs*), which can be simulated or real. The spreadsheets are interconnected and after the data is inserted, the results are automatically generated. Due to the importance that Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) has shown in recent years, data from its performance indicators and technicians were used for the creation of four scenarios during the period of one year: monophase in nursery (MonoN), monophase in tank-net (MonoT), multiphase in nursery (MultiN) and multiphase in tank-net (MultiT). After the economic evaluation, all systems showed positive results. The MultiT system had the highest Revenue (US\$ 984.762,36) and Net

Income (US\$ 508.906,32), the result of a better use of resources, with high density, reaching productivity of 397.72 kg/m³/year. In the financial evaluation, all systems were acceptable to investors, with MultiT presenting the best results, with IRR of 76.58% and two-year payback. The simulator proved to be efficient and an easy-to-use tool, providing several automatic analyses aimed at assisting producers and researchers.

Keywords: aquaculture economic viability, aquaculture management, economic simulation tool, *Oreochromis niloticus*

1. Introdução

A cada ano a aquicultura tem expandido sua fronteira produtiva de peixes para consumo humano. Resultados divulgados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2020), mostram que essa contribuição chegou a 88% em 2018. O impulsionamento desta participação tem se tornado possível devido ao aumento da produção mundial, desenvolvimento de novas tecnologias produtivas, aumento da renda da população, redução de perdas e desperdício e conscientização por parte das pessoas sobre a importância dos peixes para a saúde.

Dentre os peixes mais produzidos no mundo, a tilápia-do-Nilo ocupa a segunda posição, com produção de 6,2 milhões de toneladas em 2020. O Brasil é o 4º maior produtor de tilápia-do-Nilo no mundo. A tilápia é a espécie aquícola mais produzida no país, 486.155 toneladas, representando 60,6% da produção em 2020, com um crescimento de 12,5% com relação ao ano anterior (PEIXEBR, 2021).

Mesmo com o impulsionamento da produção de tilápia no Brasil, os produtores ainda enfrentam todos os anos diversas dificuldades na atividade como as constantes mudanças nos preços dos principais insumos produtivos e diminuição dos valores pagos pelo volume de peixe produzido (CNA, 2018). Na busca por resultados positivos é necessário que os administradores aquícolas tenham cada vez mais conhecimentos sobre seus indicadores econômicos e financeiros, tomando decisões assertivas com a finalidade de otimizar seus ganhos e criar estratégias para superar as dificuldades apresentadas durante os ciclos de produção (FITZ & SILVÉRIO, 2011; NASS et al., 2020).

O uso de simuladores bioeconômicos surgiu como uma solução de análise e planejamento, sendo que é recente a utilização no setor, mas que há alguns anos vem sendo empregados nas mais diversas áreas produtivas à medida que surgiram os softwares específicos para o seu desenvolvimento (STIVARI & GAMEIRO, 2013). Trata-se de uma ferramenta

importante capaz de relacionar dados de produção com os centros de custos e receitas gerando resultados econômicos e financeiros da atividade avaliada (GASPAR et al., 2018). Essas simulações podem ser realizadas quantas vezes forem necessárias e possibilita a análise dos possíveis cenários produtivos, facilitando as decisões e gerenciamento do negócio, sem custos ou prejuízos e baseado em situações realísticas antes mesmo delas serem empregadas, diminuindo assim os riscos do investimento (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Desta forma, o estudo foi realizado com o objetivo de descrever o desenvolvimento do simulador bioeconômico para pisciculturas de terminação de tilápias-do-Nilo, para ser utilizado como ferramenta de gestão econômica e financeira por produtores, pesquisadores e demais áreas de interesse e demonstrar sua eficiência através de simulações de quatro cenários produtivos, apresentando os resultados econômicos e financeiros obtidos.

2. Material e Métodos

2.1. Desenvolvimento do Simulador

O simulador bioeconômico desenvolvido foi composto por três centros de cálculo: o plantel de tilápia que simula um ano de produção em uma piscicultura de terminação (engorda); os índices zootécnicos da tilápia; e os centros de controle de custo e receita. A interação destes três centros fornece valores econômicos tais como Receita, Custo e Lucro, e indicadores financeiros como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), relação benefício/custo (RBC) entre outros (GASPAR et al., 2018). O modelo bioeconômico realiza os cálculos a partir da construção dos cenários produtivos seguindo a sequência ilustrada a seguir (Figura 1):

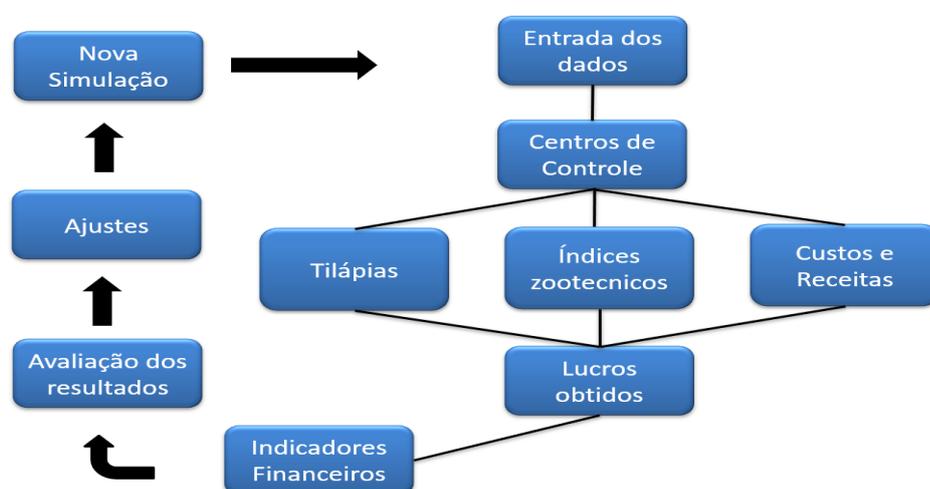


Figura 1. Organograma das funções desenvolvidas pelo Simulador Bioeconômico. Fonte: adaptado pelo autor.

Para desenvolver o modelo bioeconômico foram utilizadas planilhas eletrônicas no sistema software Microsoft Excel 2016. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo bioeconômico segue o método descrito por Brumatti et al. (2011). As descrições de cada uma das planilhas que compõe o Modelo Bioeconômico são apresentadas a seguir com as suas respectivas funções:

- Dados: O usuário insere os dados (*inputs*), podendo estes serem reais ou simulados (cenários). Com estes dados, todas as demais planilhas irão carregar suas informações pois elas estão vinculadas através de fórmulas preestabelecidas.

- Estrutura do Plantel: Contém a estrutura do plantel e sua evolução ao longo de um ano, distribuídos por categorias em número de indivíduos evoluídos de acordo com seus índices zootécnicos previamente estabelecidos.

- Folha de Pagamento: Custos com mão de obra permanente e seus respectivos encargos. Descreve a quantidade de funcionários e seus respectivos salários. Apresenta o custo com salários totais e encargos (anuais).

- Resumo: Apresenta de forma resumida alguns dos indicadores econômicos, financeiros, produtivos e de desempenho.

- Custos: Custos de produção de forma detalhada, mensal e anual e seus respectivos valores percentuais. Destaca cada um dos insumos produtivos utilizados durante todo o ano.

- Receitas: Receita referente a venda dos peixes. Valor pago pela produção total dos ciclos produtivos e a Receita anual. Os valores pagos pelo quilograma produzido podem variar conforme o rendimento de filé obtido, funcionando como uma bonificação além do valor normalmente pago pelo quilograma.

- Estocagem: Detalha a distribuição dos animais por ciclo produtivo em suas respectivas categorias. Apresenta o número de animais estocados e suas respectivas datas de entrada e saída para a próxima categoria ou para venda, definindo assim o ciclo produtivo.

- Resultados: Será utilizada quando o simulador for trabalhar ponderadores econômicos para determinação do índice de seleção. Trará resultados econômicos e financeiros de um cenário padrão, onde as características de interesse econômico sofrerão alterações de seus valores dentro de uma faixa de variação pré-estabelecida.

- Comparação: Possibilita comparar os resultados obtidos nos diferentes cenários ou de características que sofreram variações dentro de um cenário.

- Alimentação: Custos com alimentação referente a um ciclo de produção e anual, detalhando tratos por dia, quantidade consumida (por dia, ciclo e ano) e seus valores relativos.

- Depreciações: Custo total anual das depreciações e manutenções. Apresenta a descrição dos itens como máquinas, equipamentos e benfeitorias e de seus valores iniciais e finais.

- Investimentos: Quadro resumido da avaliação econômico-financeira da propriedade levando em conta valores investidos inicialmente como a compra da terra, capital circulante e benfeitorias.

- Avaliação Financeira: Apresenta os principais indicadores financeiros (TIR, VPL, RBC, índice de lucratividade e *payback*) para cada uma das formas de investimento (completo, parcial e benfeitorias). Atualmente considera um horizonte de análise de dez anos das entradas e saídas anuais.

- Cotações: Itens necessários para a produção com seus respectivos preços de comercialização. Deve ser atualizado periodicamente para retratar a realidade do mercado.

- Gráficos: Agrega uma forma a mais de apresentar os resultados obtidos nas simulações, facilitando sua visibilidade e interpretação.

Após identificar todas as fontes de rendimento e despesas do sistema produtivo, a próxima etapa é a de obtenção dos resultados econômicos, através de cálculos matemático-financeiros descritos e adaptados de Costa et al., (2018) e que serão apresentados no Demonstrativo de Resultados Econômicos:

- Receita (US\$) = Volume total produzido (kg) × preço de venda (US\$/kg)

Para obtenção do volume total produzido, foi considerado o peso final total de todos os peixes terminados durante os ciclos produtivos dentro do período de um ano. Por se tratar de uma piscicultura de terminação, a única fonte de receita considerada foram as tilápias terminadas. Para o valor de venda, foi considerado o que é comercialmente pago no quilograma da tilápia em praça local (US\$ 1.24), acrescido de um adicional de US\$ 0.04 referente ao rendimento de filé de 36%, totalizando US\$ 1.28/kg.

- Custo Operacional Efetivo (COE) (US\$) = Σ (povoamento + nutricionais + sanitários + mão de obra + manutenções + consultoria e administração)

Cada custo é calculado separadamente no simulador, sendo eles:

Povoamento: valor que será gasto com a compra de animais (alevinos ou juvenis) para realizar o povoamento dos viveiros ou tanque-rede:

- Povoamento (US\$) = N° de animais (milheiros) x preço de compra (US\$/milheiro)

Nutricionais: valor total gasto com compra de ração, considerando as quantidades utilizadas em cada uma das fases de crescimento;

•Nutricionais (US\$) = Total de ração utilizada (kg) x valor de compra (US\$/kg)

Sanitários: corresponde aos valores gastos para controle da qualidade da água (kit de qualidade), correções (calagem, adubação) e vacinas (quando forem utilizadas). São calculados através do somatório de todos os itens relacionados a sanidade dos animais.

Mão de obra: refere-se a mão de obra permanente, considerando o valor do salário expresso em salário-mínimo (US\$ 252.66 – ano de referência 2019), acrescido dos encargos sociais, que somados, totalizam 62% do salário mensal de cada um dos funcionários.

•Mão de obra (US\$) = ((nº de salários-mínimos mensais x valor do salário-mínimo +(valor do salário x Percentual dos encargos sociais)) x 12) x nº de funcionários

Manutenções: somatório sobre um percentual (5%) do valor investido em máquinas, equipamentos e benfeitorias e um percentual (2%) destinado a seguro sobre o investimento destes mesmos itens citados.

Consultoria e Administração: Somam-se aqui valores referentes a diárias de Veterinário e Zootecnista (quando necessário) e gastos com telefone, correio, energia e com melhoramento genético (caso ocorra).

•Lucro Bruto (US\$) = Σ Receita - Σ Custo Operacional Efetivo

•Custo Operacional Total (US\$) = Σ Custo Operacional Efetivo + Depreciação + Amortização

•Resultado Operacional Total (US\$) = Σ Receita - Custo Operacional Total

•Custo Total (US\$) = Custo Operacional Total + Impostos

•Lucro Líquido (US\$) = Σ Receita – Custo Total

•Margem Líquida (%) = $(\text{Lucro Líquido} \div \text{Receita}) \times 100$

Alguns indicadores econômicos também foram calculados:

•Custo total/ha (US\$/ha): $(\text{Custo total} \times 10000\text{m}) / \text{área total (m}^2\text{)}$

O mesmo foi realizado para Receita/ha e Lucro líquido/ha. O custo total/kg produzido foi calculado considerando a soma de todos os custos e estes foram divididos pela produção total (kg) realizada durante o ano. Posteriormente e seguindo a mesma fórmula, foram calculados Receita/kg produzido e Lucro líquido/kg produzido.

Para representar os indicadores técnicos obtidos durante um ciclo produtivo, foram calculados Custo da ração/kg produzido (US\$/kg), Custo da mão de obra/kg (US\$/kg), Produtividade média (kg/m²/ciclo e ano e em caso de tanque-rede kg/m³/ciclo e ano) e Produtividade/ha (kg/ha/ciclo).

Para a avaliação financeira, foram utilizadas fórmulas de acordo com a metodologia citada por Gitman (2010) e Gaspar et al., (2018) considerando as entradas e saídas anuais mensuradas em fluxo de caixa por 10 anos:

- Valor Presente Líquido (VPL): Soma dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação (entradas e saídas), calculado a partir de uma determinada taxa e período de tempo, subtraindo o valor investido.

$$\text{VPL} = \Sigma \text{ Valor atual de recebimentos de caixa} - \text{Investimento Líquido}$$

Se $\text{VPL} \geq 0$, o investimento é aceito.

- Taxa Interna de Retorno (TIR): Taxa de desconto hipotética, que faz com que o VPL de uma alternativa de investimento seja nulo, ou seja, equaliza o valor atual do caixa de entradas com o investimento líquido.

Para isso, compara-se a TIR obtida com o custo de oportunidade do capital em um uso alternativo, dado pela taxa de atratividade, neste caso a taxa de 8% ao ano.

Se $\text{TIR} \geq \text{Custo de Capital}$, o investimento é aceito.

- Índice de Lucratividade (IL): Razão da soma dos valores de entrada atuais e o valor do investimento inicial, medindo assim o retorno para cada real investido.

$$\text{IL} = \Sigma \text{ Valor de Caixa atual} \div \text{Investimento Líquido}$$

Se $\text{IL} \geq 1$, o investimento é aceito.

- Relação Benefício-Custo (RBC): Quociente entre o valor atual das receitas projetadas (R) e o valor atual dos custos projetados (C), incluindo investimentos (I), necessários para desenvolver o projeto.

$$\text{RBC} = \Sigma R \div (\Sigma C + \Sigma I)$$

Se $\text{RBC} \geq 1$, o investimento é aceito.

- Payback*: Tempo necessário para o retorno de um determinado investimento.

$$\text{Payback} = \text{Investimento Líquido} \div \text{Entradas de caixa anuais médias}$$

Após a realização de todos os cálculos, os resultados econômicos foram apresentados através do Demonstrativo de Resultados Econômicos (DRE) e da tabela com os indicadores de risco, facilitando assim a interpretação e comparação dos resultados obtidos.

2.2. Cenários Simulados

Para o teste da funcionalidade do simulador bioeconômico várias etapas foram necessárias. Todas elas foram descritas a seguir, bem como a formação dos cenários.

O estudo foi desenvolvido levando-se em conta as condições produtivas da tilápia encontradas no Brasil, mais especificamente na região Central do país, onde o clima é

característico tropical, o que favorece a produção de tilápia durante todo o ano. O conjunto de dados utilizados no simulador bioeconômico de engorda continha informações sobre características que apresentavam interesse econômico que foram consideradas, como o peso à despesa e o rendimento de filé. Estes dados foram padronizados baseados nas condições de sistemas intensivos de produção que geralmente trabalham com animais melhorados geneticamente.

Uma propriedade foi descrita (Tabela 1), e nela foram simulados quatro cenários produtivos diferentes com as seguintes combinações: monofásico x tanque-rede (MonoT), monofásico x viveiro (MonoV), multifásico x tanque-rede (MultiT) e multifásico x viveiro (MultiV). Em cada cenário foram definidos os indicadores zootécnicos e produtivos que foram utilizados, considerando a média destes indicadores encontrados nas diversas regiões do país, para que estes fossem representativos. A estrutura física necessária para a prática da engorda como área, benfeitorias, instalações (infraestrutura de produção), insumos, entre outros, foram estimados baseados nas necessidades de cada um dos sistemas, porém, mantendo o mínimo de diferença possível.

Tabela 1. Caracterização da propriedade* e dos cenários para teste do Simulador bioeconômico de terminação de tilápia-do-Nilo.

Descrição	MonoT	MonoV	MultiT	MultiV
Área Total (m ²)	10.000	10.000	10.000	10.000
Área disponível (m ²)	7.670	7.670	7.670	7.670
Nº de ciclos/ano	2	2	4	4
Duração do ciclo (dias)	180	180	180	180
Nº de peixes estocados (unid)	383.500	46.020	306.700	27.310
Densidade de estocagem Fase 1 (unid/m ² ou m ³)	200	6	1000	25
Densidade de estocagem Fase 2 (unid/m ² ou m ³)	-	-	700	8
Densidade de estocagem Fase 3 (unid/m ² ou m ³)	-	-	200	6
Tamanho do tanque-rede (m ³)	6	-	6	-
Sobrevivência Fase 1 (%)	95	95	85	85
Sobrevivência Fase 2 (%)	-	-	95	95
Sobrevivência Fase 3 (%)	-	-	97	97
Aquisição de Alevinos (US\$/milheiro)	119.00	119.00	40.50	40.50
Preço de Venda (US\$/kg)	1.28	1.28	1.28	1.28
Peso Inicial Fase 1 (g)	30	30	5	5
Peso Inicial Fase 2 (g)	-	-	30	30
Peso Inicial Fase 3 (g)	-	-	200	200
Peso Final (g)	800	800	800	800
Rendimento de Filé (%)	36	36	36	36
Taxa de utilização da mão de obra (m ²)	5.000	5.000	5.000	5.000

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central) *Dados simulados com base em informações publicadas
Fonte: SENAR, 2018a; SENAR, 2018b.

As condições produtivas foram mantidas em todos os cenários com níveis produtivos e tecnológicos elevados (utilização de animais geneticamente melhorados e uso de aeradores), permitindo que a simulação determinasse os resultados econômicos e financeiros para os diferentes modelos de produção. A taxa de utilização da mão de obra fornece uma forma de calcular qual a mão de obra necessária em uma determinada área da propriedade através do simulador, onde é definida a área (m^2) média que ficará aos cuidados de um funcionário fixo.

As densidades utilizadas em cada sistema de produção foram baseadas na capacidade de suporte de cada um, respeitando os limites existentes no sistema e na propriedade, porém, buscando trabalhar na faixa de biomassa econômica (kg/ha) recomendada para cada sistema. Segundo SENAR (2018a), em tanques-rede de pequeno volume e alta densidade – PVAD (menor que $18 m^3$), é possível trabalhar com densidades de peixe variando entre 80 a $180 kg/m^3$, pois por possuírem um tamanho volumétrico menor a taxa de renovação de água será maior, possibilitando altas densidades. Em produção realizada em viveiro, na fase de alevinagem é possível trabalhar com densidades de 25 peixes/ m^2 . Para fase de recria é recomendado a utilização de 3 peixes/ m^2 . Na última fase (engorda), recomenda-se densidade de 1 peixe/ m^2 . Nas fases de recria e engorda as densidades podem ser maiores (6 a 7 peixes/ m^2) com uso de aeradores (de 10 a 20 hp/ha) e com maior renovação de água nos viveiros (10 a 20%) (SENAR, 2018b).

Os sistemas MonoT e MonoV são compostos de uma única fase, sendo iniciado com alevinos de 30 gramas que permanecem no taque-rede ou viveiro até atingirem o peso de abate (800 gramas). Os sistemas MultiT e MultiV são compostos por 3 fases: na fase 1, os alevinos com 5 gramas permanecem na estrutura até atingirem 30 gramas; na fase 2 os juvenis entram com 30 gramas e permanecem nesta estrutura até atingirem 200 gramas; Na fase 3 os peixes entram com 200 gramas e só sairão ao atingirem o peso de abate definido (800 gramas).

3. Resultados e Discussão

O simulador mostrou-se eficiente ao seu propósito de servir como ferramenta de cálculo dos indicadores econômicos e financeiros a partir da inserção de dados referentes aos indicadores técnicos e zootécnicos encontrados nas pisciculturas de terminação no Brasil, podendo ainda ser utilizado em outros cenários com dados reais ou simulados, com diferentes áreas de produção e densidades, além das alterações nos indicadores zootécnicos e valores

pagos nos insumos e preço de venda, que representem a condição produtiva de cada região. O simulador bioeconômico deve atuar como uma ferramenta que expressa a ligação entre os componentes biofísicos e econômicos do sistema produtivo (BARBIER & CARPENTIER, 2000) resultando em informações que norteiem a tomada de decisão dos produtores. Segundo Jorge Júnior et al. (2006), para que o simulador seja considerado capaz de representar resultados próximos aos reais ele deve ser validado de duas formas: interna e externa. Na interna é assegurado que as suposições estejam de acordo com referências teóricas, de experiências e de conhecimento geral; a externa corresponde a comparação dos resultados simulados aos resultados encontrados em condições reais. O simulador desenvolvido no presente estudo atende as exigências de validação. Após seguir o preenchimento da aba Dados com todas as informações dos sistemas que foram testados, os resultados foram carregados imediatamente nas demais abas com todas as informações necessárias para as avaliações econômicas, financeiras e dos indicadores técnicos e de desempenho. O Demonstrativo de Resultados Econômicos (Tabela 2) traz os resultados econômicos referente a um ano de produção:

Tabela 2. Demonstrativo de Resultados Econômicos de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo.

Descrição	MonoT	MonoV	MultiT	MultiV
Receita Bruta Total (US\$)	746.727,90	89.607,35	984.762,36	87.687,84
Custos de Produção (US\$)				
Insumos Produtivos				
Povoamento	91.263,29	10.951,59	49.693,16	4.424,91
Nutricionais	222.062,24	26.647,47	341.416,22	30.401,29
Sanitários	1.097,76	1.097,76	1.967,61	1.967,58
Subtotal Insumos Produtivos	314.423,30	38.696,83	393.076,99	36.793,78
Folha de pagamento	17.201,55	17.201,55	17.201,55	17.201,55
Manutenções	15.613,97	5.082,51	15.613,92	5.082,43
Consultorias e Administração	7.443,04	3.949,37	7.443,04	3.949,37
Custo Operacional Efetivo	354.681,86	64.930,25	433.335,50	63.027,12
Lucro Bruto	392.046,04	24.677,10	551.426,87	24.660,71
Depreciação	15.931,98	3.009,87	15.931,96	3.009,84
Amortização	-	-	-	-
Custo Operacional Total	370.613,84	67.940,12	449.267,45	66.036,96
Resultado Operacional Total	376.114,06	21.667,23	535.494,91	21.650,88
Impostos	20.161,65	2.419,40	26.588,58	2.367,57
Remuneração do empresário	-	-	-	-
Custo Total	390.775,49	70.359,52	475.856,04	68.404,53
Lucro Líquido	355.952,40	19.247,83	508.906,32	19.283,31
Margem Líquida (%)	47,67	21,48	51,68	21,99

US\$ 1.00= R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central)

Para Vera-Calderón & Ferreira (2004), a viabilidade econômica de um sistema pode ser avaliada através da observação do desempenho produtivo e analisando os custos e as receitas geradas neste sistema. Há ainda que se analisar a relação entre a produtividade e seus fatores de produção em diferentes escalas para observar o quanto isso irá influenciar nos custos totais e no lucro. Ter conhecimento sobre cada item de custo que apresenta relevância quanto aos aspectos econômicos das pisciculturas e o quanto cada um irá afetar a rentabilidade do negócio é fundamental para o sucesso do empreendimento aquícola (SIQUEIRA et al., 2021).

Considerando o valor de US\$ 1.28 pago pelo quilograma em todos os cenários simulados, as variações de Receita são decorrentes das diferentes produções anuais alcançadas em cada um dos sistemas avaliados. Nesta avaliação é possível identificar que no cenário MultiT a receita é maior quando comparado ao sistema monofásico, pois, mesmo que a princípio a quantidade de animais alocados no sistema por ciclo seja menor, o sistema multifásico possibilita melhor aproveitamento da estrutura, com utilização de mais ciclos ao ano, o que ao final de um ano, possibilita um maior número de animais terminados.

O mesmo acontece quando observamos e comparamos os resultados obtidos nas produções em tanque-rede ou viveiro. O tanque-rede possibilita maior número de animais em uma mesma área, intensificando ainda mais a produção. A tilápia, por sua vez, é um peixe que se adapta bem as condições de produção em tanque-rede e a densidades elevadas (AYROZA et al., 2005; FAO, 2006). Com a combinação multifásico x tanque-rede, os resultados são melhores do que os encontrados nos outros modelos de produção.

O produtor ao optar por uma produção do tipo MultiT, precisa dispor de condições financeiras desde a implantação até a manutenção do sistema, pois, necessitará de equipamentos como o tanque-rede que pode apresentar mais de 40% dos custos de implantação (SABBAG et al., 2007), compra de um grande número de animais e possuirá uma elevada biomassa para alimentar durante todos os ciclos produtivos possíveis durante o ano. Os resultados detalhados graficamente (Figura 2) mostram como cada item participa da formação do Custo Operacional Efetivo em cada um dos cenários analisados, sendo possível visualizar as diferentes participações dos itens de custo dependendo do sistema produtivo adotado:

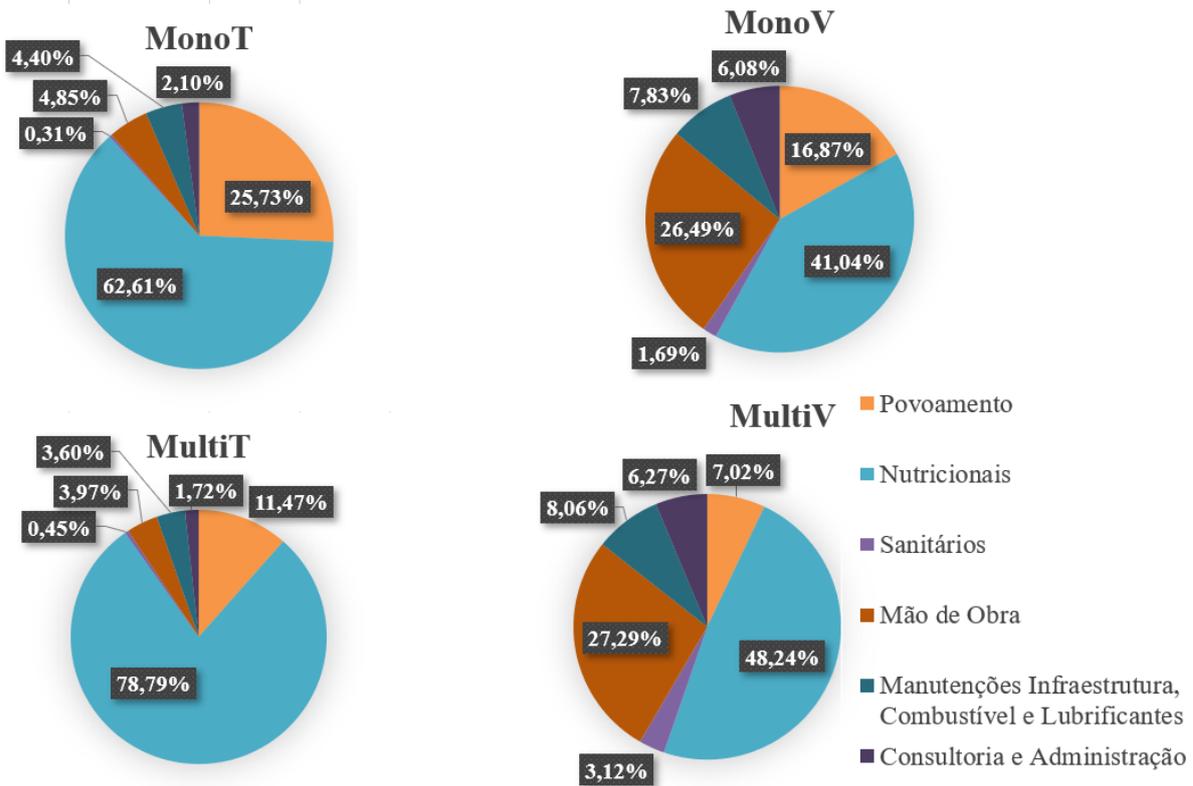


Figura 2. Custo Operacional Efetivo – COE de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápias. Fonte: adaptado pelo autor.

Através da análise apresentada graficamente, é possível confirmar os altos custos nutricionais (78,79%) e com povoamento (11,47%) no sistema MultiT, onde somados, estes dois itens participam com 90,26% do total dos custos operacionais efetivo deste sistema. Como observado na simulação, no cenário MultiT o custo com alimentação (US\$ 341.416,22) é dez vezes maior do que o encontrado no MultiV (US\$ 30.401,29), isso porque o uso de tanque-rede em fases possibilitou uma quantidade maior de animais (306.700 juvenis) do que na produção em viveiro (27.310 juvenis). O aumento da produção em tanque-rede exige o uso de rações balanceadas, o que colabora com esta maior participação no custo de produção em pisciculturas intensivas (BOSCOLO et al., 2001) visto que estas rações são específicas por fase e tendem a ser mais caras.

Outro item de custo que o produtor deve ter em mente ao escolher o sistema que irá adotar em sua propriedade é o de povoamento (alevinos ou juvenis). Sistemas que possibilitam maior número de animais também precisam que o produtor disponha de um valor considerável para dar início a cada ciclo de produção. A determinação da quantidade adequada de animais estocados é importante, pois incorrerá no máximo aproveitamento de espaço ocupado pelo

peixe, quanto na otimização dos custos produtivos em relação ao capital investido em cada um dos sistemas (AYROZA et al., 2011).

Quando considerados os Custos totais, os insumos produtivos nutricionais e povoamento continuam sendo os que apresentam os valores que mais pesam em qualquer um dos sistemas escolhidos. Nos cenários simulados, esses custos somados representaram 80,18% (MonoT), 53,44% (MonoV), 82,19% (MultiT) e 50,91% (MultiV). Pensando apenas nos custos com alimentação, independente do sistema escolhido, estes podem compor entre 40 e 70% do custo de produção (SILVA et al., 2015).

No geral, o sistema MultiT apresenta-se com o maior lucro líquido (US\$ 508.906,32). Apesar dos altos custos de produção em sistemas mais intensivos e tecnificados, estes modelos produtivos possibilitam ao produtor maiores lucros ao final de suas produções. Quando se observa apenas a produção em tanque-rede, é possível notar que seu uso é mais lucrativo, tanto no sistema monofásico quanto no multifásico, diferente das produções em viveiro que geralmente apresenta subpovoamento e esta subutilização da estrutura produtiva ocasiona produtividade e lucratividade menores (SILVA et al., 2015).

No caso da produção em viveiro em sistema multifásico, seu lucro apresenta uma diferença de apenas US\$ 35,48 a mais que o lucro obtido no sistema monoV. Isso representa um incremento de apenas 0,18% de lucro. Porém, quando se analisa o custo total de produção, o produtor irá desembolsar um valor menor (US\$ 68.404,53) quando comparado ao sistema monofásico (US\$ 70.359,52), tornando assim o sistema MultiV mais viável para quem busca aumentar a Receita e a Produtividade sem precisar fazer maiores investimentos e nem aumentar seus custos de produção.

Para Scorvo Filho et al. (2004), é sempre importante saber identificar os fatores que podem influenciar na redução dos custos e consequentemente favorecer o aumento da lucratividade da piscicultura, pois estes custos estão sempre variando dependendo da tecnologia utilizada e das condições ambientais e econômicas da região onde se realiza a produção.

Os resultados econômicos se justificam quando observados os indicadores técnicos e econômicos (Tabela 3) obtidos em cada um dos cenários. O sistema multifásico quando combinado a produção tanto em tanque-rede como em viveiro apresenta as maiores produtividades durante o ano devido a sua maior capacidade produtiva.

Tabela 3. Indicadores técnicos e econômicos de quatro cenários simulados de piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo

Descrição	MonoT	MonoV	MultiT	MultiV
Produtividade/m ² ou m ³ (ciclo)	152.00	4.38	99.43	2.21
Produtividade/m ² ou m ³ (ano)	304.00	8.76	397.72	8.84
Produtividade/ha (kg/ha/ciclo)	365.000	43.800	250.576	22.312
Produtividade/ha (kg/ha/ano)	730.000	87.600	1.002.306	89.252
Custo da ração/kg (US\$/kg)	0.40	0.40	0.45	0.45
Custo mão de obra/kg (US\$/kg)	0.03	0.26	0.09	1.01
Receita/ha (US\$/ha)	973.569,62	116.828,35	1.283.966,20	114.332,32
Custo total/ha (US\$/ha)	509.485,65	91.733,40	620.437,06	89.189,66
Lucro Líquido/ha (US\$/ha)	464.083,97	25.094,95	663.529,14	25.142,66
Receita/kg (US\$/kg)	1.28	1.28	1.28	1.28
Custo total/kg (US\$/kg)	0.67	1.01	0.62	1.00
Lucro Líquido/kg (US\$/kg)	0.61	0.27	0.66	0.28

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central)

A intensificação da produção gera melhores resultados produtivos e consequentemente, econômicos. No sistema multifásico, as produções em tanque-rede e viveiros apresentaram os melhores indicadores quando analisamos a produção por área e por quilograma produzido. Isso acontece basicamente devido ao melhor aproveitamento da área, mão de obra e dos investimentos realizados para que a produção ocorra. Os altos custos são diluídos na maior produção alcançada, viabilizando assim o negócio.

No item “Custo mão de obra/kg”, é possível observar que sua participação diminuiu com a intensificação da densidade de estocagem que o uso de tanque-rede possibilita, seja em sistema monofásico ou multifásico, comprovando que é possível otimizar o uso da mão de obra com o aumento da escala produtiva. Em trabalho realizado por Scorvo Filho et al. (2008), os sistemas de criação de tilápia com manejos menos intensivos, a mão de obra apresentou uma maior porcentagem do custo total (22%) enquanto manejos mais intensivos, a mão de obra representou 10% do custo total.

O sistema MonoV foi o cenário que apresentou os indicadores menos favoráveis, porém, ele ainda é um sistema viável. Esses sistemas são indicados para produtores que não possuem capital de giro elevado nem condições de fazer grandes investimentos, iniciando com pequenas densidades e que possam ter um maior controle das condições adequadas de produção.

Cada piscicultura irá se adequar as condições de produção disponível e mesmo que alguns modelos de produção pareçam ser mais rentáveis, o importante será o sucesso produtivo obtido em cada um deles. Independente do modelo que o piscicultor irá seguir, através das

simulações todos os cenários foram atrativos economicamente como observado a seguir (Tabela 4):

Tabela 4. Resultados Financeiros de quatro cenários simulados de terminação de tilápia-do-Nilo.

Descrição	MonoT	MonoV	MultiT	MultiV
Relação benefício/custo	1,61	1,02	1,75	1,03
Índice de Lucratividade	4,17	1,10	5,16	1,12
Taxa Interna de Retorno (%)	61,68	10,17	76,58	10,55
<i>Payback</i> (anos)	2	9	2	9
VPL (US\$)	1.897.419,27	13.581,34	2.838.672,59	15.775,26

US\$ 1.00= R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central)

No resultado financeiro é possível observar que todos os cenários apresentaram bons resultados, apontando a viabilidade dos sistemas simulados e indicando que o retorno superará os riscos envolvidos no projeto. Destaca-se os cenários com utilização de tanque-rede que, apesar dos elevados investimentos necessários para sua implantação, terão o prazo de recuperação de seus investimentos de dois anos devido as suas elevadas receitas. As produções realizadas em viveiro, apesar do baixo investimento, por trabalharem com menores densidades e proporcionar menores receitas, fazem com que o período de *payback* seja mais longo (nove anos). Investir em um projeto é algo de elevada complexidade que envolve retorno e risco, porém ao se fazer uma análise financeira, os resultados auxiliam os gestores em suas decisões de alocação de recursos e investimentos, evitando gastos desnecessários e maximizando seus lucros, diminuindo as possibilidades de insucesso (SOUSA et al., 2017).

4. Conclusão

O simulador bioeconômico é uma ferramenta eficiente quando se busca analisar diferentes cenários produtivos, auxiliando os produtores em suas tomadas de decisões. Com o simulador, podemos criar cenários hipotéticos, mas também pode-se trabalhar com dados reais, tendo um maior controle dos custos e assim corrigir prováveis falhas gerenciais, fazendo com que o ciclo produtivo se mantenha lucrativo.

Essa ferramenta é de fácil utilização, podendo ser empregada na pesquisa ou na produção, auxiliando pesquisadores e produtores. Além da facilidade de uso, não demanda gastos com insumos ou qualquer tipo de investimento, evitando perdas desnecessárias. Para os pesquisadores, pode servir como uma ferramenta que colabore com a criação de cenários que

serão futuramente testados na prática, porém conseguindo através da simulação, traçar e prever se será vantajoso ou não.

Todos os cenários são economicamente e financeiramente viáveis e refletem muito o que se encontra em condições reais e citadas na literatura científica. O sistema produtivo multifásico combinado ao uso de tanque-rede, mostrou-se em todas as análises realizadas pelo simulador, como o mais produtivo e viável. Para produtores que possuem condições de investimento e capital de giro para manutenção da produção, o sistema MultiT é o mais indicado.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Referências

- Ayroza, L.M.S., Furlanetto, F.P.B., Ayroza, D. & Sussel, F.R. (2005) Piscicultura no médio Paranapanema: situação e perspectivas. *Revista Aqüicultura e Pesca*, 2(2), 27-32.
- Ayroza, L.M.S., Romagosa, E., Ayroza, D.M.M.R., Scorvo Filho, J.D. & Salles, F.A. (2011) Custos e rentabilidade da produção de juvenis de tilápia-do-Nilo em tanques-rede utilizando-se diferentes densidades de estocagem. *Revista Brasileira de Zootecnia* [online], 40(2), 231-239.
- Barbier, B. & Carpentier, C. (2000) *The conditions for sustainability of tropical agriculture: Bioeconomic models applied to five contrasting farming systems*. International Association of Agricultural Economists, Berlin.
- Boscolo, W.R., Hayashi, C., Soares, C.M., Furuya, W.M. & Meurer, F. (2001) Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5), 1391-1396.
- Brumatti, R.C., Ferraz, J.B.S., Eler, J.P. & Formigoni, I.B. (2011) Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Archivos de Zootecnia*, 60(230), 205-213.
- CNA (2018) *Altas do consumo e da produção de tilápia no Brasil ainda não refletem nas margens do produtor, que seguem pressionadas por custos crescentes e alta barganha*

- da indústria. *Tilápia Cenário Econômico*. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/artigostecnicos/Antecipa-CNA-Cena%CC%81rio-Econo%CC%82mico-Tilapia.pdf> (último acesso em 18 de fevereiro de 2020).
- Costa, J.I., Sabbag, O.J. & Martins, M.I.E.G. (2018) Avaliação econômica da produção de tilápias em tanques-rede no médio Paranapanema-SP. *Custos e @gronegocio on line*, 14(4), 259-281.
- FAO (2006) *State of World Aquaculture: 2006: Food Aid for Food Security?* Rome. 145 pp.
- FAO (2020) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 244 pp.
- Fitz, J. & Silverio, A.C. (2011) Ferramentas da contabilidade aplicada na pecuária leiteira para a tomada de decisões. *Electronic Accounting and Management*, 3(3), 1-14.
- Gaspar, A.O., Brumatti, R.C., Paula, L.A. & Dias, A.M. (2018) A simulation of the economic and financial efficiency of activities associated with beef cattle pasture. *Custos e @gronegocio on line*, 14(1), 74-98.
- Gitman, L.J. (2010) *Princípios de Administração Financeira*. São Paulo: Pearson, 775 pp.
- Jorge Júnior, J., Cardoso, V. L. & Albuquerque, L. G. (2006) Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5), 2187-2196.
- Lima Júnior, I. F. Desenvolvimento de modelo de simulação para sistemas dinâmicos de produção de leite. 2013. 64 f. Dissertação (*Mestrado*) - Ciências agrárias programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, 2013.
- Nass, R.A.R., Povh, J.A., Fornari, D.C., Ribeiro, R.P. & Brumatti, R.C. (2020) Economic analysis of fish productions that use aerators in tanks: a case study in the Center-West region of Brazil. *Custos e @gronegocio online*, 16(1), 358-387.
- PEIXEBR (2021) *Anuário PeixeBR da Piscicultura 2021*. São Paulo: PeixeBR, 160 pp.
- Sabbag, O.J; Rozales, R.R; Tarsitana, M.A.A; Silveira, A.N. (2007) Análise econômica da produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade associativista em Ilha Solteira/SP. *Custos e @gronegocio on line*, 3(2), 86-100.
- Scorvo Filho, J.D., Mainardes-Pinto, C.S.R., Paiva, P., Verani, J. R. & Silva, A. L. (2008) Custo operacional de produção da criação de tilápias tailandesas em tanques-rede, de pequeno

- volume, instalados em viveiros povoados e não povoados. *Custos e @gronegocio on line*, 4(2), 98-116.
- Scorvo Filho, J.D., Martins, M.I.E.G. & Scorvo-Frasca, C.M.D. (2004) *Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura*. In: Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M. & Castagnolli, N. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, 517-533.
- Serviço Nacional De Aprendizagem Rural – SENAR. *Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede*. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018a. 108p.
- Serviço Nacional De Aprendizagem Rural – SENAR. *Piscicultura: criação de tilápias em viveiros escavados*. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018b. 122p.
- Silva, G.F., Maciel, L.M., Dalmass, M.V. & Gonçalves, M.T. (2015) *Tilápia-do-Nilo: Criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná*. Curitiba: GIA, 290 pp.
- Siqueira, R.P., Mello, S.C.R.P., Jorge, T.B.F., Seixas Junior, J.T., Pereira, M.M. (2021) Viabilidade econômica da produção da tilápia do Nilo como atividade secundária em propriedades rurais no Estado do Rio de Janeiro. *Research, Society and Development*, 10(2), 1-17.
- Sousa, S.L.C., Nobre, F.C., Nobre, L.H.N., Xavier Júnior, A.E. & Colil, J.F. (2017) Metodologia multi-índice na análise da viabilidade de criação de tilápias em tanques rede. *Caderno Profissional de Administração – UNIMEP*, 7(2), 62-81.
- Stivari, T.S.S. & Gameiro, A.H. (2013) *Simulação de eventos discretos como ferramenta de avaliação e planejamento da produção animal*. In: Novos desafios da pesquisa em nutrição e produção animal [S.l: s.n.], 2013. Editora 5D. Pirassununga 321 pp.
- Vera-Calderón, L.E. & Ferreira, A.C.M. (2004) Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 34(1), 7-17.

CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2

ARTIGO 2 – Simulador bioeconômico para cálculos econômico-financeiros destinado ao suporte gerencial de pisciculturas de reprodução de tilápia-do-Nilo

Resumo: O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de desenvolver um simulador bioeconômico composto por planilhas interligadas que após a inserção de dados (*inputs*) realiza cálculos e apresenta resultados econômicos, financeiros e de indicadores produtivos. Para testar a funcionalidade da ferramenta desenvolvida, dois cenários foram estabelecidos. Os cenários foram definidos com base nas condições produtivas encontradas nas pisciculturas de reprodução que buscam a produção de alevinos de qualidade para suprir o mercado de terminação de tilápia. No Cenário 1 a reprodução ocorreu em hapas com coleta de ovos na cavidade bucal da matriz e posterior incubação dos ovos fertilizados em laboratório. No Cenário 2, considerou-se a estrutura de viveiros para a reprodução com coleta de nuvens de pós-larvas. O simulador se mostrou funcional e os resultados apresentados foram satisfatórios. Os cenários simulados foram positivos e retrataram os resultados encontrados na prática. No Demonstrativo de Resultados Econômicos, os Cenários 1 e 2 apresentaram respectivamente Receita US\$ 122.764,17 e US\$ 79.579,72, Custo total US\$ 103.181,35 e US\$ 73.373,80 e Lucro Líquido de US\$ 19.582,81 e US\$ 6.205,92. Quanto aos indicadores produtivos, o Cenário 1 apresentou os melhores resultados com 114 milheiros/ciclo, Receita/ciclo de US\$ 13.595,10 e Custo da mão de obra/milheiro de US\$ 14,34. Dentre os indicadores financeiros constantes no simulador, o cenário 1 e 2 apresentaram Relação benefício/custo 1,11 e 1,01, Índice de lucratividade 1,48 e 1,04, TIR 17,82% e 8,95%, VPL US\$ 81.655,54 e US\$ 6.003,37 e *Payback* de 6 e 10 anos, respectivamente. Ambos os cenários estudados sugerem opções para produtores que buscam por negócios lucrativos, sendo que para determinar a implantação de um deles, o investidor deverá considerar suas condições financeiras e estruturais. O simulador poderá ser utilizado como ferramenta auxiliar no estudo de sistemas reprodutivos de tilápia, como indicativo de potenciais formas de produção.

Palavras-chave: ferramenta de simulação econômica, gerenciamento aquícola, *Oreochromis niloticus*, viabilidade econômica aquícola, viabilidade econômica na alevinocultura

Abstract: The present work aimed to develop a bioeconomic simulator composed of interconnected spreadsheets that after the insertion of data (inputs) performs calculations and presents economic, financial, and productive indicator results. To test the functionality of the developed tool, two scenarios have been established. The scenarios were defined based on the productive conditions found in reproduction fish farms that seek the production of quality fingerlings to supply the tilapia finishing market. In Scenario 1, reproduction occurred in haps

with egg collection in the mouth of the matrix and subsequent incubation of eggs fertilized in the laboratory. In Scenario 2, the nursery structure was considered for reproduction with post larvae cloud collection. The simulator proved to be functional, and the results presented were satisfactory. The simulated scenarios were positive and portrayed the results found in practice. In the Statement of Economic Results, Scenario 1 and 2 respectively presented Revenue US\$ 122.764,17 and US\$ 79.579,72, Total Cost US\$ 103.181,35 and US\$ 73.373,80 and Net Income of US\$ 19.582,81 and US\$ 6.205,92. As for the productive indicators, Scenario 1 presented the best results with 114 million/cycle, Revenue/cycle of US\$ 13.595,10 and Labor Cost/thousands of US\$ 14,34. Among the financial indicators contained in the simulator, scenario 1 and 2 presented benefit/cost ratio 1.11 and 1.01, Profitability Index 1.48 and 1.04, IRR 17.82% and 8.95%, NPV US\$ 81.655,54 and US\$ 6.003,37 and Payback of 6 and 10 years, respectively. Both scenarios suggest options for producers looking for profitable businesses, and to determine the implementation of one of them, the investor should consider its financial and structural conditions. The simulator can be used as an auxiliary tool in the study of tilapia reproductive systems, as an indication of potential forms of production.

Keywords: aquaculture economic viability, aquaculture management, economic viability in fingerling, economic simulation tool, *Oreochromis niloticus*

1. Introdução

A criação de peixes para fornecimento de proteína animal tem se fortalecido no mercado nacional com aumentos expressivos a cada ano. Recentemente a produção brasileira de peixe apresentou um salto de 5,93%, passando de 758.006 toneladas em 2019 para 802.930 toneladas em 2020 (PEIXEBR, 2021). Dentre os peixes que se destacaram, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) foi considerada a espécie mais importante do século XXI devido a sua abrangência mundial e a alta produção comercial apresentada todos os anos, ficando atrás somente da carpa. Características como rusticidade, qualidade da carne e rápido crescimento, faz com que ela seja o peixe mais produzido no Brasil (BORGES, 2009) e produzida em quase todos os sistemas de cultivo como viveiros pequenos, tanques, hapas ou tanques-rede, abrangendo regimes extensivos até superintensivos (CAMPOS-MENDONZA et al., 2004).

Em 2020, a produção nacional de tilápia foi de 486.155 toneladas. Isso representa 60,6% do total produzido no Brasil e 12,5% a mais do que foi produzido no ano anterior (PEIXEBR, 2021). Com este aumento expressivo, várias regiões se tornaram grandes polos produtivos, não só de pisciculturas de terminação (engorda), mas também de pisciculturas de reprodução, que

são as fornecedoras de alevinos para suprir a demanda deste insumo a esta cadeia produtiva (SCHULTER & VIEIRA FILHO, 2017).

As primeiras fases produtivas da tilápia são denominadas de larvicultura e alevinagem, que compreende o período da eclosão da larva até o momento em que o alevino possua tamanho comercial (em torno de 1,0 grama), para então ser vendido as pisciculturas de terminação (MEURER et al., 2005). O alevino tem um papel importante nos custos produtivos das pisciculturas de engorda, onde, segundo a CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2015) representa cerca de 14% dos custos de insumos produtivos. Para que ocorra o abastecimento do mercado de tilápia, a fase de reprodução é considerada a mais importante, pois é ela que irá fornecer as “sementes” para as etapas seguintes de produção (ANDRADE & YASUI, 2003). Além da importante tarefa realizada pelos fornecedores de alevinos, estes devem apresentar alta qualidade e preços competitivos para não impactar nas demais fases de produção.

Como todo empreendimento que busca por lucratividade, a piscicultura de reprodução não seria diferente. Para tanto, deve-se ter atenção desde o projeto da mesma, realizando todas as análises econômicas necessárias para que se alcance sucesso (CASACA & TOMAZELLI JÚNIOR, 2001). Sua implantação deve passar por um bom planejamento para que seguramente sejam determinados quais os melhores sistemas de produção que serão utilizados na propriedade (ANDRADE et al., 2005), baseado nas condições físicas e de mão de obra disponíveis no local.

Para obtenção de formas jovens de tilápia, algumas características são consideradas, como a estrutura de produção que poderá ser viveiros ou hapas (BHUJEL et al., 2000). Nestas estruturas a estratégia adotada para obtenção de pós-larvas pode ser através da coleta dos ovos fertilizados da cavidade bucal da matriz que serão levados para incubadoras, onde permanecerão até o momento da eclosão das larvas; ou estes ovos poderão permanecer sob os cuidados da matriz e posteriormente após a eclosão das larvas e seu desenvolvimento, será realizada a coleta de nuvens de pós-larvas (EL-SAYED, 2006; KUBITZA, 2011).

A desova realizada em viveiro é o método de produção de alevinos de tilápia mais antigo e mais difundido, em especial em países em desenvolvimento como o Brasil (LITTLE & HULATA, 2000). As hapas também se caracterizam como excelentes locais para reprodução das tilápias, possuindo diversos benefícios, dentre eles a facilidade de manejo no momento da coleta dos ovos e larvas, uma maior utilização da lâmina d'água através do uso de maiores densidades, melhora a conversão alimentar, monitoramento sanitário e o baixo custo de implantação (MACINTOSH & LITTLE, 1995; EL-SAYED, 2006).

Segundo Kubitza (2011), qualquer falha de manejo irá afetar diretamente a produção e a qualidade das pós-larvas e alevinos, afetando conseqüentemente os custos de produção. Independente da forma escolhida pelo produtor para obtenção de suas pós-larvas, para que haja controle dos custos produtivos ou até mesmo a análise do método mais rentável, algumas ferramentas podem ser utilizadas. Dentre elas estão o uso de simuladores bioeconômicos que fornecem uma prévia do comportamento de um sistema de produção antes mesmo deste ser empregado, com resultados próximo da realidade e possibilitando possíveis ajustes minimizando assim os riscos (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Com o objetivo de auxiliar produtores e pesquisadores, um simulador bioeconômico foi desenvolvido para analisar economicamente e financeiramente pisciculturas de reprodução que utilizem viveiros com coleta de pós-larvas e hapas com coleta de ovos, e assim obter resultados econômicos, técnicos e indicadores de rentabilidade e risco.

2. Material e Métodos

2.1. Desenvolvimento do Simulador Bioeconômico

Um simulador bioeconômico foi desenvolvido com a finalidade de ser uma ferramenta capaz de realizar diversos cálculos e possibilitar a análise dos mais variados cenários produtivos de pisciculturas de reprodução de tilápia. O simulador é composto por três centros de cálculo: um deles refere-se ao grupo de reprodutores e matrizes que irão se reproduzir durante o ano; um segundo onde se encontram os índices reprodutivos da tilápia; e o centro de controle de custos e receitas.

Como estes centros são interligados, após a inserção dos dados (formação do cenário), o simulador fornece os seguintes resultados: indicadores econômicos, indicadores financeiros e indicadores de desempenho (técnicos). O simulador bioeconômico é composto por várias planilhas e foi desenvolvido no sistema software Microsoft Excel 2016. Cada planilha está ligada a primeira (onde são inseridos os dados (*inputs*) por recursos matemáticos disponibilizados pelo próprio programa. Cada uma possui função específica, responsável por algum controle e/ou resultado (Tabela 1). A metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo bioeconômico segue o método descrito por Brumatti et al., (2011).

Tabela 1. Descrição das funções desempenhadas nas planilhas do Simulador bioeconômico.

Descrição	Funções:
Dados	A primeira planilha é composta por células onde são inseridos os dados (<i>inputs</i>) reais ou simulados. Assim que todas as informações são preenchidas e os cenários são formados, as demais planilhas são carregadas com os resultados de suas respectivas funções. Na planilha “Dados” são inseridas informações como área, indicadores reprodutivos, densidades, índices de desempenho produtivo e reprodutivo, entre outros.
Estrutura do Plantel	Contém a estrutura do plantel e sua evolução ao longo do ciclo e do ano, distribuídos por categorias (reprodutor, matriz, larva, pós-larva, alevino, animais adquiridos e animais que serão descartados) em número de indivíduos evoluídos de acordo com seus índices zootécnicos previamente estabelecidos na planilha “Dados”.
Folha de Pagamento	Calcula os custos com mão de obra permanente e seus respectivos encargos. Para o cálculo é considerado a quantidade de funcionários e seus respectivos salários. Juntamente ao custo com salários totais, considera-se os encargos.
Resumo	Os resultados mais importantes para as avaliações econômicas, financeiras e de desempenho são apresentados de forma resumida facilitando a observação dos mesmos em uma única planilha.
Custos	Destaca cada um dos insumos produtivos utilizados durante todo o ano e detalha os custos mensais e anuais e seus respectivos valores percentuais.
Receitas	Receita referente a venda de alevinos, reprodutores, matrizes, fêmeas não revertidas e animais descartados. Os alevinos são vendidos por milheiro e as demais categorias são vendidas por unidade.
Estocagem	Detalha a distribuição dos animais por ciclo produtivo em suas respectivas categorias por data de estocagem e saída. Apresenta número de reprodutores estocados e das demais categorias até o momento da venda dos alevinos.
Resultados	Aba utilizada para demonstrar os resultados referente aos ponderadores econômicos para determinação do índice de seleção. Traz resultados econômicos e financeiros de um cenário padrão, onde as características de interesse econômico sofrerão alterações de seus valores dentro de uma faixa de variação pré-estabelecida.
Comparação	Compara os resultados obtidos nos diferentes cenários ou de características que sofreram variações dentro de um cenário.
Alimentação	Custos com alimentação referente a um ciclo de produção e anual para cada uma das categorias, detalhando tratos por dia, quantidade consumida (por dia, ciclo e ano) e seus valores relativos.
Depreciações	Custo total anual das depreciações e manutenções. Apresenta a descrição dos itens como máquinas, equipamentos e benfeitorias e de seus valores iniciais e finais.
Investimentos	Quadro resumido da avaliação econômico-financeira da propriedade levando em conta valores investidos inicialmente como a compra da terra, capital circulante e benfeitorias.

Avaliação Financeira	Apresenta os principais indicadores financeiros (TIR, VPL, RBC, índice de lucratividade e <i>payback</i>) para cada uma das formas de investimento (completo, parcial e benfeitorias). Atualmente considera um horizonte de análise de dez anos das entradas e saídas anuais.
Cotações	Itens necessários para a piscicultura de reprodução com seus respectivos preços de comercialização. Deve ser atualizada periodicamente para retratar a realidade do mercado.
Gráficos	Agrega uma forma à mais de apresentar os resultados obtidos nas simulações, facilitando sua visibilidade e interpretação.

O modelo bioeconômico realiza os cálculos a partir da construção dos cenários produtivos seguindo uma determinada sequência ilustrada a seguir (Figura 1):

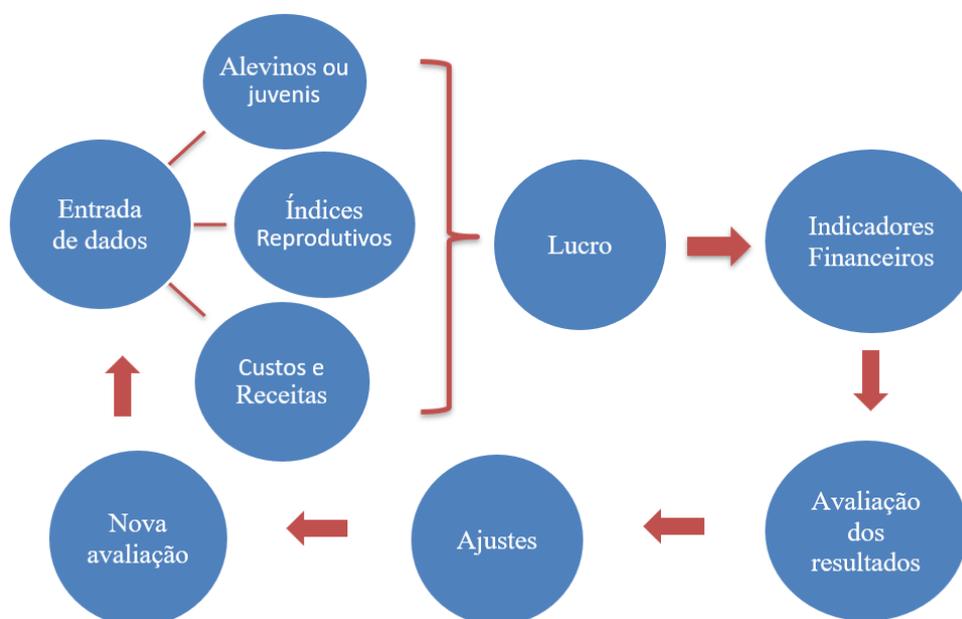


Figura 1. Organograma das funções desenvolvidas pelo Simulador Bioeconômico para pisciculturas de reprodução. Fonte: adaptado pelo autor.

Para a realização dos cálculos nas planilhas, foram inseridas fórmulas seguindo uma estrutura baseada nas fontes de rendimento e despesas do sistema produtivo. A obtenção dos resultados econômicos deu-se através de cálculos matemático-financeiros descritos e adaptados de Scorvo Filho et al., (2004) e Costa et al., (2018) e apresentados no Demonstrativo de Resultados Econômicos:

•Receita (US\$) = N° de milheiros de alevinos x preço de venda (US\$/milheiro) + animais descartes x preço de venda (US\$/unid) + reprodutores x preço de venda (US\$/unid) + matrizes x preço de venda (US\$/unid) + fêmeas não revertidas × preço de venda (US\$/unid)

A receita anual considerou a quantidade total de milheiros de alevinos produzidos durante o ano. As demais categorias são vendidas por unidade. Para o valor de venda, foi considerado o valor pago pelo milheiro de alevinos (30g) vacinados (US\$ 119.00), reprodutor descarte (US\$ 12.66/unid), matriz descarte (US\$ 25.32/unid), reprodutor venda (US\$ 25.32/unid) e matriz venda (US\$ 50.63/unid).

•Custo Operacional Efetivo (COE) (US\$) = Σ (compra reprodutores e matrizes + nutricionais + sanitários + mão de obra + manutenções + consultoria e administração)

Cada custo é calculado separadamente no simulador, sendo eles:

Compra reprodutores e matrizes: valor gasto com a compra de animais (reprodutores e matrizes) que irão se reproduzir para gerar os alevinos que serão vendidos durante o ano.

•Compra reprodutores e matrizes (US\$) = N° de animais (reprodutores e matrizes) x preço de compra (US\$/unid)

Nutricionais: valor total gasto com compra de ração, considerando as quantidades utilizadas em cada uma das fases de desenvolvimento; são considerados na composição do cálculo nutricional os gastos para reversão sexual das pós-larvas.

•Nutricionais (US\$) = Total de ração utilizada (kg) x valor de compra (US\$/kg)

Sanitários: corresponde aos valores gastos para controle da qualidade da água (kit de qualidade), correções (calagem, adubação) e vacinas (quando utilizadas). São calculados através do somatório de todos os itens relacionados a sanidade dos animais.

Mão de obra: refere-se a mão de obra permanente, considerando o valor do salário expresso em salário-mínimo (US\$ 252.66 – ano de referência 2019), acrescido dos encargos sociais, que somados, totalizam 62% do salário mensal de cada um dos funcionários.

•Mão de obra (US\$) = ((n° de salários-mínimos mensais x valor do salário-mínimo +(valor do salário-mínimo x percentual dos encargos sociais)) x 12) x n° de funcionários

Manutenções: somatório sobre um percentual (5%) do valor investido em máquinas, equipamentos e benfeitorias e um percentual (2%) destinado a seguro sobre o investimento destes mesmos itens citados.

Consultoria e Administração: Somam-se aqui valores referentes a diárias de Veterinário e Zootecnista (quando necessário) e gastos com telefone, correio, energia e com melhoramento genético (caso ocorra).

•Lucro Bruto (US\$) = Σ Receita - Σ Custo Operacional Efetivo

•Custo Operacional Total (US\$) = Σ Custo Operacional Efetivo + Depreciação + Amortização

•Resultado Operacional Total (US\$) = Σ Receita - Custo Operacional Total

•Custo Total (US\$) = Custo Operacional Total + Impostos

•Lucro Líquido (US\$) = Σ Receita – Custo Total

•Margem Líquida (%) = $(\text{Lucro Líquido} \div \text{Receita}) \times 100$

Alguns indicadores de desempenho (técnicos) também foram calculados:

•Milheiros/ciclo (unid) e milheiros/ano (unid): nº total de alevinos produzidos por ciclo e por ano, representados em milheiros

•Custo fixo/ciclo (US\$): custos fixos (mão de obra, impostos, depreciações e remunerações) \div nº de ciclos produtivos

•Custo variável/ciclo (US\$): custo variável (consultoria/administração + insumos + sanidade + manutenções + combustível e lubrificantes) \div nº de ciclos produtivos

•Custo total/ciclo (US\$): (custo fixo + custo variável) / nº de ciclos produtivos

•Receita bruta/ciclo: receita \div nº de ciclos produtivos

•Receita bruta/m²/ciclo: receita \div área utilizada para produção (m²) \div nº de ciclos produtivos

•Receita bruta/ha/ciclo: receita \div área utilizada para produção (ha) \div nº de ciclos produtivos

•Custo total da ração (US\$/ciclo): custo nutricional \div nº de ciclos produtivos

•Quantidade de ração utilizada no ciclo (kg): quilograma total de ração utilizada durante todo o ciclo de produção dos alevinos

•Produtividade média (milheiros/m²): nº total de alevinos produzidos durante o ano (milheiros) \div área utilizada para produção (m²)

•Custo da mão de obra (US\$/milheiro): custo da mão de obra \div nº total de alevinos produzidos durante o ano (milheiros)

Para a avaliação financeira, foram consideradas as entradas e saídas anuais com fluxo de caixa de 10 anos, calculados com fórmulas que seguiram a metodologia citada por Gitman (2010) e Gaspar et al., (2018):

•Valor Presente Líquido (VPL): Soma dos valores presentes dos fluxos estimados de uma aplicação (entradas e saídas), calculado a partir de uma determinada taxa e período de tempo, subtraindo o valor investido.

$$\text{VPL} = \Sigma \text{ Valor atual de recebimentos de caixa} - \text{Investimento Líquido}$$

Se $\text{VPL} \geq 0$, o investimento é aceito.

•Taxa Interna de Retorno (TIR): Taxa de desconto hipotética, que faz com que o VPL de uma alternativa de investimento seja nulo, ou seja, equaliza o valor atual do caixa de entradas com o investimento líquido.

Para isso, compara-se a TIR obtida com o custo de oportunidade do capital em um uso alternativo, dado pela taxa de atratividade, neste caso a taxa de 8% ao ano.

Se $TIR \geq$ Custo de Capital, o investimento é aceito.

•Índice de Lucratividade (IL): Razão da soma dos valores de entrada atuais e o valor do investimento inicial, medindo assim o retorno para cada real investido.

$$IL = \Sigma \text{ Valor de Caixa atual} \div \text{Investimento Líquido}$$

Se $IL \geq 1$, o investimento é aceito.

•Relação Benefício-Custo (RBC): Quociente entre o valor atual das receitas projetadas (R) e o valor atual dos custos projetados (C), incluindo investimentos (I), necessários para desenvolver o projeto.

$$RBC = \Sigma R \div (\Sigma C + \Sigma I)$$

Se $RBC \geq 1$, o investimento é aceito.

•*Payback*: Tempo necessário para o retorno de um determinado investimento.

$$\textit{Payback} = \text{Investimento Líquido} \div \text{Entradas de caixa anuais médias}$$

Após a realização de todos os cálculos, os resultados econômicos dos dois cenários testados foram apresentados através do Demonstrativo de Resultados Econômicos (DRE) e os resultados financeiros através de uma tabela com os indicadores de rentabilidade e risco, facilitando assim a interpretação e comparação dos resultados obtidos.

2.2. Cenários Simulados

A metodologia seguida neste estudo baseou-se na utilização de dados simulados considerando as principais características das pisciculturas de reprodução da região central do Brasil. Em clima tropical, a tilápia pode se reproduzir durante todo o ano, possibilitando simular um ano de produção e avaliar os sistemas utilizados e suas características quanto as práticas de reprodução. O conjunto de dados utilizados no simulador bioeconômico da piscicultura de reprodução, considerou as condições produtivas próximas às encontradas em sistemas intensivos de produção que geralmente trabalham com animais melhorados geneticamente e dispõe de estruturas tecnológicas (uso de aeradores).

A propriedade descrita (Tabela 2) possui instalações necessárias para a reprodução. Os cenários consideraram duas estruturas para a reprodução: hapas e viveiros; e dois métodos de obtenção de pós-larvas: coleta de ovos na cavidade bucal e coleta de nuvens de pós-larvas. Desta forma, dois cenários foram formados: Cenário 1 (hapas – ovos) e Cenário 2 (viveiro – pós-larvas).

Tabela 2. Caracterização da propriedade* e dos cenários para teste do Simulador bioeconômico de piscicultura de reprodução de tilápia-do-Nilo.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2
Reprodutores (unid)	15	11
Matrizes (unid)	30	22
Área (m ²)	7740	7790
Hapas acasalamento (m ²)	10	-
Densidade reprodutores e matrizes (peixes/m ²)	2	1
Proporção matriz:reprodutor (unidade)	2	2
Volume de ovócitos por matriz (ml)	10	10
Produção de ovócitos (ovócitos/ml)	100	100
Densidade ovos (unid/incubadora)	10000	-
Densidade pós-larvas (unid/m ²)	5000	3000
Densidade alevinos (5g) (unid/m ²)	50	25
Densidade alevinos (30g) (unid/m ²)	25	20
Desovas (%)	85	85
Fertilização (%)	80	85
Eclosão (%)	85	90
Sobrevivência larvas (%)	85	80
Sucesso da reversão sexual (%)	100	100
Sobrevivência pós-larvas (%)	80	80
Sobrevivência alevinos (5g) (%)	85	85
Sobrevivência alevinos (30g) (%)	95	95
Reposição das matrizes (Descarte) (%/ano)	33	33
Desovas (n ^o / ano)	12	10
Duração do ciclo (dias)	128	128
Ciclos completos (n ^o /ano)	9	9
Meses de produção (n ^o)	12	12
Alevinos para reposição (%)	5	5
Reprodutores e matriz para venda (%)	5	5
Taxa de utilização da mão de obra (ha)	5000	5000

*Dados simulados utilizando-se de referencial teórico (Fonte: SENAR, 2017). Cenário 1 (hapas – ovos) e Cenário 2 (viveiro – pós-larvas).

Em cada cenário foi definido os indicadores zootécnicos, produtivos e reprodutivos que serão utilizados, sendo estes valores baseados nas médias encontradas nas diversas regiões do país e considerando também as informações encontradas na literatura. A estrutura física necessária para a reprodução como área, benfeitorias, instalações (infraestrutura de produção), insumos, entre outros, foram estimados baseados nas necessidades de cada um dos sistemas,

porém, mantendo o mínimo de diferença possível. No Cenário 1, a instalação “Laboratório” foi considerada devido a necessidade da incubação dos ovos coletados da matriz. As densidades utilizadas em cada sistema foram baseadas na capacidade de suporte de cada um, respeitando os limites existentes no sistema e na propriedade. A taxa de utilização da mão de obra corresponde a área (m²) que fica aos cuidados de um funcionário fixo.

3. Resultados e Discussão

De modo geral, o simulador desenvolvido foi capaz de descrever satisfatoriamente os sistemas de reprodução analisados no que diz respeito à composição das fases de desenvolvimento da tilápia, as receitas e aos custos. Existem na literatura internacional alguns modelos de simuladores bioeconômicos que simulam o desempenho de animais, seus custos e receitas, porém, estes são complexos e exigem informações que nem sempre estão disponíveis.

Segundo Dijkhuizen et al. (1997), a indisponibilidade e falta de detalhamento de informações torna o simulador complexo. O modelo desenvolvido neste trabalho buscou simplificar a entrada de informações, sendo estas de fácil obtenção, tornando seu uso e interpretação acessível, tanto a produtores quanto a pesquisadores.

O simulador bioeconômico foi desenvolvido buscando a simplificação, porém alcançando seus objetivos. Muitos dados utilizados como *inputs* foram obtidos através de consulta a materiais especializados, buscando informações próximas as condições reais de produção para que o resultado representasse a realidade das pisciculturas de reprodução nacional, pois segundo Jorge Júnior et al. (2006) esta etapa é considerada um validadora do modelo utilizado.

Cabe ainda ressaltar que o modelo desenvolvido possui a capacidade de se adaptar a outros modelos de produção alterando-se os dados para outras circunstâncias encontradas em outras regiões ou tecnologias que venham a ser implantadas futuramente nas pisciculturas de reprodução, fazendo com que o simulador seja sempre uma ferramenta atualizada as condições presentes.

Os resultados econômicos obtidos das simulações da piscicultura de reprodução podem ser observados a seguir (Tabela 3) apresentadas no Demonstrativo de Resultados Econômicos:

Tabela 3. Demonstrativo de Resultados Econômicos de dois cenários simulados de pisciculturas de reprodução de tilápia-do-Nilo.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2
Receitas (US\$)		
Alevinos	122.355,94	79.171,49
Reprodutor	18,99	18,99
Matriz	75,95	75,95
Reprodutor descarte	62,66	62,66
Matriz descarte	250,63	250,63
Fêmeas não revertidas	-	-
Receita Bruta Total	122.764,17	79.579,72
Custos de Produção (US\$)		
Insumos Produtivos		
Reprodutores e Matrizes	626,58	459,49
Nutricionais	42.799,55	27.694,83
Sanitários	31.986,50	21.259,12
Subtotal Insumos Produtivos	75.412,63	49.413,44
Folha de pagamento	14.744,18	12.286,82
Manutenções	4.067,48	3.921,87
Consultorias e Administração	2.627,85	2.627,85
Custo Operacional Efetivo	96.852,14	68.249,98
Lucro Bruto	25.912,02	11.329,73
Depreciação	3.014,58	2.975,16
Amortização		
Custo Operacional Total	99.866,72	71.225,14
Resultado Operacional Total	22.897,45	8.354,57
Impostos	3.314,63	2.148,65
Remuneração do empresário	-	-
Custo Total	103.181,35	73.373,80
Lucro Líquido	19.582,81	6.205,92
Margem Líquida (%)	15,95%	7,80%

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central). Cenário 1 (hapas – ovos) e Cenário 2 (viveiro – pós-larvas).

O item que diferenciou a receita obtida entre os dois cenários simulados foi a venda de alevinos. O cenário 1 com reprodução em hapas apresentou a maior receita (US\$ 122.355,94), superior em 35,29% à receita do cenário 2. A obtenção de alevinos nas pisciculturas de reprodução sofre variações devido a vários fatores que podem interferir diretamente na produtividade do sistema escolhido pelo produtor. Esses fatores podem ser a mão de obra,

famílias selecionadas, local da reprodução, tipo de coleta dos ovos, entre outros, sendo que estes fatores influenciarão todas as etapas da reprodução (CALADO et al., 2008).

No cenário 1 o manejo de coleta de ovos na cavidade bucal da matriz, proporciona sincronização, aumenta a frequência das desovas, padroniza os animais em tamanho e idade, melhorando assim a quantidade de alevinos produzidos para venda, além de facilitar a aplicação de tecnologias de definição do sexo fenotípico (YASUI et al., 2006), garantindo altas taxas de reversão sexual. Da mesma forma, os custos no cenário 1 foram maiores (US\$ 103.181,35). Como a produção em hapas possibilita produzir maior número de milheiros por ciclo, este sistema irá demandar uma maior quantidade de insumos produtivos (nutricionais e sanitários), equipamentos e estrutura física (laboratório). Além do incremento produtivo ocasionado pelo manejo realizado, as taxas de mortalidade das larvas são menores (15% no cenário 1 e 20% no cenário 2) e existe uma melhor utilização da área com maiores densidades. Com isso, o produtor necessita de maior capital circulante para manter os custos produtivos até que ocorra a entrada de receita.

Dentre os insumos produtivos formadores do custo total de produção, os gastos nutricionais são os que mais pesam durante o ciclo de produção. No cenário 1 e 2 os custos nutricionais representaram 41,48 e 37,74% respectivamente, do total gasto durante o ano, porém é comum encontrar trabalhos que relatam custos nutricionais entre 50 e 75%. Segundo a CNA (2015), à medida em que as pisciculturas se tornaram mais tecnológicas e profissionais, outros itens de custo foram se destacando, como o caso dos custos sanitários que atualmente englobam os gastos com vacinas. Nos cenários 1 e 2 os custos sanitários representaram 31 e 28,97%, ou seja, o segundo maior custo de produção dentro das circunstâncias apresentadas na simulação.

O custo com mão de obra (Folha de Pagamento) também é um item que demanda atenção. Em ambos os cenários o item Folha de Pagamento ocupou a terceira posição entre os itens de maior representatividade na composição do custo total, representando um percentual de 14,29 (cenário 1) e 16,75% (cenário 2). Apesar dos custos com mão de obra serem maiores no cenário 1 devido a maior necessidade de funcionários para realização dos manejos exigidos pelo sistema de coleta de ovos (pelo menos uma vez na semana sendo em geral duas vezes ou até mesmo diário), no cenário 2 houve uma maior participação deste item de custo pois os outros dois maiores (nutricionais e sanitários) não foram tão expressivos devido ao menor volume produzido.

Custos e receitas são mais bem compreendidos quando são analisados os indicadores de desempenho (Tabela 4).

Tabela 4. Indicadores de desempenho técnicos e econômicos de dois cenários simulados de reprodução de tilápia-do-Nilo.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2
Milheiros/ciclo (unid)	114	74
Milheiros/ano (unid)	1028	665
Custo fixo/ciclo (US\$)	2.341,49	1.934,51
Custo variável/ciclo (US\$)	9.123,11	6.218,13
Custo total/ciclo (US\$)	11.464,59	8.152,64
Receita bruta/ciclo (US\$)	13.595,10	8.796,83
Receita bruta/m ² /ciclo (US\$)	1.74	1.13
Receita bruta/ha/ciclo (US\$)	17.416,07	11.291,81
Custo total da ração (US\$/ciclo)	4.755,51	3.077,20
Quantidade de ração utilizada no ciclo (kg)	6571	4255
Produtividade média (milheiros/m ²)	0.13	0.09
Custo da mão de obra (US\$/milheiro)	14.34	18.47

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central). Cenário 1 (hapas – ovos) e Cenário 2 (viveiro – pós-larvas).

Após analisar o indicador custo de mão de obra (US\$/milheiro) fica claro a importância das densidades utilizadas e da possibilidade de intensificação da produção a partir do sistema escolhido, pois à medida em que a produção aumenta, realiza-se a melhor utilização da mão de obra, diluindo este custo. O cenário 1 apresentou uma produção de milheiros de tilápia 35,08% superior ao cenário 2 apenas em um ciclo de produção, garantindo uma maior receita bruta/ciclo (US\$ 13.595,10).

O custo com ração durante o ciclo produtivo foi maior no cenário 1 devido a maior quantidade utilizada de ração (2.316 kg), sendo um dos fatores que colaboraram com a elevação no custo variável/ciclo. Por outro lado, o cenário 1 desempenhou uma melhor produtividade média por área (milheiros/m²), resultando em uma receita 35,29% maior do que a alcançada no cenário 2. Segundo Andrade et al. (2005), a ração possui a característica de direcionar o custo variável de produção, sendo assim um dos mais importantes componentes dos custos operacionais.

Através destas análises proporcionadas pelos cálculos realizados no simulador bioeconômico é possível analisar as vantagens econômicas apontadas em ambos os cenários. Além das análises econômicas e dos indicadores de desempenho, os indicadores de rentabilidade e de risco (Tabela 5) desempenham papel fundamental ao se avaliar as possibilidades de investimento em um sistema e definir estratégias de produção que sejam

lucrativas, sendo que esta lucratividade poderá estar ligada ao aumento das receitas ou pela diminuição das despesas (CLEMENTE & SOUZA, 2008; GOMES, 2013).

Tabela 5. Resultados Financeiros de dois cenários simulados de piscicultura de reprodução de tilápias.

Descrição	Cenário 1	Cenário 2
Relação benefício/custo	1,11	1,01
Índice de Lucratividade	1,48	1,04
Taxa Interna de Retorno (%)	17,82	8,95
<i>Payback</i> (anos)	6	10
VPL (US\$)	81.655,54	6.003,37

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central). Cenário 1 (hapas – ovos) e Cenário 2 (viveiro – pós-larvas).

Com VPL positivos em ambos os cenários demonstram que as condições projetadas para estes sistemas seriam viáveis, representando o quanto é possível ganhar em média durante o período analisado (10 anos) (CLEMENTE & SOUZA, 2008). Por sua vez, a TIR obtida pela comercialização de alevinos nas condições especificadas em cada um dos cenários simulados, correspondem a valores que enfatizam a viabilidade econômica do projeto pois são superiores a taxa de atratividade definida no projeto (8%) (GOMES, 2013).

A relação benefício/custo apesar de superior a 1 em ambos os cenários, foi menor no cenário 2. Este indicador representa o retorno recebido a cada US\$ 1.00 investido no empreendimento (CAMARGO, 2007). Com estes resultados, o *payback* indica que o retorno do investimento esperado para os cenários 1 e 2 serão de 6 e 10 anos, respectivamente. Este prazo será aceitável ou não dependendo da extensão de tempo que o investidor espera que seus fluxos de caixa cubram o investimento inicial (DAMODARAN, 2002).

4. Conclusão

O simulador bioeconômico desenvolvido neste estudo é adequado para os objetivos propostos, pois reproduz de forma satisfatória os sistemas de reprodução de tilápia. Todos os parâmetros utilizados buscam estar amparados nos parâmetros encontrados em situações reais de produção, porém devido a amplitude de técnicas produtivas encontradas nacionalmente outros cenários podem ser criados e analisados pois a forma com que é desenvolvido permite adaptações a outras circunstâncias produtivas e reprodutivas.

As análises realizadas são ferramentas importantes para o estudo do comportamento das pisciculturas de reprodução, possibilitando o estudo de estratégias assertivas, planejamento e antever possíveis entraves e com isso tornar-se um negócio lucrativo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Referências

- Andrade, D.R. & Yasui, G.S. (2003) O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, 27(2), 166-172.
- Andrade, R.L.B., Wagner, R.L., Mahl, I. & Martins, R. S. (2005) Custos de produção de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em um modelo de propriedade da região oeste do Estado do Paraná, Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 35(1), 198-203.
- Bhujel, R.C. (2000) A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. *Aquaculture*, Amsterdam, 181(1-2),37-59.
- Borges, A.M. (2009) *Criação de tilápias*. – 2. ed. – Brasília, DF: Emater-DF, 44 pp.
- Brumatti, R.C., Ferraz, J.B.S., Eler, J.P. & Formigoni, I.B. (2011) Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Archivos de Zootecnia*, 60(230), 205-213.
- Calado, L.L., Yasui, G.S., Ribeiro Filho, O.P., Santos, L.C., Shimoda, E. & Vidal Junior, M.V. (2008) Densidades de incubação de ovos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em sistemas alternativos. *Ciência Animal*, Fortaleza, 18(2), 75-80.
- Camargo, C. (2007) *Análise de investimentos & Demonstrativos Financeiros*. Curitiba: Ibpx, 254 pp.
- Campos-Mendonza, A., Mcandrew, B.J., Caward, K. & Bromage, N. (2004) Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation, effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*, Amsterdam, 231(1-4), 299-314.

- Casaca, J.M. & Tomazelli Junior, O. (2001) *Planilha para cálculos de custo de produção de peixes*. Florianópolis, SC: Epagri, 38 pp.
- Clemente, A. & Souza, A. (2008) *Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações*. São Paulo: Atlas, 200 pp.
- CNA (2015) *Cadeia produtiva da Tilápia*. Ativos Aquicultura, ano 1, jul. 2015. 3. ed. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/boletins/ativos-aquicultura-cadeia-produtiva-da-tilapia-julho-2015> (último acesso em 20 de fevereiro de 2021).
- Costa, J.I., Sabbag, O.J. & Martins, M.I.E.G. (2018) Avaliação econômica da produção de tilápias em tanques-rede no médio Paranapanema-SP. *Custos e @gronegocio on line*, 14(4), 259-281.
- Damodaran, A. (2002) *Finanças Corporativas Aplicadas - Manual do Usuário*. Porto Alegre: Bookman, 576 pp.
- Dijkhuizen, A.A., Jalvingh, A.W. & Huirne, R.B.M. (1997) *Critical steps in system simulation*. In: Dijkhuizen, A. A., Morris, R. S. (Eds.) *Animal health economics. Principles and applications*. 1.ed. Sydney: University of Sydney, 59-67 pp.
- El-Sayed, A.D.F. (2006) *Reproduction and seed production*. In: El-Sayed, A. D. F. (Ed.) *Tilapia Culture*, London: CABI Publishing. 70-94 pp.
- Gaspar, A.O., Brumatti, R.C., Paula, L.A. & Dias, A.M. (2018) A simulation of the economic and financial efficiency of activities associated with beef cattle pasture. *Custos e @gronegocio on line*, 14(1), 74-98.
- Gitman, L.J. (2010) *Princípios de Administração Financeira*. São Paulo: Pearson, 775 pp.
- Gomes, J. M. (2013) *Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos*. São Paulo: Atlas, 224 pp.
- Jorge Júnior, J., Cardoso, V.L. & Albuquerque, L.G. (2006) Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5), 2187-2196.
- Kubitza, F. Tilápia: (2011) *Tecnologia e planejamento na produção comercial*. 2 ed. Jundiaí: F. Kubitza. 316 pp.
- Lima Júnior, I.F. (2013) Desenvolvimento de modelo de simulação para sistemas dinâmicos de produção de leite. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências agrárias programa de pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas.

- Little, D.C. & Hulata, G. (2000) *Strategies for tilapia seed production*. In: Beveridge M. C. M., Mcandrew, B. J. Tilapias: biology and exploitation. Dordrecht: Klumer Academic Publishers, 267-326 pp.
- Macintosh, D.J. & Little, D.C. (1995) *Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. Broodstock Management and egg and larval quality, 1 ed. Cambridge: Blackwell Scientific Ltd., 277-320 pp.
- Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W.R., Schamber, C.R. & Bombardelli, R.A. (2005) Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para a tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 34(1), 1-6.
- PEIXEBR. *Anuário PeixeBR da Piscicultura 2021*. São Paulo: PeixeBR, 2021. 160 p.
- Schulter, E.P. & Vieira Filho, J.E.R. (2017) *Evolução da piscicultura no brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia*. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 40 pp.
- Scorvo Filho, J.D., Martins, M.I.E.G. & Frasca-Scorvo, C.M.D. (2004) *Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura*. In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva / editado por José Eurico Posseibon Cyrino... [et al.]. São Paulo: TecArt, Cap. 17, 517-533.
- Serviço Nacional De Aprendizagem Rural – SENAR. *Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de tilápias*. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2017. 85p.
- Yasui, G.S., Santos, L.C., Ribeiro Filho, O.P., Shimoda, E. & Arias-Rodriguez, L. (2006) Cultivo monossexual de tilápias: importância e obtenção por sexagem e inversão sexual. *Cadernos técnicos de Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 51(1), 37-61.

CAPÍTULO 4 – ARTIGO 3

ARTIGO 3 – Índice de seleção com uso de simulador bioeconômico para tilápia-do-Nilo em sistemas de terminação

Resumo: O estudo foi realizado com o objetivo de obter ponderadores econômicos das características de interesse econômico utilizando um simulador bioeconômico para pisciculturas de terminação de tilápia e assim determinar um índice de seleção. Devido à importância que a tilápia (*Oreochromis niloticus*) tem demonstrado nos últimos anos no país e o crescente resultado obtido nos programas de melhoramento genético, dados de duas características de importância econômica da décima geração melhorada, peso à despesa (PD) e rendimento de filé (RF) foram utilizados na composição de quatro cenários: monofásico x tanque-rede, monofásico x viveiro, multifásico x tanque-rede e multifásico x viveiro. Foram calculados através do simulador bioeconômico: valor econômico, desvio padrão genético e valor genético-econômico para as características PD e RF. Os ponderadores econômicos para PD e RF nos sistemas multifásicos foram de US\$ 4,828/10g e US\$ 0,020/% respectivamente, superiores aos valores obtidos nos sistemas monofásicos (US\$ 2,414/10g para PD e US\$ 0,012/% para RF), devido as maiores densidades apresentadas nos sistemas multifásicos, o que os tornam mais lucrativos. Após a padronização destes valores através do desvio padrão genético de suas respectivas características os valores genético-econômicos foram determinados. No sistema tanque-rede valores genético-econômicos são superiores aos encontrados em produção em viveiro, onde no presente estudo foram de 0,031 para PD e de 0,116 para RF. Em todos os sistemas analisados, a característica RF apresentou importância econômica superior ao PD, confirmando sua importância na composição do lucro do empreendimento aquícola. O modelo bioeconômico mostrou-se capaz de determinar o índice econômico de seleção independente do sistema utilizado podendo calcular outros índices para as mais diversas condições produtivas. Ambas as características estudadas possuem importância econômica e cabe aos programas de melhoramento genético considerar estas características no momento da determinação de seus objetivos de seleção e continuar fornecendo material genético superior as pisciculturas favorecendo a lucratividade dos demais elos da cadeia produtiva de tilápia-do-Nilo.

Palavras-chave: melhoramento genético, modelo bioeconômico, *Oreochromis niloticus*, ponderador econômico, valor genético-econômico

Abstract: This study aimed to obtain economic weights of characteristics of economic interest using a bioeconomic simulator for tilapia finishing fish farms and thus determine a selection index. Due to the importance that tilapia (*Oreochromis niloticus*) has shown in recent years in

the country and the growing results obtained in genetic improvement programs, given two characteristics of economic importance of the tenth improved generation, body weight at slaughter (BWS) and fillet yield (FY) were used in the composition of four scenarios: monophase x tank-net, monophase x nursery, multiphase x tank-net and multiphase x nursery. The following were calculated using the bioeconomic simulator: economic value, genetic standard deviation, and genetic-economic value for the BWS and FY traits. The economic values for BWS and FY in multiphase systems were US\$ 4.828/10g and US\$ 0.020/% respectively, higher than the values obtained in monophase systems (US\$ 2.414/10g for BWS and US\$ 0.012/% for FY), due the higher densities presented in multiphase systems that make them more profitable. After standardizing these values through the genetic standard deviation of their respective characteristics, the genetic-economical values were determined. In tank-net, genetic-economical values are higher than those found in nursery production, where in the present study they were 0.031 for BWS and 0.116 for FY. In all analyzed systems, the FY characteristic presented economic importance superior to the BWS, confirming its importance in the profit composition of the aquaculture enterprise. The bio-economical model proved to be able to determine the economic selection index regardless of the system used, being able to calculate other indexes for the most diverse productive conditions. Both characteristics studied have economic importance and it is up to genetic improvement programs to consider these characteristics when determining their selection objectives and to continue providing superior genetic material to fish farms favoring the profitability of the other links in the Nile tilapia production chain.

Keywords: bio-economical model, economic value, genetic-economical value, genetic improvement, *Oreochromis niloticus*

1. Introdução

Devido à grande importância da tilápia-do-Nilo no mercado interno, o Brasil tem trabalhado o melhoramento genético desta espécie desde 2005 quando foram importadas 30 famílias da variedade “*genetically improved farmed tilapias (GIFT)*” provenientes da Malásia (GARCIA et al., 2017) para a Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá-PR, por meio de convênio com o *World Fish Center*, em parceria com a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca -SEAP.

A seleção no melhoramento genético busca a alteração das frequências alélicas nos locos que controlam as características de interesse econômico, conduzindo a uma alteração na média genotípica da população na direção desejada pelo selecionador com efeito aditivo e

diminuindo a frequência dos alelos não desejáveis (GJEDREM & BARANSKI, 2009). As características escolhidas devem promover aumento do lucro (valor econômico) e para isso os critérios de seleção devem estar posicionados em uma base econômica proporcionada pela seleção simultânea das características (ELER, 2017). Através desta seleção diversos avanços foram possíveis, como incremento acumulado médio de mais 17% nas características referentes à velocidade de crescimento, aumento aproximado de 14% no volume corporal e acréscimo de 9,5% na área corporal dos animais em comparação aos que foram introduzidos inicialmente (RIBEIRO et al., 2016).

Apesar dos avanços obtidos, existe pouca informação sobre o retorno econômico da prática de seleção e se os esforços da seleção para algumas características têm de fato contribuído para um aumento da margem de lucratividade, uma vez que os ponderadores econômicos não têm sido considerados de maneira a maximizar o retorno econômico da atividade. Os ponderadores econômicos são obtidos após a identificação de cada parâmetro genético, custos e receitas do sistema produtivo em um período fixo de tempo (BITTENCOURT et al., 1998).

Para derivação destes ponderadores, Bourdon (1998) sugeriu em seu estudo o uso de simuladores bioeconômicos onde é possível incluir dados biológicos tornando o modelo mais preciso. Ainda segundo o autor, este modelo corresponde a um conjunto de equações que relacionam dados econômicos às características biológicas para que à medida que ocorra qualquer variação biológica, o sistema recalcule os parâmetros produtivos e econômicos do sistema de produção.

Posterior a obtenção dos ponderadores através do simulador bioeconômico, é possível determinar o índice de seleção que funciona como uma ferramenta que auxilia na classificação dos animais, ordenando-os por esse índice (SILVA et al., 2018). Assim, o estudo foi realizado com o objetivo de determinar o índice de seleção através da determinação de valores econômicos obtidos através do simulador bioeconômico para pisciculturas de terminação de tilápias em diferentes sistemas de produção, colaborando com os programas de melhoramento genético que trabalham com tilápias.

2. Material e Métodos

Os dados utilizados na formação dos cenários referem-se aos da tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* da décima geração melhorada (terminação), que foram mantidas em sistema de hapas individuais instaladas em tanques escavados. As tilápias foram produzidas a partir do acasalamento de animais importados da Malásia no ano de 2005, da variedade GIFT,

produzidas pelo *World Fish Center*. Os detalhes do processo inicial de formação das famílias estão descritos por Santos et al. (2011). Estes dados foram coletados e fornecidos pela Estação de Piscicultura, da Universidade Estadual de Maringá (UEM) e da Companhia de Desenvolvimento Agropecuário do Paraná (CODAPAR), em Floriano, PR.

O conjunto de dados utilizados no simulador bioeconômico de terminação contém informações sobre características que apresentam interesse econômico, sendo elas peso à despesa (PD) e rendimento de filé (RF). Foram usados dados de machos e fêmeas, totalizando 1.211 animais após 236 dias de cultivo. Destes dados, foram calculados os desvios padrões genéticos de cada uma das características de interesse para posteriormente corrigir os valores econômicos e assim obter o valor genético-econômico (VGE). O mesmo foi realizado separadamente (machos e fêmeas) para que fosse observado se existiria alguma diferença de importância econômica das características PD e RF.

O estudo foi desenvolvido levando-se em conta as condições produtivas da tilápia encontradas no Brasil, mais especificamente na região Central do país, devido ao clima que é característico tropical, favorecendo a produção de tilápia durante todo o ano. Uma propriedade foi descrita (Tabela 1), sendo esta padronizada para utilização em todos os cenários. Ao todo foram simulados quatro cenários produtivos: monofásico x tanque-rede, monofásico x viveiro, multifásico x tanque-rede e multifásico x viveiro.

Para a formação dos cenários foi necessário definir os indicadores zootécnicos e produtivos tendo estes como referência, valores médios encontrados na prática e na literatura. A estrutura física necessária para a prática de terminação das tilápias como área, benfeitorias, instalações, insumos, entre outros foram os mesmos em todos os cenários. As condições produtivas foram mantidas em todos os cenários, com nível de produtividade e tecnológico elevados, utilizando-se de altas densidades e equipamentos como aeradores o que permitiu que a simulação determinasse os efeitos das variações no peso à despesa e do rendimento de filé.

Tabela 1. Caracterização da propriedade* e dos cenários para obtenção dos valores econômicos com uso do modelo bioeconômico de terminação de tilápia-do-Nilo.

Descrição	Monofásico		Multifásico	
	Tanque-rede	Viveiro	Tanque-rede	Viveiro
Área (m ²)	10000	10000	10000	10000
Área disponível (m ²)	7670	7670	7670	7670
Nº de ciclos/ano	2	2	4	4
Duração do ciclo (dias)	180	180	180	180
Nº de estocados (unid)	383500	46020	306700	27310
Nº de terminados (unid)	364325	43719	240230	21391
Densidade Fase 1 (unid/m ² ou m ³)	200	6	1000	25
Densidade Fase 2 (unid/m ² ou m ³)	-	-	700	8
Densidade Fase 3 (unid/m ² ou m ³)	-	-	200	6
Tamanho do tanque-rede (m ³)	6	-	6	-
Sobrevivência Fase 1 (%)	95	95	85	85
Sobrevivência Fase 2 (%)	-	-	95	95
Sobrevivência Fase 3 (%)	-	-	97	97
Milheiro compra (US\$)	119.00	119.00	40.50	40.50
Peso Inicial Fase 1 (g)	30	30	5	5
Peso Inicial Fase 2 (g)	-	-	30	30
Peso Inicial Fase 3 (g)	-	-	200	200

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central). *Dados simulados com base em informações publicadas
Fonte: SENAR, 2018a; SENAR, 2018b.

Para o cálculo do valor econômico da característica PD o peso final variou de 0,428 a 1,278kg, sendo que a cada ciclo de simulação foram acrescentados sempre de 0,010kg, com preço de venda de US\$ 1.241/kg, considerando um rendimento de filé inferior aos 30% para todos os PD (sem bonificação). Para o cálculo do valor econômico da característica RF o peso final foi padronizado em 1,000kg para todos os cenários e o preço de venda oscilou conforme o rendimento de filé apresentado em cada ciclo de simulação, sendo eles: 30% (US\$ 1.246/kg), 31% (US\$ 1.248/kg), 32% (US\$ 1.256/kg), 33% (US\$ 1.261/kg), 34% (US\$ 1.266/kg), 35% (US\$ 1.271/kg), 36% (US\$ 1.281/kg) e 37% (US\$ 1.291/kg).

Para os cálculos no simulador foram desenvolvidas “Macros” dentro do simulador para que o mesmo realizasse todas as simulações de forma automática e fornecesse o resultado do lucro adicional obtido para cada alteração na característica de influência genética avaliada. A metodologia utilizada para o desenvolvimento do modelo bioeconômico segue o método descrito por Brumatti et al. (2011) e todas as suas funcionalidades e método de utilização estão descritos no estudo desenvolvido por NASS et al. (2021). O princípio do simulador bioeconômico foi de que os cenários não se alterassem ao longo das simulações, sendo então

possível modificar apenas os parâmetros escolhidos (PD e RF), fazendo com que sofram variações em sequência (Figura 1) previamente estabelecida no programa computacional MS Excel®.

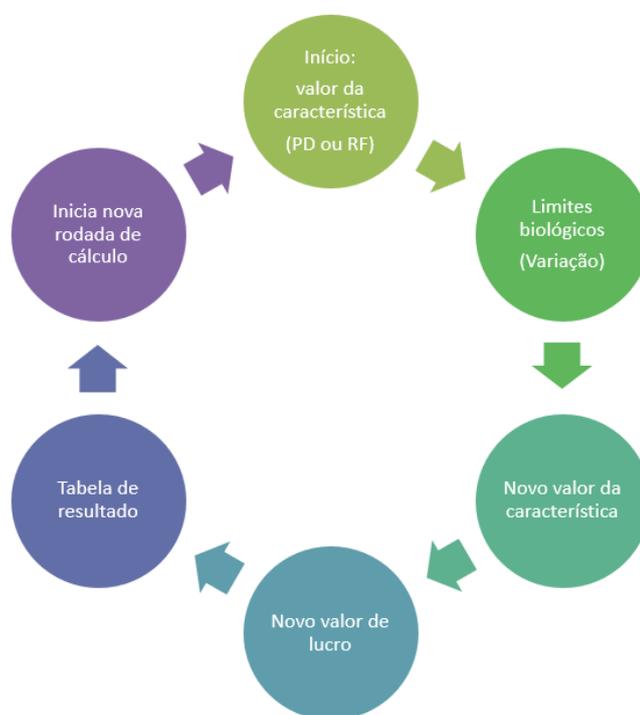


Figura 1. Sequência de ações realizadas pelo simulador bioeconômico para obtenção dos valores econômicos das características PD (peso à despesa) e RF (rendimento de filé). Fonte: adaptado de Brumatti et al. (2011).

Ao final das simulações é possível obter o valor da característica estudada, dada pela equação a seguir descrita em Brumatti et al. (2011):

- Valor econômico = $VE = \Delta L / \Delta G$

sendo VE o valor econômico (ou ponderador econômico), ΔL a variação no lucro e ΔG a variação no desempenho produtivo da característica que está sendo analisada.

Após a obtenção dos valores econômicos de cada uma das características analisadas, fez-se necessário a correção destes valores através do desvio padrão genético (DPG) da característica correspondente para que estes valores se tornassem padronizados e passíveis de comparação um com o outro, retirando assim o efeito da unidade. Estes valores foram calculados a partir das variâncias genéticas de cada uma das características obtidas através dos valores genéticos de cada animal, fornecidos pela UEM. As variâncias e os DPG foram calculados pelas fórmulas a seguir descritas. Após o cálculo, os DPG obtidos foram para PD de 157,323g e para RF de 0,818% (ambos os sexos).

- Variância = $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$

onde, x_i : valor analisado; \bar{x} : média aritmética do conjunto e n : número de dados do conjunto.

- Desvio Padrão Genético = $S = \sqrt{S^2}$

Após todos os cálculos terem sido realizados, foram propostos dois índices econômicos de seleção, um para cada sistema de produção (viveiro e tanque-rede). Este índice considera os valores genéticos das tilápias para as características de interesse econômico PD e RF, considerando Peso à despesa (Y1) e Rendimento de filé (Y2), em termos matriciais ponderados pelos respectivos valores genéticos-econômicos conforme descrito por Pereira (2008) temos a seguinte representação:

$$\begin{array}{ccc} \begin{bmatrix} Vp_{(Y1)} & Cov_{p(Y1.Y2)} \\ Cov_{p(Y2.Y1)} & Vp_{(Y2)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} b1 \\ b2 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} V_{A(Y1.Y1)} & Cov_{A(Y1.Y2)} \\ Cov_{A(Y2.Y1)} & V_{A(Y2)} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix} \\ \text{(P)} & \text{(b)} & & \text{(G)} & \text{(a)} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc} \begin{bmatrix} \text{Matriz de variância} \\ \text{e} \\ \text{covariância fenotípica} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \text{Matriz com} \\ \text{os} \\ \text{valores do índice} \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} \text{Matriz de variância} \\ \text{e} \\ \text{covariância genética} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \text{Matriz dos} \\ \text{valores} \\ \text{econômicos} \end{bmatrix} \\ \text{(P)} & \text{(b)} & = & \text{(G)} & \text{(a)} \end{array}$$

3. Resultados e Discussão

O programa de melhoramento genético da tilápia-do-Nilo surgiu a alguns anos no Brasil, porém este é o único que se consolidou no país para organismos aquáticos, proporcionando bons resultados a cada geração de seleção. Segundo Nguyen (2016), os programas de melhoramento genético de peixes e camarões têm conquistado ganhos de 8 a 12% a cada geração selecionada impactando positivamente o avanço da aquicultura nacional. Com intuito de auxiliar estes programas, o índice de seleção é um dos métodos de melhor eficiência pois seu objetivo não é trabalhar com apenas uma característica e sim determinar o retorno econômico proporcionado pela seleção de um grupo de características simultaneamente (ELER, 2017). Após a realização das simulações através da ferramenta de simulação bioeconômica utilizando os cenários pré-estabelecidos, obteve-se os valores econômicos (Tabela 2) das características de interesse econômico consideradas neste estudo.

Tabela 2. Valores econômicos* das características PD e RF calculados através do modelo bioeconômico para piscicultura de terminação de tilápia-do-Nilo.

Cenários	PD (US\$)	RF (US\$)
Monofásico/Tanque-rede	2,414	0,012
Monofásico/Viveiro	2,414	0,012
Multifásico/Tanque-rede	4,828	0,020
Multifásico/Viveiro	4,828	0,020

US\$ 1.00 = R\$ 3,95 (média anual 2019 – Banco Central). PD = Peso à despesca; RF = Rendimento de filé. * os valores econômicos são expressos em US\$/unidade da característica.

Os valores econômicos para PD e RF nos sistemas multifásico/tanque-rede e multifásico/viveiro foram superiores aos encontrados nos sistemas monofásicos (em tanque-rede e viveiro). Esses valores representam o valor monetário que foi possível obter de lucro devido ao aumento de 10 gramas/tilápia e do incremento de 1% a mais no rendimento de filé nos lotes simulados. Segundo Oliveira et al. (2012), após quatro anos de acasalamentos, o programa de melhoramento de tilápias da UEM obteve como resultado para peso vivo aumento dos valores genéticos, com taxa anual de mudança de 13,66 g/período de cultivo, mostrando que é possível chegar a uma biomassa maior a cada ano fazendo uso de animais geneticamente superiores e assim otimizar os lucros. Ainda segundo o mesmo autor, até o ano de 2010, 58% dos alevinocultores do estado do Paraná faziam uso da linhagem GIFT em suas propriedades e destes mais de 80% estavam satisfeitos.

O PD tem relação direta com o aumento da receita e conseqüentemente com o aumento do lucro onde a medida em que aumenta o peso à despesca, a biomassa final produzida para venda será maior. Este aumento de PD também afeta os custos pois o gasto com ração está atrelado ao seu fornecimento considerando a biomassa presente em cada cenário. Em sistemas multifásicos onde a biomassa comportada durante o ano de produção é maior do que em sistemas monofásicos, acarreta maiores custos de produção afetados principalmente pelos gastos com alimentação, porém suas receitas também são superiores, dado o volume final produzido de tilápias, fazendo com que estes sistemas sejam lucrativos e apresentem valores econômicos superiores aos encontrados em sistemas monofásicos. A medida em que a tilápia aumenta seu peso final o custo é diluído pela biomassa total final diminuindo seu custo de produção total (SANTOS, 2010).

Tratando-se da importância do rendimento de filé para a realidade industrial, estudo realizado por Pinheiro et al. (2006), após determinação do rendimento de filé de três faixas de peso de terminação para tilápia, os autores estimaram um valor econômico de R\$ 473.200,00

mediante a produção realizada no ano de estudo e considerando a média de rendimento de filé (31%) encontrada no estudo. Os mesmos autores analisaram a diferença monetária obtida entre o menor e o maior rendimento de filé (menor 28,9% e maior 33,6%) e a diferença adquirida na comercialização considerando o preço de venda de R\$ 13,00/kg em todos os cenários, foi de R\$ 71.747,00, demonstrando a importância desta característica para a cadeia de produção.

O RF segundo a metodologia utilizada no modelo bioeconômico, não alterou os custos de produção pois estes foram mantidos constantes em cada ciclo de simulação. À medida em que a característica apresentou uma unidade de variação ocorreu conjuntamente o aumento da receita devido ao preço pago ser maior a medida em que o rendimento de filé foi maior e com isso o lucro aumentou gradativamente. Em sistemas multifásicos os valores econômicos expressos possuem maior valor dos que os apresentados nos sistemas monofásicos devido a sua maior densidade de biomassa final do mesmo modo que ocorreu com o PD. Segundo Silva et al. (2016), o rendimento do filé é o item de maior valor econômico e por isso deve-se buscar padronizar o peso ao abate das tilápias, buscando faixas elevadas de peso final para melhor distribuir os custos de produção. Apesar da importância da característica RF para cadeia produtiva, vale ressaltar que as fazendas produtoras de tilápia quando vendem seus produtos não são remuneradas pelo rendimento de filé independente do índice que apresente (REIS NETO et al., 2012), beneficiando apenas o frigorífico que irá realizar o processamento e a comercialização do filé para os demais elos da cadeia.

Segundo Charo-Kalisa et al. (2006) os programas de melhoramento devem levar em consideração os vários sistemas de produção nos quais as tilápias poderão ser cultivadas e também as diferentes regiões com suas características únicas e com isso necessitar de animais que apresentem genótipos específicos para se adequar a todas estas combinações produtivas. Por este motivo, o presente estudo buscou desenvolver um índice de seleção para cada sistema produtivo.

Segundo Fernandes et al. (2015), os programas de melhoramento que selecionam tilápias, tem como principal objetivo de seleção as características de crescimento, porém os mesmos autores acreditam que o rendimento de carcaça é um fator importante para a eficiência da cadeia produtiva da tilápia. Turra et al. (2012) em seus estudos concluíram que existe alta correlação entre rendimento de carcaça e rendimento de filé, sendo que ambas possuem a mesma importância para a cadeia de produção e a seleção para rendimento de carcaça mostrou-se com menor possibilidade de apresentar erros e de mais fácil obtenção, podendo ser utilizada como objetivo de seleção.

Tratando-se da comercialização destes animais melhorados pelas pisciculturas de reprodução, segundo Newman et al. (1994), quando o produtor conhece as garantias de lucro em sua propriedade ao utilizar um animal que possui material genético superior, torna-se um cliente facilmente motivado a adquirir estes animais selecionados.

Após obtenção dos ponderadores econômicos (VE), estes foram padronizados através do desvio padrão genético da respectiva característica, gerando o valor genético-econômico, retirando assim o efeito da unidade das características estudadas tornando-as comparáveis. A seguir serão apresentados os VGE das características de interesse econômico calculados para ambos os sexos (Tabela 3) que determinam assim o índice de seleção:

Tabela 3. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (ambos os sexos) em sistemas de terminação em viveiros e tanque-rede.

Cenários	σ_a		VGE		%	
	PD	RF	PD	RF	PD	RF
Viveiro	157,323	0,818	0,015	0,058	20,93%	79,07%
Tanque-rede	157,323	0,818	0,031	0,116	20,93%	79,07%

PD = Peso à despesca (g); RF = Rendimento de filé (%); σ_a = desvio padrão genético; VGE = valor genético-econômico.

A característica RF obteve maior importância econômica em todos os sistemas de produção avaliados sendo ainda maior em tanque-rede. Geralmente as características de carcaça são as que apresentam maior importância econômica quando comparadas com as características de desempenho (peso à despesca por exemplo). Freitas et al. (2020) realizaram um estudo com tilápias em tanque-rede onde o empreendimento vendia sua produção para frigoríficos, pesque-pague e peixarias e parte era processada (tilápia eviscerada, filé sem pele e postas) no frigorífico de forma terceirizada para que estes fossem vendidos a restaurantes, bares e consumidores no geral a fim de otimizar seus lucros. Após realizar os cálculos econômicos, os autores concluíram que o filé de tilápia era responsável por 45% da receita do empreendimento. Esse filé ao ser processado pelo frigorífico possuía um custo operacional de R\$ 3,50/kg de filé produzido, sendo necessários 3 kg de tilápia inteira para produção de 1 kg de filé, porém era o item com maior preço de venda (R\$ 22,00/kg). Ao final concluíram que tanto o filé quanto a tilápia viva deveriam ter suas vendas incentivadas devido as receitas geradas, ressaltando assim a importância das características PD e RF na obtenção de lucro.

Em estudo realizado em uma linhagem comercial frangos, Grosso (2011), ao propor um índice de seleção para dois segmentos de mercado (frango inteiro e cortes de frango), concluiu

que para o segmento de mercado cortes de frango as características de carcaça apresentaram importância econômica superiores às características de desempenho. O mesmo foi observado por Brumatti et al. (2011) ao desenvolverem um índice de seleção para gado de corte, onde a característica de rendimento de carcaça, em termos absolutos, foi a que apresentou maior importância econômica entre as características analisadas.

Esses resultados são importantes para identificar a melhor estratégia a ser utilizada por programas de melhoramento genético para tilápias no momento de escolher quais características deverão ser melhoradas mediante os objetivos buscados por estes programas pensando em atender o mercado como um todo, beneficiado toda a cadeia produtiva.

A característica RF tem se mostrado de maior importância dentro da formação do índice, tanto quando analisamos para ambos os sexos como para machos e fêmeas separadamente (Tabela 4 e Tabela 5):

Tabela 4. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (machos) em sistemas de terminação em tanque-rede e viveiros.

Cenários	σ_a		VGE		%	
	PD	RF	PD	RF	PD	RF
Viveiro	170,899	0,770	0,014	0,062	18,66%	81,34%
Tanque-rede	170,899	0,770	0,028	0,123	18,66%	81,34%

PD = Peso à despesca; RF = Rendimento de filé; σ_a = desvio padrão genético; VGE = valor genético-econômico.

Tabela 5. Índices de seleção para as características PD e RF de tilápia-do-Nilo (fêmeas) em sistemas de terminação em tanque-rede e viveiros.

Cenários	σ_a		VGE		%	
	PD	RF	PD	RF	PD	RF
Viveiro	136,272	0,879	0,018	0,054	24,72%	75,28%
Tanque-rede	136,272	0,879	0,035	0,108	24,72%	75,28%

PD = Peso à despesca; RF = Rendimento de filé; σ_a = desvio padrão genético; VGE = valor genético-econômico.

Comparando os resultados apresentados nas tabelas 4 e 5, os machos apresentam valor genético-econômico superior para a característica RF quando comparado aos resultados das fêmeas, isso porque naturalmente os machos crescem mais do que as fêmeas, podendo crescer 1,8 a 2,5 vezes mais (MEURER et al., 2005; SILVA et al., 2015) e conseqüentemente apresentando um maior peso de filé. Segundo estudo realizado por Oliveira et al. (2013), machos e fêmeas apresentam o mesmo crescimento relativo até os 165 dias de vida e só após

este período a fêmea apresenta um declínio em seu crescimento. Com isso, ao passar dos dias esta diferença no padrão de crescimento vai se tornando mais nítida, confirmando o dimorfismo sexual que existe entre machos e fêmeas de tilápia.

4. Conclusão

O modelo bioeconômico é capaz de determinar os valores econômicos (ponderadores econômicos) das características de valor econômico PD e RF componentes do índice de seleção e pode ser utilizado para avaliar outras gerações de tilápias trabalhadas nos programas de melhoramento genético. Através dos ponderadores econômicos é possível determinar que a partir dos cenários o sistema multifásico combinado a produção em tanque-rede e em viveiros, apresentam os maiores valores econômicos para PD e RF pois são sistemas que geram maior lucratividade para o empreendimento aquícola devido suas altas densidades.

Considerando a terminação de animais do mesmo sexo a produção em tanque-rede apresenta maior relevância econômica para PD e RF, sendo RF de maior importância econômica do que PD pois gera maior lucratividade para o produtor à medida em que ocorre uma variação positiva na característica melhorada. Ao comparar os resultados obtidos para macho e fêmea separadamente, os machos de tilápia apresentam maior importância para RF (81,34%) do que para as fêmeas de tilápia (75,28%) devido ao melhor desenvolvimento corporal apresentado por machos.

Destaca-se através deste estudo a importância da disseminação de material genético superior através dos programas de melhoramento de tilápias considerando os ganhos genéticos tanto em características de desempenho quanto em características de carcaça. Estes índices ajudam a entender os ganhos econômicos provenientes da utilização de animais melhorados e devem ser calculados sempre que se apresentar um novo cenário, seja ele genético ou produtivo.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Referências

BITTENCOURT, T.C.C.; LÔBO, R.B.; FIGUEIREDO, L.F.; SILVA, A.C.V. Derivação de ponderadores econômicos para características produtivas em gado de corte usando equações de

lucro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., Botucatu, 1998. Anais... Botucatu: SBZ, p.422-423, 1998.

BOURDON, R. M. Shortcomings of current genetic evaluation systems. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 76, n.9, p. 2308-2323, 1998.

BRUMATTI, R.C.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; FORMIGONNI, I.B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, n. 230, p. 205-213, 2011.

CHARO-KALISA, H., KOMEN, H., RESK, M. A., PONZONI, R.W., ARENDONK, J.A., BOVENHUIS, H. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, n.261, p.479-486, 2006.

ELER, J. P. Teorias e métodos em melhoramento genético animal: Seleção. 2ª Edição. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2017. 177 p.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. 225p. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

FERNANDES, A. F. A.; SILVA, M. A.; ALVARENGA, E. R.; TEIXEIRA, E. A.; SILVA JUNIOR, A. F.; ALVES, G. F. O.; SALLES, S. C. M.; MANDUCA, L. G.; TURRA, E. M. Morphometric traits as selection criteria for carcass yield and body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) at five ages. *Aquaculture*, v. 446, p. 303-309, 2015.

FREITAS, S. R.; FEHR, L. C. F. de A.; JÚNIOS, G. A. G.; DUARTE, S. L. A relação Custo/Volume/Lucro na produção de Tilápias em Tanques-Rede no município de Uberlândia-MG. Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC, [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4767>. Acesso em: 2 ago. 2021.

GARCIA, A. L. S., DE OLIVEIRA, C. A. L., KARIM, H. M., SARY, C., TODESCO, H., RIBEIRO, R. P. Parâmetros genéticos para desempenho de crescimento, características de filé e porcentagem de gordura da tilápia do Nilo macho (*Oreochromis niloticus*) *Journal of Applied*

Genetics, vol. 58, n. 4, pp. 527-533. 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6> PMID: 28988364. »[Http://dx.doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6](http://dx.doi.org/10.1007/s13353-017-0413-6).

GJEDREM, T.; BARANSKI, M. Selective Breeding in Aquaculture: an introduction. Series: Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries. v. 10. Editora Springer, 2009. 221 p.

GROSSO, J. L. B. M. Proposição de índices de seleção em frangos de corte. 2011. 94 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2011.

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

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; SCHAMBER, C. R.; BOMBARDELLI, R. A. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para a tilápia do Nilo durante a reversão sexual. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa. v.34, n.1, p.1-6. 2005.

NASS, R. A. R., POVH, J. A., OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., BRUMATTI, R. C. Bioeconomic simulator for economic and financial calculations for management support of Nile tilapia finishing fish farms. 2021.

NEWMAN, S., MACNEIL, M., GOLDEN, B.L. AND BARWICK, S.A. Implementation and use os selection indexes in genetic evaluation schemes for beef cattle. In: Genetic Prediction Workshop, 4. Proceedings. Beef Improvement Federation. Kansas City. 1994. 11 pp.

NGUYEN, H. N. Genetic Improvement for Important Farmed Aquaculture Species with a Reference to Carp, Tilapia and Prawns in Asia: Achievements, Lessons and Challenges. Fish and Fisheries, vol. 17, n. 2, pp. 483-506. 2016. <http://dx.doi.org/10.1111/faf.12122>.

OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., STREIT JR, D. P., POVH, J. A., RESENDE, E. K. Melhoramento genético de peixes. Uma realidade para a piscicultura brasileira. Panorama da Aquicultura, v. 22, n. 139, p. 38-47, 2012.

OLIVEIRA, M. A. S., OLIVEIRA, C. A. L., MATSUBARA, B. J. A., OLIVEIRA, S. N., KUNITA, N. M., YOSHIDA, G. M., RIBEIRO, P. R. Padrões de crescimento de machos e

fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT. Semin-Cienc Agrar 34: 1891-1900, 2013.

PEREIRA, J. C. C. Melhoramento genético aplicado à produção. 5. ed. - Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008. 617p.

PINHEIRO, L. M. S., MARTINS., R. T., PINHEIRO, L. A. S., PINHEIRO, L. E. L. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.58, n.2, p.257-262, 2006.

REIS NETO, R. V., FREITAS, R. T.F., SERAFINI, M. A., COSTA, A. C., FREATO, T. A., ROSA, P. V., ALLAMAN, I. B. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. R Bras Zootec 41: 1576-1582, 2012.

RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; OLIVEIRA, C. A. L. Dez anos da tilápia GIFT no Brasil. Aquaculture Brasil, 2016.

SANTOS, A. I.; RIBEIRO, R. P.; VARGAS, L.; MORA, F.; ALEXANDRE FILHO, L.; FORNARI, D. C.; OLIVEIRA, S. N. de. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, p.33-43, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X20110001000

SANTOS, M. R. dos. Análise da composição dos custos de produção no cultivo de tilápia em tanque-rede na região do Submédio São Francisco, Juazeiro, BA: Engenharia de Produção/ Universidade Federal do Vale do São Francisco (Campus Juazeiro), 2010. 64p. (Trabalho de Conclusão de Curso). Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/000000/00000080.pdf>, Acessado em: 27/07/2021.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Piscicultura: criação de tilápias em tanques-rede. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018a. 108p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR. Piscicultura: criação de tilápias em viveiros escavados. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2018b. 122p.

SILVA, G. F., MACIEL, L. M., DALMASS, M. V., GOLÇALVES, M. T. Tilápia-do-Nilo: criação e cultivo em viveiros no estado do Paraná. Curitiba: GIA, 2015. 290p.

SILVA, G. F., SHIOTSUKI, L., TEIXEIRA, R. A., DIAS, L. T., VILLELA, L. C. V., FREITAS, L. E. L., KIRSCHNIK, L. N. G., VARELA, E. S. Programas de melhoramento genético na piscicultura. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2018. 58p.

SILVA, L. M., SAVAY-DA-SILVA, L. K., ABREU, J. G., FIGUEIREDO, E. E. S. Determinação de índices morfométricos que favorecem o rendimento industrial de filés de tilápia (*Oreochromis niloticus*). Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 42(1): 252–257, 2016.

Doi: 10.5007/1678-2305.2016v42n1p252

TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; VALENTE, B.D.; et al. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, v. 356-357, p. 381-390. 2012.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tilapicultura tem se mostrado como uma importante atividade mundial e nacional e existe uma grande expectativa para que nos próximos anos seus resultados sejam cada vez melhores. A produção de tilápia propagou-se por várias regiões do país, ocupando uma posição de destaque no ranking de produção nacional. Está difundida entre pequenos produtores até as propriedades mais tecnificadas, desempenhando bons resultados nos mais diversos sistemas produtivos.

Mesmo com os avanços obtidos até o momento, os produtores, independentemente do nível tecnológico que dispõe em suas propriedades, muitas das vezes deixam de controlar a parte econômico-financeira, alguns por falta de conhecimento, outros por não conhecerem ferramentas disponíveis para este controle e ainda os que desconhecem a importância para o negócio em conhecer as finanças da sua piscicultura.

Do outro lado estão os programas de melhoramento genético de tilápia. Estes programas se fortaleceram ao longo dos anos e atualmente são considerados os que mais se destacaram dentre os programas para espécies aquícolas. Porém apesar dos avanços, precisam dispor de ferramentas que os auxiliem a conhecer os ganhos econômicos alcançados à medida em que as características de interesse econômico vão apresentado ganhos genéticos ao longo das gerações e também para determinar quais serão as características escolhidas por estes programas para alcançarem os próximos objetivos de seleção.

A fim de contribuir com produtores e programas de melhoramento genético, este trabalho buscou desenvolver ferramentas que atendesse a ambos, desde o processo de reprodução até a terminação das tilápias. Na conclusão do trabalho, foi possível desenvolver um simulador bioeconômico para atender pisciculturas de reprodução e um simulador bioeconômico para pisciculturas de terminação e ambos podendo ser utilizados em programas de melhoramento genético com intuito de determinar índices de seleção para as mais diversas características, tendo como requisito apenas que estas características apresentem interesse econômico.

Esperasse que esta contribuição torne os produtores e programas de melhoramento genético de tilápia mais eficientes e fortalecidos; que os produtores alcancem maiores lucratividades e consigam gerir de forma consciente suas empresas rurais e que os programas de melhoramento consigam atender as necessidades de todos os elos da cadeia de produção de tilápia através da escolha das características que serão melhoradas a partir do conhecimentos do lucro que esta característica possibilitará.

ANEXOS

Anexo 1 – Aprovação do Projeto de Pesquisa



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

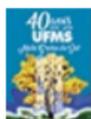


RESOLUÇÃO Nº 16, DE 06 DE FEVEREIRO DE 2020.

O PRESIDENTE DO CONSELHO DE FACULDADE DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, no uso de suas atribuições legais e considerando o Parecer da Comissão Setorial de Pesquisa FAMEZ, instituída pela IS nº 118/FAMEZ, de 29 de outubro de 2018 e o contido no processo nº Processo nº 23104.003247/2020-77, resolve, **ad referendum**:

Manifestar-se favoravelmente pela aprovação do Projeto de Pesquisa denominado “Determinação de Índice de Seleção para Tilápia (*Oreochromis Niloticus*) – Linhagem Gift e Ganhos Genéticos e Econômicos da Décima Geração Melhorada”, sob a coordenação do Prof. Dr. Ricardo Carneiro Brumatti, Siape 24943571.

FABRÍCIO DE OLIVEIRA FRAZÍLIO.



Documento assinado eletronicamente por **Fabricio de Oliveira Frazilio, Diretor(a)**, em 06/02/2020, às 15:43, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1775614** e o código CRC **0AED0089**.