

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO  
ECONÔMICO DA PRODUÇÃO COMERCIAL  
DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM  
LAGOS E RESERVATÓRIOS TROPICAIS**

**Maicon da Rocha Brande**  
**Engenheiro de Pesca**

Jaboticabal, São Paulo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO  
ECONÔMICO DA PRODUÇÃO COMERCIAL  
DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM  
LAGOS E RESERVATÓRIOS TROPICAIS**

**Maicon da Rocha Brande**

**Orientador: Dr. Guilherme Wolff Bueno**

**Co-orientador: Dr. Wagner Cotroni Valenti**

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

Jaboticabal, São Paulo

2019

B817m Brande, Maicon da Rocha  
Modelagem financeira e risco econômico da produção comercial de  
tilápia (*Oreochromis niloticus*) em lagos e reservatórios tropicais /  
Maicon da Rocha Brande. -- Jaboticabal, 2019  
vi, 102 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de  
Aquicultura, 2019  
Orientador: Guilherme Wolff Bueno  
Co-orientador: Wagner Cotroni Valenti  
Banca examinadora: Jesaias Ismael da Costa, Danilo Cintra  
Proença  
Bibliografia

1. Aquicultura de precisão. 2. Bioeconomia. 3. Simulação Monte  
Carlo. 4. Custo de produção. 5. Modelagem matemática. 6.  
Planejamento financeiro. 7. Tilapicultura. I. Título. II. Jaboticabal-  
Centro de Aquicultura.

CDU 639.31



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

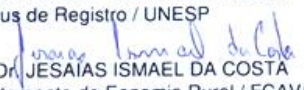
**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:** MODELAGEM FINANCEIRA E RISCO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO  
COMERCIAL DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM LAGOS E  
RESERVATÓRIOS TROPICAIS

**AUTOR:** MAICON DA ROCHA BRANDE

**ORIENTADOR:** GUILHERME WOLFF BUENO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, área:  
Biologia Aquática pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. GUILHERME WOLFF BUENO  
Câmpus de Registro / UNESP

  
Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA  
Departamento de Economia Rural / FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP

  
Prof. Dr. DANILO CINTRA PROENÇA  
/ Faculdade São Luís de Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de julho de 2019

## **AGRADECIMENTO INSTITUCIONAL**

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

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| LISTA DE ABREVIações E SIGLAS.....                                                                                                                                                    | IV |
| AGRADECIMENTOS.....                                                                                                                                                                   | 1  |
| DEDICATÓRIA.....                                                                                                                                                                      | 2  |
| APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL .....                                                                                                                                                | 3  |
| RESUMO.....                                                                                                                                                                           | 4  |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                                         | 5  |
| INTRODUÇÃO GERAL .....                                                                                                                                                                | 6  |
| OBJETIVO GERAL.....                                                                                                                                                                   | 9  |
| CAPÍTULO 1 .....                                                                                                                                                                      | 10 |
| RISCO FINANCEIRO E CENÁRIO ECONÔMICOS DE FAZENDAS DE GRANDE PORTE<br>PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DA TILÁPIA ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) EM TANQUES-<br>REDE, SÃO PAULO, BRASIL ..... | 10 |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                   | 11 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....                                                                                                                                                            | 13 |
| 2.1. Análise de Custos e Lucratividade .....                                                                                                                                          | 15 |
| 2.2. Análise de Fluxo de Caixa.....                                                                                                                                                   | 17 |
| 2.3. Análise de Viabilidade Econômica .....                                                                                                                                           | 18 |
| 2.4. Análise de Simulação Monte Carlo (SMC).....                                                                                                                                      | 19 |
| 2.5. Análise de Sensibilidade ao Risco Financeiro e Econômico .....                                                                                                                   | 21 |
| 3. RESULTADOS.....                                                                                                                                                                    | 22 |
| 3.1. Desempenho Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos .....                                                                                                                  | 22 |
| 3.2. Viabilidade Econômica dos Cenários Produtivos.....                                                                                                                               | 29 |
| 3.3. Análise dos Riscos Financeiros e Econômicos dos Cenários Produtivos .....                                                                                                        | 31 |
| 3.4. Análise de Sensibilidade dos Riscos Financeiros e Econômicos .....                                                                                                               | 33 |
| 3.5. Mapa do Grau de Risco Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos .....                                                                                                       | 34 |
| 4. DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                                    | 37 |
| AGRADECIMENTOS.....                                                                                                                                                                   | 41 |
| REFERÊNCIAS.....                                                                                                                                                                      | 41 |
| ANEXOS (A).....                                                                                                                                                                       | 45 |
| ANEXOS (B).....                                                                                                                                                                       | 46 |
| ANEXOS (C).....                                                                                                                                                                       | 47 |
| LISTA DE TABELAS .....                                                                                                                                                                | 48 |
| LISTA DE FIGURAS .....                                                                                                                                                                | 49 |

|                                                                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 2 .....</b>                                                                                                                                                   | <b>50</b> |
| <b>MODELO MATEMÁTICO DE PREDIÇÃO FINANCEIRA (MMPF) PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DE TILÁPIA (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>) EM LAGOS E RESERVATÓRIOS DE CLIMA TROPICAL .....</b> | <b>50</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                                | <b>51</b> |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                                                                         | <b>53</b> |
| 2.1. Coleta de Dados .....                                                                                                                                                | 53        |
| 2.2. Modelagem de Crescimento Corporal.....                                                                                                                               | 54        |
| 2.2.1. Aplicação do coeficiente de crescimento térmico (TGC) .....                                                                                                        | 54        |
| 2.3. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF) .....                                                                                                                | 56        |
| 2.3.1. Modelagem das variáveis produtivas .....                                                                                                                           | 56        |
| 2.3.2. Modelagem das variáveis financeiras .....                                                                                                                          | 57        |
| 2.4. Indicadores de Custos e Lucratividade .....                                                                                                                          | 61        |
| 2.5. Validação Estatística do MMPF em Relação ao MAFC .....                                                                                                               | 62        |
| 2.6. Simulação Monte Carlo para Demonstração do MMPF .....                                                                                                                | 63        |
| 2.7. Análise de Sensibilidade por Correlação de Spearman.....                                                                                                             | 64        |
| <b>3. RESULTADOS.....</b>                                                                                                                                                 | <b>65</b> |
| 3.1. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF) .....                                                                                                                | 65        |
| 3.1.1. Curvas de crescimento corporal (TGC).....                                                                                                                          | 65        |
| 3.1.2. Análise de custo e lucratividade (MAFC e MMPF) .....                                                                                                               | 67        |
| 3.1.3. Curva dos indicadores financeiros (MAFC e MMPF) .....                                                                                                              | 71        |
| 3.1.4. Curvas de regressão (MAFC e MMPF) .....                                                                                                                            | 76        |
| 3.1.5. Validação estatística (MAFC e MMPF) .....                                                                                                                          | 79        |
| 3.2. Demonstração do MMPF por SMC .....                                                                                                                                   | 80        |
| 3.3. Sensibilidade por Correlação de spearman .....                                                                                                                       | 82        |
| <b>4. DISCUSSÃO .....</b>                                                                                                                                                 | <b>85</b> |
| <b>AGRADECIMENTOS.....</b>                                                                                                                                                | <b>87</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                                                   | <b>87</b> |
| <b>ANEXOS (D).....</b>                                                                                                                                                    | <b>91</b> |
| <b>ANEXOS (E).....</b>                                                                                                                                                    | <b>92</b> |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                                                                                                             | <b>93</b> |
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                                                                                                                             | <b>94</b> |
| <b>DISCUSSÃO GERAL .....</b>                                                                                                                                              | <b>96</b> |
| <b>REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES.....</b>                                                                                                                                    | <b>99</b> |

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

|         |                                     |
|---------|-------------------------------------|
| (BMA)   | Biomassa anual                      |
| (C)     | Custo                               |
| (CA)    | Conversão alimentar                 |
| (Ca)    | Custo com alevinos                  |
| (Cad)   | Custo com administrativo            |
| (Car)   | Custo com arrendamento              |
| (Cco)   | Custo com combustível               |
| (Cee)   | Custo com energia elétrica          |
| (CESSR) | Contribuição especial social rural  |
| (CF)    | Custo fixo                          |
| (CG)    | Capital de giro                     |
| (Cma)   | Custo com manutenção                |
| (CMD)   | Cenário modelo                      |
| (Cme)   | Custo médio de produção             |
| (Cmo)   | Custo com mão de obra               |
| (Cms)   | Custo com manejo sanitário          |
| (CP)    | Ciclo de produção                   |
| (CR)    | Consumo de ração                    |
| (Cr)    | Custo com ração                     |
| (CT)    | Custo total                         |
| (CV)    | Custo variável                      |
| (D)     | Depreciação                         |
| (DE)    | Densidade de estocagem              |
| (dp)    | Desvio padrão                       |
| (EVP)   | Extragrande volume produtivo        |
| (EXP)   | Exponencial de crescimento corporal |
| (f)     | Função                              |

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| (FC)                | Fluxo de caixa                   |
| (FCA)               | Fluxo de caixa acumulado         |
| (FCD)               | Fluxo de caixa descontado        |
| (FLC)               | Fluxo líquido de caixa           |
| (GVP)               | Grande volume produtivo          |
| (I <sub>0</sub> )   | Investimento inicial             |
| (IR)                | Imposto sobre renda              |
| (IRR)               | Imposto de renda rural           |
| (JUV)               | Fase juvenil                     |
| (L')                | Lucro bruto                      |
| (LB)                | Lucro bruto                      |
| (LL)                | Lucro líquido                    |
| (MAE)               | Erro médio absoluto              |
| (MB)                | Margem bruta                     |
| (ML)                | Margem líquida                   |
| (MOR)               | Taxa de mortalidade              |
| (MVP)               | Médio volume produtivo           |
| (N)                 | Amostra                          |
| (NPF)               | Número de peixes finais          |
| (NPI)               | Número de peixes iniciais        |
| (Pa)                | Preço dos alevinos               |
| (P <sub>adm</sub> ) | Valor unitário de administrativo |
| (P <sub>arr</sub> ) | Valor unitário de arrendamento   |
| (Payback)           | Período de retorno de capital    |
| (P <sub>c</sub> )   | Preço de comercialização         |
| (P <sub>co</sub> )  | Valor unitário de combustíveis   |
| (PDA)               | Produtividade anual              |
| (P <sub>dep</sub> ) | Valor unitário de depreciação    |
| (PE)                | Ponto de equilíbrio              |

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| (Pee)             | Valor unitário de energia elétrica |
| (Pf)              | Peso final                         |
| (Pi)              | Peso inicial                       |
| (PM)              | Fase peso de mercado               |
| (Pman)            | Valor unitário de manutenção       |
| (Pmdo)            | Valor unitário de mão de obra      |
| (Pms)             | Valor unitário de manejo sanitário |
| (PNI)             | Ponto de nivelamento               |
| (Pr)              | Preço da ração                     |
| (Ptr)             | Valor unitário de treinamento      |
| (PVP)             | Pequeno volume produtivo           |
| (R)               | Receita                            |
| (R <sup>2</sup> ) | Coeficiente de determinação        |
| (RCB)             | Relação custo-benefício            |
| (RE)              | Receita estimada                   |
| (Rme)             | Retorno médio de capital           |
| (RMSE)            | Raíz do erro quadrático médio      |
| (RSS)             | Soma dos quadrados dos resíduos    |
| (SMC)             | Simulação Monte Carlo              |
| (SOB)             | Taxa de sobrevivência              |
| (TA)              | Temperatura da água                |
| (TGC)             | Coeficiente de crescimento térmico |
| (TIR)             | Taxa interna de retorno            |
| (TL)              | Taxa de lucratividade              |
| (TMA)             | Taxa mínima atrativa               |
| (ve)              | Variável econômica                 |
| (vp)              | Variável produtiva                 |
| (VPL)             | Valor presente líquido             |

## **AGRADECIMENTOS**

A presente dissertação não é apenas um resultado de esforço individual, e sim de um conjunto de pessoas que contribuíram anos após anos no meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional.

Agradeço primeiramente a minha família pelo apoio condicional em todas as fases de minha vida, no apoio a cada decisão em continuar estudando, me aperfeiçoando e me tornando na pessoa que sou atualmente.

Ao meu orientador prof. Dr. Guilherme Wolff Bueno, quem tem me direcionado a cada desafio, com foco e objetivo, sendo meu mentor a cada escolha e caminho a ser percorrido na minha formação acadêmica e profissional.

Ao nosso time de trabalho do Laboratório de Inovação, Criatividade e Bioeconomia – Aquário de Ideias da UNESP Campus de Registro, pelo empenho, dedicação e apoio de todos na coleta de dados que auxiliou neste projeto.

Ao prof. Wagner C. Valenti e todo setor de Carcinicultura do CAUNESP pela parceria e acolhimento nos momentos que precisei para elaboração deste projeto e todas as pessoas que me auxiliaram e tornaram amigos (as) de trabalho e para a vida.

A Piscicultura Cristalina LTDA pela parceira de mais de 10 anos com nosso grupo de pesquisa e por toda sua equipe no auxílio das coletas a campo e no fornecimento dos dados históricos para elaboração desta dissertação.

A todos os meus amigos e conhecidos, pela amizade e apoio em todos os momentos de minha escalada acadêmica e profissional.

Por fim deixo meus agradecimentos a todas as pessoas que de algum modo contribuiu na construção desta dissertação.

## DEDICATÓRIA

***“Todo o nosso conhecimento tem sua  
origem em nossas percepções”***

*(Leonardo Da Vinci)*

Dedico aos meus pais pelo incentivo constante em nunca desistir dos meus sonhos, por sempre acreditarem que “O Estudo Transforma e Cria Oportunidades”.

## **APOIO FINANCEIRO E INSTITUCIONAL**

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de mestrado no período de 01/03/2018 a 01/07/2019. Este estudo foi realizado como parte integrante de projetos anteriores pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Mudanças Climáticas, processos nº 2016/10.563-0 e nº 2018/50.022-4.

Agradeço à Empresa Piscicultura Cristalina LTDA pela parceira, apoio na logística, infraestrutura e fornecimento de dados históricos de produção e ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pelo apoio institucional ao longo do desenvolvimento dessa dissertação.

## RESUMO

O aumento exponencial da população em nível mundial tem crescido a demanda por proteínas de qualidade. Com isto, muitos produtores rurais têm migrado da atividade agrícola para a aquicultura, surgindo propriedades com diferentes níveis de produção de pescado. No entanto, com o desconhecimento das especificidades econômicas e zootécnicas, vários empreendimentos se tornaram insustentáveis economicamente, gerando endividamentos e falência dos negócios. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa consistiu em realizar uma modelagem financeira e avaliar o risco econômico da produção comercial de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de tanques-rede instalados em um reservatório tropical. O estudo é apresentado em dois capítulos, no primeiro avaliamos o risco financeiro e cenários econômicos de fazendas com grandes volumes de produção (VP), áreas aquícolas de 10 a 600 mil m<sup>3</sup>. No segundo capítulo, a partir das informações obtidas inicialmente desenvolvemos um modelo matemático de predição financeira (MMPF) integrado com o modelo matemático do coeficiente de crescimento térmico (TGC) o qual considerou variáveis de desempenho dos peixes e fatores econômicos da produção. Verificamos que os tanques-rede com volumes superiores a 51 mil m<sup>3</sup> apresentam 38,67% de probabilidade de risco financeiro e econômico, com um *Payback* acima de 10 anos e podem atingir um Valor Presente Líquido (VPL) maior que zero com uma taxa interna de retorno (TIR) menor que 8,67%. Enquanto, fazendas com área inferior a 50 mil m<sup>3</sup> apresentam 51,17% de probabilidade de insucesso financeiro e um *Payback* médio maior que 7 anos. O MMPF desenvolvido demonstrou ser eficiente para predição financeira em relação ao modelo de análise financeira clássica (MAFC) com uma média do coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,7906$ ) e erro médio absoluto (MAE = 0,3623), indicando que esta abordagem pode ser aplicada para avaliar o risco econômico da produção comercial de tilápia instaladas em lagos e reservatórios.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquicultura de precisão, bioeconomia, custo de produção, otimização de lucros, viabilidade econômica, simulação Monte Carlo.

## ABSTRACT

The exponential increase in population worldwide has been growing the demand for quality proteins. As a result, many farmers have migrated their agricultural to aquaculture, in this scenario the fish farms have different levels of scale production. However, the lack of knowledge of fish production and economic conditions, was promoted enterprises economically unsustainable, generating indebtedness and business failure. In this context, the objective of research was to perform a financial modeling and evaluate the economic risk of commercial production Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the cages installed in a tropical reservoir. The study is presented in two chapters. In the first chapter we assess the financial risk and economic scenarios of fish farms with large production volumes (VP), aquaculture areas from 10 to 600 thousand m<sup>3</sup>. In a second chapter, we used the information obtained from 1<sup>th</sup> chapter for developed a mathematical model for financial prediction (MMPF) integrated with the thermal growth coefficient mathematical model (TGC) considered fish performance variables and economic factors to tilapia production. We verified that cages with volumes over 51,000 m<sup>3</sup> have a 38.67% probability to lower financial and economic risk, obtain a payback over 10 years and result a net present value (NPV) greater than zero with an internal rate of return (IRR) of less than 8.67%. Likewise, fish farms with area of less 50,000 m<sup>3</sup> have a 51.17% the probability of financial failure and an average payback 7 years above than. The developed the MMPF model proved to be efficient for financial prediction in relation to the classic financial analysis model (MAFC) with a mean coefficient of determination ( $R^2 = 0.7906$ ) and absolute mean error (MAE = 0.3623), indicating can be applied for commercial tilapia production in cages installed in lakes and reservoirs.

**KEY-WORDS:** aquaculture, bioeconomics, cost of production, mathematical modeling, economic viability, Monte Carlo simulation.

## INTRODUÇÃO GERAL

O aumento exponencial da população em nível mundial tem crescido a demanda por alimentos, principalmente pelos de alto valor nutricional (Siqueira, 2017; FAO, 2018). Consequentemente, esta preocupação tornou-se um dos principais desafios das entidades públicas e governamentais que tratam sobre o tema da segurança alimentar, bem-estar e qualidade de vida da população, na busca de alimentos saudáveis e de alto valor biológico (Mustafa et al., 2018; FAO, 2018).

A demanda por pescado tem contribuído com o fomento e crescimento da produção aquícola, que apresenta uma estimativa de crescimento para o período de 2016 a 2030 em 46,3% da produção mundial (Siqueira, 2017; FAO, 2018). Principalmente em países em desenvolvimento como China, Vietnam, Tailândia, Índia e Chile, responsáveis por 33% das exportações mundiais de pescado e com previsão de crescimento da produção em 37,2% para o mesmo período (FAO, 2018).

Dentre eles, o Brasil apresenta cerca de 5,5 milhões de hectares de água, aproximadamente 208 lagos e reservatórios potenciais para a atividade e uma costa marítima de aproximadamente oito mil quilômetros das quais exploram menos de 1% deste potencial hídrico (Bueno et al., 2017).

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018), a produção total de pescado em 2017 atingiu um marco histórico de 171 milhões de toneladas, sendo destes 88% para o consumo humano direto (alimentação). Com um consumo *per capita* de 20,3 kg ao ano, com potencial de atingir 22,5 kg *per capita* ao ano até 2030, representando um incremento maior que 17 milhões de toneladas de pescado ao ano (FAO, 2018).

Deste percentual, a aquicultura representou 64,4% da produção total de pescado em 2017 ultrapassando a pesca e captura extensiva (35,6%), com uma produção de 110 milhões de toneladas gerando um valor de 243.500 milhões de US\$ para a economia global (FAO, 2018). Sendo a piscicultura continental responsável por 54,1 milhões de toneladas da produção total de

pescado (49,1% da produção total), resultando em 138.500 milhões de US\$ com a comercialização de peixes em 2017 para a economia global (FAO, 2018).

Dentre as principais espécies de peixes continentais produzidas, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), cuja produção mundial em 2017 foi de aproximadamente 4,20 milhões de toneladas, um incremento de 14,22% em relação ao ano anterior (FAO, 2018). Tal destaque foi observado na produção nacional (Brasil), onde a espécie representa 51% da produção total de pescados, gerando 1,20 milhões de US\$ para a economia nacional (IBGE, 2018).

Somente no Estado de São Paulo, o segundo maior produtor da espécie, houve um crescimento de 75,3% no período de 2013 a 2017 (IBGE, 2018). A produção da tilápia se destaca devido às características de rusticidade e adaptação da espécie aos diversos sistemas produtivos, condições ambientais, facilidade de manejo, eficiência reprodutiva e produtiva, elevado rendimento de filé e ampla aceitação do mercado consumidor (Gómez-Ponce et al., 2011; Cai et al., 2018; Zvavahera et al., 2018).

Os cultivos em tanques-rede ou gaiolas em lagos, reservatórios e no oceano são os principais meios de produção de organismos aquáticos na Ásia e em diversos países, especialmente em rios e reservatórios (Beveridge, 2004). Garcia et al. (2014) ressaltam que no Brasil, os produtores têm optado em cultivar *O. niloticus* em gaiolas ou tanques-rede com densidades entre 80 e 120 kg/m<sup>3</sup>.

Estudos econômicos têm demonstrado que o custo de produção deste sistema é elevado (Ayroza et al., 2013), além do risco devido à burocracia para a legalização dos empreendimentos (Bueno et al., 2015) e fatores ambientais como períodos de estiagem dos reservatórios, inversão térmica da água, eutrofização, sanidade, entre outros (Garcia et al., 2014; Bueno et al., 2017). Isto tem gerando uma pressão para que haja planejamento, ordenamento e monitoramento corretos da atividade para maior segurança e possibilidade de investimento (Siqueira, 2017; Mustafa et al., 2018).

Diante deste cenário, muitos produtores rurais têm migrado da atividade agrícola para a aquicultura, surgindo propriedades aquícolas em diferentes tamanhos produtivos (Guilhoto et al., 2006; MDA, 2017). No entanto, com o

desconhecimento das especificidades desta atividade por muitos produtores rurais, vários empreendimentos se tornaram insustentáveis, gerando endividamentos e até falência dos negócios (Engle, 2010; Kayo et al., 2018). Fato observado na piscicultura, por tratar-se de uma atividade com elevados custos de produção e uma pequena margem de lucro, devido à alta demanda de insumos, como a ração que representa de 60% a 80% dos custos de produção (Furlaneto et al., 2006; Brabo et al., 2013; Phiri & Yuan, 2018, David et al., 2018).

Tal realidade, frente aos cenários de incertezas políticas e econômicas, são comuns nos países em desenvolvimento, onde se concentram as maiores produções de *Oreochromis niloticus*, fatos que enfatizam a necessidade de avaliar os inúmeros riscos financeiros e econômicos que a atividade aquícola está susceptível, além de ferramentas que possibilite minimizar tais riscos e otimizar os processos produtivos a cada ciclo de produção (Engle, 2010; Siqueira, 2017; Cai et al., 2018).

A aplicação de ferramentas matemáticas e estatísticas que possibilitam mensurar o nível de risco financeiro e econômico, facilitando a compreensão de cada desembolso, com insumos, equipamentos, maquinários, até mesmo o desempenho produtivo dos animais, é de grande importância para investidores, gestores e produtores rurais, para a tomada de decisão e minimização dos riscos no gerenciamento das operações de produção. Tornando a atividade mais rentável e sustentável economicamente (Casarotto Filho & Kopittke, 2007; Ehrlich & Moraes, 2015; Siqueira, 2017; Cai et al., 2018; Valenti et al., 2018).

Neste contexto, propomos neste estudo a aplicação de ferramentas computacionais, matemáticas e estatísticas para avaliar o grau de risco financeiro e econômico da produção comercial de tilápia (*O. niloticus*) no reservatório de Chavantes, São Paulo avaliando diferentes cenários produtivos em relação ao porte das unidades de produção (fazendas hipotéticas), com base em uma fazenda modelo localizada em Fartura, Estado de São Paulo, Brasil.

Realizamos o desenvolvimento de um algoritmo base (modelo matemático de previsão financeira, MMPF) para o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas (*softwares*) no futuro, o qual integra variáveis zootécnicas, de produção, econômicas e de temperatura da água (por meio do

modelo matemático coeficiente de crescimento térmico, TGC). Para fins de, gerenciamento e planejamento financeiro para a produção de tilápia em sistemas de tanques-rede em lagos e reservatórios sob condições de clima tropical.

Além destes estudos, visamos suprir a falta de materiais técnicos, científicos e tecnológicos, para avaliação e tomada de decisão com a produção de tilápia em nestes ambientes, diante dos riscos produtivos, financeiros, econômicos e climáticos que a atividade aquícola é influenciada.

Desta forma, como resultado desta dissertação de mestrado foi elaborado dois artigos científicos, sendo o capítulo 1 intitulado de: **“Risco financeiro e cenário econômicos de fazendas de grande porte para produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede em São Paulo, Brasil”**, que será submetido para o periódico *“Aquaculture Economic and Management”*. O capítulo 2, intitulado de: **“Modelo matemático de predição financeira (MMPF) para produção comercial de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em lagos e reservatórios de clima tropical”**.

Neste segundo capítulo, desenvolvemos uma ferramenta matemática (algoritmo) de predição financeira para a produção comercial de tilápia que será submetido para depósito e posterior obtenção de um registro de *softwares* e patente de processo junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

## OBJETIVO GERAL

Realizar uma modelagem financeira, avaliar o risco econômico e desenvolver um modelo matemático de predição financeira para produção comercial de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de tanques-rede instalados em um reservatório tropical.

## **CAPÍTULO 1**

### **RISCO FINANCEIRO E CENÁRIO ECONÔMICOS DE FAZENDAS DE GRANDE PORTE PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM TANQUES-REDE, SÃO PAULO, BRASIL**

Maicon da Rocha Brande<sup>1</sup> e Guilherme Wolff Bueno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Caunesp – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Código Postal: 14884-900. [brandes.mdr@gmail.com](mailto:brandes.mdr@gmail.com)

#### **RESUMO**

Avaliamos o risco financeiro e cenário econômicos em fazendas de grande porte (volume de produção, VP de 10 a 600 mil m<sup>3</sup>) para a produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de tanques-rede. No período de 2014 a 2019 coletamos dados de produção da *O. niloticus* de 232 lotes de produção (média do ciclo em 189 dias), cultivadas em tanques-rede de 48,5m<sup>3</sup> e densidade de estocagem média de 100 peixes por m<sup>3</sup>, instalada em uma fazenda comercial localizada no reservatório de Chavantes, São Paulo, Brasil. Paralelo, acompanhamos os dados de produção de dezoito lotes de produção da fazenda modelo (CMD), que representa 270 mil m<sup>3</sup> de volume produção para realizar uma modelagem econômica com análise de custos e lucratividade, viabilidade econômica, análise de risco e sensibilidade por simulação Monte Carlo. Elaboramos quatro cenários com base no tamanho das fazendas baseado no volume de produção (m<sup>3</sup>), sendo: PVP (10 a 50 mil m<sup>3</sup>), MVP (51 a 150 mil m<sup>3</sup>), GVP (151 a 300 mil m<sup>3</sup>) e EVP (> 301 m<sup>3</sup>) e analisamos o grau de risco financeiro e econômico da produção de tilápia em tanques-rede. Observamos que, os cenários MVP, GVP e EVP apresentam risco médio-baixo em 38,67% de probabilidade. Enquanto o cenário PVP apresenta risco médio com tendência a médio-alto em 51,17% de probabilidade. As pisciculturas com volume de produção acima de 51 mil m<sup>3</sup> apresentam probabilidade de 35,7% menor risco financeiro e econômico com *Payback* menor que 10 menor.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquicultura de precisão, análise de sensibilidade, bioeconomia, viabilidade econômica, simulação Monte Carlo.

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as principais espécies de organismos aquáticos produzidos no mundo, a tilápia (*Oreochromis niloticus*) se destaca como a segunda espécie mais produzida depois das carpas, com uma produção de 4,20 milhões de toneladas em 2017 (FAO, 2018). No Brasil, a espécie é responsável por 51% da produção total de pescado cultivado, representando um crescimento de 75% da produção nos últimos cinco anos, apenas no Estado de São Paulo (IBGE, 2018).

Este destaque da produção de tilápia está relacionado ao potencial produtivo da espécie, por sua adaptação a diversos sistemas de produção, resistência ao manejo, características de rápido crescimento corporal, eficiência reprodutiva e produtiva, elevado rendimento de filé e aceitação do mercado consumidor (Gómez-Ponce et al., 2011; Cai et al., 2018; Zvavahera et al., 2018).

No entanto, a tilapicultura como qualquer outro setor produtivo, está passível de inúmeras incertezas, principalmente por se tratar de organismos aquáticos, que estão sujeitos às condições climáticas (Santos et al., 2013; Bueno et al., 2017; Cai et al., 2018), no qual baixas temperaturas podem acarretar altas mortalidades e perdas produtivas (Dumas et al., 2010; Zvavahera et al., 2018).

Além do aumento nos preços dos insumos, ração e alevinos, as variações no preço de comercialização e volatilidade nas taxas de juros no mercado podem ocasionar aumento nos custos de produção e prejuízos ao produtor rural, inviabilizando financeiramente a atividade (Zhang & Zheng, 2016; Ngoc et al., 2016).

Para que a atividade aquícola seja viável, rentável e minimize os riscos financeiros, devemos compreender cada etapa do sistema produtivo, conhecendo efetivamente os indicadores zootécnicos da espécie produzida e os desembolsos nas aquisições dos insumos para a produção (Engle, 2010; Asche et al., 2018). Dos quais, são necessários para mensurar os custos variáveis e fixos com a atividade aquícola, além de serem fundamentais na definição dos indicadores financeiros como a receita bruta, lucro bruto, margem

de lucratividade, custo médio de produção e retorno médio de capital ao produtor rural (Ardalan, 2017; Valenti et al., 2018; Brande et al., 2019).

Estes indicadores facilitam o gerenciamento e a tomada de decisão a cada ciclo de produção, possibilitando avaliar o desempenho financeiro da atividade ciclo a ciclo de produção e no longo prazo da atividade (Erlach & Moraes, 2015; Kayo et al., 2018).

Assim, podemos estimar o retorno do capital investido na atividade, por meio do fluxo de caixa (entradas e saídas) com aplicação dos indicadores de viabilidade econômica, como: taxa interna de retorno, valor presente líquido, período de retorno do capital e relação custo-benefício (Engle, 2010; Misund, 2018; Valenti et al., 2018).

Neste contexto, a aplicação de ferramentas computacionais vem sendo utilizada cada vez mais por pesquisadores no segmento de gerenciamento e tomada de decisão sobre riscos financeiros na produção (Kumar & Engle, 2016). Elas possibilitam interações entre variáveis como temperatura da água, ciclo de produção, preço de comercialização, preço dos insumos, taxa de juros sobre capital, entre outros (Cai et al., 2018; Ashe et al., 2018).

Dentre os modelos computacionais existentes, o modelo de simulação Monte Carlo possibilita inúmeras interações estocásticas, definindo efetivamente a probabilidade da ocorrência de um determinado valor para uma variável de interesse (Ngoc et al., 2016; David et al., 2018).

Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar o risco financeiro e cenário econômicos em fazendas de grande porte para a produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistema de tanques-rede. Sendo avaliada a hipótese se os cenários de maior volume de água produtiva (tamanho das fazendas em m<sup>3</sup>) apresentam menores riscos financeiros e econômicos em relação aos cenários de área de menor volume de água produtiva (tamanho das fazendas em m<sup>3</sup>), devido à capacidade de escalabilidade de produção.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

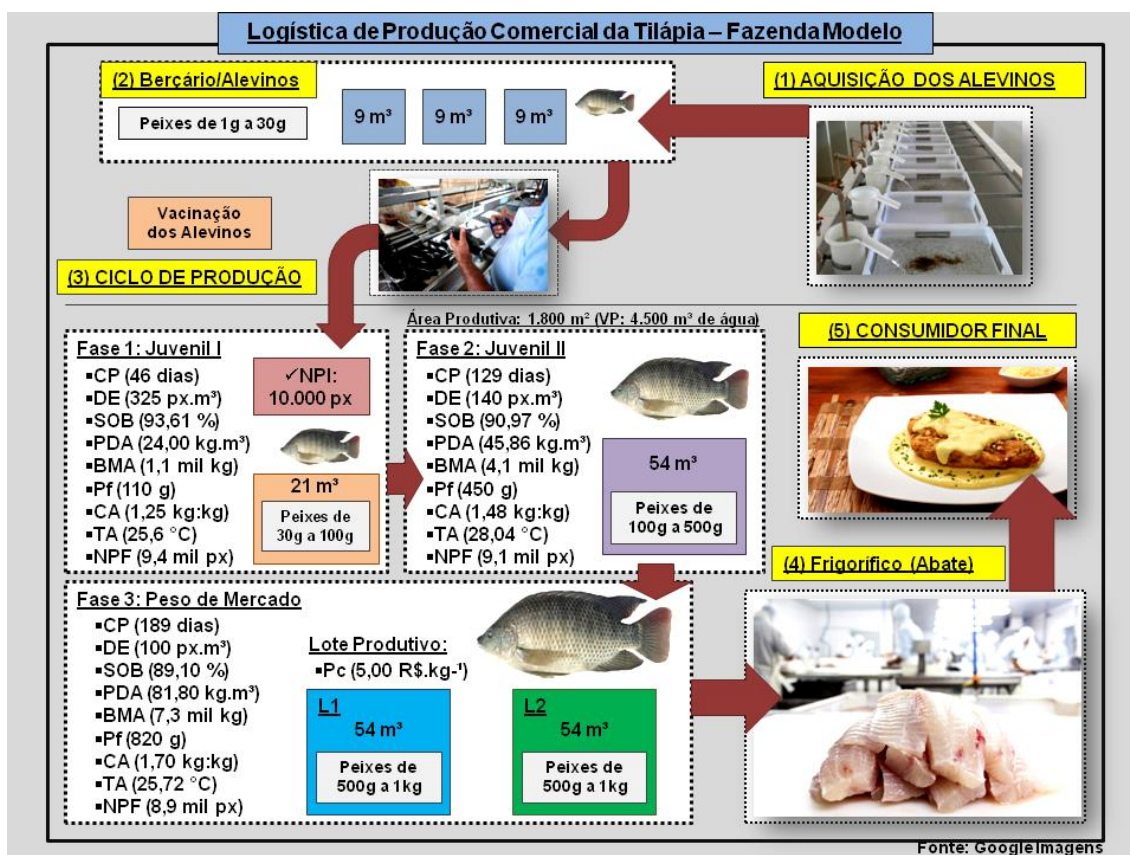
Obtivemos dados da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de 232 tanques-rede (tamanho médio de 36,25 m<sup>3</sup>) em uma fazenda de alta produção (Figura 2) localizada no reservatório de Chavantes, São Paulo, Brasil (644.481 E, 7.413.975 N) durante 2014 a 2019.



**Figura 1.** Vista aérea da fazenda de produção comercial da tilápia (*O. niloticus*) em sistemas de tanques-rede, Chavantes, São Paulo, Brasil; (Fonte: Piscicultura Cristalina).

Paralelamente, nesta fazenda comercial acompanhamos uma produção modelo com dezoito lotes comerciais (2017-2019) durante todo o ciclo de produção (em média de 189 dias por ciclo) onde coletamos dados de produtividade e econômicos como: peso inicial e final dos peixes, períodos produtivos (ciclos em dias), temperatura da água, ganho de peso, mortalidade, número de peixes iniciais, consumo de ração, preço dos alevinos, preço de insumos e outros. Posteriormente, calculamos os indicadores de desempenho produtivo, custos, lucratividade e viabilidade econômica para cada ciclo de produção, dos quais utilizamos como cenário modelo (CMD) de acordo com as

informações produtivas apresentadas na Figura 2, para elaboração dos cenários produtivos na avaliação dos riscos financeiros e econômicos.



**Figura 2.** Esquema do sistema de produção e etapas por fase produtiva até o consumidor final da fazenda comercial de produção de tilápia em estudo. CP=ciclo de produção; DE=densidade de estocagem; SOB=taxa de sobrevivência; PDA=produtividade média por ciclo; BMA=biomassa média por ciclo; Pf=peso final; CA=conversão alimentar; TA=temperatura média da água; NPF=número de peixes finais; NPI=número de peixes iniciais; Pc=preço de comercialização; VP=volume de área produtiva; L<sub>1-2</sub>=lotes de produção; (Elaboração: Autores).

Elaboramos quatro cenários distintos para avaliar o desempenho financeiro, a viabilidade econômica e os riscos financeiros e econômicos de produção comercial da tilápia em reservatórios tropicais de empreendimentos de grande porte, considerando o volume de água produtiva (VP) como tamanho do empreendimento aquícola, ou seja, volume de água demandado com todas as infraestruturas de taques-rede, balsas flutuantes, boias e dentre outros, para operacionalização da atividade.

Para isto, acompanhamos uma **propriedade modelo (CMD)** com VP = 270.000 m<sup>3</sup> de água (com uma área produtiva de 10,8 hectares de lâmina d'água e profundidade média de 2,5 metros) e a partir destes valores de referência em relação ao dimensionamento e logística da produção comercial da tilápia (Figura 2), organizamos quatro cenários, sendo: **pequeno volume (PVP)**, entre 10 a 50 mil m<sup>3</sup> de água; **médio volume (MVP)** de 51 a 150 mil m<sup>3</sup> de água; **grande volume (GVP)** de 151 a 300 mil m<sup>3</sup> de água; e **extragrande (EVP)** com volumes acima de 301 mil m<sup>3</sup> de água.

Consideramos como variáveis comuns para todos os cenários de projeções financeiras: ciclo de produção (dias), temperatura da água, taxa de mortalidade, conversão alimentar, preço de comercialização, preço dos alevinos e preço da ração, sendo as variáveis: número de peixes iniciais e taxa mínima atrativa as variáveis de influencia na dimensão dos cenários nas análises produtivas, financeiras e econômicas.

Diante disto, estimamos a demanda de capital e os riscos financeiros da produção de tilápia em tanques-rede com base na metodologia proposta por Engle (2010) e Gebrezgabher et al. (2012). Os dados de investimento inicial ( $I_0$ ) foram projetados de acordo com sua vida útil em 20 anos, 10 anos, 5 anos e 3 anos de acordo com a categoria dos bens de infraestrutura, equipamentos e materiais respectivamente. A análise financeira deste estudo inclui as análises de custos e lucratividade, fluxo de caixa, viabilidade econômica e riscos financeiros.

## 2.1. Análise de Custos e Lucratividade

Organizamos a estrutura de cálculo dos custos totais de produção (CT) em custo variável (CV) composto por desembolsos com ração, alevinos, manejo sanitário, combustível, contribuição especial para a seguridade social rural (CESSR, valor descontado sobre a receita estimada) e treinamentos, sendo os custos que variam de acordo com a produção; e custo fixo (CF) que foi considerado a mão de obra, manutenção, energia elétrica, administrativo, arrendamento e depreciação (DEP, depreciação linear com base na receita federal do Brasil), sendo o CF a demanda de desembolsos mensais

independente da operacionalização com a atividade aquícola (calculamos todos os valores em valores reais no fluxo de caixa).

Em seguida, estimamos os indicadores financeiros para custos e lucratividade com base no volume de água produtiva (em m<sup>3</sup>) e na quantidade produzida (em kg). Logo após, aplicamos o indicador ponto de equilíbrio (PE) e estimamos o volume de produção (kg) para quitar os custos com a atividade (lucro = “zero”), mediante a demanda de investimentos para cada cenário produtivo. Para estimativa destes indicadores utilizamos a metodologia proposta por Ferreira (2009), Hoji (2010), Engle (2010) e Erlich & Moraes (2015), de acordo com as seguintes equações:

$$\text{Custo Total (CT)} = (CV + CF) \quad (1)$$

Cálculo da depreciação (D):

$$\text{Depreciação (D)} = \left[ \frac{(\text{Valor novo}_{bem} - \text{Valor de sucata}_{bem})}{\text{Vida útil}_{bem}} \right] \quad (2)$$

$$\text{Receita Estimada (RE)} = (Pc . BMA) \quad (3)$$

$$\text{Lucro Bruto (LB)} = (RE - CT) \quad (4)$$

$$\text{Imposto de Renda (IR)} = LB . \%IR_{\text{Dedução Fiscal}} \quad (5)$$

$$\text{Lucro Líquido (LL)} = LB - IR_{\text{Calculado}} \quad (6)$$

$$CV' = \left( \frac{CV}{VP} \right) \quad (7)$$

$$CF' = \left( \frac{CF}{VP} \right) \quad (8)$$

$$CT' = \left( \frac{CT}{VP} \right) \quad (9)$$

$$\text{Custo Médio de Produção (CMP)} = \left( \frac{CT}{BMA} \right) \quad (10)$$

$$\text{Margem de Resultado Líquido (MRL)} = (Pc - CMP) \quad (11)$$

$$\text{Taxa de Lucratividade (TL)} = \left[ \left( \frac{LL}{RE} \right) \cdot 100 \right] \quad (12)$$

$$\text{Ponte de Equilíbrio (PE)} = \left[ \frac{(CF + I_0 + VR + CG)}{MC} \right]^{[n]} \quad (13)$$

$$\text{Margem de Contribuição (MC)} = \left[ \frac{(RE - CV)}{BMA} \right] \quad (14)$$

Sendo, Pc = preço de comercialização dos peixes; BMA = biomassa anual; VP = volume de água produtiva em m<sup>3</sup>; I<sub>0</sub> = Investimento inicial; VR = valor residual; CG = capital de giro; n = número de anos do fluxo de caixa; IR = imposto de renda rural (de acordo com a Receita Federal do Brasil em 32% para pessoa jurídica no ano de 2019). Ao estimarmos o lucro líquido (LL) como saldo no fluxo de caixa, o valor da depreciação (D) retornou ao fluxo de caixa após a dedução fiscal do imposto de renda (IR) diante da estimativa de lucro bruto (LB) na análise de viabilidade econômica.

## 2.2. Análise de Fluxo de Caixa

Projetamos as análises de fluxo de caixa (FC) em valores reais e para todos os cenários em 10 anos, sendo metade do período total autorizado para uso do espaço físico dos recursos hídricos de domínio da união de acordo com o Decreto n. 4.895 de 2003 e a Instrução Normativa Interministerial n. 06 de 2004, que dispõe sobre ao uso de águas da União para a aquicultura no Brasil.

No momento zero do FC, incluímos os valores do investimento inicial ( $I_0$ ) e do capital de giro (CG), representando o investimento total para início da atividade, retornando o cg no final do FC. Para estimativa do cg consideramos os desembolsos necessários para operacionalização dos seis (6) primeiros meses de produção (equivalente 6 ciclos de produção completos), visto que a atividade apresenta receita com a comercialização dos peixes a partir do sétimo ciclo de produção do primeiro ano da atividade. Aplicamos todos os valores no FC a valor presente, conforme o proposto por Shang (1990), Ferreira (2019), Engle (2010) e Erlich & Moraes (2015).

### 2.3. Análise de Viabilidade Econômica

Aplicamos quatro (4) principais indicadores para verificar a viabilidade econômica de cada cenário produtivo, como: taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL), período de retorno do capital (*Payback*) e relação custo-benefício do investimento (RCB). Estes indicadores foram calculados de acordo com a metodologia proposta por Shang (1990), Jolly & Clonts (1993), Ferreira (2009), Erlich & Moraes (2015), Engle (2010) e Valenti et al. (2018), conforme as seguintes equações:

$$\sum_{t=1}^n \left[ \frac{FLC_t}{(1 + TIR)^t - FLC_0} \right]^{TMA} = 0 \quad (15)$$

$$VPL = \sum_{t=1}^n \left[ \frac{FLC_t}{(1 + TMA)^t - FLC_0} \right] \quad (16)$$

*Payback* é o tempo  $t$  descontado de uma determinada taxa de juros, que neste estudo utilizamos a TMA estimada em juros reais, quando:

$$\sum_{t=0}^n (FLC)^{TMA} = 0 \quad (17)$$

$$RCB = \sum_{t=1}^n \left[ \frac{FLC_t}{\frac{(1 + TMA)^t}{FLC_0}} \right] \quad (18)$$

Sendo, FLC = fluxo líquido de caixa, TMA = taxa mínima atrativa, n = horizonte do projeto em anos (0, 1, 2, 3... n) e t = tempo em anos.

A taxa mínima atrativa (TMA) foi estimada a uma taxa de juros reais, no qual consideramos como taxa de juros nominal a meta da taxa básica de juros (Serviço especial de liquidação e custódia, Selic em 6,50%) para o ano de 2019 segundo o Banco Central do Brasil (BCB), somada da taxa média de juros dos certificados de recebíveis do agronegócio (CRA em 6,79 ± 0,64%) emitidos na Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) no ano de 2019 (B3, 2019). Em função da meta da taxa de inflação (4,25 ± 1,5%) para o ano de 2019 (BCB, 2019), sendo o CRA o fator prêmio ou risco assumido na estimativa da TMA em juros reais. Para isto, utilizamos a metodologia proposta por Graham & Harvey (2001), Ferreira (2009), Hoji (2010) e Erlich & Moraes (2015), de acordo com a seguinte equação:

$$TMA_{\text{juros reais}} = \left[ \left[ \frac{(1 + \overbrace{\text{Selic}_{2019}}^{\text{Taxa Nominal de Juros}} + \overbrace{\text{CRA}_{2019}}^{\text{Prêmio ou Risco}})}{(1 + \text{inflação}_{2019})} \right] - 1 \right] \cdot 100 \quad (19)$$

## 2.4. Análise de Simulação Monte Carlo (SMC)

Aplicamos a simulação Monte Carlo (SMC) para verificar o nível de risco financeiro e econômico da produção comercial de tilápia entre os cenários produtivos (PVP, MVP, GVP e EVP) por meio do *software* @RISK 7.6 Professional (Palisade Corporation, Ithaca, New York, EUA, registro ID número 7112268). Estimamos as probabilidades estocásticas da ocorrência dos valores de TIR, VPL e *Payback* (variáveis estocásticas de saída) utilizando 10.000 interações (Ferreira, 2009; Engle, 2010; Erlich & Moraes, 2015).

Para todos os cenários definimos as variáveis estocásticas de entrada em duas classes (Tabela 2), (1) variáveis de produção (vp): dia de produção, temperatura da água, taxa de mortalidade, conversão alimentar e número de peixes iniciais; (2) variáveis econômicas (ve): preço de comercialização, preço dos alevinos, preço da ração, taxa básica de juros (Selic), taxa de rendimentos do CRA (certificado de recebíveis do agronegócio) e taxa de inflação (valores para o ano de 2019).

As distribuições para as (vp) foram definidas de acordo com o comportamento observado das variáveis de entrada de toda base de dados da fazenda em estudo (2017 a 2019), por teste de normalidade dos dados e com base na tomada de decisão dos gestores da atividade aquícola em relação ao comportamento de mercado na variação dos preços dos insumos para as (ve). Para as variáveis taxa Selic, taxa CRA e taxa Inflação, simulamos a variação dos valores de acordo com a meta da inflação para 2019, mediante os dados do banco central do Brasil para 2019 (BCB, 2019).

**Tabela 1.** Valores das variáveis estocásticas de entrada na simulação de Monte Carlo (SMC) e tipo de distribuição dos valores para todos os cenários produtivos.

| Variáveis Estocásticas |                                   | SMC          |            | Distribuição |
|------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|--------------|
|                        |                                   | Valores      |            |              |
|                        |                                   | (mín.; máx.) | + Provável |              |
| vp                     | CP (dias)                         | (181; 245)   | -          | Uniforme     |
|                        | TA (°C)                           | (24; 28)     | 26,5       | Triângular   |
|                        | MOR (%)                           | (9; 13)      | -          | Uniforme     |
|                        | CA (kg)                           | (1,15; 1,72) | 1,43       | Triângular   |
|                        | NPI <sub>PVP</sub> (em milhões)   | (0,05; 0,23) |            | Uniforme     |
|                        | NPI <sub>MVP</sub> (em milhões)   | (0,28; 0,50) |            | Uniforme     |
|                        | NPI <sub>GVP</sub> (em milhões)   | (0,70; 1,25) |            | Uniforme     |
|                        | NPI <sub>EVP</sub> (em milhões)   | (1,75; 3,00) |            | Uniforme     |
| ve                     | Pc (R\$.kg <sup>-1</sup> )        | (4,75; 5,25) | 5,00       | Triângular   |
|                        | Pa (R\$.peixe <sup>-1</sup> )     | (0,12; 0,36) | -          | Uniforme     |
|                        | Pr (R\$.kg <sup>-1</sup> )        | (1,50; 2,50) | 2,00       | Triângular   |
|                        | Taxa Selic <sub>2019</sub> (%)    | (4,21; 8,79) | 6,50       | Triângular   |
|                        | Taxa Inflação <sub>2019</sub> (%) | (2,75; 5,75) | 4,25       | Triângular   |
|                        | Taxa CRA <sub>2019</sub> (%)      | (4,39; 9,19) | 6,79       | Triângular   |

SMC=simulação Monte Carlo; CP=ciclo de produção; TA=temperatura d'água; MOR=taxa de mortalidade; CA=conversão alimentar; NPI=número de peixes iniciais; Pc=preço de comercialização; Pa=preço dos alevinos; Pr=preço da ração; TMA=taxa mínima atrativa; vp=variáveis de produção; ve=variáveis econômicas; PVP=cenário pequeno volume de água produtiva; MVP=cenário médio volume de água produtiva; GVP=cenário grande volume de água produtiva; EVP=cenário extragrande volume de água produtiva; CRA=certificado de recebíveis do agronegócio; Selic=sistema especial de liquidação e custódia

A partir disto, realizamos as SMC por meio de interações entre estas variáveis estocásticas para cada variável de saída (TIR, VPL e *Payback*), mediante o proposto por Gentle (1998), Vose (2008) e Gebrezgabher et al. (2012), conforme as seguintes equações de probabilidade estocástica:

$$\int_a^b f(TIR_1, TIR_2, TIR_3, \dots, TIR_k) \partial TIR = \text{probabilidade } \{a \leq TIR \leq b\} \quad (20)$$

$$\int_a^b f(VPL_1, VPL_2, VPL_3, \dots, VPL_k) \partial VPL = \text{probabilidade } \{a \leq VPL \leq b\} \quad (21)$$

$$\int_a^b f(\text{Payback}_1, \dots, \text{Payback}_k) \partial \text{Payback} = \text{probabilidade } \{a \leq \text{Payback} \leq b\} \quad (22)$$

Sendo,  $f$  = função probabilística; TIR, VPL e *Payback* <sub>(1,2,3,...,k)</sub> = variáveis estocásticas de saída; a e b = intervalo de probabilidade de ocorrência de TIR<sub>k</sub>, VPL<sub>k</sub> e *Payback*<sub>k</sub>.

## 2.5. Análise de Sensibilidade ao Risco Financeiro e Econômico

Aplicamos uma análise de sensibilidade para verificar as variáveis estocásticas de entrada de maior influência na probabilidade da ocorrência das variáveis de saída, conforme a metodologia aplicada por Engle 2010 e Gebrezgabher et al. (2012).

Dentre as variáveis de entrada (x), identificamos as variáveis de maior influência nos resultados como: Pr, Pc, CA, NPI, CP e TA. Diante disto, aplicamos uma correlação de *spearman* ( $\rho$ ) (Merton, 1974), por meio do *software* @RISK entre estas variáveis (x) e a variáveis estocásticas de saída (y): CMP, TIR, VPL, PDA, BMA, RE e  $I_0$  (investimento inicial), para todos os cenários produtivos conforme a seguinte equação:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (23)$$

Sendo,  $n$  = o número de pares das variáveis  $(x_i; y_i)$ ,  $d_i$  = (pontos de  $x_i$  entre os valores das variáveis  $x$ ) – (pontos de  $y_i$  entre os valores das variáveis  $y$ ). Se os postos das variáveis  $x$  são exatamente iguais aos pontos das variáveis  $y$ , então todos os  $d_i$  serão zero e  $\rho$  será igual a um (1).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Desempenho Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos

A implantação da fazenda produtora de tilápia de grande volume de produção em tanques-rede no CMD apresenta investimento inicial de 3,022 em milhões de reais (Tabela 2). Destes, representam 91,96% (2,780 milhões de reais) desembolsos com infraestrutura; 1,53% (0,046 milhões de reais) com equipamentos e 0,57% (0,017 em milhões de reais) com materiais e utensílios (Tabela 10, Anexo A).

**Tabela 2.** Indicadores de custos e lucratividade no cenário modelo de produção (CMD) com volume de água produtiva de 270 mil m<sup>3</sup> da *Oreochromis niloticus* em tanques-rede instalados em reservatório tropical.

| Indicadores                                                      | CMD (270 mil m <sup>3</sup> de água) |             |             |             |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                                                  | Valores                              |             |             |             |
|                                                                  | (média)                              | (dp)        | (mín.)      | (máx.)      |
| <b>(i) Volume Produtivo (em mil, m<sup>3</sup> de água)</b>      | <b>270,00</b>                        | -           | -           | -           |
| <b>(ii) Investimento Inicial (em milhões, R\$)</b>               | <b>3,02</b>                          | -           | -           | -           |
| <b>(iii) Receita Estimada (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>4,17</b>                          | <b>0,25</b> | <b>3,86</b> | <b>4,57</b> |
| - Produção (em milhões, kg.ano <sup>-1</sup> )                   | 0,83                                 | 0,05        | 0,77        | 0,91        |
| - Preço de Comercialização (R\$.kg <sup>-1</sup> )               | 5,00                                 | 0,00        | 5,00        | 5,00        |
| <b>(iv) Custo Variável (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>3,01</b>                          | <b>0,16</b> | <b>2,85</b> | <b>3,19</b> |
| - Ração                                                          | 2,54                                 | 0,15        | 2,38        | 2,71        |
| - Alevinos                                                       | 0,14                                 | 0,00        | 0,14        | 0,14        |
| - Manejo Sanitário                                               | 0,19                                 | 0,00        | 0,19        | 0,19        |
| - Combustível                                                    | 0,06                                 | 0,00        | 0,06        | 0,06        |
| - Treinamento                                                    | 0,00                                 | 0,00        | 0,00        | 0,00        |
| - CESSR (2,1% da RE)                                             | 0,09                                 | 0,01        | 0,08        | 0,10        |
| <b>(v) Custo Fixo (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>         | <b>0,63</b>                          | <b>0,00</b> | <b>0,63</b> | <b>0,63</b> |

|                                                               |              |             |              |              |
|---------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| - Mão de Obra                                                 | 0,23         | 0,00        | 0,23         | 0,23         |
| - Manutenção                                                  | 0,05         | 0,00        | 0,05         | 0,05         |
| - Energia Elétrica                                            | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00         |
| - Administrativo                                              | 0,02         | 0,00        | 0,02         | 0,02         |
| - Arrendamento                                                | 0,08         | 0,00        | 0,08         | 0,08         |
| - Depreciação                                                 | 0,25         | 0,00        | 0,25         | 0,25         |
| <b>(vi) Custo Total (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>3,64</b>  | <b>0,16</b> | <b>3,48</b>  | <b>3,82</b>  |
| <b>(vi) Lucro Bruto (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,53</b>  | <b>0,16</b> | <b>0,34</b>  | <b>0,78</b>  |
| - IR (32% do LB)                                              | 0,17         | 0,05        | 0,11         | 0,25         |
| <b>(vii) Lucro Líquido (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>0,36</b>  | <b>0,11</b> | <b>0,23</b>  | <b>0,53</b>  |
| <b>(A) RE (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>15,46</b> | <b>0,93</b> | <b>14,28</b> | <b>16,92</b> |
| <b>(B) CV (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>11,15</b> | <b>0,58</b> | <b>10,56</b> | <b>11,81</b> |
| <b>(C) CF (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>2,34</b>  | <b>0,00</b> | <b>2,34</b>  | <b>2,34</b>  |
| <b>(D) CT (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>13,50</b> | <b>0,58</b> | <b>12,90</b> | <b>14,15</b> |
| <b>(E) LB (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,96</b>  | <b>0,60</b> | <b>1,27</b>  | <b>2,90</b>  |
| <b>(F) LL (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,34</b>  | <b>0,41</b> | <b>0,86</b>  | <b>1,97</b>  |
| <b>(G) CMP (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>4,37</b>  | <b>0,16</b> | <b>4,14</b>  | <b>4,56</b>  |
| <b>(H) MRL (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>0,63</b>  | <b>0,16</b> | <b>0,44</b>  | <b>0,86</b>  |
| <b>(i) TL (%.ano<sup>-1</sup>)</b>                            | <b>8,56</b>  | <b>2,22</b> | <b>6,05</b>  | <b>11,66</b> |
| <b>(J) PE (em mil, kg.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>     | <b>2,24</b>  | <b>0,22</b> | <b>1,97</b>  | <b>2,52</b>  |

CMD=cenário modelo; CESSR=contribuição especial para a seguridade social rural; IR=imposto de renda; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; CMP=custo médio de produção; MRL=margem de resultado líquido; TL=taxa de lucratividade; PE=ponto de equilíbrio da produção.

O custo médio de produção (CMP) apresentou valor de R\$ 4,37 ± 0,16 por quilograma produzido, com uma margem de resultado líquido (MRL) de R\$ 0,63 ± 0,16. Diante disto, apresenta um lucro antes do imposto de renda (IR) no valor de 0,530 ± 0,160 em milhões de reais e uma taxa de lucratividade líquida (TL) de 8,56 ± 2,22% ao ano. Com um custo total de produção no valor de 3,640 ± 0,160 em milhões de reais e dentre os principais desembolsos com insumos, 69,78% foram desembolsos com ração representando um montante de 2,540 ± 0,150 milhões de reais por ano.

**Tabela 3.** Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de pequeno volume de água produtiva (PVP) de 10 mil a 50 mil m<sup>3</sup>.

| Indicadores                                                      | PVP<br>(10 a 50 mil m <sup>3</sup> de água)<br>Valores |              |              |              |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                                                  | (média)                                                | (dp)         | (mín.)       | (máx.)       |
| <b>(i) Volume Produtivo (em mil, m<sup>3</sup> de água)</b>      | <b>31,50</b>                                           | <b>17,09</b> | <b>10,13</b> | <b>50,63</b> |
| <b>(ii) Investimento Inicial (em milhões, R\$)</b>               | <b>0,39</b>                                            | <b>0,19</b>  | <b>0,16</b>  | <b>0,60</b>  |
| <b>(iii) Receita Estimada (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>0,49</b>                                            | <b>0,27</b>  | <b>0,14</b>  | <b>0,86</b>  |
| - Produção (em milhões, kg.ano <sup>-1</sup> )                   | 0,10                                                   | 0,05         | 0,03         | 0,17         |
| - Preço de Comercialização (R\$.kg <sup>-1</sup> )               | 5,00                                                   | 0,00         | 5,00         | 5,00         |
| <b>(iv) Custo Variável (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,35</b>                                            | <b>0,19</b>  | <b>0,11</b>  | <b>0,60</b>  |
| - Ração                                                          | 0,30                                                   | 0,16         | 0,09         | 0,51         |
| - Alevinos                                                       | 0,02                                                   | 0,01         | 0,01         | 0,03         |
| - Manejo Sanitário                                               | 0,02                                                   | 0,01         | 0,01         | 0,04         |
| - Combustível                                                    | 0,01                                                   | 0,00         | 0,00         | 0,01         |
| - Treinamento                                                    | 0,00                                                   | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| - CESSR (2,1% da RE)                                             | 0,01                                                   | 0,01         | 0,00         | 0,02         |
| <b>(v) Custo Fixo (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>         | <b>0,09</b>                                            | <b>0,04</b>  | <b>0,04</b>  | <b>0,14</b>  |
| - Mão de Obra                                                    | 0,03                                                   | 0,01         | 0,01         | 0,04         |
| - Manutenção                                                     | 0,01                                                   | 0,00         | 0,00         | 0,01         |
| - Energia Elétrica                                               | 0,00                                                   | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| - Administrativo                                                 | 0,02                                                   | 0,00         | 0,02         | 0,02         |
| - Arrendamento                                                   | 0,01                                                   | 0,01         | 0,00         | 0,02         |
| - Depreciação                                                    | 0,03                                                   | 0,02         | 0,01         | 0,05         |
| <b>(vi) Custo Total (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>       | <b>0,45</b>                                            | <b>0,23</b>  | <b>0,15</b>  | <b>0,74</b>  |
| <b>(vi) Lucro Bruto (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>       | <b>0,04</b>                                            | <b>0,04</b>  | <b>-0,01</b> | <b>0,13</b>  |
| - IR (32% do LB)                                                 | 0,01                                                   | 0,01         | 0,00         | 0,04         |
| <b>(vii) Lucro Líquido (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,03</b>                                            | <b>0,03</b>  | <b>-0,01</b> | <b>0,09</b>  |
| <b>(A) RE (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>15,46</b>                                           | <b>0,88</b>  | <b>14,28</b> | <b>16,92</b> |
| <b>(B) CV (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>11,26</b>                                           | <b>0,57</b>  | <b>10,59</b> | <b>12,09</b> |
| <b>(C) CF (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>3,27</b>                                            | <b>0,73</b>  | <b>2,67</b>  | <b>4,27</b>  |
| <b>(D) CT (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>14,52</b>                                           | <b>0,98</b>  | <b>13,25</b> | <b>16,35</b> |
| <b>(E) LB (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>0,94</b>                                            | <b>0,98</b>  | <b>-0,83</b> | <b>2,55</b>  |
| <b>(F) LL (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>0,64</b>                                            | <b>0,67</b>  | <b>-0,57</b> | <b>1,73</b>  |
| <b>(G) CMP (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>4,70</b>                                            | <b>0,31</b>  | <b>4,25</b>  | <b>5,29</b>  |
| <b>(H) MRL (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,30</b>                                            | <b>0,31</b>  | <b>-0,29</b> | <b>0,75</b>  |
| <b>(i) TL (%.ano<sup>-1</sup>)</b>                               | <b>4,03</b>                                            | <b>4,21</b>  | <b>-3,97</b> | <b>10,23</b> |
| <b>(J) PE (em mil, kg.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>        | <b>2,53</b>                                            | <b>1,22</b>  | <b>0,91</b>  | <b>4,34</b>  |

PVP=pequeno volume de água produtiva; CESSR=contribuição especial para a seguridade social rural; IR=imposto de renda; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; CMP=custo médio de produção; MRL=margem de resultado líquido; TL=taxa de lucratividade; PE=ponto de equilíbrio da produção.

Em relação aos cenários hipotéticos, o cenário PVP (10 a 50 mil m<sup>3</sup> de água) apresenta uma demanda de investimento inicial no valor de 0,390 ± 0,190 em milhões de reais, sendo este o cenário de menor desembolso com capital fixo (Tabela 3). Apresentando uma taxa de lucratividade (TL) média anual de 4,03 ± 4,21%, a menor dentre os cenários. Sendo, os cenários acima de 51 mil m<sup>3</sup> de água (MVP, GVP e EVP) com maiores TL, com valores variando de 7,63 ± 2,15% a 8,67 ± 2,09% de retorno anual no fluxo de caixa financeiro (Tabelas 5, 6 e 7).

**Tabela 4.** Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de médio volume de água produtiva (MVP) de 51 a 150 mil m<sup>3</sup>.

| Indicadores                                                      | MVP<br>(51 a 150 mil m <sup>3</sup> de água)<br>Valores |              |              |               |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
|                                                                  | (média)                                                 | (dp)         | (mín.)       | (máx.)        |
| <b>(i) Volume Produtivo (em mil, m<sup>3</sup> de água)</b>      | <b>84,38</b>                                            | <b>21,66</b> | <b>61,88</b> | <b>112,50</b> |
| <b>(ii) Investimento Inicial (em milhões, R\$)</b>               | <b>0,97</b>                                             | <b>0,24</b>  | <b>0,73</b>  | <b>1,28</b>   |
| <b>(iii) Receita Estimada (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>1,30</b>                                             | <b>0,34</b>  | <b>0,88</b>  | <b>1,90</b>   |
| - Produção (em milhões, kg.ano <sup>-1</sup> )                   | 0,26                                                    | 0,07         | 0,18         | 0,38          |
| - Preço de Comercialização (R\$.kg <sup>-1</sup> )               | 5,00                                                    | 0,00         | 5,00         | 5,00          |
| <b>(iv) Custo Variável (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,94</b>                                             | <b>0,25</b>  | <b>0,65</b>  | <b>1,34</b>   |
| - Ração                                                          | 0,79                                                    | 0,21         | 0,54         | 1,14          |
| - Alevinos                                                       | 0,04                                                    | 0,01         | 0,03         | 0,06          |
| - Manejo Sanitário                                               | 0,06                                                    | 0,02         | 0,04         | 0,08          |
| - Combustível                                                    | 0,02                                                    | 0,00         | 0,01         | 0,02          |
| - Treinamento                                                    | 0,00                                                    | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| - CESSR (2,1% da RE)                                             | 0,03                                                    | 0,01         | 0,02         | 0,04          |
| <b>(v) Custo Fixo (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>         | <b>0,21</b>                                             | <b>0,05</b>  | <b>0,16</b>  | <b>0,28</b>   |
| - Mão de Obra                                                    | 0,07                                                    | 0,02         | 0,05         | 0,10          |
| - Manutenção                                                     | 0,02                                                    | 0,00         | 0,01         | 0,02          |
| - Energia Elétrica                                               | 0,00                                                    | 0,00         | 0,00         | 0,00          |
| - Administrativo                                                 | 0,02                                                    | 0,00         | 0,02         | 0,02          |
| - Arrendamento                                                   | 0,03                                                    | 0,01         | 0,02         | 0,03          |
| - Depreciação                                                    | 0,08                                                    | 0,02         | 0,06         | 0,11          |
| <b>(vi) Custo Total (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>       | <b>1,16</b>                                             | <b>0,30</b>  | <b>0,82</b>  | <b>1,62</b>   |
| <b>(vi) Lucro Bruto (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>       | <b>0,15</b>                                             | <b>0,07</b>  | <b>0,06</b>  | <b>0,31</b>   |
| - IR (32% do LB)                                                 | 0,05                                                    | 0,02         | 0,02         | 0,10          |
| <b>(vii) Lucro Líquido (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,10</b>                                             | <b>0,04</b>  | <b>0,04</b>  | <b>0,21</b>   |
| <b>(A) RE (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>15,46</b>                                            | <b>0,88</b>  | <b>14,28</b> | <b>16,92</b>  |
| <b>(B) CV (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>11,19</b>                                            | <b>0,57</b>  | <b>10,57</b> | <b>11,93</b>  |
| <b>(C) CF (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>               | <b>2,52</b>                                             | <b>0,06</b>  | <b>2,45</b>  | <b>2,59</b>   |

|                                                           |              |             |              |              |
|-----------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| <b>(D) CT (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>        | <b>13,71</b> | <b>0,57</b> | <b>13,01</b> | <b>14,52</b> |
| <b>(E) LB (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>        | <b>1,75</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,99</b>  | <b>2,79</b>  |
| <b>(F) LL (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>        | <b>1,19</b>  | <b>0,39</b> | <b>0,68</b>  | <b>1,89</b>  |
| <b>(G) CMP (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                  | <b>4,44</b>  | <b>0,16</b> | <b>4,18</b>  | <b>4,65</b>  |
| <b>(H) MRL (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                  | <b>0,56</b>  | <b>0,16</b> | <b>0,35</b>  | <b>0,82</b>  |
| <b>(i) TL (%.ano<sup>-1</sup>)</b>                        | <b>7,63</b>  | <b>2,15</b> | <b>4,73</b>  | <b>11,20</b> |
| <b>(J) PE (em mil, kg.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>2,33</b>  | <b>0,61</b> | <b>1,52</b>  | <b>3,44</b>  |

MVP=médio volume de água produtiva; CESSR=contribuição especial para a seguridade social rural; IR=imposto de renda; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; CMP=custo médio de produção; MRL=margem de resultado líquido; TL=taxa de lucratividade; PE=ponto de equilíbrio da produção.

Assim como para a taxa de lucratividade, os demais indicadores financeiros, apresentaram maiores resultados para os maiores cenários produtivos (MVP, GVP e EVP, Tabelas 4, 5 e 6) em comparação ao cenário PVP. Dos quais demonstram um lucro bruto (LB) médio anual superior a 0,150 ± 0,070 milhões de reais para o Cenário MVP, atingindo um valor médio anual de 1,080 ± 0,400 milhões de reais no cenário de maior volume de água produtiva (EVP).

**Tabela 5.** Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de grande volume de água produtiva (GVP) de 151 a 300 mil m<sup>3</sup>.

| Indicadores                                                      | GVP<br>(151 a 300 mil m <sup>3</sup> de água) |              |               |               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|---------------|---------------|
|                                                                  | Valores                                       |              |               |               |
|                                                                  | (média)                                       | (dp)         | (mín.)        | (máx.)        |
| <b>(i) Volume Produtivo (em mil, m<sup>3</sup> de água)</b>      | <b>213,75</b>                                 | <b>52,63</b> | <b>157,50</b> | <b>281,25</b> |
| <b>(ii) Investimento Inicial (em milhões, R\$)</b>               | <b>2,40</b>                                   | <b>0,58</b>  | <b>1,78</b>   | <b>3,15</b>   |
| <b>(iii) Receita Estimada (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>3,30</b>                                   | <b>0,84</b>  | <b>2,25</b>   | <b>4,76</b>   |
| - Produção (em milhões, kg.ano <sup>-1</sup> )                   | 0,66                                          | 0,17         | 0,45          | 0,95          |
| - Preço de Comercialização (R\$.kg <sup>-1</sup> )               | 5,00                                          | 0,00         | 5,00          | 5,00          |
| <b>(iv) Custo Variável (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>2,39</b>                                   | <b>0,60</b>  | <b>1,66</b>   | <b>3,35</b>   |
| - Ração                                                          | 2,01                                          | 0,51         | 1,39          | 2,85          |
| - Alevinos                                                       | 0,11                                          | 0,03         | 0,08          | 0,14          |
| - Manejo Sanitário                                               | 0,15                                          | 0,04         | 0,11          | 0,20          |
| - Combustível                                                    | 0,05                                          | 0,01         | 0,03          | 0,06          |
| - Treinamento                                                    | 0,00                                          | 0,00         | 0,00          | 0,00          |
| - CESSR (2,1% da RE)                                             | 0,07                                          | 0,02         | 0,05          | 0,10          |
| <b>(v) Custo Fixo (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>         | <b>0,50</b>                                   | <b>0,12</b>  | <b>0,38</b>   | <b>0,66</b>   |
| - Mão de Obra                                                    | 0,18                                          | 0,04         | 0,13          | 0,24          |
| - Manutenção                                                     | 0,04                                          | 0,01         | 0,03          | 0,06          |
| - Energia Elétrica                                               | 0,00                                          | 0,00         | 0,00          | 0,00          |

|                                                               |              |             |              |              |
|---------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| - Administrativo                                              | 0,02         | 0,00        | 0,02         | 0,02         |
| - Arrendamento                                                | 0,06         | 0,02        | 0,05         | 0,08         |
| - Depreciação                                                 | 0,20         | 0,05        | 0,15         | 0,26         |
| <b>(vi) Custo Total (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>2,89</b>  | <b>0,72</b> | <b>2,04</b>  | <b>4,01</b>  |
| <b>(vi) Lucro Bruto (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>0,41</b>  | <b>0,16</b> | <b>0,19</b>  | <b>0,82</b>  |
| - IR (32% do LB)                                              | 0,13         | 0,05        | 0,06         | 0,26         |
| <b>(vii) Lucro Líquido (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>0,28</b>  | <b>0,11</b> | <b>0,13</b>  | <b>0,56</b>  |
| <b>(A) RE (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>15,46</b> | <b>0,88</b> | <b>14,28</b> | <b>16,92</b> |
| <b>(B) CV (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>11,17</b> | <b>0,57</b> | <b>10,56</b> | <b>11,91</b> |
| <b>(C) CF (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>2,37</b>  | <b>0,02</b> | <b>2,34</b>  | <b>2,40</b>  |
| <b>(D) CT (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>13,54</b> | <b>0,57</b> | <b>12,89</b> | <b>14,31</b> |
| <b>(E) LB (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,92</b>  | <b>0,57</b> | <b>1,21</b>  | <b>2,90</b>  |
| <b>(F) LL (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,31</b>  | <b>0,39</b> | <b>0,82</b>  | <b>1,97</b>  |
| <b>(G) CMP (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>4,38</b>  | <b>0,16</b> | <b>4,14</b>  | <b>4,58</b>  |
| <b>(H) MRL (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>0,62</b>  | <b>0,16</b> | <b>0,42</b>  | <b>0,86</b>  |
| <b>(i) TL (%.ano<sup>-1</sup>)</b>                            | <b>8,37</b>  | <b>2,11</b> | <b>5,77</b>  | <b>11,67</b> |
| <b>(J) PE (em mil, kg.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>     | <b>2,26</b>  | <b>0,59</b> | <b>1,47</b>  | <b>3,31</b>  |

GVP=grande volume de água produtiva; CESSR=contribuição especial para a seguridade social rural; IR=imposto de renda; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; CMP=custo médio de produção; MRL=margem de resultado líquido; TL=taxa de lucratividade; PE=ponto de equilíbrio da produção.

Observamos que, em relação os desembolsos com ração, o menor cenário produtivo (PVP) apresenta a menor representação entre os custos totais (CT) de produção (66,67%), representando a maior parte dos custos o cenário EVP (69,84%), uma diferença de 3,27% no desembolso com o insumo. Verificamos que, ao aumentar o tamanho das fazendas em volume de água produtiva aumentam os custos com ração significativamente, em aproximadamente 4,820 milhões de reais por ano (desembolsos com ração).

**Tabela 6.** Indicadores de custos e rentabilidade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de extragrande volume de água produtiva (EVP), acima de 301 mil m<sup>3</sup>.

| Indicadores                                                      | EVP<br>(> 301 mil m <sup>3</sup> de água)<br>Valores |               |               |               |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                                                  | (média)                                              | (dp)          | (mín.)        | (máx.)        |
| <b>(i) Volume Produtivo (em mil, m<sup>3</sup> de água)</b>      | <b>543,75</b>                                        | <b>118,93</b> | <b>393,75</b> | <b>675,00</b> |
| <b>(ii) Investimento Inicial (em milhões, R\$)</b>               | <b>6,04</b>                                          | <b>1,31</b>   | <b>4,39</b>   | <b>7,49</b>   |
| <b>(iii) Receita Estimada (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>8,41</b>                                          | <b>1,90</b>   | <b>5,62</b>   | <b>11,42</b>  |
| - Produção (em milhões, kg.ano <sup>-1</sup> )                   | 1,68                                                 | 0,38          | 1,12          | 2,28          |

|                                                               |              |             |              |              |
|---------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| - Preço de Comercialização (R\$.kg <sup>-1</sup> )            | 5,00         | 0,00        | 5,00         | 5,00         |
| <b>(iv) Custo Variável (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>6,07</b>  | <b>1,36</b> | <b>4,16</b>  | <b>8,03</b>  |
| - Ração                                                       | 5,12         | 1,16        | 3,46         | 6,84         |
| - Alevinos                                                    | 0,28         | 0,06        | 0,20         | 0,34         |
| - Manejo Sanitário                                            | 0,39         | 0,08        | 0,28         | 0,48         |
| - Combustível                                                 | 0,11         | 0,03        | 0,08         | 0,14         |
| - Treinamento                                                 | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00         |
| - CESSR (2,1% da RE)                                          | 0,18         | 0,04        | 0,12         | 0,24         |
| <b>(v) Custo Fixo (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>      | <b>1,25</b>  | <b>0,27</b> | <b>0,91</b>  | <b>1,55</b>  |
| - Mão de Obra                                                 | 0,46         | 0,10        | 0,33         | 0,57         |
| - Manutenção                                                  | 0,11         | 0,02        | 0,08         | 0,13         |
| - Energia Elétrica                                            | 0,00         | 0,00        | 0,00         | 0,00         |
| - Administrativo                                              | 0,02         | 0,00        | 0,02         | 0,02         |
| - Arrendamento                                                | 0,16         | 0,04        | 0,12         | 0,20         |
| - Depreciação                                                 | 0,50         | 0,11        | 0,37         | 0,63         |
| <b>(vi) Custo Total (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>7,32</b>  | <b>1,63</b> | <b>5,07</b>  | <b>9,58</b>  |
| <b>(vi) Lucro Bruto (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b>    | <b>1,08</b>  | <b>0,40</b> | <b>0,51</b>  | <b>1,99</b>  |
| - IR (32% do LB)                                              | 0,35         | 0,13        | 0,16         | 0,64         |
| <b>(vii) Lucro Líquido (em milhões, R\$.ano<sup>-1</sup>)</b> | <b>0,74</b>  | <b>0,27</b> | <b>0,35</b>  | <b>1,35</b>  |
| <b>(A) RE (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>15,46</b> | <b>0,88</b> | <b>14,28</b> | <b>16,92</b> |
| <b>(B) CV (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>11,17</b> | <b>0,57</b> | <b>10,55</b> | <b>11,90</b> |
| <b>(C) CF (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>2,31</b>  | <b>0,01</b> | <b>2,30</b>  | <b>2,32</b>  |
| <b>(D) CT (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>13,47</b> | <b>0,57</b> | <b>12,85</b> | <b>14,22</b> |
| <b>(E) LB (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,99</b>  | <b>0,57</b> | <b>1,30</b>  | <b>2,95</b>  |
| <b>(F) LL (R\$.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>            | <b>1,35</b>  | <b>0,39</b> | <b>0,88</b>  | <b>2,01</b>  |
| <b>(G) CMP (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>4,36</b>  | <b>0,15</b> | <b>4,13</b>  | <b>4,55</b>  |
| <b>(H) MRL (R\$.kg.ano<sup>-1</sup>)</b>                      | <b>0,64</b>  | <b>0,15</b> | <b>0,45</b>  | <b>0,87</b>  |
| <b>(i) TL (%.ano<sup>-1</sup>)</b>                            | <b>8,67</b>  | <b>2,09</b> | <b>6,17</b>  | <b>11,86</b> |
| <b>(J) PE (em mil, kg.m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>)</b>     | <b>2,23</b>  | <b>0,53</b> | <b>1,42</b>  | <b>3,10</b>  |

EVP=extragrande volume de água produtiva; CESSR=contribuição especial para a seguridade social rural; IR=imposto de renda; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; CMP=custo médio de produção; MRL=margem de resultado líquido; TL=taxa de lucratividade; PE=ponto de equilíbrio da produção.

Quando comparado o ponto de equilíbrio (PE) entre os cenários produtivos, observamos que os cenários MVP, GVP e EVP juntos apresentam uma demanda média de produção anual de  $2,68 \pm 0,05 \text{ kg.m}^{-3}$  para quitar todos os custos de produção e não apresentar lucros nem prejuízos no fluxo de caixa com a atividade (“lucro = zero”). O cenário PVP apresenta uma demanda de 11,45% a mais de produção em relação aos demais cenários, ou seja, precisa produzir a mais 260 kg de peixes por  $\text{m}^3$  por ano para não ficar com prejuízo no fluxo de caixa. Neste quesito, observamos que as propriedades aquícolas hipotéticas com maiores volume de água produtiva (MVP, GVP e EVP) apresentam maior folga financeira no fluxo de caixa, com valores de lucro líquido acima de  $1,00 \text{ R\$.m}^3.\text{ano}^{-1}$ , enquanto para o cenário PVP este valor fica abaixo de  $0,70 \text{ R\$.m}^3.\text{ano}^{-1}$  (Tabelas 4, 5 e 6).

### 3.2. Viabilidade Econômica dos Cenários Produtivos

Dentre os cenários avaliados, juntamente o cenário modelo (CMD), apresenta resultados de baixa viabilidade até mesmo inviabilidade econômica para os ciclos de menor desempenho produtivo (Tabela 11, Anexos B). Principalmente para o cenário produtivo PVP, cujos valores médios de TIR foram de  $2,78 \pm 6,82\%$ , valores abaixo da TMA em estudo ( $8,67\%$ ); VPL médio de  $0,260 \pm 0,330$  milhões de reais e *Payback* maior que 10 anos ( $12,26 \pm 7,44$  anos), período esperado para retorno do investimento inicial ( $\text{FLC} = 10$  anos) (Tabela 7).

Os cenários que apresentam melhor desempenho financeiro, consequentemente apresentam melhores resultados de viabilidade econômica, para TIR, VPL, *Payback* e RCB. Os cenários MVP, GVP e EVP apresentam valores médios de TIR superiores a  $8,96\%$  ( $\text{TMA} = 8,67\%$ ), VPL acima de 1,110 milhões de reais ( $\text{VPL} > 0$ ), valores de *Payback* menor que 7,18 anos e uma RCB com valores acima de R\$ 1,71 para cada real investido na atividade (fluxo de caixa de 10 anos) (Tabela 7).

No entanto, observamos que dependendo da eficiência no sistema produtivo ao longo dos ciclos de produção durante o ano, pode resultar em resultados positivos ou negativos no fluxo de caixa. Com isto, ocasionando maior ou menor viabilidade econômica a atividade aquícola nos cenários de

melhor resultados financeiros (MVP, GVP e EVP), impactando em um *Payback* de 9,06 anos, uma TIR de 4,32% e RCB de R\$ 1,33 para cada real investido na atividade, no cenário MVP (Tabela 7).

Para ambos os cenários a demanda de capital inicial, considerando investimento inicial (capital fixo) somado do capital de giro, oscilaram de 0,600  $\pm$  0,300 milhões de reais para o cenário PVP até 9,540  $\pm$  2,080 milhões de reais para o cenário EVP, enquanto o cenário modelo (CMD, fazenda em estudo) apresenta uma demanda de capital para início da atividade de 4,760  $\pm$  0,080 milhões de reais (Tabela 7).

Quando observado a demanda de capital em função do volume de água produtiva das propriedades hipotéticas, o cenário PVP demanda um investimento total de 20 mil reais por m<sup>3</sup> de água, enquanto os cenários MVP e GVP uma demanda de 15 e 17 mil reais por m<sup>3</sup> de água produtiva, sendo o cenário EVP com maior demanda de investimento, com valor de 21 mil R\$.m<sup>3</sup> de água produtiva.

**Tabela 7.** Indicadores de viabilidade econômica da produção de tilápia em tanques-rede para todos os cenários produtivos.

| Indicadores                                    | Viabilidade Econômica* |          |           |          |
|------------------------------------------------|------------------------|----------|-----------|----------|
|                                                | Valores                |          |           |          |
|                                                | (média)                | (dp)     | (mín.)    | (máx.)   |
| <b>Cenário CMD</b>                             |                        |          |           |          |
| (a) Investimento <sup>1</sup> (em milhão, R\$) | R\$ 4,76               | R\$ 0,08 | R\$ 4,68  | R\$ 4,85 |
| (b) TIR (%)                                    | 10,68%                 | 3,50%    | 6,63%     | 15,87%   |
| (c) VPL (em milhão, R\$)                       | R\$ 4,12               | R\$ 1,49 | R\$ 2,40  | R\$ 6,44 |
| (d) <i>Payback</i> (anos)                      | 6,58                   | 1,06     | 5,14      | 7,94     |
| (e) RCB (R\$)                                  | 1,86                   | 0,31     | 1,51      | 2,33     |
| <b>Cenário PVP</b>                             |                        |          |           |          |
| (a) Investimento <sup>1</sup> (em milhão, R\$) | R\$ 0,60               | R\$ 0,30 | R\$ 0,23  | R\$ 0,96 |
| (b) TIR (%)                                    | 2,78%                  | 6,82%    | -9,81%    | 12,99%   |
| (c) VPL (em milhão, R\$)                       | R\$ 0,26               | R\$ 0,33 | -R\$ 0,14 | R\$ 1,01 |
| (d) <i>Payback</i> (anos)                      | 12,26                  | 7,44     | 5,81      | 32,15    |
| (e) RCB (R\$)                                  | R\$ 1,24               | R\$ 0,50 | R\$ 0,37  | R\$ 2,06 |
| <b>Cenário MVP</b>                             |                        |          |           |          |
| (a) Investimento <sup>1</sup> (em milhão, R\$) | R\$ 1,53               | R\$ 0,38 | R\$ 1,11  | R\$ 2,06 |
| (b) TIR (%)                                    | 8,96%                  | 3,35%    | 4,32%     | 14,92%   |
| (c) VPL (em milhão, R\$)                       | R\$ 1,11               | R\$ 0,57 | R\$ 0,36  | R\$ 2,54 |
| (d) <i>Payback</i> (anos)                      | 7,18                   | 1,16     | 5,35      | 9,06     |
| (e) RCB (R\$)                                  | R\$ 1,71               | R\$ 0,29 | R\$ 1,33  | R\$ 2,24 |
| <b>Cenário GVP</b>                             |                        |          |           |          |
| (a) Investimento <sup>1</sup> (em milhão, R\$) | R\$ 3,78               | R\$ 0,92 | R\$ 2,75  | R\$ 5,07 |
| (b) TIR (%)                                    | 10,36%                 | 3,31%    | 6,13%     | 15,89%   |
| (c) VPL (em milhão, R\$)                       | R\$ 3,18               | R\$ 1,42 | R\$ 1,30  | R\$ 6,72 |

|                                                |          |          |          |           |
|------------------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| (d) <i>Payback</i> (anos)                      | 6,69     | 1,02     | 5,14     | 8,16      |
| (e) RCB (R\$)                                  | R\$ 1,84 | R\$ 0,29 | R\$ 1,47 | R\$ 2,34  |
| <b>Cenário EVP</b>                             |          |          |          |           |
| (a) Investimento <sup>1</sup> (em milhão, R\$) | R\$ 9,54 | R\$ 2,08 | R\$ 6,80 | R\$ 12,09 |
| (b) TIR (%)                                    | 10,92%   | 3,30%    | 6,85%    | 16,28%    |
| (c) VPL (em milhão, R\$)                       | R\$ 8,47 | R\$ 3,46 | R\$ 3,62 | R\$ 16,47 |
| (d) <i>Payback</i> (anos)                      | 6,51     | 0,97     | 5,06     | 7,84      |
| (e) RCB (R\$)                                  | R\$ 1,89 | R\$ 0,29 | R\$ 1,53 | R\$ 2,37  |

\*taxa mínima atrativa (TMA) em juros reais=8,67% para todos os cenários; <sup>1</sup>investimento total = investimento inicial + desembolsos com capital de giro (momento zero do fluxo de caixa); TIR=taxa interna de retorno; VPL=valor presente líquido; *Payback*=período de retorno de capital; RCB=relação custo-benefício; CMD=cenário modelo; PVP=pequeno volume produtivo; MVP=médio volume de água produtiva; GVP=grande volume de água produtiva; EVP=extragrande volume de água produtiva; dp=desvio padrão.

### 3.3. Análise dos Riscos Financeiros e Econômicos dos Cenários Produtivos

Ao avaliarmos o risco financeiro da produção de tilápia em tanques-rede por simulação Monte Carlo (SMC) (Tabela 8), observamos que, a probabilidade de ocorrência dos valores de  $TIR < TMA$  (8,67%) foi de 56,5% para o cenário PVP, com probabilidade de 25% para valores de TIR negativos e de 50% para valores acima de 6,66%. Para os cenários MVP, GVP e EVP a probabilidade de ocorrência de valores de  $TIR < TMA$  (8,67%) foi de 43,03%, uma margem de 5% de probabilidade para a ocorrência de valores de TIR negativos e de 50% para valores acima de 9,67% para ambos os cenários.

A ocorrência de  $VPL < 0$  para ambos os cenários apresentam uma probabilidade média de  $36,33 \pm 12,90\%$ , sendo as probabilidades de ocorrência de valores positivos acima de 50% (quartil) para todos os cenários produtivos. Com menor margem de resultado para  $VPL > 0$  no cenário PVP, em 0,071 milhões de reais, e maior margem resultado para  $VPL > 0$  para o cenário EVP com valores acima de 5,956 milhões de reais no quartil 50%, nesta seguinte ordem (Tabela 8).

Para *Payback*, a maior margem de risco econômico foi para o cenário PVP, que a probabilidade de ocorrência de valores maiores que 10 anos ( $FC = 10$  anos) são de 35,7%, os demais cenários (MVP, GVP e EVP) apresentam 50% de probabilidade da ocorrência de valores de *Payback* entre 5,98 a 6,44 anos para o retorno do capital investido (do cenário EVP para MVP,

respectivamente), sendo estes cenários produtivos de menor risco financeiro e econômico mediante os resultados que observamos neste presente estudo.

**Tabela 8.** Análise de simulação Monte Carlo (SMC), N = 10.000<sup>1</sup> interações aleatórias, para as variáveis TIR; VPL e *Payback* dos cenários produtivos.

| Indicadores                                           | Simulação Monte Carlo (SMC) |        |        |         |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|--------|--------|---------|
|                                                       | Cenários Produtivos         |        |        |         |
|                                                       | PVP                         | MVP    | GVP    | EVP     |
| <b>(A) Investimento<sup>2</sup> (em milhões, R\$)</b> |                             |        |        |         |
| (a) Média                                             | 0,604                       | 1,625  | 4,007  | 9,695   |
| (b) dp                                                | 0,214                       | 0,287  | 0,704  | 1,623   |
| (c) Mediana                                           | 0,601                       | 1,618  | 3,984  | 9,659   |
| <b>(B) TIR (%)</b>                                    |                             |        |        |         |
| (a) Média                                             | 7,10%                       | 10,01% | 10,93% | 11,41%  |
| (b) dp                                                | 9,56%                       | 10,51% | 10,74% | 11,03%  |
| (c) Mediana                                           | 6,66%                       | 9,67%  | 10,73% | 11,11%  |
| - Percentil (5%)                                      | -8,20%                      | -7,30% | -7,10% | -6,54%  |
| - Percentil (25%)                                     | -0,91%                      | 1,31%  | 2,07%  | 2,12%   |
| - Percentil (50%)                                     | 6,66%                       | 9,67%  | 10,73% | 11,11%  |
| - Percentil (75%)                                     | 14,59%                      | 18,21% | 19,59% | 20,20%  |
| - Percentil (95%)                                     | 25,22%                      | 29,74% | 30,50% | 31,88%  |
| <b>(C) VPL (em milhões, R\$)</b>                      |                             |        |        |         |
| (a) Média                                             | 0,096                       | 0,734  | 2,140  | 5,535   |
| (b) dp                                                | 0,642                       | 1,781  | 4,502  | 11,097  |
| (c) Mediana                                           | 0,071                       | 0,786  | 2,373  | 5,956   |
| - Percentil (5%)                                      | -1,121                      | -0,273 | -6,758 | -15,995 |
| - Percentil (25%)                                     | -0,353                      | -0,587 | -1,227 | -2,781  |
| - Percentil (50%)                                     | 0,071                       | 0,786  | 2,373  | 5,956   |
| - Percentil (75%)                                     | 0,531                       | 2,060  | 5,582  | 14,123  |
| - Percentil (95%)                                     | 1,396                       | 3,937  | 10,054 | 25,200  |
| <b>(D) Payback (anos)</b>                             |                             |        |        |         |
| (a) Média                                             | 6,78                        | 7,21   | 6,94   | 6,60    |
| (b) dp                                                | 20,46                       | 14,48  | 13,09  | 13,35   |
| (c) Mediana                                           | 7,13                        | 6,44   | 6,10   | 5,98    |
| - Percentil (5%)                                      | -49,18                      | -33,00 | -28,84 | -31,74  |
| - Percentil (25%)                                     | 4,27                        | 4,13   | 3,97   | 3,87    |
| - Percentil (50%)                                     | 7,13                        | 6,44   | 6,10   | 5,98    |
| - Percentil (75%)                                     | 13,39                       | 11,35  | 10,71  | 10,71   |
| - Percentil (95%)                                     | 55,00                       | 43,59  | 40,06  | 39,40   |

<sup>1</sup>Probabilidade 99% (TIR, VPL ou *Payback* > 0); <sup>1</sup>Nível de confiança de  $p=\alpha<0,01$ ; <sup>2</sup>Investimento total = investimento inicial + capital de giro (momento zero do fluxo de caixa).  $I_0$ =investimento inicial; CG=capital de giro; TIR=taxa interna de retorno; VPL=valor presente líquido; *Payback*=período de retorno de capital; dp= desvio padrão; CMD=cenário modelo; PVP=pequeno volume de água produtiva; MVP=médio volume de água produtiva; GVP=grande volume de água produtiva; EVP=extragrande volume de água produtiva; N=número de interações aleatórias.

### **3.4. Análise de Sensibilidade dos Riscos Financeiros e Econômicos**

Com as correlações de spearman entre estas variáveis estocásticas de entrada (x) e de saída (y) (Tabela 9), observamos forte associação positiva entre as variáveis estocásticas de saída: biomassa anual e investimento inicial, em relação a variável estocástica de entrada número de peixes iniciais (NPI), com coeficiente de correlação  $r > 0,98$  para todos os cenários produtivos.

As variáveis, preço da ração e conversão alimentar apresenta associação positiva com coeficientes correlação  $r > 0,74$  e  $r = 0,58$  em relação a variável custo médio de produção (CMP), nesta ordem. Sendo, a variável preço de venda dos peixes de maior associação positiva em relação a variável receita estimada (RE) com  $r = 0,66$ , e a variável temperatura da água de  $r = 0,44$  para a variável de saída produtividade anual (PDA). Em relação a variável estocástica de entrada ciclo de produção, apresenta efeito de associação positiva entre as variáveis estocásticas de saída RE e PDA com coeficientes de correlação  $r = 0,66$  e  $0,89$ , nesta respectiva ordem.

Dentre as variáveis de associações negativas (Tabela 9), as que apresentam maior coeficiente de correlação são: preço da ração e conversão alimentar, com valores acima de  $r = -0,60$  e  $r = -0,45$  em relação às variáveis estocásticas de saída TIR e VPL, respectivamente. Para a variável VPL, a variável estocástica de entrava com maior associação negativa foi o preço da ração com  $r = -0,73$ . Diante destes valores, observamos que quanto maior a associação destas variáveis maiores são os impactos nos resultados dos indicadores econômicos, podendo ocasionar a inviabilidade econômica da atividade.

**Tabela 9.** Análise de sensibilidade por correlação de *spearman*, para todos os cenários produtivos.

| Indicadores (variáveis)                               |                          | Análise de Sensibilidade<br>Cenários Produtivos |       |       |       |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                                                       |                          | PVP                                             | MVP   | GVP   | EVP   |
| <b>(A) TIR (%) - (y)</b>                              |                          |                                                 |       |       |       |
| (x)                                                   | (a) Preço da Ração       | -0,60                                           | -0,65 | -0,67 | -0,67 |
|                                                       | (b) Conversão Alimentar  | -0,42                                           | -0,48 | -0,45 | -0,49 |
| <b>(B) VPL (em mil, R\$) - (y)</b>                    |                          |                                                 |       |       |       |
| (x)                                                   | (a) Preço da Ração       | -0,70                                           | -0,73 | -0,73 | -0,74 |
|                                                       | (b) Conversão Alimentar  | -0,55                                           | -0,58 | -0,56 | -0,59 |
| <b>(C) CMP (R\$.kg<sup>-1</sup>) - (y)</b>            |                          |                                                 |       |       |       |
| (x)                                                   | (a) Preço da Ração       | 0,74                                            | 0,75  | 0,76  | 0,76  |
|                                                       | (b) Conversão Alimentar  | 0,58                                            | 0,60  | 0,58  | 0,61  |
| <b>(D) RE (kg.m<sup>3</sup>.<sup>-1</sup>) - (y)</b>  |                          |                                                 |       |       |       |
| (x)                                                   | (a) Preço de Venda       | 0,65                                            | 0,66  | 0,65  | 0,65  |
|                                                       | (b) Ciclo de Produção    | 0,49                                            | 0,49  | 0,49  | 0,48  |
| <b>(E) PDA (kg.m<sup>3</sup>.<sup>-1</sup>) - (y)</b> |                          |                                                 |       |       |       |
| (x)                                                   | (a) Ciclo de Produção    | 0,89                                            | 0,89  | 0,89  | 0,89  |
|                                                       | (b) Temperatura d'Água   | 0,44                                            | 0,44  | 0,44  | 0,44  |
| <b>(F) NPI (unidades) - (x)</b>                       |                          |                                                 |       |       |       |
| (y)                                                   | (a) Biomassa Anual       | 1,00                                            | 0,98  | 0,98  | 0,98  |
|                                                       | (b) Investimento Inicial | 1,00                                            | 1,00  | 1,00  | 1,00  |

(y)=variáveis estocásticas de saída; (x)=variáveis estocásticas de entrada; TIR=taxa interna de retorno; VPL=valor presente líquido; CMP=custo médio de produção; PDA=produtividade anual; NPI=número de peixes iniciais; PVP=pequeno volume de água produtiva; MVP=médio volume de água produtiva; GVP=grande volume de água produtiva; EVP=extragrande volume de água produtiva.

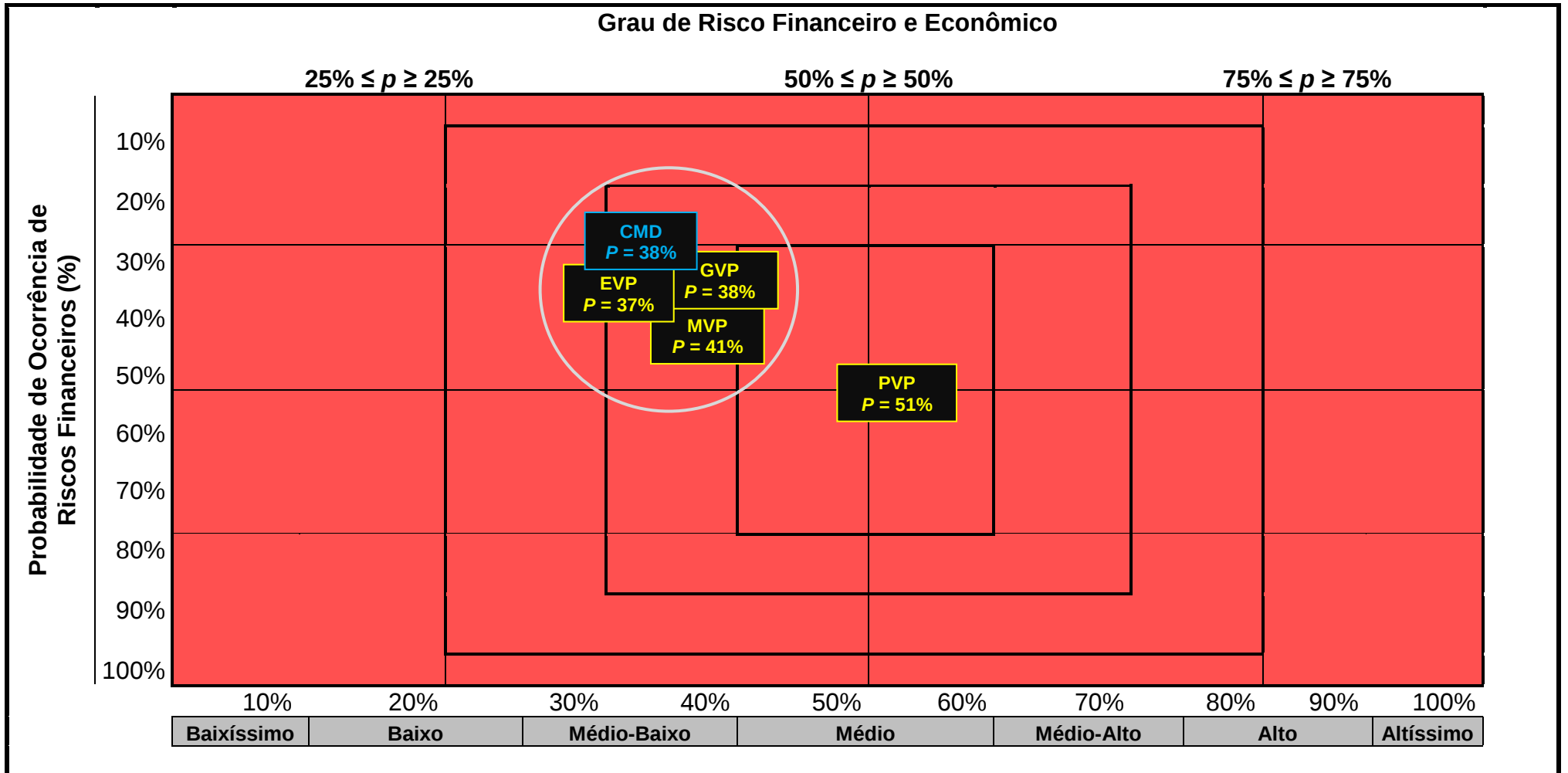
### 3.5. Mapa do Grau de Risco Financeiro e Econômico dos Cenários Produtivos

Diante destes resultados elaboramos um mapa de grau de risco financeiro e econômico (Figura 3), no qual o cenário produtivo PVP apresenta-se sob-risco financeiro e econômico médio com leve tendência a médio-alto risco, com uma probabilidade de  $51,17 \pm 5,68\%$ , com probabilidade de ocorrência de valores para TIR < 8,67% (TMA) de 56,5%, VPL < 0 de 45,2% e Payback > 10 anos (ou sem retorno de capital) de 51,8%, sendo a variável de maior influência de risco o VPL com tendência de risco médio-alto ( $p = 60\%$ ).

Os demais cenários (MVP, GVP e EVP) apresentam-se sob-risco financeiro e econômico médio-baixo, com 38,67% de probabilidade, sendo a variável de menor influência de risco o VPL com probabilidades menores que 32,8% e 32,3% para os cenários GVP e EVP, respectivamente. Quando observado a margem de diferença da probabilidade de risco entre o cenário PVP e os demais cenários produtivos, o nível de diferença na tomada de risco financeiro e econômico é de 12,5% apenas.

Entretanto, por menor que seja esta margem de tomada de risco, a diferença no aporte de capital para implantação da atividade (mais capital de giro) é extremamente alta, com valores médios para o cenário PVP de 0,604 milhões de reais e de 9,694 milhões de reais para o cenário EVP.

Com base no grau de risco financeiro e econômico dos cenários avaliados sob as avaliações financeiras e econômicas, observamos que a propriedade em estudo (CMD) encontra-se sob-risco financeiro e econômico médio-baixo (30% a 40%), com grau de risco em 38% de probabilidade.



**Figura 3.** Mapa do grau de risco financeiro e econômico de ambos os cenários (PVP, MVP, GVP e EVP) de produção comercial da tilápia em sistema de tanques-rede. (Fonte: Autores)

#### 4. DISCUSSÃO

Neste estudo observamos que a demanda por investimento inicial é proporcional ao tamanho das propriedades (cenários hipotéticos) em volume de água produtiva ( $m^3$ ) para produção de tilápia em tanques-rede. Cenários com volume de água produtiva menor que 50 mil  $m^3$  (PVP) apresentam uma demanda de investimento inicial de  $0,390 \pm 0,190$  milhões de reais.

Enquanto uma unidade de produção com volume de água produtiva acima de 151 mil  $m^3$  (cenários GVP e EVP) apresenta uma demanda entre 1,780 a 7,490 milhões de reais. Apesar dos altos investimentos (em reais) nas unidades produtivas de maior tamanho (fazendas hipotéticas de médio a grande volume de água produtiva), por meio deste estudo nos mostram que estas apresentam os menores riscos financeiros ( $p = 38,7\%$ ).

Diversos fatores podem influenciar no dia a dia do sistema produtivo, como temperatura da água, número de dias de produção, manejo, arraçoamento, dentre outros. Dos quais, segundo Bueno et al. (2017) influenciam significativamente na produtividade no campo, gerando ganhos ou perdas ao longo do ciclo produtivo.

Neste contexto, com este estudo observamos que, a temperatura da água e ciclo de produção quando avaliada como variável estocástica de entrada por simulação Monte Carlo, apresentam associação positiva na variável resposta: produtividade anual, com coeficientes de correlação igual a  $r = 0,89$  e  $r = 0,44$ , respectivamente (Tabela 9).

Corroborando com Dumas et al. (2010) ao estudarem a produção de trutas em regiões temperadas, que observaram redução do potencial produtivo das trutas com a redução da temperatura da água. Assim como, Garcia et al. (2014) com a produção de tilápia em áreas tropicais, observaram que as tilápias produzidas em sistemas de tanques-rede com temperaturas da água abaixo de  $22^\circ\text{C}$ , apresentaram baixo crescimento corporal e tornaram-se suscetível a enfermidades, acarretando altas taxas de mortalidade e consequentemente perdas produtivas e econômicas.

Segundo o evidenciado por Engle (2010), estes fatores quando integrados as variáveis como: conversão alimentar, preço da ração, preço de comercialização e outros, acarretam oscilações abruptas no fluxo de caixa,

ocasionando um desequilíbrio e prejuízos financeiros, consequentemente podendo inviabilizar a atividade economicamente no longo prazo, conforme observamos neste presente estudo por meio das análises de simulação Monte Carlo (SMC) e de sensibilidade (Tabela 8 e 9).

Mediante a aplicação da correlação de *spearman* observamos uma forte associação positiva entre as variáveis: preço da ração e CMP, com coeficiente de correlação de  $r = 0,75$ , sendo o custo com ração o principal fator de aumento no custo final de produção. Para as variáveis VPL e TIR, a associação entre a variável preço da ração apresentou forte associação negativa, com coeficiente de correlação  $r = - 0,60$  e  $r = - 0,70$ , respectivamente, impactando nos resultados financeiros e econômicos da atividade.

Esta relação também foi observada por Ngoc et al. (2016) ao estudarem a viabilidade econômica da produção de pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*) em diferentes sistemas de produção e tamanho das fazendas, relatando grande associação entre o preço da ração e o VPL, com coeficientes de correlação de  $r = - 0,77$ , corroborando de fato com o observado neste presente estudo com as análises de sensibilidade ao risco financeiro e econômico (Tabela 9).

Dentre os principais custos de produção, os custos com ração foram responsáveis em média por 68,57% dos custos totais com a atividade. Estudos de custos de produção com a produção de *O. niloticus* em tanques-rede realizados por Furlaneto et al. (2006) e Brabo et al. (2013) apresentaram custos com ração em 71% no Estado de São Paulo (Brasil) e de 73,00% no Estado do Pará (Brasil), respectivamente.

Phiri & Yuan (2018) ao estudar a produção de tilápia na China, observaram uma representação dos custos com ração em 73,53% dos custos totais com a produção, semelhante ao apresentado neste estudo para todos os cenários avaliados (Tabela 2 a 6). Tais proporções podem oscilar dependendo da estrutura de cálculo de custos, das considerações como desembolsos com a atividade e do desempenho produtivo de cada ciclo de produção avaliado.

Neste estudo, a ração foi o principal insumo de influência no aumento do custo médio de produção (CMP) com valores entre 4,70 e 4,36 R\$.kg<sup>-1</sup> e margem de resultado líquido (MRL) com valores entre 0,30 e 0,64 R\$.kg<sup>-1</sup> para os cenários PVP e EVP, respectivamente. Impactando na taxa de lucratividade

da atividade (após o imposto de renda) com valor médio de 7,17% (TL = 11,24%, sobre lucro bruto) considerando todos os cenários produtivos.

Trombeta et al. (2017), também observaram que a produção de tilápias em águas tropicais na região centro oeste do Brasil, apresentaram CMP semelhantes em 4,49 R\$.kg<sup>-1</sup>, confirmando o observado neste estudo. A variação na rentabilidade, quando analisada no fluxo de caixa (entradas e saídas), impactou significativamente nos resultados de viabilidade econômica, com probabilidade de ocorrência de valores para VPL < 0 de 32,3% no maior cenário (EVP) e de 45,2% no menor cenário produtivo (PVP).

Outros empreendimentos aquícolas praticado em ambientes tropicais, também observaram este comportamento econômico. Valderrama & Engle (2001), ao estudarem a produção comercial de camarões em diferentes escalas de produção e tamanho das fazendas e com David et al. (2018), ao avaliar a probabilidade de viabilidade econômica para larvicultura de camarão em diferentes volumes produtivos, que o pior cenário (as menores fazendas e menores volumes produtivos) apresentaram maior probabilidade de VPL < 0 em 74%, sendo que as maiores fazendas e maiores volumes produtivos apresentam probabilidade de ocorrência em 10%, menor risco financeiro.

Ngoc et al. (2016) ao estudarem a produção de pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*) no Vietnam, observaram que quanto maior o sistema produtivo maior os valores de VPL (em aproximadamente 92,50%), reforçando o observado neste estudo.

A piscicultura modelo estudada (CMD), pode ser classificada em um empreendimento aquícola de médio com tendência de baixo risco financeiro e econômico em 38% de probabilidade, de acordo com a classificação do grau de risco financeiro e econômico para todos os cenários produtivos analisados (Figura 1), na qual apresenta uma TL entre 6,05% e 11,66%, um CMP de 4,37 ± 0,16 R\$.kg<sup>-1</sup>, um MRL de 0,63 ± 0,16 R\$.kg<sup>-1</sup>, TIR de 10,68 ± 3,50%, VPL de 4,12 ± 1,49 milhões de reais e um *Payback* de 6,58 ± 1,06 anos (FC = 10 anos).

Tais resultados podem ser diferentes dependendo do porte da fazenda de produção (escala de produção), tipo de sistema de produção e região. Conforme observado por Brabo et al. (2013), cuja produção de tilápia em tanques-rede no Estado de São Paulo, apresentaram valores de TIR de 19%,

*Payback* de 4,53 anos e uma lucratividade de 10,90% e por Trombeta et al. (2017), ao avaliar a produção de tilápia na região centro Oeste do Brasil, apresentando valores de TIR igual á 14,24%, *Payback* de 5,43 anos e VPL de 67,802 mil reais, com MRL de 0,81 R\$.kg<sup>-1</sup> e lucratividade de 18,43% ao ano (antes do imposto de renda).

Vale ressaltar que, para a análise do CMD consideramos grande quantidade de lotes de produção comercial, isto pode apresentar resultar na discrepância dos resultados financeiros e econômicos, caso as assimetrias entre estas unidades amostrais (características zootécnicas e condições de cultivo) não sejam equalizadas (Tabela 11, Anexos B).

Desse modo, com base na piscicultura modelo (cenário CMD), concluímos que, as pisciculturas hipotéticas com volumes de água produtiva acima de 51 mil m<sup>3</sup> (MVP, GVP e EVP) são mais lucrativas e rentáveis por apresentarem maior escalabilidade de produção em relação às pisciculturas menores que 50 mil m<sup>3</sup> de volume produtivo, mesmo ambas sendo propriedades de grande porte e de alto volume de produção.

No entanto, as pisciculturas hipotéticas com volumes produtivos acima de 301 mil m<sup>3</sup> de água (cenário EVP), mesmo apresentando alta capacidade de escalabilidade de produção em relação aos cenários de grande, médio e pequeno volume de água produtiva, os resultados financeiros e econômicos são praticamente equivalentes ao cenário GVP, com risco financeiro e econômico em  $p = 37\%$  (38% para o cenário GVP).

Entretanto, mais estudos devem ser realizados, visto que são escassos os trabalhos neste segmento, utilizando outras variáveis, propriedades e regiões produtoras de tilápia, para que possamos compreender melhor os riscos produtivos, financeiros e econômicos da atividade. Contudo, por tratar-se de uma atividade aquícola, a produção em ambiente natural está sujeita as variações climáticas, sazonais e regionais, impactando diretamente nos resultados a serem obtidos, além da capacidade e escalabilidade produtiva das fazendas aquícolas.

## AGRADECIMENTOS

A Piscicultura Cristalina LTDA, pela parceria com apoio logístico, de infraestrutura e fornecimento dos dados históricos. A FAPESP pelo apoio financeiro por meio dos projetos nº 2016/10.563-0 e nº 2018/50022-4. A CAPES pelo fornecimento da bolsa de mestrado. Ao Laboratório de Inovação, Criatividade e Bioeconomia – Aquário de Ideias da UNESP e ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pelo apoio institucional e todas as pessoas que colaboraram com este estudo.

## REFERÊNCIAS

- Ardalan, K. (2017) Capital structure theory: reconsidered. *School of Management. Research in International Business and Finance*, **39**(1), 696-710.
- Asche, F., Sikveland, M., & Zhang, D. (2018) Profitability in Norwegian salmon farming: The impact of firm size and price variability. *Aquaculture Economics & Management*, **22**(3), 306-317.
- Banco Central do Brasil - BCB (2019) *Panorama econômico*. Disponível online em: <<https://www.bcb.gov.br/>>, Brasil.
- Bolsa de Valores do Brasil – B3 (2019) Certificados de recebíveis do agronegócio (CRA): CRA's listado. Disponível online em: <[http://www.bmfbovespa.com.br/pt\\_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-fixa-privada-e-publica/cra/cras-listados/](http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/produtos/listados-a-vista-e-derivativos/renda-fixa-privada-e-publica/cra/cras-listados/)>, Brasil.
- Brabo, M.F., Flexa, C.E., Veras, G.C., Paiva, R.S. & Fujimoto, R.Y. (2013) Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. *Informações Econômicas*, **43**(3), 56-64.
- Brasil. (2019) Decreto nº 4.895, de 25 de novembro de 2003. *Dispõe sobre a autorização de uso de espaços físicos de corpos d'água de domínio da União para fins de aquicultura, e dá outras providências*.

- Brasil. *Instrução Normativa Interministerial n° 06, de maio de 2004*. República Federativa do Brasil, Brasília.
- Bueno, G. W.; Ostrensky, A.; Canzi, C.; Matos, F.T. & Roubach, R. (2015) Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. *Reviews in Aquaculture*, **7**(1), 1–12.
- Bueno, G.W., Bureau, D., Skipper-Horton, J., Roubach, R., Mattos, F.T., & Bernal, F.E.M. (2017) Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**(9), 695-706.
- Cai, J., Leung, P.S., Luo, Y., Yan, X., & Yan, Y. (2018) *Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modeling*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- David, F.S., Fonseca, T., Bueno, G.W., & Valenti, W.C. (2018) Economic feasibility of intensification of *Macrobrachium rosenbergii* hatchery. *Aquaculture Research*, **49**(12), 3769-3776.
- Dumas, A., France, J., & Bureau, D. (2010) Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going. *Aquaculture Research*, **41**(2), 161-181.
- Ehrlich, P.J., & Moraes, E.A. (2015) *Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Engle, C.R. (2010) *Aquaculture Economics and Financing: Management and Analysis*. John Wiley & Sons, Ames, Iowa, USA.
- Ferreira, R.G. (2009) *Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento: Critério de Avaliação: Financiamentos e Benefícios Fiscais: Análise de Sensibilidade e Risco*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Food and Aquaculture Organization of the United Nations (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. SOFIA-ONU, Rome, Italy.
- Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R. & Ayroza, L.M.S. (2006) Custos e rentabilidade da produção de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanques-

- rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, **36**(3), 63-69.
- Garcia, F., Romera, D. M. & Gozi, K. S. (2014) Enfermidades de tilápias do Nilo em tanques-rede. *Pesquisa & Tecnologia*, **1**(1), 1-11.
- Gebrezgabher, S.A., Meuwissen, M.P.M., & Oude Lansink, A.G.J.M. (2012) Energy-neutral dairy chain in the Netherlands: An economic feasibility analysis. *Biomass and Bioenergy*, **36**(1), 60–68.
- Gentle, J. E. (1998) *Random number generation and Monte Carlo methods*. Springer, New York, New York, USA.
- Gómez-Ponce, M.A., Granados-Flores, K., Padilla, C., López-Hernández, M., & Núñez-Nogueira, G. (2011) Age and growth of the hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the dam “Zimapán” Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **59**(2), 761-770.
- Graham, J. R. & Harvey, C. R. (2001) The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. *Journal of Financial Economics*, **60**(1), 187-243.
- Hoji, Masakazu (2010) *Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial*. Editora Atlas (8.ed), São Paulo, Brasil.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) *Banco de tabelas estatísticas: Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível online em <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>, Brasil.
- Jolly, C.M., & Clonts, H.A. (1993) *Economics of aquaculture illustrated*. Food Products Press, New York, New York, USA.
- Kayo, K.E.; Brunaldi, E.O., & Aldrichi, D.M. (2018). Capital structure adjustment in brazilian Family firms. *RAC*, **22**(5), 92-114.
- Kumar, G., & Engle, C. (2016) Technological advances that led to growth of shrimp, salmon and tilapia farming. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **24**(2), 141-150.
- Merton, R. C. (1974) On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, **29**(1), 70-449.
- Misund, B. (2018) Valuation of salmon framing companies. *Aquaculture Economics and Management*, **22**(1), 94-111.

- Ngoc, P.T.A., Miranda, Meuwissen, M.P.M., Tru, L.C., Bosma, R.H., Verreth, J., & Lansink A.O. (2016) Economic feasibility of recirculating aquaculture systems in pangasius farming. *Aquaculture Economics & Management*, **20**(2), 185-200.
- Phiri, F. & Yuan, X. (2018) Economic profitability of tilapia production in Malawi and China. *Journal of Aquaculture*, **9**(5), 2-6.
- Receita Federal do Brasil – RFB (2019). *Tributos federais [Federal taxes]*. Disponível em: <https://idg.receita.fazenda.gov.br/>, Brasil.
- Santos, V.B., Mareco, E.A., & Silva, M.D.P. (2013) Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperature. *Acta Scientiarum*, **35**(1), 235–242.
- Shang, Y. (1990) *Aquaculture economic analysis: an introduction illustrate*. (ed. by Brune, D. E. & Tomasso, J. R.). World Aquaculture Society, Baton Rouge-LA, USA. 211p.
- Trombeta, T.D., Bueno, G.W. & Mattos, B.O. (2017) Análise econômica da produção de tilápia em viveiros escavados no Distrito Federal, 2016. *Informações Econômicas*, **47**(2), 42-49.
- Valderrama, D. & Engle, C.R. (2001) Risk analysis of shrimp farming in Honduras. *Aquaculture Economics & Management*, **5**(2), 49-68.
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.L., & Moraes-Valenti, P. (2018) Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, **88**(1), 402-413.
- Vose, D. (2008) *Risk analysis: A quantitative guide*. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Zhang, D., & Zheng, Y. (2016) The role of price risk in China's agricultural and fisheries exports to the US. *Applied Economics*, **48**(41), 3944-3960.
- Zvavahera, C.C., Hamandishe, V.R., Saidi, P.T., Imbayarwo-Chikosi, V.E., & Nhiwatiwa, T. (2018) Growth performance, survival and breeding of *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis macrochir* reared under greenhouse conditions. *Aquatic Research*, **1**(1), 1-11.

**ANEXOS (A)****Tabela 10.** Itens e valores médios para implantação de uma unidade comercial produtora de tilápia em tanques-rede no reservatório de Chavantes, São Paulo, para todos os cenários deste presente estudo.

| Itens/Valores                             | Cenários Produtivos         |                       |                         |                         |                         |
|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                           | PVP                         | MVP                   | GVP                     | EVP                     | CMD                     |
|                                           | Valores Médios <sup>1</sup> |                       |                         |                         |                         |
| <b>(i) Infraestrutura (R\$)</b>           | <b>R\$ 324.333,33</b>       | <b>R\$ 868.750,00</b> | <b>R\$ 2.200.833,33</b> | <b>R\$ 5.598.611,11</b> | <b>R\$ 2.780.000,00</b> |
| - Armazenamento (Ração)                   | R\$ 11.666,67               | R\$ 31.250,00         | R\$ 79.166,67           | R\$ 201.388,89          | R\$ 100.000,00          |
| - Estrutura Flutuante (Apoio)             | R\$ 14.000,00               | R\$ 37.500,00         | R\$ 95.000,00           | R\$ 241.666,67          | R\$ 120.000,00          |
| - Tanque-rede                             | R\$ 171.500,00              | R\$ 459.375,00        | R\$ 1.163.750,00        | R\$ 2.960.416,67        | R\$ 1.470.000,00        |
| - Comedouro                               | R\$ 71.050,00               | R\$ 190.312,50        | R\$ 482.125,00          | R\$ 1.226.458,33        | R\$ 609.000,00          |
| - Estrutura de Fixação                    | R\$ 32.666,67               | R\$ 87.500,00         | R\$ 221.666,67          | R\$ 563.888,89          | R\$ 280.000,00          |
| - Rede de Energia                         | R\$ 14.700,00               | R\$ 39.375,00         | R\$ 99.750,00           | R\$ 253.750,00          | R\$ 126.000,00          |
| - Escritório                              | R\$ 8.750,00                | R\$ 23.437,50         | R\$ 59.375,00           | R\$ 151.041,67          | R\$ 75.000,00           |
| <b>(ii) Equipamentos (R\$)</b>            | <b>R\$ 10.163,65</b>        | <b>R\$ 18.191,84</b>  | <b>R\$ 37.835,28</b>    | <b>R\$ 87.940,28</b>    | <b>R\$ 46.375,90</b>    |
| - Embarcação                              | R\$ 2.508,33                | R\$ 6.718,75          | R\$ 17.020,83           | R\$ 43.298,61           | R\$ 21.500,00           |
| - Motor de Popa                           | R\$ 2.274,42                | R\$ 6.092,19          | R\$ 15.433,54           | R\$ 39.260,76           | R\$ 19.495,00           |
| - Sonda Multiparâmetros                   | R\$ 1.557,00                | R\$ 1.557,00          | R\$ 1.557,00            | R\$ 1.557,00            | R\$ 1.557,00            |
| - Balança Eletrônica                      | R\$ 175,00                  | R\$ 175,00            | R\$ 175,00              | R\$ 175,00              | R\$ 175,00              |
| - Moto Bomba                              | R\$ 850,00                  | R\$ 850,00            | R\$ 850,00              | R\$ 850,00              | R\$ 850,00              |
| - Equipamentos de Informática             | R\$ 2.199,90                | R\$ 2.199,90          | R\$ 2.199,90            | R\$ 2.199,90            | R\$ 2.199,90            |
| - Mobiliário                              | R\$ 599,00                  | R\$ 599,00            | R\$ 599,00              | R\$ 599,00              | R\$ 599,00              |
| <b>(iii) Materiais (R\$)</b>              | <b>R\$ 2.566,50</b>         | <b>R\$ 5.804,99</b>   | <b>R\$ 13.728,94</b>    | <b>R\$ 33.940,77</b>    | <b>R\$ 17.174,14</b>    |
| - Materiais de Segurança (EPI's)          | R\$ 1.400,00                | R\$ 3.750,00          | R\$ 9.500,00            | R\$ 24.166,67           | R\$ 12.000,00           |
| - Ferramentas para Manutenção             | R\$ 227,50                  | R\$ 609,38            | R\$ 1.543,75            | R\$ 3.927,08            | R\$ 1.950,00            |
| - Materiais de Manejo                     | R\$ 658,82                  | R\$ 786,10            | R\$ 1.097,53            | R\$ 1.891,92            | R\$ 1.232,94            |
| - Materiais de Uso Geral                  | R\$ 169,35                  | R\$ 362,64            | R\$ 835,58              | R\$ 2.041,91            | R\$ 1.041,20            |
| - Outros                                  | R\$ 110,83                  | R\$ 296,88            | R\$ 752,08              | R\$ 1.913,19            | R\$ 950,00              |
| <b>(iv) Licenciamento Ambiental (R\$)</b> | <b>R\$ 37.142,00</b>        | <b>R\$ 37.142,00</b>  | <b>R\$ 37.142,00</b>    | <b>R\$ 37.142,00</b>    | <b>R\$ 37.142,00</b>    |
| <b>(v) Elaboração do Projeto (R\$)</b>    | <b>R\$ 16.853,17</b>        | <b>R\$ 44.637,34</b>  | <b>R\$ 112.619,88</b>   | <b>R\$ 286.024,61</b>   | <b>R\$ 142.177,50</b>   |
| <b>(vi) Investimento Total (R\$)</b>      | <b>R\$ 391.058,66</b>       | <b>R\$ 974.526,17</b> | <b>R\$ 2.402.159,43</b> | <b>R\$ 6.043.658,76</b> | <b>R\$ 3.022.869,54</b> |

<sup>1</sup>Todos os valores foram calculados a valores reais (com base na meta da inflação em 4,25% para 2019). CMD=cenário modelo; PVP=pequeno volume de água produtiva; MVP=médio volume de água produtiva; GVP=grande volume de água produtiva; EVP=extragrande volume de água produtiva.

## ANEXOS (B)

**Tabela 11.** Informações produtivas (valores médios das trélicas para cada ciclo produtivo) dos lotes de produção da produção comercial de tilápia em tanques-rede no reservatório, da fazenda comercial em estudo, cenário modelo (CMD).

| Fase 1 = Juvenil I (30 - 100g)      |           |         |         |                         |                                      |          |         |          |                                           |         |           |
|-------------------------------------|-----------|---------|---------|-------------------------|--------------------------------------|----------|---------|----------|-------------------------------------------|---------|-----------|
| CMD                                 | CP (dias) | TA (°C) | Pf (kg) | DE (px.m <sup>3</sup> ) | <sup>1</sup> VP/Tq (m <sup>3</sup> ) | NPF/Tq   | SOB (%) | BMF (kg) | PDF (kg.m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | CA (kg) | CR (kg)   |
| C1                                  | 50,00     | 25,44   | 0,129   | 312,18                  | 24,00                                | 9.147,37 | 91,47   | 1.176,96 | 27,37                                     | 1,33    | 1.641,85  |
| C2                                  | 43,67     | 26,00   | 0,114   | 315,70                  | 24,00                                | 9.377,26 | 93,77   | 1.072,13 | 24,93                                     | 1,25    | 1.472,21  |
| C3                                  | 43,00     | 26,11   | 0,115   | 315,70                  | 24,00                                | 9.377,26 | 93,77   | 1.075,26 | 25,01                                     | 1,28    | 1.430,12  |
| C4                                  | 44,33     | 25,78   | 0,116   | 315,64                  | 24,00                                | 9.352,73 | 93,53   | 1.081,80 | 25,16                                     | 1,28    | 1.518,11  |
| C5                                  | 43,00     | 25,56   | 0,114   | 311,66                  | 24,00                                | 9.109,60 | 91,10   | 1.035,46 | 24,08                                     | 1,22    | 1.380,40  |
| C6                                  | 50,00     | 24,67   | 0,096   | 376,43                  | 24,00                                | 9.802,06 | 98,02   | 941,00   | 17,43                                     | 1,12    | 1.129,15  |
| Fase 2 = Juvenil II (100 - 500g)    |           |         |         |                         |                                      |          |         |          |                                           |         |           |
| CMD                                 | CP (dias) | TA (°C) | Pf (kg) | DE (px.m <sup>3</sup> ) | <sup>2</sup> VP/Tq (m <sup>3</sup> ) | NPF/Tq   | SOB (%) | BMF (kg) | PDF (kg.m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | CA (kg) | CR (kg)   |
| C1                                  | 140,00    | 28,22   | 0,474   | 138,19                  | 48,50                                | 8.801,93 | 88,02   | 4.175,05 | 48,55                                     | 1,53    | 6.547,08  |
| C2                                  | 127,67    | 28,33   | 0,433   | 142,51                  | 48,50                                | 9.086,85 | 90,87   | 3.934,61 | 45,75                                     | 1,50    | 6.219,83  |
| C3                                  | 127,00    | 28,33   | 0,436   | 142,89                  | 48,50                                | 9.144,42 | 91,44   | 3.986,97 | 46,36                                     | 1,45    | 5.951,20  |
| C4                                  | 132,33    | 28,11   | 0,440   | 142,81                  | 48,50                                | 9.165,71 | 91,66   | 4.035,97 | 46,93                                     | 1,59    | 6.319,92  |
| C5                                  | 131,00    | 28,33   | 0,489   | 136,95                  | 48,50                                | 8.753,11 | 87,53   | 4.280,27 | 49,77                                     | 1,44    | 6.309,99  |
| C6                                  | 113,00    | 26,89   | 0,424   | 135,35                  | 48,50                                | 9.631,32 | 96,31   | 4.080,47 | 37,78                                     | 1,38    | 6.206,76  |
| Fase 3 = Peso Comercial (500 - 1kg) |           |         |         |                         |                                      |          |         |          |                                           |         |           |
| CMD                                 | CP (dias) | TA (°C) | Pf (kg) | DE (px.m <sup>3</sup> ) | <sup>2</sup> VP/Tq (m <sup>3</sup> ) | NPF/Tq   | SOB (%) | BMF (kg) | PDF (kg.m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ) | CA (kg) | CR (kg)   |
| C1                                  | 195,00    | 26,00   | 0,808   | 101,76                  | 48,50                                | 8.742,32 | 87,42   | 7.060,88 | 82,10                                     | 1,77    | 12.472,10 |
| C2                                  | 187,00    | 23,50   | 0,745   | 105,29                  | 48,50                                | 9.049,25 | 90,49   | 6.741,69 | 78,39                                     | 1,81    | 12.377,40 |
| C3                                  | 185,00    | 25,11   | 0,790   | 105,90                  | 48,50                                | 9.100,03 | 91,00   | 7.192,06 | 83,63                                     | 1,63    | 12.190,71 |
| C4                                  | 191,67    | 26,15   | 0,792   | 106,21                  | 48,50                                | 9.119,40 | 91,19   | 7.224,39 | 84,00                                     | 1,72    | 13.586,68 |
| C5                                  | 190,33    | 26,22   | 0,879   | 101,03                  | 48,50                                | 8.678,60 | 86,79   | 7.628,49 | 88,70                                     | 1,67    | 14.020,28 |
| C6                                  | 189,00    | 27,37   | 0,912   | 83,03                   | 48,50                                | 8.754,91 | 87,55   | 7.987,40 | 73,96                                     | 1,59    | 13.496,52 |

CMD=cenário modelo; C<sub>1-6</sub>=ciclo produtivo completo; CP=ciclo de produção; TA=temperatura da água; Pf=peso final dos peixes; DE=densidade de estocagem final; VP=volume produtivo; Tq=tanques-rede; NPF=número de peixes finais; SOB=taxa de sobrevivência; BMF=biomassa final; PDF=produtividade final; CA=conversão alimentar média; CR=consumo médio de ração.<sup>1</sup>volume dos tanques-rede dos ciclos de 2014 a 2016 com tamanho igual a 27 m<sup>3</sup> e 21 m<sup>3</sup> para os de 2017 e 2019 (fase juvenil I). <sup>2</sup>volume dos tanques-rede dos ciclos de 2014 a 2016 com tamanho igual a 43 m<sup>3</sup> e 54 m<sup>3</sup> para os ciclos de 2017 e 2019 (fase juvenil II e peso comercial). \*Valores médios por C<sub>1-6</sub>.

## ANEXOS (C)

**Tabela 12.** Fluxo de caixa modelo para análise de viabilidade econômica da produção comercial de tilápia (*O. niloticus*) em tanques-rede, valores médio do ciclo C<sub>2018-2019</sub> da fazenda em estudo (cenário modelo).

| Fluxo de Caixa - Econômico                   |            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|----------------------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FC (anos)                                    | -          | 0            | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           |
| <b>ENTRADAS<sup>1</sup></b>                  | <b>R\$</b> | <b>0,00</b>  | <b>2,40</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>4,81</b>  | <b>6,74</b>  |
| Receitas <sup>1</sup>                        | R\$        | 0,00         | 2,40         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         | 4,81         |
| Valor Residual <sup>1</sup>                  | R\$        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Valor de Sucata <sup>1</sup>                 | R\$        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,12         |
| Capital de Giro <sup>1</sup>                 | R\$        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 1,81         |
| <b>SAÍDAS<sup>1</sup></b>                    | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>-2,11</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,99</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> | <b>-3,97</b> |
| Desembolsos <sup>1</sup>                     | R\$        | 0,00         | -2,11        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        | -3,97        |
| Capital de Giro <sup>1</sup>                 | R\$        | -1,81        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Reinvestimentos <sup>1</sup>                 | R\$        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | -0,00        | 0,00         | -0,02        | -0,00        | 0,00         | 0,00         | -0,00        | 0,00         |
| Investimento Inicial <sup>1</sup>            | R\$        | -3,02        | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| <b>SALDO<sup>1</sup></b>                     | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>0,29</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,82</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,84</b>  | <b>0,84</b>  | <b>2,77</b>  |
| Depreciação <sup>1</sup>                     | R\$        | 0,00         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         | 0,25         |
| <b>FLC<sup>1</sup></b>                       | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>0,54</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,07</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,09</b>  | <b>1,09</b>  | <b>3,02</b>  |
| <b>FCA<sup>1</sup></b>                       | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>-4,29</b> | <b>-3,20</b> | <b>-2,11</b> | <b>-1,02</b> | <b>0,05</b>  | <b>1,13</b>  | <b>2,22</b>  | <b>3,31</b>  | <b>4,40</b>  | <b>7,42</b>  |
| Fluxo de Caixa (Descontado) - Valor Presente |            |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
| <b>FLC (DESCONTADO)<sup>1</sup></b>          | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>0,50</b>  | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>  | <b>0,99</b>  | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>  | <b>1,00</b>  | <b>2,78</b>  |
| <b>FCA (DESCONTADO)<sup>1</sup></b>          | <b>R\$</b> | <b>-4,83</b> | <b>-4,33</b> | <b>-3,33</b> | <b>-2,33</b> | <b>-1,33</b> | <b>-0,34</b> | <b>0,66</b>  | <b>1,66</b>  | <b>2,66</b>  | <b>3,66</b>  | <b>6,44</b>  |

| Indicadores Econômicos - Valor Presente                                                                                                     |  |                        |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------|-------|
| <div><div>TMA em juros reais (%)</div><div>TIR (%)</div><div>VPL<sup>1</sup> (R\$)</div><div>Payback (anos)</div><div>RCB (R\$)</div></div> |  | Referência de Ago/2019 |       |
|                                                                                                                                             |  | Inflação (%)           | 4,25% |
|                                                                                                                                             |  | Selic (%)              | 6,50% |
|                                                                                                                                             |  | CRA (%)                | 6,79% |
|                                                                                                                                             |  |                        |       |
|                                                                                                                                             |  |                        |       |

(<sup>1</sup>Valores em milhões de reais). FC=fluxo de caixa; FLC=fluxo líquido de caixa; FCA=fluxo de caixa acumulado; TMA=taxa mínima atrativa; TIR=taxa interna de retorno; VPL=valor presente líquido; Payback=período de retorno do capital investido; RCB=relação custo-benefício; CRA=certificado de recebíveis do agronegócio; Selic=sistema especial de liquidação e custódia.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Valores das variáveis estocásticas de entrada na simulação de Monte Carlo (SMC) e tipo de distribuição dos valores para todos os cenários produtivos.....                                                                          | 20 |
| Tabela 2. Indicadores de custos e lucratividade no cenário modelo de produção (CMD) com volume de água produtiva de 270 mil m <sup>3</sup> da <i>Oreochromis niloticus</i> em tanques-rede instalados em reservatório tropical.....          | 22 |
| Tabela 3. Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de pequeno volume de água produtiva (PVP) de 10 mil a 50 mil m <sup>3</sup> .....                                                          | 24 |
| Tabela 4. Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de médio volume de água produtiva (MVP) de 51 a 150 mil m <sup>3</sup> .....                                                               | 25 |
| Tabela 5. Indicadores de custos e lucratividade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de grande volume de água produtiva (GVP) de 151 a 300 mil m <sup>3</sup> .....                                                             | 26 |
| Tabela 6. Indicadores de custos e rentabilidade da produção de tilápia em tanques-rede no cenário de extragrande volume de água produtiva (EVP), acima de 301 mil m <sup>3</sup> .....                                                       | 27 |
| Tabela 7. Indicadores de viabilidade econômica da produção de tilápia em tanques-rede para todos os cenários produtivos.....                                                                                                                 | 30 |
| Tabela 8. Análise de simulação Monte Carlo (SMC), N = 10.000 <sup>1</sup> interações aleatórias, para as variáveis TIR; VPL e <i>Payback</i> dos cenários produtivos.....                                                                    | 32 |
| Tabela 9. Análise de sensibilidade por correlação de <i>spearman</i> , para todos os cenários produtivos.....                                                                                                                                | 34 |
| Tabela 10. Itens e valores médios para implantação de uma unidade comercial produtora de tilápia em tanques-rede no reservatório de Chavantes, São Paulo, para todos os cenários deste presente estudo.....                                  | 45 |
| Tabela 11. Informações produtivas (valores médios das tréplicas para cada ciclo produtivo) dos lotes de produção da produção comercial de tilápia em tanques-rede no reservatório, da fazenda comercial em estudo, cenário modelo (CMD)..... | 46 |
| Tabela 12. Fluxo de caixa modelo para análise de viabilidade econômica da produção comercial de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em tanques-rede, valores médio do ciclo C <sub>2018-2019</sub> da fazenda em estudo (cenário modelo).....    | 47 |

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea da fazenda de produção comercial da tilápia (*O. niloticus*) em sistemas de tanques-rede, Chavantes, São Paulo, Brasil; (Fonte: Piscicultura Cristalina)..... 13

Figura 2. Esquema do sistema de produção e etapas por fase produtiva até o consumidor final da fazenda comercial de produção de tilápia em estudo. CP=ciclo de produção; DE=densidade de estocagem; SOB=taxa de sobrevivência; PDA=produtividade média por ciclo; BMA=biomassa média por ciclo; Pf=peso final; CA=conversão alimentar; TA=temperatura média da água; NPF=número de peixes finais; NPI=número de peixes iniciais; Pc=preço de comercialização; VP=volume de área produtiva; L<sub>1-2</sub>=lotes de produção; (Elaboração: Autores). ..... 14

Figura 3. Mapa do grau de risco financeiro e econômico de ambos os cenários (PVP, MVP, GVP e EVP) de produção comercial da tilápia em sistema de tanques-rede. (Fonte: Autores) ..... 36

## **CAPÍTULO 2**

### **MODELO MATEMÁTICO DE PREDIÇÃO FINANCEIRA (MMPF) PARA PRODUÇÃO COMERCIAL DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM LAGOS E RESERVATÓRIOS DE CLIMA TROPICAL**

Maicon da Rocha Brande<sup>1</sup> e Guilherme Wolff Bueno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Caunesp – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Código Postal: 14884-900. [brandes.mdr@gmail.com](mailto:brandes.mdr@gmail.com)

#### **RESUMO**

Desenvolvemos uma ferramenta matemática de predição financeira para otimização no gerenciamento e planejamento da produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de tanques-rede sob condição de clima tropical. No período de 2014 a 2019 obtemos dados de produção comercial da *O. niloticus* de 232 lotes durante um ciclo médio de 189 dias de uma fazenda comercial localizada no reservatório de Chavantes, São Paulo, Brasil. Realizamos a modelagem de crescimento térmico corporal (TGC) baseado na temperatura da água (25 a 28°C), para cada fase de peso dos animais (0,30 a 1,00 kg) visando obter os exponenciais de crescimento corporal durante a produção sob tais condições climáticas. Posteriormente, aplicamos uma análise de custo e lucratividade, que juntamente o modelo TGC serviu de base para elaboração de um modelo matemático de predição financeira (MMPF). Utilizando o modelo de análise financeira clássica (MAFC) e o MMPF, verificamos a eficiência e precisão dos modelos MMPF e MAFC, por meio dos indicadores estatísticos  $R^2$ , MAE e RMSE. Por fim, realizamos um teste *t-student* para verificar o nível de significância dos resultados gerados por ambos os modelos. Por fim, aplicamos a simulação Monte Carlo (SMC) para demonstração da aplicabilidade do MMPF. Observamos que não há diferença significativa entre os dois modelos matemáticos, sendo ambos eficientes e precisos na estimativa dos indicadores financeiros. O MMPF pode ser utilizado para estimativa e predição financeira para a produção comercial da tilápia em reservatórios locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** otimização da produção, estimativa de lucros, planejamento financeiro, aquicultura de precisão, tilapicultura.

## 1. INTRODUÇÃO

A atividade aquícola como qualquer outro setor produtivo está passível de inúmeros fatores que influenciam nos resultados financeiros da atividade (Engle, 2010; Cai et al., 2018). Principalmente por se tratar da produção de organismos aquáticos (animais pecilotérmicos) estão vulneráveis as condições climáticas e seus efeitos no ecossistema aquático (Santos et al., 2013; Bueno et al., 2017; Cai et al., 2018).

Condições ambientais extremas dificultam a capacidade de adaptação dos animais deixando-os vulneráveis e passíveis de enfermidades, reduzindo a capacidade de expressão total do seu potencial genético (Santos et al., 2013; Garcia et al., 2014; Zvavahera et al., 2018). Com isto, acarretando perdas de produtividade no campo por mortalidade em grande escala, a qual ocasiona grandes impactos financeiros e econômicos à atividade aquícola (Garcia et al., 2014; Bueno et al., 2017; Cai et al., 2018).

Atualmente, a aplicação de modelos matemáticos para predição de crescimento corporal para diversas espécies animais tem sido amplamente utilizada por diversos pesquisadores, na previsão do desempenho produtivo dos animais dentro do sistema de produção (Dumas et al., 2010; Bueno et al., 2017; Cai et al., 2018). Com isto, possibilitou de modo mais eficiente estimar o crescimento corporal dos animais ao longo dos dias de produção, facilitando o delineamento e o planejamento futuro da atividade aquícola (Cho & Bureau, 1998; Dumas et al., 2010; Gomez-Ponce et al., 2011; Bueno et al., 2017).

Neste contexto, as condições ambientais além de influenciar no crescimento dos animais impactam significativamente nos processos fisiológicos, metabólicos e comportamentais dos mesmos (Iwana & Tautz, 1981; Hanson et al., 1997; Bueno et al., 2017). Fazendo com que, estes animais aumentam ou reduzam a ingestão de alimentos provocando ganho ou perda de peso corporal, influenciando significativamente na biomassa final e no volume de comercialização da produção (Hamblin & Gale, 2002; Jobling, 2011; Cai et al., 2018).

Na maioria dos modelos matemáticos de predição de crescimento corporal utilizados pelos pesquisadores não demonstram a trajetória real de

crescimento dos animais de acordo a realidade observada a campo (Jobling, 2011; Bueno et al., 2017). Dos quais, não consideram em suas equações algébricas a temperatura da água como um fator de resposta fisiológica, metabólica e comportamental, apenas o ganho de peso e a idade dos animais (Ricker, 1979; Bureau et al., 2002; Jobling, 2011; Bueno et al., 2017).

Mediante esta deficiência dos modelos de predição de crescimento corporal surgiu o modelo matemático: coeficiente de crescimento térmico (TGC), que permite por meio de sua equação algébrica um ajuste refinado nas curvas de crescimento corporal em peixes (Iwana & Tautz, 1981; Cho, 1992; Bureau et al., 2002; Dumas et al., 2010). Possibilitando aplicação prática e direta no campo, facilitando o dia a dia das operações aquícolas das fazendas de produção comercial (Dumas et al., 2010; Bueno et al., 2017).

Para estimar os resultados financeiros e econômicos das operações aquícolas, como: custos, receitas, lucros, lucratividade e rentabilidade da produção, pesquisadores tem utilizado ferramentas de engenharia econômica (Ferreira, 2009; Engle, 2010; Brande et al., 2019). No entanto, tais ferramentas estimam apenas com base em dados passados, como: biomassa produzida, consumo alimentar e valores desembolsados com os insumos ao longo do ciclo produzido (Engle, 2010; Ngoc et al., 2016).

No entanto, por meio desta ferramenta, não conseguimos predizer o futuro da produção com base nas variáveis de produção a campo, como as condições do ambiente aquático e características zootécnicas dos animais (Engle, 2010; Kumar & Engle, 2016). Neste quesito, demanda o desenvolvimento de ferramentas mais robustas e precisas que possibilite estimar os resultados futuros da produção, considerando oscilações da temperatura do ambiente aquático, do número de dias com a produção, nos preços dos insumos e condições de mercado (Ashe et al., 2018; Cai et al., 2018; Brande et al., 2019).

Diante disto, o objetivo deste presente estudo foi desenvolver uma ferramenta matemática de predição financeira para otimização no gerenciamento e planejamento da produção comercial da tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de tanques-rede sob condição de clima tropical, com base na temperatura da água, variáveis produtivas e econômicas.

Sendo a hipótese deste estudo se o modelo matemático de predição financeira (MMPF) desenvolvido por meio do coeficiente de crescimento térmico é capaz de prever o resultado financeiro observado a campo, com base na estimativa pelo modelo de análise financeira clássica (MAFC) e se é aplicável mediante a submissão de oscilações das variáveis climáticas, produtivas e econômicas para a produção de tilápia em sistemas de tanques-rede em regiões tropicais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Coleta de Dados

Obtemos dados de produção comercial da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) de 232 lotes (tanques-rede, tamanho médio de 48,5 m<sup>3</sup>) considerado como banco de dados histórico (*bigdata*), em uma fazenda localizada no reservatório de Chavantes, São Paulo, Brasil (644.481 E, 7.413.975 N) durante o período de 2014 a 2019.

Paralelamente, nesta fazenda comercial acompanhamos um ciclo de produção completo de 18 tanques-rede (em média de 189 dias) onde coletamos informações produtivas como: temperatura da água, fase de produção, dias de produção por fase, peso inicial, peso final, número de peixes por lote, densidade de estocagem, mortalidade, conversão alimentar, entre outros dados zootécnicos.

Posteriormente, aplicamos o modelo matemático coeficiente de crescimento térmico (TGC) e estimamos a curva de crescimento térmico da tilápia em reservatório tropical. Em seguida, por meio das informações econômicas obtidas, como: preço da ração, preço dos alevinos, preço de comercialização, entre outros insumos e mensuramos os indicadores financeiros por meio da análise de custo e lucratividade. Com base nos dados zootécnicos e econômicos obtidos a campo e no modelo matemático TGC definimos um **Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF)** para auxiliar no gerenciamento e planejamento financeiro, com intuito de otimizar a

produção comercial de tilápia (*O. niloticus*) em sistemas de tanques-rede, em lagos e reservatórios tropicais.

Utilizamos os dados (equivalente a 232 lotes de produção = *bigdata*) na aplicação do modelo matemático TGC, análise de custo e lucratividade, na modelagem dos dados por meio do MMPF e pelo **Modelo de Análise Financeira Clássica (MAFC)** (ANEXO E).

A partir dos 18 lotes de produção avaliados, aplicamos a validação estatística do MMPF e verificamos a precisão do modelo MMPF em comparação com o modelo MAFC para estimativa dos indicadores financeiros da produção de tilápia em reservatório. Por fim, realizamos uma simulação Monte Carlo (SMC) para demonstração da aplicação do MMPF considerando algumas oscilações e variações das variáveis produtivas, climática e econômicas para a produção de tilápia. Ainda, aplicamos uma análise de sensibilidade por correlação de *spearman* para conferirmos a inter-relação e os efeitos nos resultados entre as variáveis de entrada e de saída para o MMPF.

## 2.2. Modelagem de Crescimento Corporal

Mediante as informações mensais (biometrias) de peso corporal dos animais e fase de produção (em número de dias), classificamos os animais por faixa de peso de acordo com a metodologia proposta por Silverston et al. (1997). Classificamos os animais em três fases de produção: juvenil I (JUV-I, de 30 a 130 g), juvenil II (JUV-II, de 131 a 500 g) e peso de mercado (PM, de 500 g a 1 kg).

Aplicamos o modelo matemático de crescimento térmico (TGC) e definimos os coeficientes e exponenciais de crescimento corporal para cada fase de produção da tilápia produzida em tanques-rede, de acordo com a metodologia proposta por Iwama & Tautz (1981), Cho & Bureau (1998), Dumas et al. (2010) e adaptada por Bueno et al. (2017) para condições tropicais.

### 2.2.1. Aplicação do coeficiente de crescimento térmico (TGC)

O modelo matemático TGC em sua equação algébrica (Eq.01) considera a temperatura da água e o ciclo de produção (em dias) como um fator analítico

em relação ao metabolismo do animal, sendo o peso corporal a variável dependente (Eq.02) do somatório graus-dias, que de acordo com as oscilações térmicas do ambiente ao longo do período produtivo estas variáveis implicarão significativamente no desempenho produtivo do animal (Brett, 1979; Iwama & Tautz, 1981; Dumas et al., 2010; Bueno et al., 2017).

Primeiramente, encontramos o coeficiente de crescimento térmico ( $TGC^1$  estimado), a partir do exponencial de crescimento ( $EXP = 0,3333$ ), conforme o definido por Dumas et al. (2010).

Em seguida, ajustamos o exponencial de crescimento, mediante a ferramenta SOLVER do *software* Microsoft Office Excel©, de acordo com a base de dados observada a campo e definimos um novo coeficiente de crescimento térmico ( $TGC^2$  ajustado) com base no valor mínimo da função soma dos quadrados dos resíduos (RSS) de acordo com o definido por Bueno et al. (2017), conforme a seguinte equação:

$$TGC = \left\langle 100 \cdot \left\{ \frac{[P_f^{(EXP)} - P_i^{(EXP)}]}{\sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)} \right\} \right\rangle \quad \text{Eq. 01}$$

Sendo,  $n$  = ciclo de produção;  $i$  = fase de produção (dias);  $P_f$  e  $P_i$  trata-se do peso corporal final e inicial do animal (em quilogramas),  $CP$  representa o ciclo de produção (em dias),  $TA$  é a temperatura da água ( $^{\circ}C$ ) e ( $EXP$ ) é o exponencial de crescimento corporal do animal.

Após definirmos o  $TGC^2$  ajustado, calculamos o peso final dos animais para cada fase de produção conforme o proposto por Dumas et al. (2010) e Bueno et al. (2017), por meio da seguinte equação:

$$P_f = \left\{ P_i^{(EXP)} + \left[ (0,01 \cdot TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i) \right] \right\}^{\left( \frac{1}{EXP} \right)} \quad \text{Eq. 02}$$

Com a aplicação da equação (Eq.02) definimos posteriormente a biomassa produzida, receita estimada, o custo de produção e o lucro de cada lote produtivo, mediante a integração do modelo TGC com os indicadores produtivos e financeiros.

## 2.3. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF)

### 2.3.1. Modelagem das variáveis produtivas

Ao definirmos este modelo de predição financeira para otimização no gerenciamento financeiro da produção de tilápia em reservatórios, partimos do pressuposto da equação de produção (ou biomassa econômica) definida por Jolly & Clonts (1993), sendo a produção (P) é a variável dependente de uma função, cujas variáveis independentes são: densidade de estocagem (DE), volume produtivo (VP), taxa de mortalidade (MOR) e peso inicial (Pi) dos animais a cada ciclo de produção.

No entanto, a variável Pf é dependente de outras variáveis como: peso inicial dos animais (Pi), temperatura da água (TA) e ciclo de produção (CP), exponencial de crescimento corporal (EXP) e coeficiente de crescimento térmico (TGC) ajustado, conforme o modelo matemático TGC (Dumas et al., 2010, Bueno et al., 2017). De acordo com a função abaixo:

$$P = f(DE; VP; MOR; Pi; TA; CP; EXP; TGC) \quad \text{Eq. 03}$$

A partir da Eq.03 elaboramos uma equação matemática para definição da produção (P'), conforme a seguinte equação:

$$P' = \left| \underbrace{[(DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ Pi^{(EXP)} + [(0,01 \cdot TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)] \right\}^{\left(\frac{1}{EXP}\right)}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \right| \quad \text{Eq. 04}$$

Para estimativa do número de peixes iniciais (NPI) e do número de peixes finais (NPF), com base na Eq.04 definimos conforme com a seguinte equação:

$$NPI = (DE \cdot VP) \quad \text{Eq. 10}$$

$$NPF = [(DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR)] \quad \text{Eq. 11}$$

A partir destas equações definimos o MMPF para estimativa dos indicadores de produção, para posteriores definições dos indicadores financeiros.

### 2.3.2. Modelagem das variáveis financeiras

Para modelarmos as variáveis financeiras como receita (R), custos (C) e lucros (L) utilizamos como base a metodologia definida por Shang (1990), Ferreira (2009) e Engle (2010). Definimos que a receita é uma variável dependente de uma função, assim como os custos e lucros, cujas variáveis independentes para a estimativa da receita são: preço de comercialização dos animais (Pc) e a biomassa produzida (produção), para os custos: quantidade dos insumos (Qi) e os preços dos insumos (Wi), com isto estimamos os lucros, no qual é a diferença entre a receita e os custos com a produção, de acordo com as seguintes equações abaixo:

a) Estimativa de Receita (R):

$$R = (P \cdot Pc) \quad \text{Eq. 12}$$

Substituindo a Eq.04 em Eq.12 definimos a seguinte equação:

$$R' = \underbrace{\left[ (DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR) \right]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ P_i^{(EXP)} + [(0,01 \cdot TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)]^{\left(\frac{1}{EXP}\right)} \right\}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \cdot Pc \quad \text{Eq. 13}$$

*Biomassa ou Produção (kg)*

b) Estimativa de Custos (C):

$$C = f \sum_{i=1}^n (Q_{i1} \cdot W_{i1}; Q_{i2} \cdot W_{i2}; \dots; Q_{ik} \cdot W_{ik}) \quad \text{Eq. 14}$$

*Custos = f<sub>insumos</sub> (quantidade x preço)*

Sendo, n = ciclo de produção, i = fase de produção, k = o tipo de insumo (ou variável de custo), Q = quantidade de insumos e W = preço dos insumos.

Para as variáveis de custo neste modelo consideramos os desembolsos com: ração (Cr), alevinos (Ca), manejo sanitário (Cms), treinamento (Ctr), contribuição especial para a seguridade rural (CESSR) e combustível (Cco), como desembolsos de custo variável (CV). Os desembolsos com: energia elétrica (Cee), mão de obra (Cmo), manutenção (Cma), administrativo (Cad), arrendamento (Car) e depreciação (D) como custos fixos (CF), de acordo com a seguinte equação:

$$C' = f \sum_{i=1}^n [(CV_i; CF_i) - D] \quad \text{Eq. 15}$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Custos (R\$)}} \downarrow$$

$$C'' = f \sum_{i=1}^n [\underbrace{(Cr_i; Ca_i; Cms_i; Ctr_i; CESSR_i; Cco_i; Cee_i; Cmo_i; Cma_i; Cad_i; Car_i)}_{\text{Custos Variáveis (CV)}} - \underbrace{D_i}_{\text{Custos Fixos (CF)}}] \quad \text{Eq. 16}$$

Cálculo da depreciação (D), apenas para dedução tributária:

$$\text{Depreciação (D)} = \left[ \frac{(\text{Valor novo}_{bem} - \text{Valor de sucata}_{bem})}{\text{Vida útil}_{bem}} \right] \quad \text{Eq. 16 (b)}$$

Definimos a partir da Eq.15 as seguintes equações para a estimativa dos desembolsos para cada variável de custo demonstrada na Eq.16:

1) Custo com Ração (Cr):

$$Cr = \left[ \underbrace{[(DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ P_i^{(EXP)} + [(0,01 \cdot TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)] \right\}^{\left(\frac{1}{EXP}\right)}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \right] \cdot CA \cdot Wr \quad \text{Eq. 17}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Biomassa ou Produção (kg)}}$

2) Custo com Alevinos (Ca):

$$Ca = NPI \cdot Wa \quad \text{Eq. 18}$$

3) Custo com Manejo Sanitário (Cms):

$$Cms = \underbrace{[(DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot Wms \quad \text{Eq. 19}$$

## 4) Custo com Treinamento (Ctr):

$$Ctr = NPI \cdot Wtr \quad \text{Eq. 20}$$

5) Custo com CESSR ( $C_{CESSR}$ ):

$$C_{CESSR} = \left[ \underbrace{[(DE \cdot VP) \cdot (1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ P_i^{(EXP)} + [(0,01 \cdot TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)] \right\}^{\left(\frac{1}{EXP}\right)}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \right] \cdot Pc \cdot \%_{CESSR} \quad \text{Eq. 21}$$

*Receita Estimada (R\$)*

*Biomassa ou Produção (kg)*

## 6) Custo com Combustível (Cco):

$$Cco = NPI \cdot Wco \quad \text{Eq. 22}$$

## 7) Custo com Energia Elétrica (Cee):

$$Cee = NPI \cdot Wee \quad \text{Eq. 23}$$

## 8) Custo com Mão de Obra (Cmo):

$$Cmo = NPI \cdot Wmo \quad \text{Eq. 24}$$

## 9) Custo com Manutenção (Cma):

$$Cma = NPI \cdot Wma \quad \text{Eq. 25}$$

## 10)Custo com Administrativo (Cad):

$$Cad = NPI \cdot Wad \quad \text{Eq. 26}$$

## 11)Custo com Arrendamento (Car):

$$Car = NPI \cdot War \quad \text{Eq. 27}$$

## 12)Desembolso com Depreciação (D):

$$D = NPI \cdot WD \quad \text{Eq. 28}$$

Os preços (W) do desembolso com cada insumo estimamos com base nos desembolsos da fazenda em estudo, preço por unidade de peixes (custo unitário por animal produzido) de acordo com a base de dados histórica dos

desembolsos da fazenda em estudo, apenas para o custo com ração (Cr) utilizamos valores de preço (Wr) por quilograma da ração, de acordo com a comercialização deste insumo.

Desconsideramos os valores da depreciação neste estudo na estrutura de custo fixo, porém definimos a equação de estimativa da depreciação por unidade produzida (quilograma) para fins de dedução contábil (tributária), com intuito de facilitar a compreensão do produtor rural dos cálculos para fins de dedução futura (num fluxo de caixa) por quilograma de peixe produzido. Neste quesito, estimamos a depreciação pelo método linear considerando 8% do investimento mínimo inicial para a atividade (Ferreira, 2009; Engle, 2010), com base na infraestrutura básica utilizada pela propriedade em estudo.

### c) Estimativa de Lucros (L):

Deste modo, finalizamos a definição do MMPF para otimização no gerenciamento e planejamento da produção comercial de tilápia em reservatórios tropicais com base nas variáveis financeiras integradas as variáveis produtivas, com a equação matemática de estimativa de lucros (L'), mediante a substituição da Eq.13 (receita) e Eq.16 (custo) na Eq.29, de acordo com as seguintes equações:

$$L = (R - C) \quad \text{Eq. 29}$$

$$L' = \left[ \underbrace{\left[ \underbrace{[(DE.VP).(1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ P_i^{(EXP)} + [(0,01.TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)] \right\}^{\left(\frac{1}{EXP}\right)}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \right] \cdot Pc}_{\text{Biomassa ou Produção (kg)}} - C'' \right] \quad \text{Eq. 30}$$

*Receita Estimada*

Estimamos o imposto de renda (IR) a partir da seguinte equação matemática:

$$IR = (L' \cdot \%IR) \quad \text{Eq. 31}$$

$$IR' = \left[ \underbrace{\left[ \underbrace{[(DE.VP).(1 - MOR)]}_{\text{Nº de peixes finais}} \cdot \underbrace{\left\{ P_i^{(EXP)} + [(0,01.TGC) \cdot \sum_{i=1}^n (TA_i \cdot CP_i)] \right\}^{\left(\frac{1}{EXP}\right)}}_{\text{Peso final dos peixes (kg)}} \right] \cdot Pc}_{\text{Lucro Bruto (Antes do IR)}} - C'' \right] \cdot \%IR \quad \text{Eq. 32}$$

*Receita Estimada*

Em seguida, estimamos o lucro líquido (LL'), lucro livre de imposto de renda (IR), conforme a seguinte equação:

$$LL' = (L' - IR') \quad \text{Eq. 33}$$

## 2.4. Indicadores de Custos e Lucratividade

Por meio dos indicadores de custos e lucratividade comparamos a aplicação do MMPF em relação aos resultados observados com a análise financeira clássica (MAFC). Dentre os indicadores financeiros, utilizamos para esta aplicação o indicador de receita estimada (RE), custo variável (CV), custo fixo (CF), custo total (CT), lucro bruto (LB), lucro líquido (LL), margem bruta (MB) e margem líquida (ML) de acordo com Ferreira (2009) e Engle (2010). Ambos os indicadores aplicamos por unidade produzida (em quilograma), para facilitar a compreensão do produtor rural, gestor ou investidor do setor, com os desembolsos e resultados financeiros por quilograma de peixe produzido, mediante as seguintes equações:

$$RE \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{R'}{P'} \right) \quad \text{Eq. 34}$$

$$CV \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{CV}{P'} \right) \quad \text{Eq. 35}$$

$$CF \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{CF}{P'} \right) \quad \text{Eq. 36}$$

$$CT \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{CT}{P'} \right) \quad \text{Eq. 37}$$

$$LB \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{L'}{P'} \right) \quad \text{Eq. 38}$$

$$LL \text{ (R$. kg}^{-1}\text{)} = \left( \frac{LL'}{P'} \right) \quad \text{Eq. 39}$$

$$MB \text{ (\%)} = \left[ \left( \frac{LB}{RE} \right) \cdot 100 \right] \quad \text{Eq. 40}$$

$$ML (\%) = \left[ \left( \frac{LL}{RE} \right) \cdot 100 \right] \quad \text{Eq. 41}$$

Sendo, P' = biomassa produzida (produção em quilograma por lote, ciclo ou ano).

## 2.5. Validação Estatística do MMPF em Relação ao MAFC

Nesta etapa deste presente estudo realizamos uma calibragem e validação dos indicadores financeiros (RE, CV, CF, CT, LB, LL, MB, ML) para verificação da precisão do MMPF em relação aos resultados observados pela análise financeira clássica (MAFC), cuja base dos indicadores é calculado segundo a metodologia de Ferreira e Engle (2010).

Aplicamos os seguintes indicadores estatísticos: coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio absoluto (MAE) e raiz do erro quadrático médio (RMSE) para avaliarmos o desempenho do MMPF em relação aos dados de outros lotes produtivos (*bigdata*) da piscicultura em estudo (N amostral de 70 valores para cada observação, considerando o ciclo completo de aproximadamente sete meses de produção), segundo a metodologia proposta por Nash & Sutcliffe (1970) e Legates & McCabe (1999), de acordo com as seguintes equações:

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (ye_i - yM_i)^2}{\sum_{i=1}^n (ym_i - yM_i)^2} \right] \quad \text{Eq. 42}$$

$$MAE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (|ye_i| - |ym_i|)}{N} \right] \quad \text{Eq. 43}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ye_i - ym_i)^2}{N}} \quad \text{Eq. 44}$$

Sendo, ye = valores estimados (validação); ym = valores modelados (e calculados para os resultados observados a campo); yM = valores médios modelados e estimados; N = número da amostra e i = número de observações (valores estimados e modelados).

Ao final da validação estatística aplicamos o teste *t-student* (*bi-caudal*) para verificar o nível de significância estatística entre os indicadores financeiros entre os modelos MAFC e MMPF.

## 2.6. Simulação Monte Carlo para Demonstração do MMPF

Realizamos a simulação Monte Carlo (SMC) para demonstração da aplicação do MMPF, verificação da amplitude na variação dos resultados dos indicadores financeiros e a previsibilidade do modelo em consideração as oscilações das variáveis: temperatura da água, zootécnicas e econômicas (de acordo com as oscilações de mercado), por meio do *software @RISK 7.6 Professional* (Palisade Corporation, Ithaca, New York, EUA, registro ID número 7112268). Estimamos as probabilidades estocásticas e variações das ocorrências dos valores de RE, CV, CF, CT, LB, LL, MB e ML (variáveis estocásticas de saída) utilizando 100.000 interações (Ferreira, 2009; Engle, 2010; Erlich & Moraes, 2015).

Definimos as variáveis estocásticas de entrada em duas classes; (1) variáveis produtivas: DE, VP, MOR, Pf, TA, CP, EXP, TGC, CA; (2) variáveis econômicas: preço de comercialização, preço dos insumos e percentuais de impostos (CESSR e IR, consideramos a tributação para pessoa física neste estudo), sendo cada uma destas com sua forma de distribuição de acordo com o banco de dados obtidos da fazenda em estudo (Anexos D). Demonstramos a SMC por meio das interações aleatórias entre cada uma destas variáveis, de acordo com o proposto por Gentle (1998), Vose (2008) e Gebrezgabher et al. (2012), conforme as seguintes equações de probabilidade estocástica:

$$\int_a^b f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) \partial x = \text{probabilidade } \{a \leq x \leq b\} \quad \text{Eq. 45}$$

Sendo,  $f$  = função probabilística;  $x_{(1,2,3,\dots,k)}$  = variáveis estocásticas de saída;  $a$  e  $b$  = intervalo de probabilidade de ocorrência de  $RE_k$ ,  $CV_k$ ,  $CF_k$ ,  $CT_k$ ,  $LB_k$ ,  $LL_k$ ,  $MB_k$  e  $ML_k$ .

## 2.7. Análise de Sensibilidade por Correlação de *Spearman*

Aplicamos uma análise de sensibilidade para verificar as variáveis estocásticas de entrada de maior influência na probabilidade de ocorrência dos valores das variáveis estocásticas de saída com a aplicação do MMPF, conforme a metodologia aplicada por Engle 2010 e Gebrezgabher et al. (2012). Dentre as variáveis de entrada ( $x$ ), identificamos as variáveis de maior influência nos resultados como: Pf, Pc, CA, TGC, Pr, TA, EXP e CP.

Diante disto, aplicamos uma correlação de *Spearman* ( $\rho$ ) (Merton, 1974), por meio do *software* @RISK entre estas variáveis ( $x$ ) e todas as variáveis estocásticas de saída ( $y$ ) (RE, CV, CF, CT, LB, LL, MB, ML). Sendo que, quanto maior o coeficiente de correlação entre as variáveis ( $r = 1$  ou  $r = -1$ ), maior a associação entre elas, positivamente ou negativamente, de acordo com a seguinte equação:

$$\rho = \left\{ 1 - \left[ \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{(n^3 - n)} \right] \right\} \quad \text{Eq. 45}$$

Sendo,  $n$  = o número de pares das variáveis ( $x_i$ ;  $y_i$ ),  $d_i$  = (pontos de  $x_i$  entre os valores das variáveis  $x$ ) – (pontos de  $y_i$  entre os valores das variáveis  $y$ ). Se os postos das variáveis  $x$  são exatamente iguais aos pontos das variáveis  $y$ , então todos os  $d_i$  serão zero e  $\rho$  será igual à 1.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Modelo Matemático de Predição Financeira (MMPF)

##### 3.1.1. *Curvas de crescimento corporal (TGC)*

A produção comercial de tilápia em reservatório tropical observada neste presente estudo apresenta ciclo de produção médio de 190 dias para os lotes que avaliamos (Tabela 13). Durante estes ciclos de produção observamos uma temperatura média da água de  $26,38 \pm 0,60^{\circ}\text{C}$ , no qual os animais iniciam o ciclo de produção na fase juvenil I com tamanho médio de 33 g, atingindo um peso final médio de 775 g, com ganho de peso médio de diário 3,9 g.

Estas informações possibilitaram a estimativa dos exponenciais de crescimento corporal (EXP) que foram de  $0,5120 \pm 0,0500$  e do coeficiente de crescimento térmico (TGC) de  $0,0116 \pm 0,0014$  para o ciclo completo.

A partir destes resultados estimamos o peso final pelo modelo matemático TGC, com valor médio de 442 g para o final da fase juvenil e de 784 g para a fase de comercialização. Mediante estes resultados, observamos que os ajustes dos exponenciais de crescimento da tilápia neste estudo foram eficiente, apresentando um residual (RSS) médio de  $0,1598 \pm 0,2890$ , mostrando proximidade entre as curvas observada a campo em relação à curva modelada por TGC.

A Figura 4 apresenta as trajetórias das curvas de crescimento corporal modelada por TGC e observada a campo. Ao estimarmos o peso corporal da tilápia em função do número de dias de produção encontramos um  $R^2$  de 0,9527 para o peso observado e de 0,9508 para o peso modelado.

Com a aplicação da metodologia de validação entre as curvas de crescimento corporal por regressão linear, observamos na Figura 5 uma convergência do peso corporal observado e do estimado por TGC em função do peso observado no banco de dados dos lotes de produção para validação estatística (*bigdata*), apresentando um  $R^2$  de 0,9940 para o peso corporal observado e de 0,9952 para o peso corporal estimado pelo TGC.

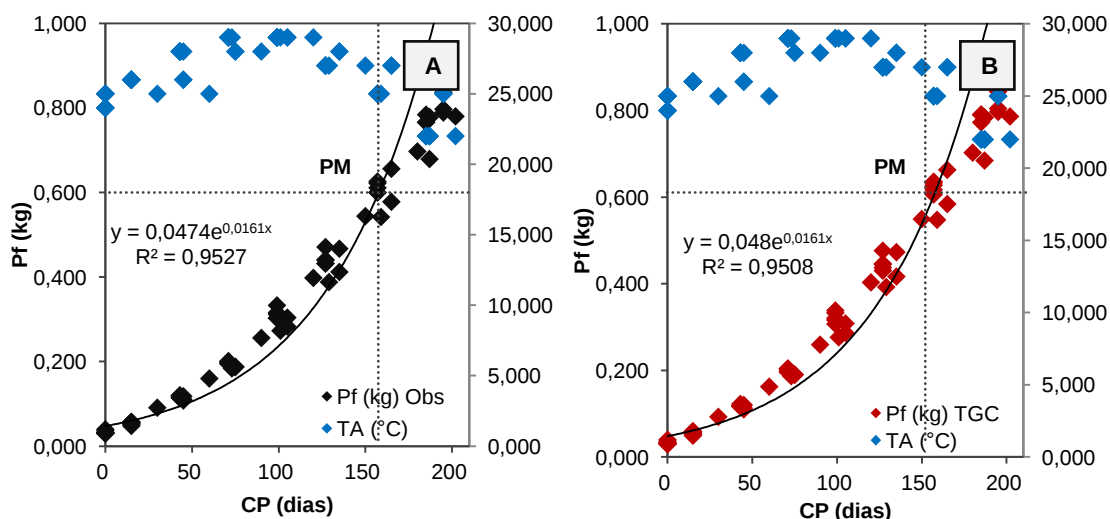
Com isto, observamos que a estimativa de peso corporal com o modelo matemático TGC foi eficiente e preciso quando comparado com os valores de  $R^2$  observado. Pois quanto mais próximo de um (1) o valor de  $R^2$  e menor a

diferença dos valores de  $R^2$  observado em relação aos valores modelados, maior a eficiência na estimativa de resultados.

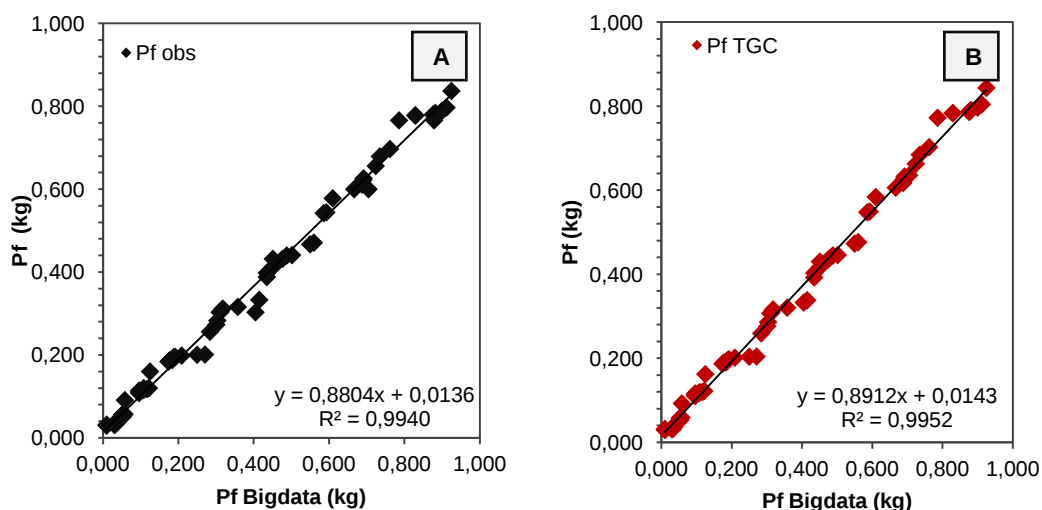
**Tabela 13.** Variáveis produtivas, exponenciais e coeficientes de crescimento térmico da tilápia (*O. niloticus*) em todas as fases de produção, produzida em reservatório tropical.

| Variáveis                 | JUV-I <sup>1</sup> | JUV-II                | PM               |
|---------------------------|--------------------|-----------------------|------------------|
|                           | Média (dp)         | Valores<br>Média (dp) | Média (dp)       |
| DE (px.m <sup>3-1</sup> ) | 291,55 (10,49)     | 171,59 (1,67)         | 168,28 (1,02)    |
| VP (m <sup>3</sup> )      | 27                 | 43                    | 43               |
| MOR (%)                   | 2,38 (1,84)        | 1,07 (0,46)           | 0,24 (0,16)      |
| CP (dias)                 | 46 (6)             | 132 (8)               | 190 (6)          |
| TA (°C)                   | 25,89 (0,41)       | 28,03 (0,36)          | 25,22 (1,03)     |
| Pf observado (kg)         | 0,120 (0,015)      | 0,447 (0,044)         | 0,775 (0,039)    |
| Pf (TGC)(kg)              | 0,122 (0,016)      | 0,452 (0,045)         | 0,784 (0,040)    |
| EXP                       | 0,4894 (0,0505)    | 0,6375 (0,0236)       | 0,4091 (0,0745)  |
| TGC                       | 0,0087 (0,0008)    | 0,0132 (0,0008)       | 0,0128 (0,0026)  |
| RSS (x1000)               | 0,0103 (0,0032)    | 0,1574 (0,2800)       | 0,3117 (0,5836)  |
| CA (kg:kg)                | 1,28:1,00 (0,11)   | 1,48:1,00 (0,10)      | 1,78:1,00 (0,08) |

<sup>1</sup>Pi (kg) = 0,033 (0,003). Sendo, DE=densidade de estocagem dos peixes; VP=volume produtivo (volume de água); MOR=taxa de mortalidade dos peixes CP=ciclo de produção em dias; TA=temperatura da água (ambiente de cultivo), Pf=peso final dos peixes (por fase do ciclo de produção); EXP=exponencial de crescimento corporal; TGC=coeficiente térmico de crescimento corporal (sigla do inglês); RSS=soma dos quadrados dos resíduos; CA=conversão alimentar (kg:kg de peso do animal vivo); dp=desvio padrão. JUV=juvenil e PM=peso de mercado.\*com base na base de dados do ANEXO E.



**Figura 4. (A)** Curva de crescimento corporal observada a campo (biometrias) da tilápia (*O. niloticus*) produzida em reservatório tropical. **(B)** Curva de crescimento corporal pelo modelo matemático TGC da tilápia (*O. niloticus*) produzida em reservatório tropical; sendo PM = peso de mercado.



**Figura 5. (A)** Curva de regressão do peso corporal observado a campo em relação à base de dados de validação (*bigdata*). **(B)** Curva de regressão da estimativa de peso corporal pelo TGC em função dos dados de validação (*bigdata*).

### 3.1.2. Análise de custo e lucratividade (MAFC e MMPF)

Com a aplicação da análise de custo e de lucratividade pelo modelo de análise financeira clássico (MAFC) observamos que a produção de tilápia em reservatório neste estudo apresenta uma produção média de  $119,43 \pm 3,39$  kg.m<sup>3</sup> ao ciclo, gerando uma receita média de  $520,62 \pm 26,85$  R\$.m<sup>3</sup> ao final do ciclo de produção e um preço de venda médio de  $4,36 \pm 0,13$  R\$.kg<sup>-1</sup>, valor calculado com base no preço de comercialização considerando o peso vivo do animal em 1kg de 5,50 R\$.kg<sup>-1</sup> (Tabela 14).

Dentre os custos variáveis, os desembolsos com ração representam aproximadamente 94,14%, com valor médio de  $348,98 \pm 16,15$  R\$.m<sup>3</sup> produzido. Os desembolsos de menor representatividade são com combustível ( $2,08 \pm 0,10$  R\$.m<sup>3</sup>) e alevinos ( $2,49 \pm 0,12$  R\$.m<sup>3</sup>).

Os custos fixos representam apenas 9,42% ( $34,91 \pm 1,63$  R\$.m<sup>3</sup>) do custo total de produção ( $405,62 \pm 16,67$  R\$.m<sup>3</sup>). Com isto, possibilita uma margem média de lucro antes do imposto de renda de  $21,96 \pm 4,22\%$  e a partir do desconto do IR em 27,5% ( $31,63 \pm 7,42$  R\$.m<sup>3</sup>) um lucro líquido médio ao produtor rural de  $83,38 \pm 19,55$  R\$.m<sup>3</sup> produzido com uma margem de lucratividade líquida de 15,92% ao ciclo.

Quando aplicado a análise de custo e de lucratividade pelo MMPF para a mesmas condições da fazenda avaliada (18 lotes de produção), observamos uma produção média de  $118,63 \pm 2,83 \text{ kg.m}^3$  ao ciclo, com uma receita média de  $518,87 \pm 25,98 \text{ R\$.m}^3$  ao final do ciclo de produção e um preço de venda médio de  $4,37 \pm 0,11 \text{ R\$.kg}^{-1}$  (Tabela 15). Os desembolsos com ração representam em média 94,11% dos custos variáveis, um valor médio de  $346,68 \pm 19,47 \text{ R\$.m}^3$  produzido. Sendo os desembolsos de menor representatividade com combustível e alevinos, com os mesmos valores observados pelo MAFC.

Os custos fixos, os desembolsos de maior representatividade foram com mão de obra, manutenção e arrendamento, 29,76% ( $10,39 \pm 0,49 \text{ R\$.m}^3$ ), 26,78% ( $9,35 \pm 0,44 \text{ R\$.m}^3$ ) e 32,74% ( $11,43 \pm 0,53 \text{ R\$.m}^3$ ) respectivamente. Gerando uma margem média de lucro antes do imposto de renda de  $22,19 \pm 3,80\%$  e posteriormente ao desconto do IR em 27,5% ( $31,78 \pm 6,52 \text{ R\$.m}^3$ ) um lucro líquido médio ao produtor de  $83,79 \pm 17,20 \text{ R\$.m}^3$  produzido com uma margem líquida de lucratividade em 16,10%.

Diante deste cenário, com a estimativa dos indicadores financeiros com o MAFC e pelo MMPF, percebemos que os resultados estimados por ambos os modelos foram próximos, com uma RE de  $4,36 \pm 0,13 \text{ R\$.kg}^{-1}$  e de  $4,37 \pm 0,11 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , um CT de  $3,41 \pm 0,14 \text{ R\$.kg}^{-1}$  e  $3,39 \pm 0,17 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , um LB de  $0,96 \pm 0,20 \text{ R\$.kg}^{-1}$  e  $0,97 \pm 0,18 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , para o MAFC e MMPF respectivamente (Tabela 14 e 15). Para ambos os modelos (MAFC e MMPF) observamos um retorno de capital líquido médio de  $0,70 \pm 0,14 \text{ R\$}$  por cada quilograma produzido e uma lucratividade média de 16,04% ao final do ciclo de produção.

**Tabela 14.** Resultados dos indicadores de custos e lucratividade pelo MAFC para produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Indicadores                                                       | MAFC (clássico) |              |               |               |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
|                                                                   | Valores         |              |               |               |
|                                                                   | média           | (dp)         | mín.          | máx.          |
| <b>(A) Produção (kg.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>         | <b>119,43</b>   | <b>3,39</b>  | <b>115,37</b> | <b>127,02</b> |
| - Preço de Venda <sup>1</sup> (R\$.kg <sup>-1</sup> )             | <b>4,36</b>     | <b>0,13</b>  | <b>4,21</b>   | <b>4,60</b>   |
| <b>(B) Receita (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>         | <b>520,62</b>   | <b>26,85</b> | <b>498,00</b> | <b>573,54</b> |
| <b>(C) Custo Variável (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>  | <b>370,72</b>   | <b>16,35</b> | <b>349,69</b> | <b>397,69</b> |
| - Ração                                                           | 348,98          | 16,15        | 327,79        | 375,86        |
| - Alevinos                                                        | 2,49            | 0,12         | 2,20          | 2,55          |
| - Manejo Sanitário                                                | 5,61            | 0,26         | 4,95          | 5,74          |
| - Treinamento                                                     | 0,62            | 0,03         | 0,55          | 0,64          |
| - CESSR (2,1%)                                                    | 10,93           | 0,56         | 10,46         | 12,04         |
| - Combustível                                                     | 2,08            | 0,10         | 1,83          | 2,13          |
| <b>(D) Custo Fixo (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>      | <b>34,91</b>    | <b>1,63</b>  | <b>30,78</b>  | <b>35,72</b>  |
| - Energia Elétrica                                                | 0,62            | 0,03         | 0,55          | 0,64          |
| - Mão de Obra                                                     | 10,39           | 0,49         | 9,16          | 10,63         |
| - Manutenção                                                      | 9,35            | 0,44         | 8,25          | 9,57          |
| - Administrativo                                                  | 3,12            | 0,15         | 2,75          | 3,19          |
| - Arrendamento                                                    | 11,43           | 0,53         | 10,08         | 11,69         |
| ( - ) Depreciação                                                 | 22,86           | 1,07         | 20,16         | 23,39         |
| <b>(E) Custo Total (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>     | <b>405,62</b>   | <b>16,67</b> | <b>385,42</b> | <b>433,41</b> |
| <b>(F) Lucro Bruto (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>     | <b>115,00</b>   | <b>26,97</b> | <b>79,71</b>  | <b>157,73</b> |
| Margem Bruta (%.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )             | 21,96           | 4,22         | 15,53         | 27,50         |
| ( - ) Imposto de Renda (R\$.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> ) | 31,63           | 7,42         | 21,92         | 43,38         |
| <b>(G) Lucro Líquido (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>   | <b>83,38</b>    | <b>19,55</b> | <b>57,79</b>  | <b>114,35</b> |
| Margem Líquida (%.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )           | 15,92           | 3,06         | 11,26         | 19,94         |
| <b>(a) RE (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>4,36</b>     | <b>0,13</b>  | <b>4,21</b>   | <b>4,60</b>   |
| <b>(b) CV (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>3,11</b>     | <b>0,15</b>  | <b>2,94</b>   | <b>3,34</b>   |
| - Ração                                                           | 2,92            | 0,15         | 2,75          | 3,15          |
| - Alevinos                                                        | 0,02            | 0,00         | 0,02          | 0,02          |
| - Manejo Sanitário                                                | 0,05            | 0,00         | 0,04          | 0,05          |
| - Treinamento                                                     | 0,01            | 0,00         | 0,00          | 0,01          |
| - CESSR (2,1%)                                                    | 0,09            | 0,00         | 0,09          | 0,10          |
| - Combustível                                                     | 0,02            | 0,00         | 0,02          | 0,02          |
| <b>(c) CF (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,29</b>     | <b>0,01</b>  | <b>0,26</b>   | <b>0,30</b>   |
| - Energia Elétrica                                                | 0,01            | 0,00         | 0,00          | 0,01          |
| - Mão de Obra                                                     | 0,09            | 0,00         | 0,08          | 0,09          |
| - Manutenção                                                      | 0,08            | 0,00         | 0,07          | 0,08          |
| - Administrativo                                                  | 0,03            | 0,00         | 0,02          | 0,03          |
| - Arrendamento                                                    | 0,10            | 0,00         | 0,09          | 0,10          |
| ( - ) Depreciação                                                 | 0,19            | 0,01         | 0,17          | 0,20          |
| <b>(d) CT (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>3,41</b>     | <b>0,14</b>  | <b>3,24</b>   | <b>3,64</b>   |
| <b>(e) LB (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,96</b>     | <b>0,20</b>  | <b>0,66</b>   | <b>1,24</b>   |
| ( - ) IR (R\$.kg <sup>-1</sup> )                                  | 0,26            | 0,06         | 0,18          | 0,34          |
| <b>(f) LL (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,70</b>     | <b>0,15</b>  | <b>0,48</b>   | <b>0,90</b>   |

<sup>1</sup>Preço de venda (Pv) = 5,50 R\$.kg<sup>-1</sup> (referente ao animal com 1kg de peso vivo). RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido (após o imposto de renda/IR = 27,5%); CESSR=contribuição especial para a seguridade rural (2,1%).

**Tabela 15.** Resultados dos indicadores de custos e lucratividade calculados pelo MMPF para produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Indicadores                                                       | MMPF (TGC)<br>Valores |              |               |               |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|
|                                                                   | média                 | (dp)         | mín.          | máx.          |
| <b>(A) Produção (kg.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>         | <b>118,63</b>         | <b>2,83</b>  | <b>115,47</b> | <b>125,22</b> |
| - Preço de Venda <sup>1</sup> (R\$.kg <sup>-1</sup> )             | <b>4,37</b>           | <b>0,11</b>  | <b>4,25</b>   | <b>4,64</b>   |
| <b>(B) Receita (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>         | <b>518,87</b>         | <b>25,98</b> | <b>490,74</b> | <b>581,11</b> |
| <b>(C) Custo Variável (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>  | <b>368,38</b>         | <b>19,71</b> | <b>344,67</b> | <b>400,28</b> |
| - Ração                                                           | 346,68                | 19,47        | 323,31        | 378,47        |
| - Alevinos                                                        | 2,49                  | 0,12         | 2,20          | 2,55          |
| - Manejo Sanitário                                                | 5,61                  | 0,26         | 4,95          | 5,74          |
| - Treinamento                                                     | 0,62                  | 0,03         | 0,55          | 0,64          |
| - CESSR (2,1%)                                                    | 10,90                 | 0,55         | 10,31         | 12,20         |
| - Combustível                                                     | 2,08                  | 0,10         | 1,83          | 2,13          |
| <b>(D) Custo Fixo (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>      | <b>34,91</b>          | <b>1,63</b>  | <b>30,78</b>  | <b>35,72</b>  |
| - Energia Elétrica                                                | 0,62                  | 0,03         | 0,55          | 0,64          |
| - Mão de Obra                                                     | 10,39                 | 0,49         | 9,16          | 10,63         |
| - Manutenção                                                      | 9,35                  | 0,44         | 8,25          | 9,57          |
| - Administrativo                                                  | 3,12                  | 0,15         | 2,75          | 3,19          |
| - Arrendamento                                                    | 11,43                 | 0,53         | 10,08         | 11,69         |
| ( - ) Depreciação                                                 | 22,86                 | 1,07         | 20,16         | 23,39         |
| <b>(E) Custo Total (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>     | <b>403,29</b>         | <b>19,74</b> | <b>380,40</b> | <b>434,70</b> |
| <b>(F) Lucro Bruto (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>     | <b>115,58</b>         | <b>23,72</b> | <b>80,45</b>  | <b>160,38</b> |
| Margem Bruta (%.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )             | 22,19                 | 3,80         | 15,92         | 27,60         |
| ( - ) Imposto de Renda (R\$.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> ) | 31,78                 | 6,52         | 22,12         | 44,11         |
| <b>(G) Lucro Líquido (R\$.m<sup>3</sup>.ciclo<sup>-1</sup>)</b>   | <b>83,79</b>          | <b>17,20</b> | <b>58,32</b>  | <b>116,28</b> |
| Margem Líquida (%.m <sup>3</sup> .ciclo <sup>-1</sup> )           | 16,09                 | 2,75         | 11,54         | 20,01         |
| <b>(a) RE (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>4,37</b>           | <b>0,11</b>  | <b>4,25</b>   | <b>4,64</b>   |
| <b>(b) CV (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>3,11</b>           | <b>0,15</b>  | <b>2,94</b>   | <b>3,34</b>   |
| - Ração                                                           | 2,92                  | 0,15         | 2,75          | 3,15          |
| - Alevinos                                                        | 0,02                  | 0,00         | 0,02          | 0,02          |
| - Manejo Sanitário                                                | 0,05                  | 0,00         | 0,04          | 0,05          |
| - Treinamento                                                     | 0,01                  | 0,00         | 0,00          | 0,01          |
| - CESSR (2,1%)                                                    | 0,09                  | 0,00         | 0,09          | 0,10          |
| - Combustível                                                     | 0,02                  | 0,00         | 0,02          | 0,02          |
| <b>(c) CF (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,29</b>           | <b>0,01</b>  | <b>0,26</b>   | <b>0,31</b>   |
| - Energia Elétrica                                                | 0,01                  | 0,00         | 0,00          | 0,01          |
| - Mão de Obra                                                     | 0,09                  | 0,00         | 0,08          | 0,09          |
| - Manutenção                                                      | 0,08                  | 0,00         | 0,07          | 0,08          |
| - Administrativo                                                  | 0,03                  | 0,00         | 0,02          | 0,03          |
| - Arrendamento                                                    | 0,10                  | 0,00         | 0,09          | 0,10          |
| ( - ) Depreciação                                                 | 0,19                  | 0,01         | 0,17          | 0,20          |
| <b>(d) CT (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>3,39</b>           | <b>0,17</b>  | <b>3,20</b>   | <b>3,65</b>   |
| <b>(e) LB (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,97</b>           | <b>0,18</b>  | <b>0,69</b>   | <b>1,28</b>   |
| ( - ) IR (R\$.kg <sup>-1</sup> )                                  | <b>0,27</b>           | <b>0,05</b>  | <b>0,19</b>   | <b>0,35</b>   |
| <b>(f) LL (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b>                         | <b>0,70</b>           | <b>0,13</b>  | <b>0,50</b>   | <b>0,93</b>   |

<sup>1</sup>Preço de venda (Pv) = 5,50 R\$.kg<sup>-1</sup> (referente ao animal com 1kg de peso vivo). RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido (após o imposto de renda/IR = 27,5%); CESSR=contribuição especial para a seguridade rural (2,1%).

### 3.1.3. Curva dos indicadores financeiros (MAFC e MMPF)

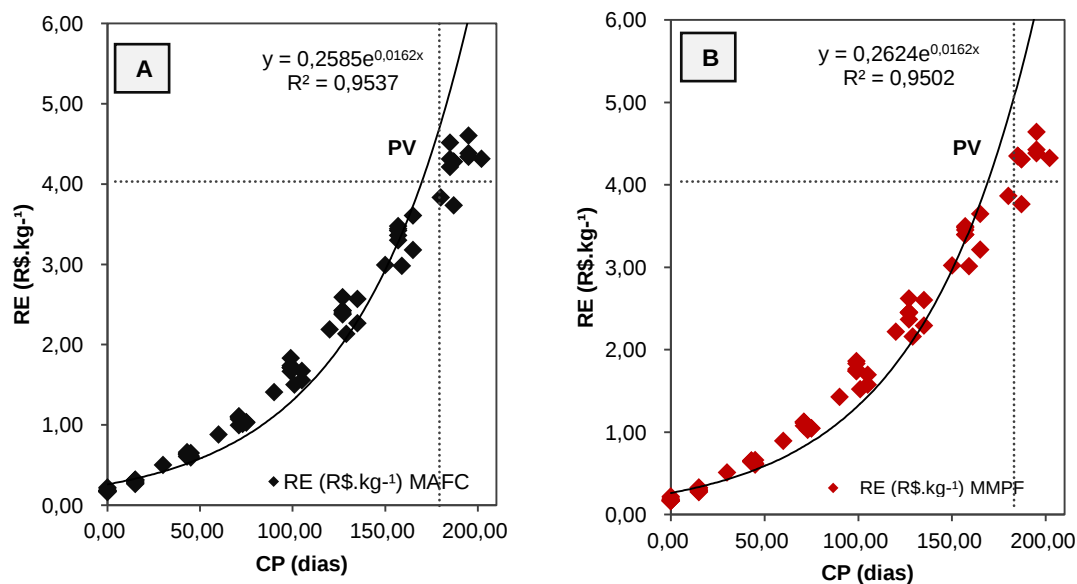
A partir da aplicação das análises de custo e lucratividade pelos MAFC e MMPF realizamos uma modelagem dos dados para cada indicador financeiro ao longo do ciclo de produção, desde a entrada do animal na fase juvenil I (33 g) até o final do ciclo de produção com peso de mercado (780 g).

Observamos que a RE ao longo do ciclo de produção é crescente e exponencial,  $R^2$  0,9537 e 0,9502 para MAFC e MMPF respectivamente, com valor médio no início (juvenil I) do CP de  $0,50 \pm 1,13 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , atingindo ao final (PM) do CP valores médios de  $3,95 \pm 0,63 \text{ R\$.kg}^{-1}$  (Figura 8).

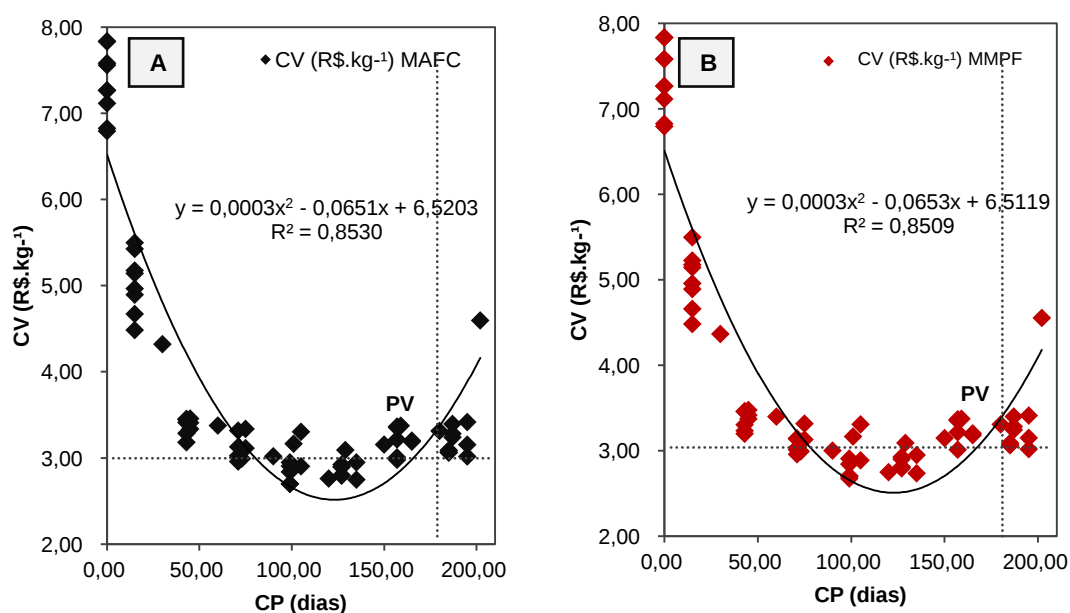
Ao final da fase juvenil I (442g) e início da fase de comercialização (PM = 780g), em torno dos  $177 \pm 16,05$  dias de produção, os CV variam de  $6,51 \pm 2,60 \text{ R\$.kg}^{-1}$  no início do CP a  $3,22 \pm 0,14 \text{ R\$.kg}^{-1}$  ao final do CP e os CF de  $4,12 \pm 3,01 \text{ R\$.kg}^{-1}$  a  $0,25 \pm 0,03 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , para ambos os modelos de análise financeira, com uma eficiência nos resultados de  $R^2 = 0,9520$  e  $R^2 = 0,9522$  (curva exponencial) para MAFC e MAFT respectivamente (Figura 9 e 10).

O CT variando de  $10,70 \pm 5,58$  no início do CP a  $3,47 \pm 0,15$  no final do CP, representando uma curva polinomial com uma eficiência de  $R^2 = 0,8965$  e  $R^2 = 0,8961$  para MAFC e MMPF respectivamente (Figura 11). Com a estimativa de lucratividade, o LB e o LL apresentam resultados positivos a partir de 150 dias do CP, com valores médios de  $0,56 \pm 0,67 \text{ R\$.kg}^{-1}$  e  $0,46 \pm 0,55 \text{ R\$.kg}^{-1}$ , respectivamente (Figura 12 e 13).

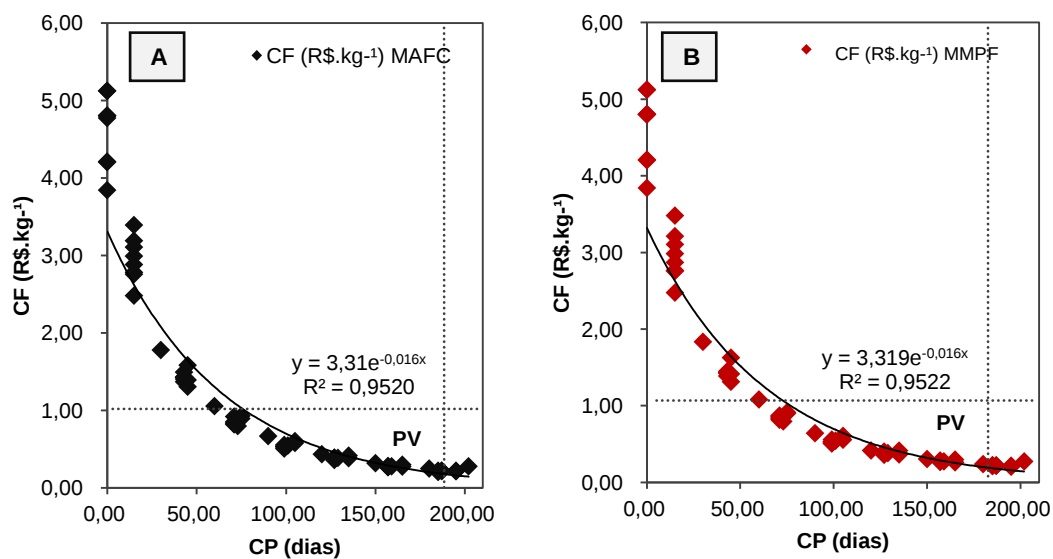
Ambos os indicadores (LB e LL) apontam uma curva polinomial de estimativa com uma eficiência de  $R^2 = 0,9430$  e  $R^2 = 0,9431$  para os MAFC e MMPF respectivamente. Com isto, acarretando uma margem de lucratividade crescente ao longo do ciclo de produção, de  $-200 \pm 109\%$  no início do CP a  $11 \pm 12,5\%$  ao final do CP, em função da quantidade em biomassa produzida.



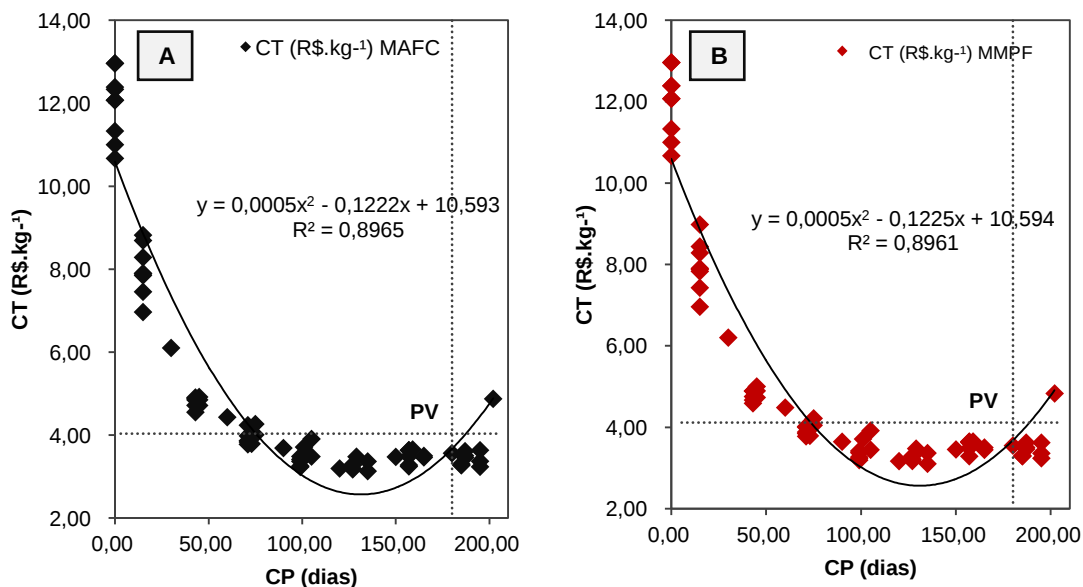
**Figura 6. (A)** Curva da receita estimada pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Curva da receita estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.



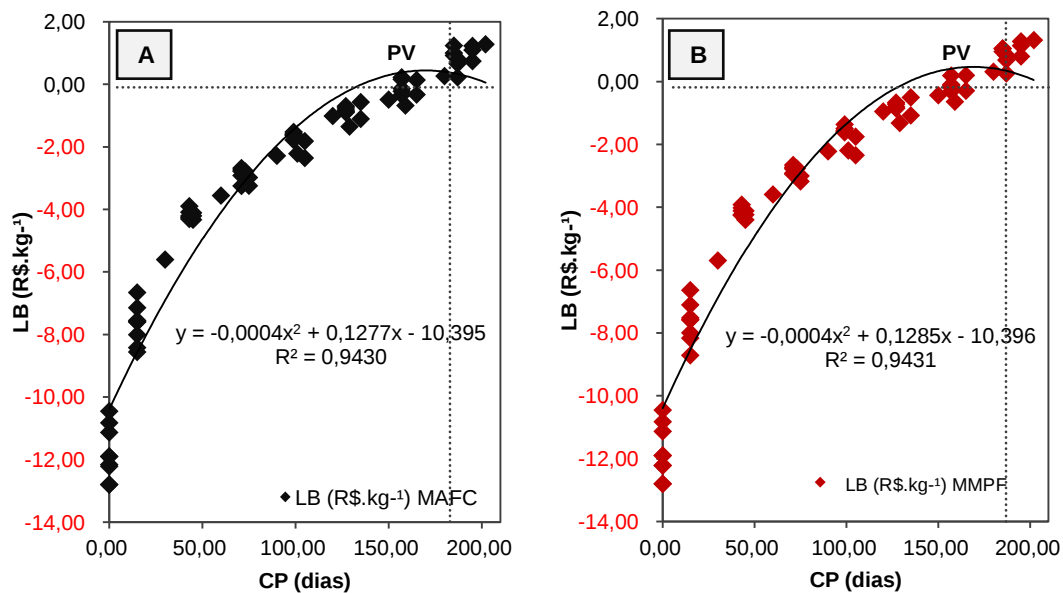
**Figura 7. (A)** Curva de custo variável estimado pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Curva do custo variável estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.



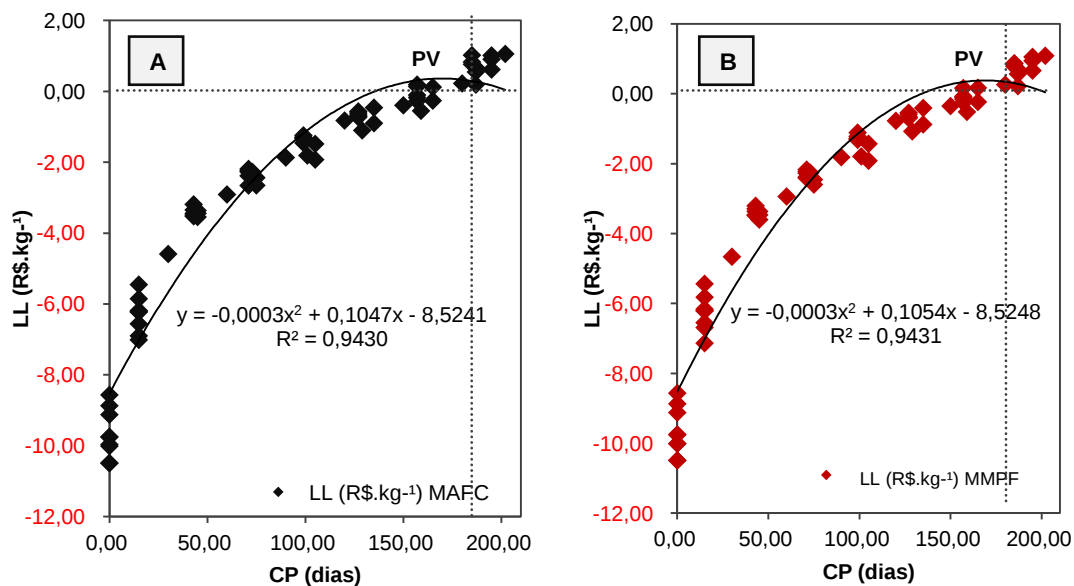
**Figura 8. (A)** Curva de custo fixo estimado pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Curva do custo fixo estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.



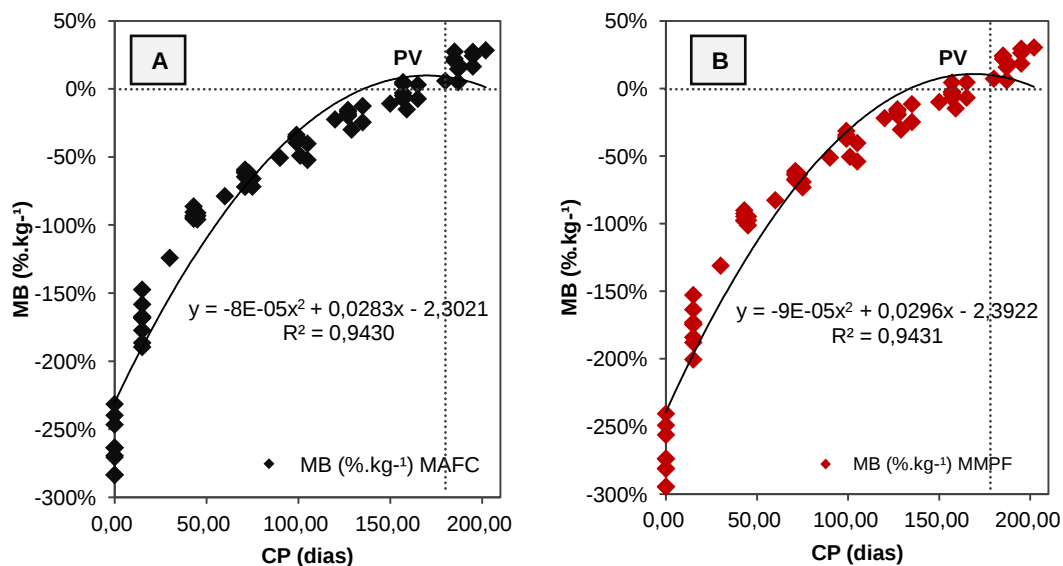
**Figura 9. (A)** Curva de custo total estimado pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Curva do custo total estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.



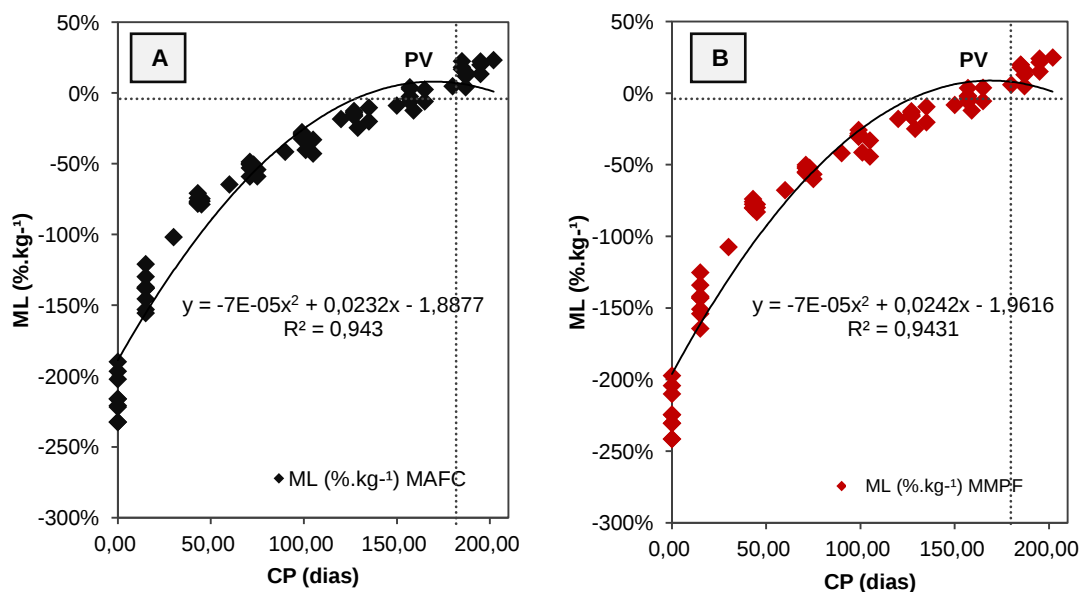
**Figura 10. (A)** Curva do lucro bruto estimado pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Lucro bruto estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.



**Figura 11. (A)** Curva do lucro líquido estimado pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Lucro líquido estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.

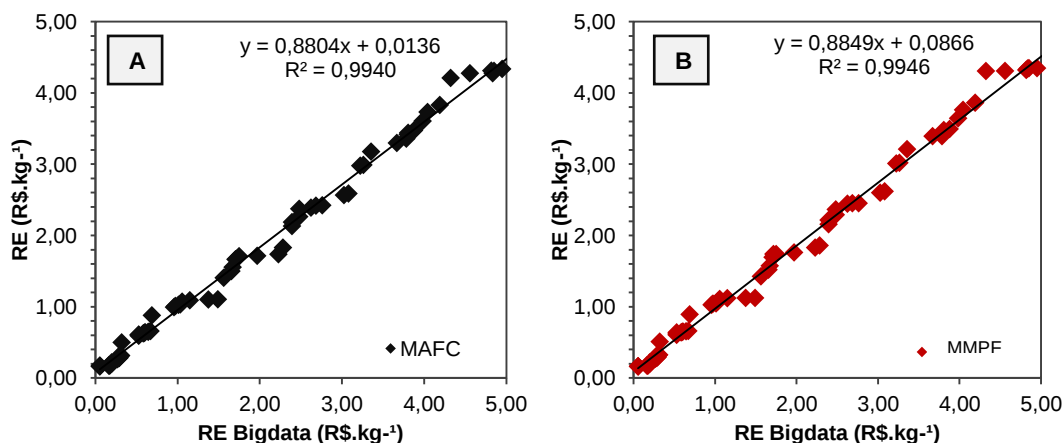


**Figura 12. (A)** Curva da margem bruta estimada pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Margem bruta estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.

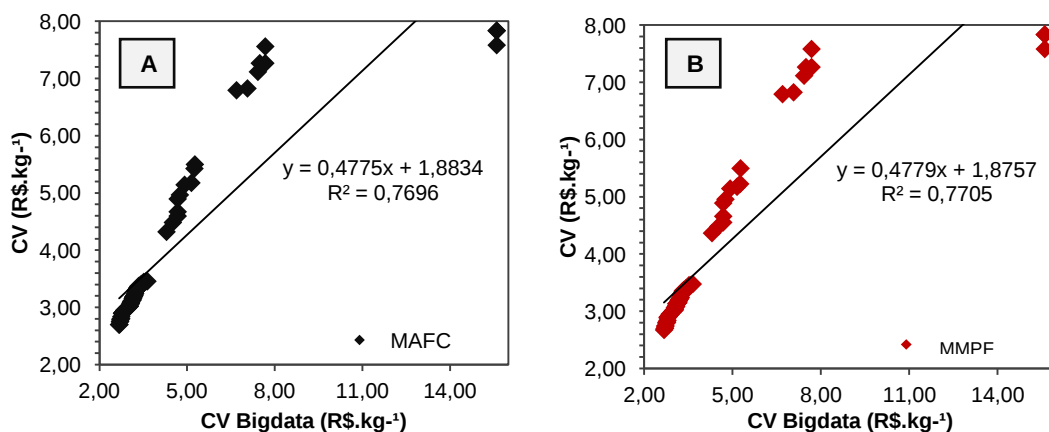


**Figura 13. (A)** Curva da margem líquida estimada pelo MAFC ao longo do CP. **(B)** Margem líquida estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes.

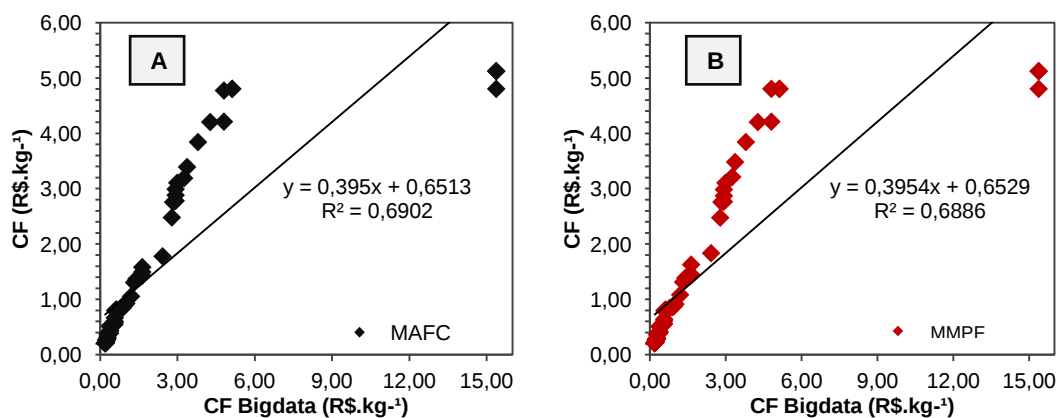
### 3.1.4. Curvas de regressão (MAFC e MMPF)



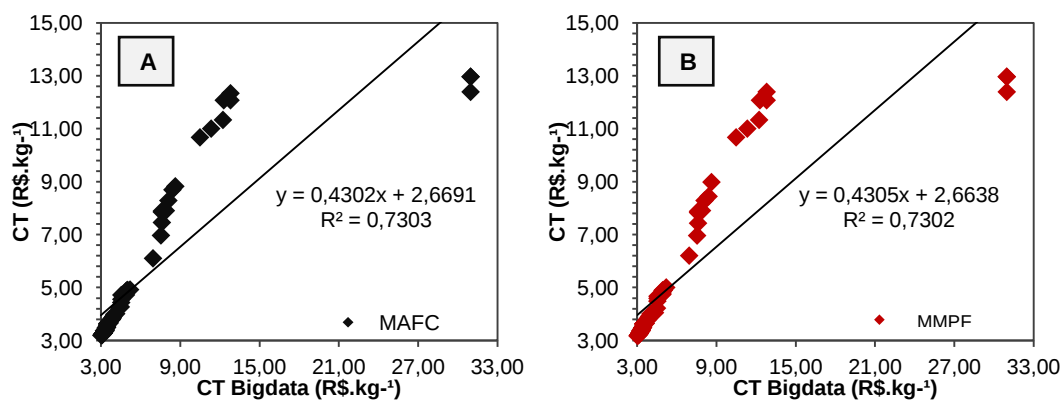
**Figura 14.** Curva de regressão da RE em relação a RE *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



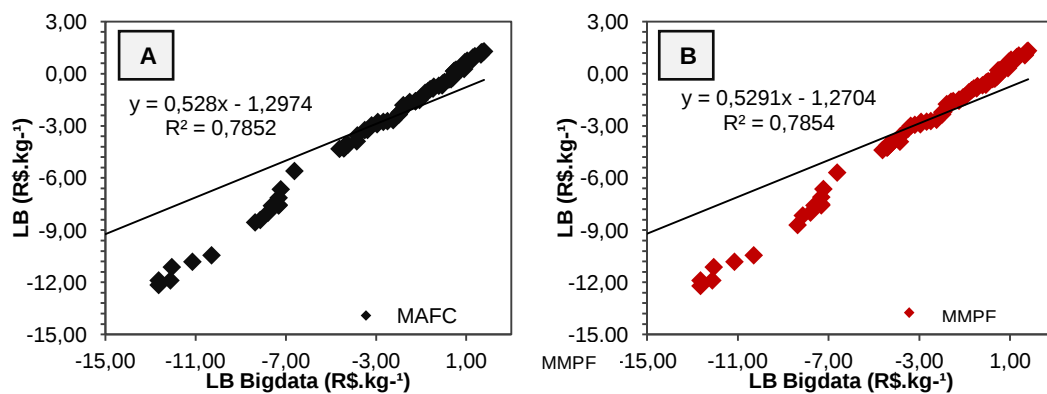
**Figura 15.** Curva de regressão do CV estimado em relação ao CV *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



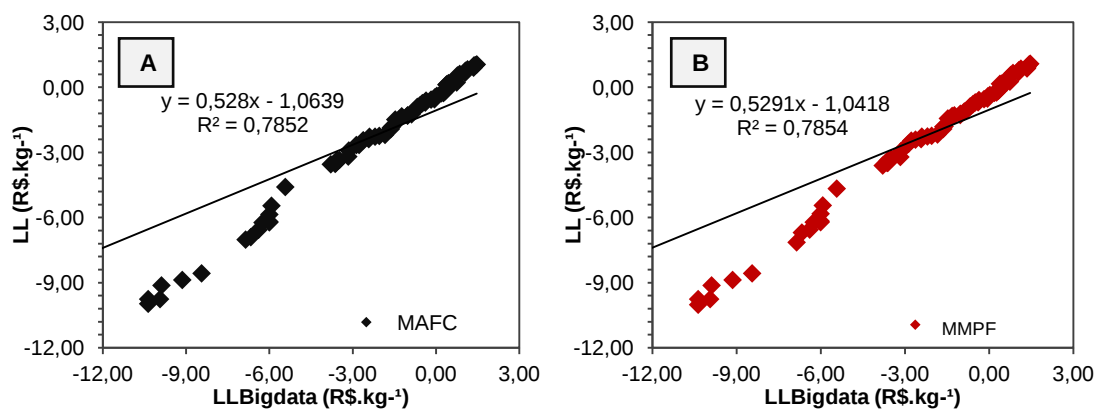
**Figura 16.** Curva de regressão do CF estimado em relação ao CF *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



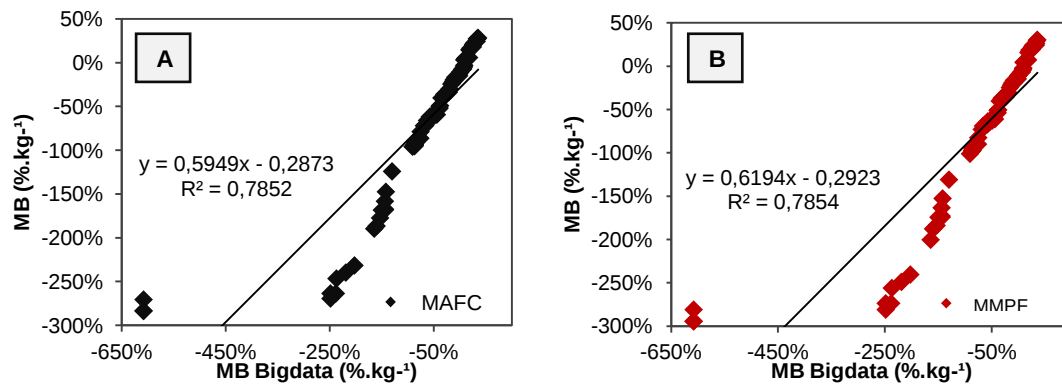
**Figura 17.** Curva de regressão do CT estimado em relação ao CT *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



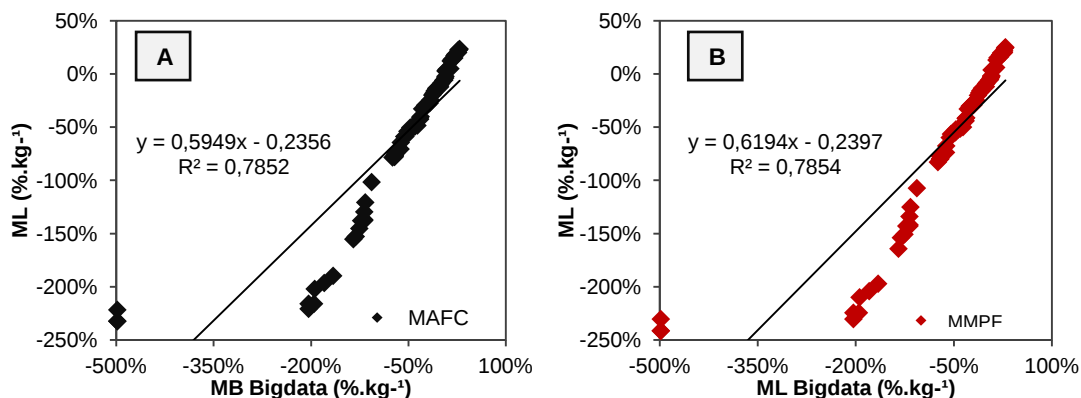
**Figura 18.** Curva de regressão do LB estimado em relação ao LB *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



**Figura 19.** Curva de regressão do LL estimado em relação ao LL *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



**Figura 20.** Curva de regressão da MB estimado em relação ao MB *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.



**Figura 21.** Curva de regressão da ML estimado em relação ao ML *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF.

Posteriormente a análise dos indicadores financeiros e das curvas de custos e lucratividade em função do ciclo de produção, elaboramos uma análise de regressão para cada indicador financeiro e verificamos a precisão dos resultados pelo coeficiente de determinação para os modelos MAFC e MMPF.

A Figura 16 demonstra a precisão do  $R^2 = 0,9940$  e  $R^2 = 0,9946$  na estimativa da RE, para MAFC e MMPF, respectivamente. Para os indicadores de custos, CV (Figura 17) apresenta uma precisão de  $R^2 = 0,7696$  e  $R^2 = 0,7705$ , CF (Figura 18) de  $R^2 = 0,6902$  e  $R^2 = 0,6886$ , CT (Figura 19) de  $R^2 = 0,7303$  e  $R^2 = 0,7302$ , para os modelos MAFC e MMPF, respectivamente.

Os indicadores de lucratividade (LB, LL, MB e ML) apresentam uma precisão de  $R^2 = 0,7852$  e  $R^2 = 0,7854$ , respectivamente para MAFC e MMPF (Figuras 20, 21, 22 e 23). Evidenciando a acurácia destes indicadores na estimativa de resultados por ambos os modelos MAFC e MMPF em função das

observações de validação (*bigdata*), sendo precisas e eficientes com valores de  $R^2$  próximos a um (1).

### 3.1.5. Validação estatística (MAFC e MMPF)

Com a aplicação dos indicadores estatísticos do erro médio absoluto (MAE) e raiz do erro quadrático médio (RMSE), verificamos a eficiência entre os modelos MAFC e MMPF na estimativa dos indicadores de Pf e financeiros em função a base de dados de validação (*bigdata*). Para os indicadores de Pf, RE, CT, LB e LL observamos menores valores dos indicadores estatísticos para o modelo MMPF em relação ao MAFC, porém a margem de diferença entre eles são insignificantes, pois com a aplicação do teste-t ( $P = \alpha < 0,05$ ) mostra que não houve diferença significativa estatisticamente entre os modelos MAFC e MMPF na estimativa de peso corporal e indicadores financeiros.

Na tabela 16, a validação estatística demonstra a eficiência de ambos os modelos para determinação das variáveis produtivas e financeiras da produção comercial de tilápia em reservatórios tropicais.

**Tabela 16.** Validação estatística do MAFC e MMPF na estimativa dos indicadores de peso corporal e financeiros para produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Indicadores | Modelo | Indicadores Estatísticos |        |        |                         |    |
|-------------|--------|--------------------------|--------|--------|-------------------------|----|
|             |        | $R^2$                    | MAE    | RMSE   | $t_c (\alpha < 0,05)^1$ | N* |
| PF          | MAFC   | 0,9940                   | 0,0351 | 0,0495 | 0,0937                  | 73 |
|             | MMPF   | 0,9952                   | 0,0316 | 0,0439 |                         |    |
| RE          | MAFC   | 0,9940                   | 0,1921 | 0,2724 | -0,0245                 | 73 |
|             | MMPF   | 0,9946                   | 0,1793 | 0,2557 |                         |    |
| CV          | MAFC   | 0,7696                   | 0,3910 | 1,5949 | 0,0010                  | 73 |
|             | MMPF   | 0,7705                   | 0,3956 | 1,5946 |                         |    |
| CF          | MAFC   | 0,6902                   | 0,5060 | 2,1050 | -0,0072                 | 73 |
|             | MMPF   | 0,6886                   | 0,5043 | 2,1043 |                         |    |
| CT          | MAFC   | 0,7303                   | 0,8882 | 3,6979 | 0,0338                  | 73 |
|             | MMPF   | 0,7302                   | 0,8858 | 3,6977 |                         |    |
| LB          | MAFC   | 0,7852                   | 0,3319 | 0,3898 | 0,0338                  | 73 |
|             | MMPF   | 0,7854                   | 0,3206 | 0,3781 |                         |    |
| LL          | MAFC   | 0,7852                   | 0,2721 | 0,3197 | -0,0162                 | 73 |
|             | MMPF   | 0,7854                   | 0,2629 | 0,3101 |                         |    |
| MB          | MAFC   | 0,7852                   | 0,2374 | 0,6774 | -0,0162                 | 73 |
|             | MMPF   | 0,7854                   | 0,2513 | 0,6618 |                         |    |

|    |      |        |        |        |        |    |
|----|------|--------|--------|--------|--------|----|
| ML | MAFC | 0,7852 | 0,0839 | 0,0992 | 0,1042 | 73 |
|    | MMPF | 0,7854 | 0,0990 | 0,1237 |        |    |

$t_{T(\alpha=0,05;144)} = 1,9766$ . Sendo, Pf=peso corporal; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido; MB=margem bruta; ML=margem líquida; MAFC=modelo de análise financeira clássico; MMPF=modelo matemático de predição financeira \*N=número de observações médias (todas as fases de cultivo, JUV-I, JUV-II e PM).

### 3.2. Demonstração do MMPF por SMC

Mesmo que nas análises de custos, lucratividade e validação estatística, os resultados não apresentam diferenças significativas entre os modelos MAFC e MMPF, ainda assim elaboramos um cenário de análise (C<sub>2018-2019</sub>) por simulação Monte Carlo (SMC) para verificarmos a amplitude de resultados a partir da aplicação do MMPF, visando à aplicação do modelo como uma ferramenta de planejamento financeiro e otimização dos processos produtivos. Mediante os resultados da Tabela 17, observamos resultados interessantes com as oscilações nos valores dos inputs (Anexos F) sobre as variáveis produtivas e financeiras.

**Tabela 17.** Simulação de Monte Carlo (SMC) para verificação da variação entre as variáveis produtivas e financeiras para produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Variáveis Produtivas                                  | C <sub>2018-2019</sub> | SMC/C <sub>2018-2019</sub> |                 |
|-------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------|
|                                                       | -                      | média (dp)                 | (mín.; máx)     |
| CP (dias.ciclo <sup>-1</sup> )                        | 189                    | 180 (22,08)                | (125; 234)      |
| TA (°C)                                               | 26,51                  | 25,00 (3,70)               | (16; 34)        |
| DE (px.m <sup>3</sup> )                               | 150                    | 200 (29,00)                | (150; 250)      |
| VP (m <sup>3</sup> .tq <sup>-1</sup> )                | 54                     | 45 (5,20)                  | (36; 54)        |
| NPI (px.tq <sup>-1</sup> )                            | 9.300                  | 10.344 (1.919)             | (6.230; 15.481) |
| MOR (%)                                               | 13,02                  | 14,00 (4,43)               | (3,20; 24,81)   |
| NPF (px.tq <sup>-1</sup> )                            | 8.089                  | 8.997 (1.670)              | (5.417; 13.465) |
| Pf (kg)                                               | 0,912                  | 0,877 (0,242)              | (0,264; 2,127)  |
| EXP                                                   | 0,504                  | 0,500 (0,07)               | (0,320; 0,680)  |
| TGC                                                   | 0,011                  | 0,015 (0,003)              | (0,010; 0,020)  |
| CA (kg:kg)                                            | 1,37                   | 1,50 (0,22)                | (0,96; 2,05)    |
| BA (kg.tq.ciclo <sup>-1</sup> )                       | 7.377                  | 7.891 (2.651)              | (1.827; 23.296) |
| Variáveis Financeiras                                 | C <sub>2018-2019</sub> | SMC/C <sub>2018-2019</sub> |                 |
|                                                       | -                      | média (dp)                 | (mín.; máx)     |
| (A) RE (R\$.kg.ciclo <sup>-1</sup> )                  | 5,07                   | 4,83 (1,49)                | (1,22; 13,47)   |
| - Preço de Venda <sup>1</sup> (R\$.kg <sup>-1</sup> ) | 5,50                   | 5,50 (0,74)                | (3,70; 7,31)    |
| (B) CV (R\$.kg.ciclo <sup>-1</sup> )                  | 2,89                   | 3,53 (0,51)                | (2,22; 5,01)    |
| - Ração                                               | 2,70                   | 3,33 (0,54)                | (1,93; 5,01)    |
| - Alevinos                                            | 0,02                   | 0,02 (0,01)                | (0,01; 0,07)    |

|                                           |              |                     |                         |
|-------------------------------------------|--------------|---------------------|-------------------------|
| - Manejo Sanitário                        | 0,04         | 0,05 (0,02)         | (0,02; 0,17)            |
| - Treinamento                             | 0,00         | 0,01 (0,00)         | (0,00; 0,02)            |
| - CESSR (2,1%)                            | 0,11         | 0,10 (0,04)         | (0,02; 0,30)            |
| - Combustível                             | 0,02         | 0,02 (0,01)         | (0,01; 0,07)            |
| <b>(C) CF (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b> | <b>0,26</b>  | <b>0,34 (0,18)</b>  | <b>(0,14; 0,97)</b>     |
| - Energia Elétrica                        | 0,00         | 0,01 (0,00)         | (0,00; 0,02)            |
| - Mão de Obra                             | 0,08         | 0,10 (0,03)         | (0,04; 0,32)            |
| - Manutenção                              | 0,07         | 0,09 (0,03)         | (0,03; 0,28)            |
| - Administrativo                          | 0,02         | 0,03 (0,01)         | (0,01; 0,10)            |
| - Arrendamento                            | 0,09         | 0,11 (0,04)         | (0,04; 0,34)            |
| ( - ) Depreciação                         | 0,17         | 0,22 (0,07)         | (0,08; 0,70)            |
| <b>(D) CT (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b> | <b>3,15</b>  | <b>3,87 (0,55)</b>  | <b>(2,36; 5,97)</b>     |
| <b>(E) LB (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b> | <b>1,92</b>  | <b>0,95 (1,67)</b>  | <b>(-4,30; 9,97)</b>    |
| <b>(F) MB (%.ciclo<sup>-1</sup>)</b>      | <b>37,86</b> | <b>9,98 (38,00)</b> | <b>(-301,87; 76,71)</b> |
| ( - ) IR (R\$.kg <sup>-1</sup> )          | 0,53         | 0,17 (0,31)         | (-0,89; 2,07)           |
| <b>(G) LL (R\$.kg.ciclo<sup>-1</sup>)</b> | <b>1,39</b>  | <b>0,78 (1,37)</b>  | <b>(-3,65; 8,38)</b>    |
| <b>(H) ML (%.ciclo<sup>-1</sup>)</b>      | <b>27,42</b> | <b>8,18 (31,20)</b> | <b>(-259,55; 66,15)</b> |

<sup>1</sup>Preço de venda (Pv) = 5,50 R\$.kg<sup>-1</sup> (referente ao animal com 1kg de peso vivo). CP=ciclo de produção; DE=densidade de estocagem; VP=volume de produtivo; NPI=número de peixes iniciais; NPF=número de peixes finais; MOR=taxa de mortalidade; Pf=peso final dos peixes; TA=temperatura da água; EXP=exponencial de crescimento corporal; TGC=coeficiente de crescimento térmico; CA=conversão alimentar; BA=biomassa. RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido (após o imposto de renda/IR = 27,5%); MB=margem bruta; ML=margem líquida; CESSR=contribuição especial para a seguridade rural (2,1%).

A SMC (Tabela 17) com a variação média do CP em  $180 \pm 22,08$  dias ( $C_{2018-2019} = 189$  dias), TA em  $25,00 \pm 3,70$  °C ( $C_{2018-2019} = 26,51$  °C), VP em  $45 \pm 5,20$  ( $C_{2018-2019} = 54$  m<sup>3</sup>), MOR em  $14,00 \pm 4,43\%$  ( $C_{2018-2019} = 13,02\%$ ), EXP em  $0,500 \pm 0,07$  ( $C_{2018-2019} = 0,504$ ), TGC em  $0,015 \pm 0,003$  ( $C_{2018-2019} = 0,011$ ), CA em  $1,50 \pm 0,22$  ( $C_{2018-2019} = 1,37$ ), para as variáveis de preço dos insumos e preço de comercialização apresentaram uma oscilação em 25% (para mais nas variáveis de insumos, mais ou menos para preço de comercialização), apresenta uma variação na produção de  $7.891 \pm 2.651$  kg.ciclo<sup>-1</sup> em relação à produção observada no  $C_{2018-2019}$  que foi de 7.377 kg.ciclo<sup>-1</sup>.

Com estas variações na estimativa da produção, observamos que impactam diretamente nos resultados dos indicadores financeiros ocasionando uma variação de  $4,83 \pm 1,49$  R\$.kg<sup>-1</sup> para RE, de  $3,53 \pm 0,51$  R\$.kg<sup>-1</sup> para CV, de  $0,34 \pm 0,18$  R\$.kg<sup>-1</sup> para CF, de  $3,87 \pm 0,55$  R\$.kg<sup>-1</sup> para CT, de  $0,95 \pm 1,67$  R\$.kg<sup>-1</sup> para LB e  $0,78 \pm 1,37$  para LL em relação aos valores observados no  $C_{2018-2019}$ . Com isto, gerando uma margem de lucro média de  $9,08 \pm 34,60\%$  por quilograma produzido ao final do ciclo de produção ( $C_{2018-2019} = 34,45\%$ ).

De acordo com o demonstrado na Tabela 18, a probabilidade de ocorrência dos valores para os indicadores financeiros, sendo o valor mais provável (moda) para RE foi 4,51 R\$.kg<sup>-1</sup>, para CT foi 3,52 R\$.kg<sup>-1</sup>, LB 0,75 R\$.kg<sup>-1</sup> e LL 0,65 R\$.kg<sup>-1</sup>, com probabilidade de 50% na ocorrência de valores para RE entre 3,74 e 5,78 R\$.kg<sup>-1</sup>, para CT entre 3,48 e 4,25 R\$.kg<sup>-1</sup>, LB entre -0,22 e 2,06 R\$.kg<sup>-1</sup>, LL entre -0,18 e 1,68 R\$.kg<sup>-1</sup>, possibilitando uma margem de lucro média em 50% de probabilidade de 17,17%.

**Tabela 18.** Probabilidade da ocorrência dos valores das variáveis estocásticas financeiras da produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Probabilidades          | Variáveis Financeiras |          |          |          |          |          |        |        |
|-------------------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
|                         | RE                    | CV       | CF       | CT       | LB       | LL       | MB     | ML     |
|                         | (R\$/kg)              | (R\$/kg) | (R\$/kg) | (R\$/kg) | (R\$/kg) | (R\$/kg) | (%)    | (%)    |
| Moda                    | 4,51                  | 3,52     | 0,21     | 3,82     | 0,75     | 0,65     | 29,06  | 28,14  |
| Percentil (5%)          | 2,55                  | 2,75     | 0,15     | 2,98     | -1,69    | -1,34    | -63,99 | -52,26 |
| Percentil (25%)         | 3,74                  | 3,24     | 0,20     | 3,48     | -0,22    | -0,18    | -5,70  | -4,68  |
| Percentil (50%)         | 4,72                  | 3,62     | 0,24     | 3,86     | 0,89     | 0,73     | 18,88  | 15,46  |
| Percentil (75%)         | 5,78                  | 4,00     | 0,28     | 4,25     | 2,06     | 1,68     | 35,98  | 29,48  |
| Percentil (95%)         | 7,46                  | 4,54     | 0,41     | 4,81     | 3,82     | 3,12     | 52,62  | 43,27  |
| <i>Outputs</i> > 0      | 99%                   | 99%      | 99%      | 99%      | 99%      | 99%      | 99%    | 99%    |
| ( <i>p</i> < $\alpha$ ) | 0,01                  | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01     | 0,01   | 0,01   |

RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido (após o imposto de renda/IR); MB=margem bruta; ML=margem líquida. *Outputs*=variáveis estocásticas de saída; *p*=probabilidade; N = 100.000 interações aleatórias.

### 3.3. Sensibilidade por Correlação de *spearman*

Efetuada a análise de sensibilidade por correlação de *spearman* entre as variáveis estocásticas de entrada (*x*) e as de saída (*y*) (Tabela 19), observamos que a variável Pf apresenta forte associação positiva em relação as variáveis de saída RE, LB, LL, MB e ML com coeficiente de correção maior que  $r = 0,78$ , enquanto que para a variável de saída CF, mostrou uma forte associação negativa com  $r = - 0,93$ .

Para as variáveis CV e CT, a variável de entrada com maior associação e positiva foi CA, com coeficiente de correlação maior que  $r = 0,89$ . A partir disto podemos compreender que, para as associações positivas quanto maior o valor da variável de entrada, maior o valor da variável de saída. Consequentemente, quanto maior peso corporal dos peixes maiores serão os resultados com receita e lucros, e quanto maior os valores de conversão alimentar, maiores serão os desembolsos com a produção de tilápia em reservatórios tropicais.

**Tabela 19.** Análise de sensibilidade por correlação de *spearman* entre as variáveis estocásticas de entrada (inputs) e as variáveis estocásticas de saída (outputs) da produção de tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical.

| Outputs (y)                            | Inputs (x)      |                               |                |                |                               |               |               |               |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|----------------|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                                        | Pf<br>(kg)      | Pc<br>(R\$.kg <sup>-1</sup> ) | CA<br>(kg:kg)  | TGC<br>-       | Pr<br>(R\$.kg <sup>-1</sup> ) | TA<br>(°C)    | EXP<br>-      | CP<br>(dias)  |
| <b>(RE = 4,83 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | 0,84            | 0,42                          | 0,18           | 0,14           | -                             | -             | -0,13         | 0,12          |
| (mín; máx)                             | (2,68; 6,93)    | (3,71; 5,97)                  | (4,37; 5,29)   | (4,51; 5,32)   | -                             | -             | (4,51; 5,31)  | (4,50; 5,13)  |
| <b>(CV = 3,62 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | -0,05           | -                             | 0,91           | -              | 0,38                          | -             | -             | -             |
| (mín; máx)                             | (3,50; 3,71)    | -                             | (2,78; 4,47)   | -              | (3,29; 3,96)                  | -             | -             | -             |
| <b>(CF = 0,25 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | -0,93           | -                             | -              | -0,20          | -                             | -0,16         | 0,15          | -0,13         |
| (mín; máx)                             | (0,30; 0,80)    | -                             | -              | (0,43; 0,52)   | -                             | (0,43; 0,51)  | (0,43; 0,50)  | (0,44; 0,50)  |
| <b>(CT = 3,87 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | -0,17           | -                             | 0,89           | -              | 0,38                          | -             | -             | -             |
| (mín; máx)                             | (3,76; 4,14)    | -                             | (3,02; 4,72)   | -              | (3,53; 4,20)                  | -             | -             | -             |
| <b>(LB = 0,95 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | 0,80            | 0,37                          | -0,28          | 0,18           | -0,13                         | 0,13          | -0,13         | 0,11          |
| (mín; máx)                             | (-1,46; 3,17)   | (-0,14; 2,08)                 | (0,12; 1,83)   | (0,46; 1,46)   | (0,62; 1,28)                  | (0,46; 1,46)  | (0,61; 1,46)  | (0,61; 1,28)  |
| <b>(LL = 0,78 R\$.kg<sup>-1</sup>)</b> |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | 0,80            | 0,37                          | -0,28          | 0,18           | -0,13                         | 0,13          | -0,13         | 0,11          |
| (mín; máx)                             | (-1,20; 2,59)   | (-0,11; 1,70)                 | (0,09; 1,50)   | (0,38; 1,19)   | (0,51; 1,06)                  | (0,44; 1,43)  | (0,50; 1,20)  | (0,50; 1,05)  |
| <b>(MB = 9,98 %)</b>                   |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | 0,78            | 0,35                          | -0,34          | 0,17           | -0,15                         | 0,13          | -0,12         | 0,11          |
| (mín; máx)                             | (-62,77; 44,13) | (-14,17; 28,29)               | (-9,29; 30,25) | (-0,34; 19,04) | (1,47; 17,59)                 | (2,44; 17,91) | (3,43; 18,41) | (3,00; 15,79) |
| <b>(ML = 8,18 %)</b>                   |                 |                               |                |                |                               |               |               |               |
| Correlação ( $\rho$ )                  | 0,78            | 0,35                          | -0,34          | 0,17           | -0,15                         | 0,13          | -0,12         | 0,11          |
| (mín; máx)                             | (-51,45; 36,16) | (-11,61; 23,18)               | (-7,60; 24,81) | (-0,25; 15,60) | (1,20; 14,46)                 | (2,02; 14,68) | (2,82; 15,09) | (2,45; 12,95) |

Inputs(x)=variáveis estocásticas de entrada; outputs(y)=variáveis estocásticas de saída; Pf=peso final dos peixes; Pc=preço de comercialização; CA=conversão alimentar; TGC=coeficiente de crescimento térmico; Pr=Preço da ração; TA=temperatura da água; EXP=exponencial de crescimento; CP=ciclo de produção; RE=receita estimada; CV=custo variável; CF=custo fixo; CT=custo total; LB=lucro bruto; LL=lucro líquido (após o imposto de renda/IR); MB=margem bruta; ML=margem líquida; ( $\rho$ )=coeficiente de *spearman* (correlação).

#### 4. DISCUSSÃO

Mediante o desenvolvimento do modelo matemático de predição financeira (MMPF), observamos que com a aplicação do MMPF o produtor rural, o gestor rural ou o investidor da atividade, poderá simular situações reais (atuais) e realizar previsões futuras para a produção de tilápia em tanques-rede facilitando o gerenciamento e planejamento da atividade, conforme apresentamos nas análises dos indicadores econômicos (Tabela 15) e na simulação de Monte Carlo (Tabela 17).

Quando aplicado o MMPF na estimativa dos indicadores financeiros (Tabela 15) observamos precisão do modelo quando comparado ao modelo de análise financeira clássica (MAFC), sendo eficiente quanto ao MAFC com  $R^2 = 0,9940$  na estimativa de RE para o modelo MAFC, e um  $R^2 = 0,9946$  para o MMPF, assim como para os demais indicadores de custos e lucratividade (Figura 14 a 21).

Ao aplicarmos o teste *t-student* (*bi-caudal*) comprovamos tal precisão para ambos os modelos matemáticos na estimativa da produção e resultados financeiros atuais, no qual os valores encontrados para *t* calculado foram menores que o *t* tabelado ( $t_T (\alpha < 0,05; 144) = 1,9766$ ), estando dentro do intervalo *bi-caudal* do indicador estatístico, não apresentando diferença significativa entre os modelos ao calcularmos todos os indicadores financeiros (Tabela 16).

Com a simulação de Monte Carlo (SMC), podemos verificar a amplitude dos resultados, tanto produtivos quanto financeiros, para a produção de tilápia em sistemas de tanques-rede (Tabela 17). Fato que, segundo Engle (2010) a aplicação dos indicadores financeiros por modelo de análise financeira clássica (MAFC) não é possível realizar e sim apenas estimar os custos e lucros com base em dados históricos.

Neste quesito, o MMPF surge então como uma ferramenta importantíssima para aplicação direta no campo, pois possibilita realizar o dimensionamento da produção com base em uma série de dados históricos e simular situações futuras, considerando oscilações nas variáveis zootécnicas da espécie produzida, variáveis de mercado (como preço dos insumos, taxa de juros, inflação e outros) e ainda a oscilação térmica do ambiente aquático.

Diante disto, podemos reafirmar o predito por Dumas et al. (2010) e Bueno et al. (2017) ao estudarem a aplicação de modelos matemáticos de predição corporal e bioenergética, que modelos matemáticos que apresentarem em sua equação algébrica a variação da temperatura da água, estará refinando a modelagem dos dados de produção e facilitando a operacionalização da fazenda.

Assim como, segundo Bureau et al. (2002) e Jobling (2011) a previsão do desempenho produtivo do animal será mais precisa por considerar a resposta fisiológica, metabólica e comportamental. Que, de acordo com Jobling (2011), Bueno et al., (2017) e Cai et al. (2018) impacta diretamente na sobrevivência dos animais, assim como no ganho de peso e consequentemente na biomassa final. Que por fim, segundo Kumar & Engle (2016) influenciará nos resultados financeiros e econômicos da atividade aquícola.

Desse modo, concluímos que a utilização do MMPF facilitará a vida do produtor rural, gestores e investidores aquícolas, na tomada de decisão no dia a dia das atividades produtivas, assim como no dimensionamento inicial da atividade, antes mesmo de colocar os animais no sistema de produção. Com isto, possibilitará maior controle de manejo, arraçamento, consumo de ração e no desembolso com os insumos, otimizando o sistema produtivo com a redução dos custos e aumento da lucratividade, mitigando os riscos financeiros e econômicos, possibilitando a permanência do produtor na atividade aquícola de forma sustentável.

O MMPF é indicado para definição de ferramentas tecnológicas mais robustas e de maior mobilidade técnica como “*Softwares de Precisão, Machine Learning e Software as a Service*” que possibilitará múltiplos usos tanto para gestão pública, agentes bancários e quanto para órgãos de licenciamento ambiental. Seja, para liberação de outorgas de uso de águas públicas para produção aquícola, fomento de recursos financeiro e subsídios do governo para a atividade no Brasil.

No entanto, para maior abrangência do modelo, como uma ferramenta tecnológica (*softwares*) é necessária à realização de maiores estudos com a aplicação do modelo (MMPF) em outras espécies com potencial produtivo e de interesse econômico, em diferentes regiões do país (Brasil). Contribuindo de modo amplo e significativo com a eficiência produtiva no campo, financeira e econômica, tornando a aquicultura brasileira cada vez mais profissionalizada, sustentável economicamente e de precisão.

## AGRADECIMENTOS

A Piscicultura Cristalina LTDA, pela parceria com apoio logístico, de infraestrutura e fornecimento dos dados históricos. A FAPESP pelo apoio financeiro por meio dos projetos nº 2016/10.563-0 e nº 2018/50022-4. A CAPES pelo fornecimento da bolsa de mestrado. Ao Laboratório de Inovação, Criatividade e Bioeconomia – Aquário de Ideias da UNESP e ao Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP) pelo apoio institucional e todas as pessoas que colaboraram com este estudo.

## REFERÊNCIAS

- Asche, F., Sikveland, M., & Zhang, D. (2018) Profitability in Norwegian salmon farming: The impact of firm size and price variability. *Aquaculture Economics & Management*, **22**(3), 306-317.
- Brande, M. da R., Leonardo, A.F.G., Ganoa, C.A.P., Reis Neto, R. V. & Bueno, G.W. (2019) Viabilidade bioeconômica de pisciculturas familiares produtoras de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em área de Mata Atlântica em São Paulo, Brasil. *Custos e Agronegócios online*, 15(1), 2-18.
- Brett, J. R. & Groves, T. D. D. (1979) *Physiological energetics*. In: Fish physiology. Hoar, W. S., Randall D. J. & Brett, J. R. (Eds.) Academic Press Inc. Ltd., London, Vol. VIII.
- Brett, J. R. (1972) The metabolic demand for oxygen in fish, particularly salmonids, and a comparison with other vertebrates. *Respir. Physiol*, **14**(5), 1-11.

- Bueno, G.W., Bureau, D., Skipper-Horton, J., Roubach, R., Mattos, F.T., & Bernal, F.E.M. (2017) Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**(9), 695-706.
- Bureau , D.P.; Kaushik , S.J. & Cho , C.Y. (2002) *Bioenergetics*. In: Halver , j.e.; Hardy , r.w. (Ed.). Fish nutrition. 3rd ed.San Diego: Academic Press, 78-95.
- Cai, J., Leung, P.S., Luo, Y., Yan, X., & Yan, Y. (2018) *Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modeling*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Cho , C.Y. (1992) Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, **100**(1), 107-123.
- Cho, C. Y. & Bureau, D. P. (1998) Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, **11**(4), 199-210.
- Dumas, A., France, J., & Bureau, D. (2010) Modelling growth and body composition in fish nutrition: Where have we been and where are we going. *Aquaculture Research*, **41**(2), 161-181.
- Ehrlich, P.J., & Moraes, E.A. (2015) *Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Engle, C.R. (2010) *Aquaculture Economics and Financing: Management and Analysis*. John Wiley & Sons, Ames, Iowa, USA.
- Ferreira, R.G. (2009) *Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento: Critério de Avaliação: Financiamentos e Benefícios Fiscais: Análise de Sensibilidade e Risco*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Food and Aquaculture Organization of the United Nations (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. SOFIA-ONU, Rome, Italy.
- Garcia, F., Romera, D. M. & Gozi, K. S. (2014) Enfermidades de tilápias do Nilo em tanques-rede. *Pesquisa & Tecnologia*, **1**(1), 1-11.

- Gebrezgabher, S.A., Meuwissen, M.P.M., & Oude Lansink, A.G.J.M. (2012) Energy-neutral dairy chain in the Netherlands: An economic feasibility analysis. *Biomass and Bioenergy*, **36**(1), 60–68.
- Gentle, J. E. (1998) *Random number generation and Monte Carlo methods*. Springer, New York, New York, USA.
- Gómez-Ponce, M.A., Granados-Flores, K., Padilla, C., López-Hernández, M., & Núñez-Nogueira, G. (2011) Age and growth of the hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the dam “Zimapán” Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **59**(2), 761-770.
- Hamblin, P.F. & Gale, P. (2002) Water Quality Modeling of Caged Aquaculture Impacts in Lake Wolsey, North Channel of Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research*, **28**(1), 32-43.
- Hanson, P.C.; Johnson, T.B.; Schindler, D.E. & Kitchell, J.F. (1997) *Fish bioenergetics 3.0 for windows manual*. Madison: University of Wisconsin, Centre for Limnology, 116p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) *Banco de tabelas estatísticas: Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível online em <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>, Brasil.
- Iwama, G. K. & Tautz, A. F. (1981) A Simple Growth Model for Salmonids in Hatcheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **38**(1), 649-656.
- Jobling, M. 2011. *Bioenergetics in aquaculture settings*. In: Farrell, A.P. (Ed.), *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment*. Elsevier, Oxford, 1664–1674.
- Jolly, C.M., & Clonts, H.A. (1993) *Economics of aquaculture illustrated*. Food Products Press, New York, New York, USA.
- Kumar, G., & Engle, C. (2016) Technological advances that led to growth of shrimp, salmon and tilapia farming. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **24**(2), 141-150.
- Legates, D.R. & McCabe Jr., G.J. (1999) Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resour. Res*, **35**(1), 233-241.

- Merton, R. C. (1974) On the pricing of corporate debt: the risk structure of interest rates. *Journal of Finance*, **29**(1), 70-449.
- Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970) River flow forecasting through conceptual models: A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, **10**(1), 282-290.
- Ngoc, P.T.A., Miranda, Meuwissen, M.P.M., Tru, L.C., Bosma, R.H., Verreth, J., & Lansink A.O. (2016) Economic feasibility of recirculating aquaculture systems in pangasius farming. *Aquaculture Economics & Management*, **20**(2), 185-200.
- Phiri, F. & Yuan, X. (2018) Economic profitability of tilapia production in Malawi and China. *Journal of Aquaculture*, **9**(5), 2-6.
- Ricker, W. E. (1979) *Growth rates and models*. In: Fish physiology. Hoar, W. S. Randall, D. J. & Brett, J. R. (Eds.), Academic Press Inc. Ltd., London, Vol. VIII.
- Santos, V.B., Mareco, E.A., & Silva, M.D.P. (2013) Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperature. *Acta Scientiarum*, **35**(1), 235–242.
- Shang, Y. (1990) *Aquaculture economic analysis: an introduction illustrate*. (ed. by Brune, D. E. & Tomasso, J. R.). World Aquaculture Society, Baton Rouge-LA, USA. 211p.
- Silverston, L., Inmon, W.H. & Graziano, K. (1997) *The Data Model Resource Book: A Library of Logical Data Models and Dataware house Designs*. John Wiley and Sons, NY, 355.
- Trombeta, T.D., Bueno, G.W. & Mattos, B.O. (2017) Análise econômica da produção de tilápia em viveiros escavados no Distrito Federal, 2016. *Informações Econômicas*, **47**(2), 42-49.
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.L., & Moraes-Valenti, P. (2018) Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, **88**(1), 402-413.
- Vose, D. (2008) *Risk analysis: A quantitative guide*. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Zvavahera, C.C., Hamandishe, V.R., Saidi, P.T., Imbayarwo-Chikosi, V.E., & Nhiwatiwa, T. (2018) Growth performance, survival and breeding of *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis macrochir* reared under greenhouse conditions. *Aquatic Research*, **1**(1), 1-11.

## ANEXOS (D)

**Tabela 20.** Valores das variáveis estocásticas de entrada na SMC, variações e tipo de distribuição das variáveis produtivas e econômicas.

| SMC                    |              |                |              | SMC                    |                 |              |              |            |
|------------------------|--------------|----------------|--------------|------------------------|-----------------|--------------|--------------|------------|
| Variáveis Estocásticas | Valores      |                | Distribuição | Variáveis Estocásticas | Valores         |              | Distribuição |            |
|                        | (mín.; máx.) | + Provável     |              |                        | % Δ Preços      | (valor base) |              |            |
| vp                     | DE (px.m³)   | (150; 250)     | -            | Uniforme               | Pc (R\$.kg⁻¹)   | ± 25%        | 5,50         | Triangular |
|                        | VP (m³)      | (36; 54)       | -            | Uniforme               | Pr (R\$.kg⁻¹)   | + 25%        | 1,87         | Uniforme   |
|                        | MOR (%)      | (8,00; 20,00)  | 14,00        | Triangular             | Pa (R\$.px⁻¹)   | + 25%        | 0,12         | Uniforme   |
|                        | Pf (kg)      | (0,500; 1,100) | 0,800        | Triangular             | Pms (R\$.px⁻¹)  | + 25%        | 0,27         | Uniforme   |
|                        | EXP          | (0,400; 0,600) | 0,500        | Triangular             | Ptr (R\$.px⁻¹)  | + 25%        | 0,03         | Uniforme   |
|                        | TGC          | (0,010; 0,020) | -            | Uniforme               | Pco (R\$.px⁻¹)  | + 25%        | 0,10         | Uniforme   |
|                        | TA (°C)      | (20,00; 30,00) | 25,00        | Triangular             | CESSR (%)       | ± 25%        | 2,10         | Triangular |
|                        | CP (dias)    | (150; 210)     | 180,00       | Triangular             | Pee (R\$.px⁻¹)  | + 25%        | 0,03         | Uniforme   |
|                        | CA (kg:kg)   | (1,20; 1,80)   | 1,50         | Triangular             | Pmdo (R\$.px⁻¹) | + 25%        | 0,50         | Uniforme   |
|                        | -            |                |              |                        | Pman (R\$.px⁻¹) | + 25%        | 0,45         | Uniforme   |
|                        | -            |                |              |                        | Padm (R\$.px⁻¹) | + 25%        | 0,15         | Uniforme   |
|                        | -            |                |              |                        | Parr (R\$.px⁻¹) | + 25%        | 0,55         | Uniforme   |
| -                      |              |                |              | Pdep (R\$.px⁻¹)        | + 25%           | 1,10         | Uniforme     |            |
| -                      |              |                |              | IRR (%)                | ± 25%           | 27,50        | Triangular   |            |

SMC=simulação monte carlo; vp=variáveis produtivas; DE=densidade de estocagem; VP=volume de produtivo; MOR=taxa de mortalidade; Pf=peso final; EXP=exponencial de crescimento corporal; TGC=coeficiente de crescimento térmico; TA=temperatura da água; CP=ciclo de produção; CA=conversão alimentar; ve=variáveis econômicas; Pc=preço de comercialização; Pr=preço da ração; Pa=preço dos alevinos; Pms=valor unitário de manejo sanitário; Ptr=valor unitário de treinamento; Pco=valor unitário de combustíveis; CESSR=contribuição especial social rural; Pee=valor unitário de energia elétrica; Pmdo=valor unitário de mão de obra; Pman=valor unitário de manutenção; Padm=valor unitário de administrativo; Parr=valor unitário de arrendamento; Pdep=valor unitário de depreciação; IRR=imposto de renda rural. \*todos os valores unitários foram definidos com base na fazenda em estudo por unidade de peixe produzida no final do ciclo de produção.

## ANEXOS (E)

**Tabela 21.** Base de dados das informações produtivas médias dos ciclos produtivos completos da produção comercial de tilápia (*O. niloticus*) da fazenda em estudo aplicado no MAFC e MMPF.

| Variáveis  | C1     |        |        |        |        |        | C2     |        |        |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            | JUV-I  |        | JUV-II |        | PM     |        | JUV-I  |        | JUV-II |        | PM     |        |
|            | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   |
| DE (px.m³) | 288,69 | 13,11  | 171,26 | 1,85   | 84,08  | 0,38   | 292,98 | 9,26   | 171,89 | 1,77   | 84,14  | 0,82   |
| VP (m³)    | 27,00  | 0,00   | 43,20  | 0,00   | 43,20  | 0,00   | 27,00  | 0,00   | 43,20  | 0,00   | 43,20  | 0,00   |
| MOR (%)    | 2,91   | 2,31   | 1,27   | 0,61   | 0,34   | 0,22   | 2,11   | 1,61   | 1,04   | 0,37   | 0,19   | 0,14   |
| PC (kg)    | 0,077  | 0,045  | 0,338  | 0,125  | 0,726  | 0,099  | 0,067  | 0,037  | 0,312  | 0,107  | 0,686  | 0,077  |
| EXP        | 0,5068 | 0,2507 | 0,6125 | 0,0667 | 0,3584 | 0,1906 | 0,4884 | 0,2048 | 0,5850 | 0,0857 | 0,3209 | 0,1522 |
| TGC        | 0,0092 | 0,0055 | 0,0139 | 0,0022 | 0,0113 | 0,0063 | 0,0092 | 0,0075 | 0,0140 | 0,0018 | 0,0105 | 0,0049 |
| TA (°C)    | 25,44  | 0,53   | 28,22  | 0,67   | 26,00  | 1,10   | 26,00  | 1,73   | 28,33  | 1,00   | 23,29  | 1,55   |
| CP (dias)  | 16,67  | 13,92  | 30,00  | 0,00   | 27,50  | 6,12   | 14,56  | 12,43  | 28,00  | 0,00   | 27,57  | 6,01   |
| CA (kg)    | 1,33   | 0,12   | 1,53   | 0,11   | 1,77   | 0,08   | 1,23   | 0,12   | 1,50   | 0,10   | 1,81   | 0,09   |
| Variáveis  | C3     |        |        |        |        |        | -      |        |        |        |        |        |
|            | JUV-I  |        | JUV-II |        | PM     |        | -      |        | -      |        | -      |        |
|            | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | Média  | (dp)   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| DE (px.m³) | 292,98 | 9,26   | 171,63 | 1,52   | 84,25  | 0,27   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| VP (m³)    | 27,00  | 0,00   | 43,20  | 0,00   | 43,20  | 0,00   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| MOR (%)    | 2,11   | 1,61   | 0,89   | 0,31   | 0,20   | 0,07   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| PC (kg)    | 0,068  | 0,039  | 0,313  | 0,103  | 0,688  | 0,093  | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| EXP        | 0,4730 | 0,2314 | 0,5884 | 0,0822 | 0,4045 | 0,1238 | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| TGC        | 0,0089 | 0,0070 | 0,0141 | 0,0018 | 0,0143 | 0,0038 | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| TA (°C)    | 26,22  | 1,48   | 28,33  | 1,00   | 23,50  | 1,64   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| CP (dias)  | 14,33  | 12,13  | 28,00  | 0,00   | 29,00  | 1,10   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |
| CA (kg)    | 1,27   | 0,07   | 1,42   | 0,06   | 1,76   | 0,08   | -      | -      | -      | -      | -      | -      |

C<sub>1-3</sub>=ciclo produtivo completo; JUV-I=fase juvenil 1; JUV-II=fase juvenil 2; PM=peso de mercado; dp=desvio padrão; DE=densidade de estocagem; VP=volume produtivo; MOR=taxa de mortalidade; PC=peso corporal dos peixes; EXP=exponencial de crescimento corporal; TGC=coeficiente de crescimento térmico; TA=temperatura d'água; CP=ciclo de produção; CA=conversão alimentar.

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 13. Variáveis produtivas, exponenciais e coeficientes de crescimento térmico da tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em todas as fases de produção, produzida em reservatório tropical.....                                                         | 66 |
| Tabela 14. Resultados dos indicadores de custos e lucratividade pelo MAFC para produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical.....                                                                                              | 69 |
| Tabela 15. Resultados dos indicadores de custos e lucratividade calculados pelo MMPF para produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical. ...                                                                                   | 70 |
| Tabela 16. Validação estatística do MAFC e MMPF na estimativa dos indicadores de peso corporal e financeiros para produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical.....                                                           | 79 |
| Tabela 17. Simulação de Monte Carlo (SMC) para verificação da variação entre as variáveis produtivas e financeiras para produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical.....                                                     | 80 |
| Tabela 18. Probabilidade da ocorrência dos valores das variáveis estocásticas financeiras da produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical. ....                                                                               | 82 |
| Tabela 19. Análise de sensibilidade por correlação de <i>spearman</i> entre as variáveis estocásticas de entrada (inputs) e as variáveis estocásticas de saída (outputs) da produção de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) em reservatório tropical..... | 84 |
| Tabela 20. Valores das variáveis estocásticas de entrada na SMC, variações e tipo de distribuição das variáveis produtivas e econômicas. ....                                                                                                         | 91 |
| Tabela 21. Base de dados das informações produtivas médias dos ciclos produtivos completos da produção comercial de tilápia ( <i>O. niloticus</i> ) da fazenda em estudo aplicado no MAFC e MMPF.....                                                 | 92 |

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4. (A) Curva de crescimento corporal observada a campo (biometrias) da tilápia (*O. niloticus*) produzida em reservatório tropical. (B) Curva de crescimento corporal pelo modelo matemático TGC da tilápia (*O. niloticus*) produzida em reservatório tropical; sendo PM = peso de mercado. .... 66
- Figura 5. (A) Curva de regressão do peso corporal observado a campo em relação à base de dados de validação (*bigdata*). (B) Curva de regressão da estimativa de peso corporal pelo TGC em função dos dados de validação (*bigdata*). .... 67
- Figura 6. (A) Curva da receita estimada pelo MAFC ao longo do CP. (B) Curva da receita estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. ... 72
- Figura 7. (A) Curva de custo variável estimado pelo MAFC ao longo do CP. (B) Curva do custo variável estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. .... 72
- Figura 8. (A) Curva de custo fixo estimado pelo MAFC ao longo do CP. (B) Curva do custo fixo estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. .... 73
- Figura 9. (A) Curva de custo total estimado pelo MAFC ao longo do CP. (B) Curva do custo total estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. .... 73
- Figura 10. (A) Curva do lucro bruto estimado pelo MAFC ao longo do CP. (B) Lucro bruto estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. ... 74
- Figura 11. (A) Curva do lucro líquido estimado pelo MAFC ao longo do CP. (B) Lucro líquido estimado pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. ... 74
- Figura 12. (A) Curva da margem bruta estimada pelo MAFC ao longo do CP. (B) Margem bruta estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. .... 75
- Figura 13. (A) Curva da margem líquida estimada pelo MAFC ao longo do CP. (B) Margem líquida estimada pelo MMPF ao longo do ciclo de produção da tilápia (*O. niloticus*) em reservatório tropical; Sendo PV = ponto de venda dos peixes. .... 75
- Figura 14. Curva de regressão da RE em relação a RE *bigdata* (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... 76

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 15. Curva de regressão do CV estimado em relação ao CV <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 76 |
| Figura 16. Curva de regressão do CF estimado em relação ao CF <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 76 |
| Figura 17. Curva de regressão do CT estimado em relação ao CT <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 77 |
| Figura 18. Curva de regressão do LB estimado em relação ao LB <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 77 |
| Figura 19. Curva de regressão do LL estimado em relação ao LL <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 77 |
| Figura 20. Curva de regressão da MB estimado em relação ao MB <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 78 |
| Figura 21. Curva de regressão da ML estimado em relação ao ML <i>bigdata</i> (dados de validação). Para os modelos (A) MAFC e (B) MMPF. .... | 78 |

## DISCUSSÃO GERAL

A aplicação das análises financeiras, econômicas e de risco por simulação Monte Carlo (SMC) demonstrou que a produção comercial de tilápia do Nilo em sistema de tanques-rede é rentável e viável economicamente para os cenários com volume de água produtiva superior a 51 mil m<sup>3</sup> de água, por permitir a escalabilidade da produção.

Fazendas hipotéticas em cenários econômicos com *Payback* > 10 anos, tornam-se inviáveis financeiramente e economicamente, por conta da pequena margem de lucro bruto (antes do imposto de renda) no fluxo de caixa (FC) (TL < 10%). Diante desta pequena margem de resultado no FC, as fazendas tendem ao endividamento no curto e médio prazo, devido a sequência de resultados negativos no fluxo líquido de caixa (FLC), levando a atividade a falência no longo prazo, fazendo com que a atividade aquícola seja insustentável economicamente.

Vale ressaltar que o produto final destes cenários simulados das propriedades hipotéticas é direcionado para venda em frigorífico, cujo preço de comercialização foi de R\$ 5,00 por quilograma do peixe vivo. Fator que influencia na receita estimada e na margem de lucro significativamente, principalmente para os pequenos cenários de volume de água produtiva, como PVP e até mesmo o MVP. Ainda mais, quando correlacionado com o preço da ração, o insumo de maior representatividade nos custos totais de produção (aproximadamente 70%).

Segundo Furlaneto et al. (2010) e Brabo et al. (2013), empreendimentos aquícolas com baixo volume de água produtiva apresentam maiores lucratividades e rentabilidades quando há diversificação da comercialização do produto final, como por mercados locais, restaurantes, pesque-pagues, entre outros. Sendo então, uma alternativa para aumentar o fluxo de receitas, margem de lucros no FLC e ainda viabilizar a atividade economicamente para empreendimentos aquícolas semelhantes ao cenário PVP.

A análise de risco financeiro proposta por Engle (2010) e Gebrezgabher et al. (2012), mostraram resultados significativos ao mensurar a sensibilidade das variáveis que influenciam na lucratividade da atividade aquícola. Porém, há poucos estudos neste quesito realizados no Brasil com a produção de peixes em cativeiro, sejam para tilápia ou outras espécies exóticas. Assim como para as nativas, das quais apresentam grande potencial produtivo e econômico para o Brasil. Com isto, dificulta a padronização de análises e a comparação destes cenários estudados para a realidade brasileira como um todo.

No entanto, há muitos trabalhos internacionais com diversos sistemas de produção e espécies cultivadas, como a produção comercial de pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*) no Vietnã em sistema tradicional e de recirculação estudada por Ngoc et al. (2016), a produção de camarões (*Litopenaeus vannamei*) e outras espécies em Honduras por Valderrama & Engle (2001) e a produção de tilápia e clarias (*Clarias gariepinus*) no Quênia por Neira et al. (2009). Estes trabalhos demonstram resultados significativos com a aplicação da metodologia de análise de risco e sensibilidade.

A aplicação de simulação Monte Carlo (SMC) é uma ferramenta eficiente para a verificação da probabilidade dos riscos financeiros e econômicos, quanto para as simulações da aplicabilidade do modelo de predição financeira (MMPF) com base nas oscilações de variáveis, tanto zootécnicas, produtivas quanto as econômicas. Pois, por meio desta ferramenta de análise estocástica podemos estimar a probabilidade de ocorrência dos riscos financeiros e econômicos atuais e futuros (com o MMPF) em inúmeras simulações aleatórias, que na qual seria impossível de calculá-las de forma manual ou por *Microsoft Office Excel*®.

Deste modo, podemos aumentar o nível de confiabilidade das análises financeiras e econômicas, que por meio das análises de sensibilidade junto a SMC propiciam conhecer o real efeito das variáveis de entrada sobre as variáveis respostas (de saída) de maior interesse. Facilitando a tomada de decisão com maior precisão de produtores rurais, gestores e investidores da produção comercial de tilápias em sistema de tanques-rede em reservatórios tropicais.

Por fim, com o desenvolvimento do modelo matemático de predição financeira (MMPF), com base no modelo matemático: coeficiente de crescimento térmico (TGC) mostrou-se eficiente e preciso na simulação das variações produtivas e financeiras para a produção de tilápia em reservatórios tropicais, sendo uma ferramenta importante de aplicação direta no planejamento e gerenciamento financeiro da atividade aquícola, mesmo antes de colocar os animais na água (sistema produtivo).

Por meio da simulação de cenários produtivos e econômicos, com base em dados históricos de fazendas podemos estimar com maior precisão a realidade financeira e visualizar o que acontecerá a cada etapa da produção ao longo de cada ciclo produtivo. Mediante as oscilações das condições climáticas, como a temperatura da água, o fator de maior limitação no crescimento dos peixes; Além da variação das taxas de juros, inflação e dos preços de mercado, como: ração, alevinos, manejo sanitário e entre outros, que influenciam diretamente no fluxo líquido de caixa da piscicultura.

No entanto, recomendamos maiores estudos com aplicação desta metodologia aplicada neste presente estudo para a produção de tilápia em diferentes sistemas de produção e regiões do país. Além de, para as demais espécies com potencial produtivo e de mercado, como: camarões, algas, ostras, mexilhões, outras espécies de peixes e outros organismos aquáticos.

Levando em consideração outros conhecimentos correlatos à atividade aquícola e diferentes fatores que possam influenciar diretamente no desempenho produtivo da atividade. Com isto, teremos um número maior de informações e base de dados (*big data*) para tomada de decisão, para investidores, produtores rurais e gestores, quanto para ações de políticas públicas, pelos governos, instituições bancárias e órgãos públicos, tornando cada vez mais a aquicultura sustentável e rentável economicamente, diante da crescente demanda de alimentos no nosso país.

E ainda, utilizar o MMPF para otimização da produção, gerenciamento, planejamento e tomada de decisão com a produção da tilápia em tanques-rede, por gestores e produtores rurais, além de ser indicada para órgãos públicos na definição de tecnologias como “*software as a service*” (SAAS) para facilitar cadastros das fazendas aquícolas e estimativas de produção, para fins de libertação de licenças e outorgas de uso de águas da união.

Contudo, recomendamos maiores estudos com a aplicabilidade e usabilidade do modelo matemático de predição financeira (MMPF), gerando algoritmos (*softwares*) de precisão integrados a uso de sensores no sistema de produção e estruturando-o como ferramenta de “*machine learning*”. Pois, auxiliará a tomada de decisão na fazenda em tempo real no dia a dia das operações aquícolas, e ainda, poderá ser utilizado como “SAAS” por instituições financeiras (bancos) para a simulação da produção, receitas, custos e lucros, atendendo a demanda de financiamentos por investidores e produtores rurais, além de subsídios do governo para alavancagem da aquicultura no Brasil.

## REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

- Ayroza, D.M.M.R., Nogueira, M.G., Carvalho, E.D., Ferraud, A.S. & Camargo, A.F.M. (2013) Temporal and Spatial Variability of Limnological Characteristics in Areas under the Influence of Tilapia Cages in the Chavantes Reservoir, Paranapanema River, Brazil. *Journal of the world aquaculture society*, **44**(6), 814-825.
- Beveridge, MCM (2004) *Cage aquaculture*. 3a ed. Oxford: Blackwell Publishing, USA 368 p.
- Brabo, M.F., Flexa, C.E., Veras, G.C., Paiva, R.S. & Fujimoto, R.Y. (2013) Viabilidade econômica da piscicultura em tanques-rede no reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. *Informações Econômicas*, **43**(3), 56-64.
- Brande, M. da R., Leonardo, A.F.G., Ganoa, C.A.P., Reis Neto, R. V. & Bueno, G.W. (2019) Viabilidade bioeconômica de pisciculturas familiares

- produtoras de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em área de Mata Atlântica em São Paulo, Brasil. *Custos e Agronegócios online*, 15(1), 2-18.
- Bueno, G.W., Bureau, D., Skipper-Horton, J., Roubach, R., Mattos, F.T., & Bernal, F.E.M. (2017) Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**(9), 695-706.
- Cai, J., Leung, P.S., Luo, Y., Yan, X., & Yan, Y. (2018) *Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modeling*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Casarotto Filho, N. & Kopittke, B.H. (2007) *Análise de investimento: Matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão e estratégia empresarial*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- David, F.S., Fonseca, T., Bueno, G.W., & Valenti, W.C. (2018) Economic feasibility of intensification of *Macrobrachium rosenbergii* hatchery. *Aquaculture Research*, **49**(12), 3769-3776.
- Ehrlich, P.J., & Moraes, E.A. (2015) *Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento*. Editora Atlas, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Engle, C.R. (2010) *Aquaculture Economics and Financing: Management and Analysis*. John Wiley & Sons, Ames, Iowa, USA.
- Food and Aquaculture Organization of the United Nations (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture: Contributing to Food Security and Nutrition for All*. SOFIA-ONU, Rome, Italy.
- Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R. & Ayroza, L.M.S. (2006) Custos e rentabilidade da produção de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanques-rede no médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/05. *Informações Econômicas*, **36**(3), 63-69.
- Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R. & Ayroza, L.M.S. (2010) Análise econômica da produção de tilápia em tanques-rede, ciclo de verão, região do médio Paranapanema, Estado de São Paulo, 2009. *Informações Econômicas*, **40**(4), 5-11.

- Garcia, F., Romera, D. M. & Gozi, K. S. (2014) Enfermidades de tilápias do Nilo em tanques-rede. *Pesquisa & Tecnologia*, **1**(1), 1-11.
- Gebrezgabher, S.A., Meuwissen, M.P.M., & Oude Lansink, A.G.J.M. (2012) Energy-neutral dairy chain in the Netherlands: An economic feasibility analysis. *Biomass and Bioenergy*, **36**(1), 60–68.
- Gómez-Ponce, M.A., Granados-Flores, K., Padilla, C., López-Hernández, M., & Núñez-Nogueira, G. (2011) Age and growth of the hybrid tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the dam “Zimapán” Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **59**(2), 761-770.
- Guilhoto, J.J.M., Silveira, F.G., Ichihara, S.M. & Azzoni, C.R. (2006) A importância do agronegócio familiar no Brasil. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, **44**(3), 355-382.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) *Banco de tabelas estatísticas: Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível online em <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>, Brasil.
- Kayo, K.E.; Brunaldi, E.O., & Aldrighi, D.M. (2018). Capital structure adjustment in brazilian Family firms. *RAC*, **22**(5), 92-114.
- Ministério do Desenvolvimento Agrário (2017) *Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário*. Plano Safra 2016-2017. Disponível online em: <[HTTP://www.mda.gov.br/](http://www.mda.gov.br/)>, Brasil.
- Mustafa, S., Estim, A., Raehanah, S., Shaleh M. & Shapawi, R. (2018) Positioning of Aquaculture in Blue Growth and Sustainable Development Goals Through New Knowledge, Ecological Perspectives and Analytical Solutions. *Aquac. Indones. An Int. J. Indones. Aquac. Soc.* **19**(1), 1–9.
- Neira, I., Engle, C.R. & Ngugi, C. (2009) Economic and risk analysis of tilapia production in Kenya. *Journal of Applied Aquaculture*, **21**(1), 1-23.
- Ngoc, P.T.A., Miranda, Meuwissen, M.P.M., Tru, L.C., Bosma, R.H., Verreth, J., & Lansink A.O. (2016) Economic feasibility of recirculating aquaculture systems in pangasius farming. *Aquaculture Economics & Management*, **20**(2), 185-200.
- Phiri, F. & Yuan, X. (2018) Economic profitability of tilapia production in Malawi and China. *Journal of Aquaculture*, **9**(5), 2-6.

- Siqueira, T.V. (2017) Aquicultura: A nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, **17**(1), 53-60.
- Valderrama, D. & Engle, C.R. (2001) Risk analysis of shrimp farming in Honduras. *Aquaculture Economics & Management*, **5**(2), 49-68.
- Valenti, W.C., Kimpara, J.M., Preto, B.L., & Moraes-Valenti, P. (2018) Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators*, **88**(1), 402-413.
- Zvavahera, C.C., Hamandishe, V.R., Saidi, P.T., Imbayarwo-Chikosi, V.E., & Nhiwatiwa, T. (2018) Growth performance, survival and breeding of *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis macrochir* reared under greenhouse conditions. *Aquatic Research*, **1**(1), 1-11.