

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**MODELAGEM BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE LAMBARI E
MICROVERDES EM SISTEMA AQUAPÔNICO LEVEMENTE SALINIZADO**

Aluna: Isabela Cristina de Almeida
Orientadora Profa. Dra. Maria Célia Portella
Coorientadora: Dra. Laura Patrícia Silva Ledezma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**MODELAGEM BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE LAMBARI E
MICROVERDES EM SISTEMA AQUAPÔNICO LEVEMENTE SALINIZADO**

Isabela Cristina de Almeida

Prof.^a Dr.^a Maria Célia Portella

Dra. Laura Patrícia Silva Ledezma

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal-SP
9º Semestre/2023

A447m	<p>Almeida, Isabela Cristina de</p> <p>Modelagem bioeconômica da produção de Lambari e microverdes em sistema aquapônico levemente salinizado / Isabela Cristina de Almeida. -- Jaboticabal, 2023</p> <p>56 f. : tabs., fotos</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Maria Célia Portella</p> <p>Coorientadora: Laura Patrícia Silva Ledezma</p> <p>1. Viabilidade econômica. 2. Aquicultura. 3. Biologia Modelos matemáticos. I.</p> <p>Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: **Biologia****CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: Modelagem bioeconômica da produção de lambari e microverdes em sistema aquapônico levemente salinizado

ACADÊMICO: Isabela Cristina de Almeida



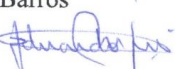
CURSO: Zootecnia

ORIENTADORA: Profa. Dra. Maria Célia Portella

COORIENTADORA: Ph.D. Laura Patricia Silva Ledezma

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	(Assinaturas)
Presidente	Profa. Dra. Maria Célia Portella	
Membro	Dr. Leonardo Castilho de Barros	
Membro	Dr. Eduardo Pahor Filho	

Documento assinado digitalmente
LEONARDO CASTILHO DE BARROS
Data: 07/07/2023 16:50:34-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal 07 / 07 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 10 / 07 / 2023



Prof. Dr. Davi Rodrigo Rossatto
Chefe do Departamento

DEDICATÓRIA

À minha querida família, pelo carinho, amor e apoio ao longo destes cinco anos. Amo vocês.

A Deus pela sua infinita graça, misericórdia e bondade, que foi e é a minha força todos os dias.

Dedico

À minha eterna e preciosa mãe Cleide Aparecida Vicente, que do céu sempre me acompanha.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dr.^a Maria Célia Portella, pelo apoio, confiança, orientação e oportunidade de trabalho.

À Dr.^a Laura Patricia Silva Ledezma, pela coorientação e por todos os ensinamentos e companhia nas atividades.

Aos mestrandos, doutorandos e pós-doutorandos do Laboratório de Nutrição de organismos Aquáticos, Sara Pinho, Jéssica de Lima, Jesaias Costa e Marcelo Hiromoto que sempre me ajudaram em tudo que era necessário e fazerem parte da minha caminhada.

Aos meus eternos amigos de turma Giulia Cancian Vieira (Vittar), William Henrique de Moraes (Fartura), Laura Elizabeth Faria de Barros, Nathalia Sanches (Buquê) e Luana Hybner Gomes da Cruz (Xodó), por estarem sempre presentes, trazendo alegria, diversão e colo quando preciso.

Às pessoas que de alguma forma foram essenciais, ajudando a finalizar este processo de forma mais tranquila, agradeço os conselhos e principalmente a ajuda em tudo, e especial Thalys Vinicius Cruz, Magdiel Santos Oliveira.

Às minhas melhores amigas e irmãs Bruna Bueno de Abhraão (Doril), Tainah Inoue Cardoso (Visualiza) e Aline Travassos Cardoso (Puritana), pelo incentivo, encorajamento e companheirismo sempre.

À minha família de Jaboticabal República Dama de Copos, por ser lar sempre que preciso.

Ao Programa de Educação Tutorial “PET Zootecnia” da Unesp/FCAV, campus de Jaboticabal, por todo ensino, capacitação e experiências extraordinárias que me foram proporcionadas.

À Coordenadoria de Permanência Estudantil da Unesp pelo Auxílio Permanência Estudantil recebido desde meu ingresso na Universidade, em 2019.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Pró-Reitoria de Pesquisa da Unesp, pela bolsa de Iniciação Científica recebida para o desenvolvimento deste trabalho (Processo 4255) e pelas outras duas Bolsas de Iniciação Científica recebidas ao longo de minha graduação em Zootecnia (Processos 1593 e 5968).

À Pró-Reitoria de Pesquisa da Unesp pelo prêmio que recebi pela apresentação deste trabalho, classificado em 1º lugar na área de Ciências Agrárias durante o Congresso de Iniciação Científica da Unesp, em 2022 (CIC 2022).

Ao consórcio internacional SUGI/Food-Water-Energy-Nexus “CITYFOOD” (Belmont Forum, concessão nº 726744), parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado São Paulo (FAPESP - projeto 2017/50431-9), pelo Auxílio à Pesquisa recebido pela minha orientadora e no âmbito do qual foi realizado este trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. Introdução	1
1.2. Panorama nacional e mundial da aquicultura.....	5
1.3. Lambaricultura	7
1.4. Cultivo de microverdes	10
1.5. Uso de água salinizada na criação de peixes	11
1.6. Economia na aquaponia	13
1.7. Modelagem bioeconômica.....	15
1.8. Objetivos	17
1.9. Referências	18

CAPÍTULO II – artigo 1

MODELAGEM BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE LAMBARI E MICROVERDES EM SISTEMA AQUAPÔNICO LEVEMENTE SALINIZADO	25
Resumo.....	25
Palavras-chave.....	26
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1. Dados experimentais	28
2.2. Modelos bioeconômicos	33
2.2.1. Submodelo biológico	34
2.2.2. Modelo de gestão	36
2.2.3. Modelo econômico	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4. CONCLUSÃO	50
5. AGRADECIMENTOS.....	51
6. REFERÊNCIAS	51
RESUMO	54
ABSTRACT	55

CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. Introdução

A aquicultura vem crescendo no Brasil ao longo dos anos. Em 2019 foi registrada uma produção de 800 milhões de organismos aquáticos (VALENTI *et al.*, 2021). No Brasil, os sistemas aquapônicos de produção estão em alta, devido à alta demanda social por sistemas de produção que além de eficientes sejam também sustentáveis. Estes sistemas integram o cultivo de animais aquáticos (aquicultura) e vegetais em meio aquoso (hidroponia) através de sistemas de recirculação fechados, contendo filtros mecânicos e biológicos que transformam as substâncias tóxicas para os peixes em substâncias inofensivas e que servem ao mesmo tempo como nutrientes para os vegetais (PORTELLA *et al.*, 2019). E dependendo da configuração do sistema aquapônico, após a circulação pelo componente de aquicultura e hidroponia a água contendo nutrientes pode retornar ou não para o tanque dos peixes (LENNARD e GODDEK, 2019). Tais sistemas são considerados uma opção sustentável para a produção de alimentos devido à reciclagem de água e nutrientes (JOYCE *et al.*, 2019), além de permitir um melhor desempenho produtivo da espécie animal cultivada em comparação com o cultivo em sistemas de recirculação (ENDUT *et al.*, 2011; KRIVOGRAD e BULC, 2014).

Uma questão ainda não totalmente resolvida em aquaponia é a sua viabilidade econômica, pois existem diversas pesquisas com resultados contraditórios sobre ser uma atividade economicamente viável ou não (GREENFELD *et al.*, 2018). Porém, algo que tem sido identificado mais

claramente é que os vegetais são geralmente os responsáveis pela maior parte das receitas (QUAGRAINIE *et al.*, 2018; TOKUNAGA *et al.*, 2015). Assim, um vegetal com um alto valor econômico pode aumentar a viabilidade do sistema.

A aquicultura brasileira conta com uma produção diversificada de peixes de água doce, dentre os quais se encontram as espécies de lambari, peixes de pequeno porte da família Characidae, amplamente distribuídos na América Central, América do Sul, México e no sudeste do Texas (NELSON; GRANDE; WILSON, 2016).

A lambaricultura, termo atribuído ao cultivo de lambari, cresceu nos últimos anos e alcançou em 2019 a produção de 661.019 kg, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com um total de 236.350 kg (IBGE, 2021). A produção de lambari é importante, pois pode ser uma fonte alternativa de renda para as comunidades que fazem parte de áreas de conservação florestal gerando desenvolvimento sustentável das populações rurais (FONSECA; COSTA-PIERCE; VALENTI, 2017). A espécie de lambari *Astyanax lacustris* tem sido apontada como tendo potencial promissor para ser cultivada na aquaponia (PINHO *et al.*, 2021). Além disso, recentemente foi demonstrado que, quando produzido em sistemas de recirculação mais simples, o lambari apresenta viabilidade técnica e econômica, possibilitando a adoção dessa atividade por pequenos produtores, proporcionando renda a partir da venda dos peixes como isca viva, para o mercado da pesca esportiva (HENRIQUES *et al.*, 2022).

Entre os vegetais apropriados para a produção em aquaponia, encontramos os microverdes (microgreens). Estes são vegetais de diversas espécies coletados sem a raiz, a partir de 7 – 20 dias após a semeadura, quando

os cotilédones apresentam-se totalmente desenvolvidos e turgentes e as primeiras folhas verdadeiras já estão presentes (KYRIACOU *et al.*, 2019; LEE *et al.*, 2004). Os tais atualmente têm sua produção em alta por ser considerado um alimento funcional, pois possui um rico conteúdo fitoquímico (KYRIACOU *et al.*, 2016, 2019), o que eleva seu apreço pelo mercado. Como os microverdes possuem um alto valor econômico o cultivo destes em sistemas aquapônicos poderia resultar em aumento das receitas e assim lograr uma produção sustentável tanto ambiental como econômica, para os produtores.

Outro fato que pode contribuir para uma produção sustentável de lambari e microverdes é o uso do cloreto de sódio nos sistemas de produção. O sal comum (NaCl) é utilizado na aquicultura como um redutor de estresse, além de também possuir a capacidade de prevenir doenças (FIÚZA *et al.*, 2015). Riley *et al.* (2003) demonstraram que tilápias cultivadas em água levemente salinizada apresentaram maior taxa de crescimento do que as cultivadas em água doce, possivelmente pelo maior custo metabólico da osmorregulação em água doce do que na água salgada. No caso do lambari, estudos vêm sendo feitos para avaliar a sua tolerância em água salinizada e foi comprovado que ele consegue manter seu metabolismo reduzido apresentando resistência à água salinizada a menos de 10 g l⁻¹ (CARNEIRO *et al.*, 2020). Ademais um estudo demonstrou que os alevinos de lambari, após 21 dias de eclosão já podem ser introduzidos para a criação em água com diferentes níveis de salinidade, sem haver prejuízo no desempenho dos peixes e risco de mortalidade (RUFINO, 2021). No caso das plantas, a salinidade gera alguns efeitos primários como estresses iônico e osmótico que induzem à oxidação, desencadeando estresse. Dessa forma, a

salinidade é um fator limitante na produtividade das culturas agrícolas (AHMAD *et al.*, 2012). Porém, as plantas possuem certos mecanismos que neutralizam os efeitos prejudiciais do estresse primário e secundário (PARIHAR *et al.*, 2015), existindo algumas espécies que são mais tolerantes que outras à salinidade. Algumas espécies do gênero *Brassica* têm sido categorizadas como moderadamente tolerantes à salinidade. Dentre elas, podemos encontrar a mostarda (*Brassica juncea*) (ASHRAF; MCNEILLY, 2004).

Portanto, um sistema aquapônico no qual sejam produzidos lambaris e microverdes de mostarda em água salinizada poderia ser uma alternativa rentável de produção.

A modelagem bioeconômica é uma das ferramentas para avaliar a viabilidade econômica de sistemas produtivos, e seria adequada para avaliar a viabilidade da produção de lambari e microverdes em sistemas aquapônicos levemente salinizados. Nela modelos matemáticos são utilizados para relacionar o desempenho biológico de um sistema de produção às suas restrições econômicas e técnicas (CACHO, 1997; LLORENTE; LUNA, 2016). Portanto, os modelos bioeconômicos constam de três submodelos, o biológico, o de gestão e o econômico. O biológico descreve o crescimento dos peixes em condições específicas (ASCHE; BJØRNDAL, 2011). O de gestão incorpora as condições controladas nas quais o modelo biológico foi validado, como, por exemplo, a densidade de estocagem dos organismos, taxa de mortalidade, qualidade e quantidade de ração, tipo de ração, frequência alimentar, taxa de arraçoamento etc. Esse modelo também incorpora as premissas sob as quais as simulações serão feitas, por exemplo tamanho da fazenda, número de sistemas de produção

e dimensão dos mesmos e número de trabalhadores. Finalmente o econômico reflete o mercado e a realidade econômica em que a produção está sendo modelada, e algumas das variáveis incluídas são o preço de mercado, custo da semente, custo da alimentação, energia, mão de obra entre outras (MARÍN-RIFFO *et al.*, 2021; PONCE-MARBÁN; HERNÁNDEZ; GASCA-LEYVA, 2006).

Assim, uma das vantagens do uso da modelagem bioeconômica é que ela ajuda na tomada de decisão a partir das análises dos dados, além de fornecer respostas científicas que atuam nas diversas áreas do conhecimento (BADUE; AMORIM, 2012).

1.2. Panorama mundial e nacional da aquicultura

A aquicultura vem crescendo ao longo dos anos. Devido a isso acredita-se que a atividade tem um potencial promissor para a garantia da segurança alimentar e para suprir o aumento da demanda mundial por alimentos (CREPALDI *et al.*, 2021).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) reportou em 2020, que em 2018 foi produzido um total de 179 milhões de toneladas de pescado no mundo, estimando um valor de US\$ 401 bilhões. Dos países produtores de pescado, destaca-se a China responsável por 35% da produção total, superando a Ásia com 34%, Américas com 14% Europa com 10%, África com 7% e a Oceania com 1%.

Com o aumento da demanda por peixes e alimentos aquáticos, está havendo uma mudança rápida no setor de produção destes alimentos. A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) estima que o consumo

destes alimentos possui uma projeção de aumento em 15%, alcançando 21,4 Kg per capita em 2030, baseando-se no aumento da renda e urbanização e nas novas tendências alimentares, especialmente as que têm relação direta com melhorias da saúde e nutrição (FAO, 2022). Além disso, projeta-se que a produção total de animais aquáticos atingirá 202 milhões de toneladas em 2030, em decorrência do contínuo crescimento da aquicultura, a qual deve atingir um total de 100 milhões de toneladas pela primeira vez em 2027 e 106 milhões de toneladas em 2030 (FAO, 2022).

No Brasil, a aquicultura produziu 629.341 toneladas de pescado em 2020 (IBGE, 2020), sendo a aquicultura de espécies de água doce responsável pela produção de 551,9 mil toneladas e a maricultura por 77,4 mil toneladas de pescados (ROUTLEDGE *et al.*, 2022). O país já foi considerado como tendo o maior potencial para o desenvolvimento da pesca e da aquicultura, estando atualmente na 13ª posição no ranking de produção de peixes em cativeiro e em 8º na produção de peixes de água doce (FOGAÇA, 2020).

A atividade aquícola corresponde a 50% das 1,6 milhões de toneladas de pescados produzidos no Brasil e segue a mesma tendência mundial de crescimento (VALENTI *et al.*, 2022). No país a produção de peixes nativos vem crescendo apoiada em uma variedade de espécies, destacando-se o tambaqui e seus híbridos (SCHULTER e FILHO, 2017). Dentre as espécies nativas, tem-se verificado aumento da produção de lambari, e atualmente são produzidas cerca de 100 milhões de unidades de lambari por ano no Estado de São Paulo (DEFESA AGROPECUÁRIA, 2022).

O Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, registrou em 2021 que a terceira maior produção de lambari se concentra no estado de São Paulo apresentando o valor de 271.101 kg, ficando atrás do nordeste com a maior produção (800 kg) e norte com 424 kg. O gráfico abaixo evidencia a produção de lambari em quilogramas no Brasil e nas grandes regiões (Figura 1). A criação desta espécie aumentou em consequência do uso destes peixes como isca viva na pesca esportiva (Pinho *et al.*, 2021).

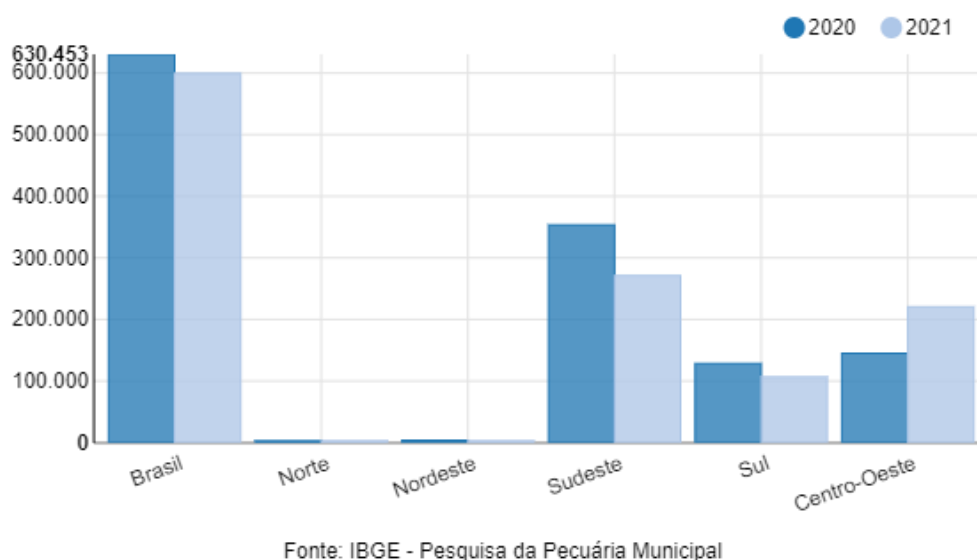


Figura 1. Produção de Lambari em quilogramas no Brasil e nas grandes regiões.

1.3. Lambaricultura

O gênero *Astyanax* é representado por um grupo de peixes de pequeno porte da família Characidae, distribuído no sudeste do Texas, México, América Central e América do Sul (NELSON *et al.*, 2016). No Brasil, junto com alguns outros peixes com características similares e da mesma família, são conhecidos popularmente como lambari, piaba e lambari-guaçu, dependendo da região do país.

A espécie *A. lacustris*, anteriormente denominada de *A. bimaculatus* (Linnaeus 1758) e *A. altiparanae* (GARUTTI e BRITSKI 2000; GARUTTI 1995), é oriunda da bacia do alto Rio Paraná (LIMA *et al.*, 2007) e atinge comprimento total máximo de 15 cm (ANGELINI e AGOSTINHO, 2005). Os peixes desta espécie são aproveitados tanto como fonte de proteína animal ao serem consumidos como petisco, como também como isca viva para pesca esportiva, peixe forrageiro e na aquariofilia (GARUTTI, 2003; Silva *et al.*, 2011). Geralmente os peixes do gênero *Astyanax* apresentam hábito alimentar onívoro (PERETTI e ANDRIAN, 2008; PINI *et al.*, 2019) o que, somado ao seu rápido crescimento (ciclo produtivo de 3 meses), fácil reprodução e tolerância a ampla variação de temperatura e salinidade representam vantagens para a aquicultura desta espécie (GARUTTI, 2003; RUFINO, 2021)).

Além disso, esta espécie aceita facilmente alimentos formulados e tem mostrado potencial para a aquicultura (SABBAG *et al.*, 2011). E sua criação pode ser uma atividade promissora, a mesma tem se ampliado como uma alternativa econômica para pequenos produtores rurais no Brasil (MARQUES, 2021).

A criação de lambari aumentou ao longo dos últimos anos no Brasil. Segundo o IBGE, em 2013 a aquicultura registrava produção de 255.635 quilogramas de lambaris, e essa produção manteve-se relativamente constante até 2017, quando deu um salto para 548.880 quilogramas. Seguindo este ritmo de aumento, em 2018 foi reportada uma produção de 595.607 quilogramas (Figura 2).

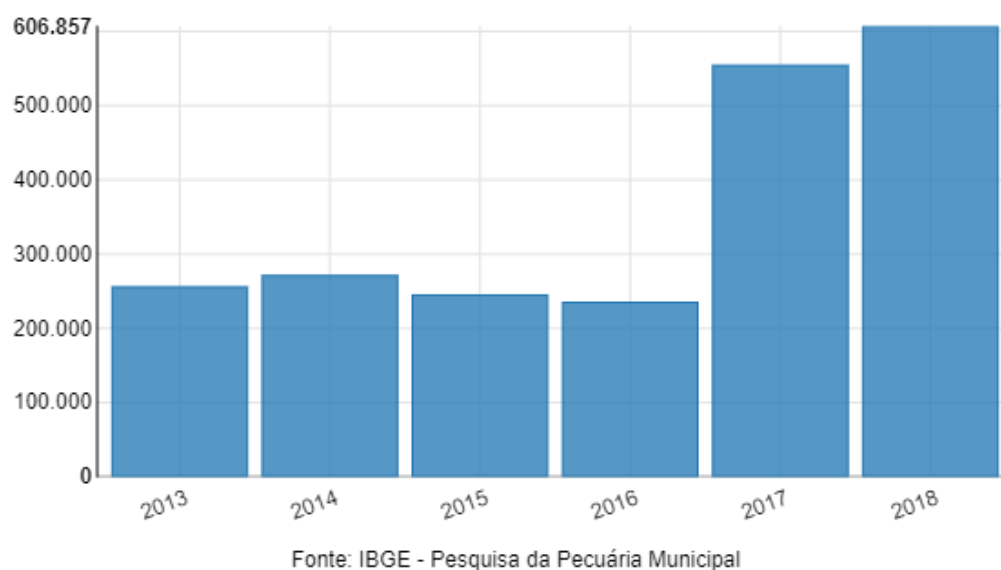


Figura 2. Produção nacional de lambari em quilogramas por ano.

Tal aumento na produção poderia ser explicado pelo fato de que, além de ser utilizado no comércio como petiscos para alimentação humana, passou a abastecer um mercado importante de isca viva para a pesca industrial do atum e na pesca esportiva. O peso de comercialização dos lambaris varia de 10 a 15 g (SUSSEL, 2015). As ótimas características de desempenho unidas ao aumento do turismo no Brasil, desencadeou o crescimento e expansão da lambaricultura, principalmente no estado de São Paulo, o que tornou um mercado muito significativo (VALENTI *et al.*, 2021)

A criação tradicional de lambari é realizada em viveiros escavados. No estado de São Paulo, muitos produtores realizam a reprodução, alevinagem, engorda, alimentação e comercialização desta espécie utilizando viveiros escavados, pois acredita-se que este tipo de sistema propicia melhor aproveitamento de alimentos naturais como os organismos fito- e zooplânctônicos (SILVA *et al.*, 2011). Outra forma de cultivo utilizada por alguns produtores são os tanques redes ou gaiolas que podem ser alojadas em

represas, açudes, etc. (FALLIS, 2013). Dado o crescimento da lambaricultura, torna-se importante o desenvolvimento e avaliação de tecnologias de cultivo sustentáveis para sua produção.

1.4. Cultivo de microverdes

Os microverdes são considerados vegetais verdes e imaturos, cultivados a partir de sementes de legumes, ervas e até cereais. Eles têm sido considerados como alimentos funcionais devido ao seu rico conteúdo fitoquímico, como a presença da clorofila beta-caroteno, luteína e alguns minerais. Além disso, estes alimentos são considerados nutritivos e apresentam vários compostos fitoativos como carotenoides, fenóis, glucosinolatos e poliesteróis (GUPTA *et al.*, 2023)

A busca por consumir alimentos frescos e funcionais vem aumentando atualmente, devido ao desejo das pessoas por manter uma alimentação saudável. Nesse sentido, os microverdes são vegetais que atendem a essa demanda, pois possuem potencial para melhorar o valor nutricional na alimentação humana (KYRIACOU *et al.*, 2016). A popularidade desse tipo de vegetal se dá devido às suas cores vivas e texturas delicadas que agradam na gastronomia e também por seu alto conteúdo de fitonutrientes e potencial bioativo (XIAO *et al.*, 2015).

Das diversas espécies existentes de microverdes, as mais exploradas são as das famílias *Brassicaceae*, *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Amarillydaceae*, *Amaranthaceae* e *Cucurbitaceae* e, dentro destas, geralmente o conteúdo bioativo é proeminente nas espécies de sabor mais

amargo, como por exemplo as espécies de *Brassicaceae* (XIAO *et al.*, 2015). Diferentemente dos brotos, os microverdes possuem propriedades de intensificação de sabor mais fortes, além da ampla variedade de cores, e formato de folhas (EBERT, 2012). Além disso, estas plantas possuem concentrações maiores de componentes funcionais, como antioxidantes, fenólicos, vitaminas e minerais quando comparadas às concentrações existentes em sementes maduras ou em verduras (JANOVSKÁ e ŠTOČKOVÁ, 2010).

Outro fator que torna estes vegetais eficientes é o fato de que podem ser cultivados em pequena escala dentro de ambientes fechados, o que os tornam aptos para uso pela agricultura de ambiente controlado. Práticas de cultivos internos são consideradas importantes para suprir a demanda alimentar da crescente população urbana (ZHANG *et al.*, 2021). Ademais, por se desenvolverem em um curto ciclo de crescimento, podem ser cultivados com baixa quantidade de insumos e sem o uso de pesticidas, podendo ser cultivados em casa e, posteriormente colhidos conforme a necessidade. Portanto, possuem baixo impacto ambiental e ampla aceitação pelos consumidores, especificamente os que se preocupam com a saúde (EBERT, 2022). As pesquisas sobre microverdes ainda estão em estágio inicial e, mediante isso, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas com este produto tão benéfico à saúde humana.

1.5. Uso de água salinizada na criação de peixes

O uso do “sal comum” , ou cloreto de sódio (NaCl), tem sido uma alternativa na piscicultura para minimizar o estresse ocasionado no manejo de

peixes, na prevenção de doenças e para reduzir a diferença osmótica em relação ao meio externo (SIQUEIRA *et al.*, 2022). Além disso o uso de água levemente salinizada tem sido proveitoso para o desenvolvimento da larvicultura de peixes de água doce, pois melhora o aproveitamento do alimento vivo que é ofertado, como é no caso de náuplios de artêmias, que comumente são usados como alimento-vivo na larvicultura de peixes, e que sobrevivem por mais tempo em águas salinizadas (JOMORI *et al.*, 2013).

O sal também pode ser utilizado para o transporte de peixes em concentrações entre 0,5% a 0,8% afim de evitar o estresse decorrente do manuseio e transporte, podendo ser aplicado em forma de banhos em concentrações de 2% a 3% para auxiliar no controle de ectoparasitos, fungos, e bacterioses (e.g. columnariose) após despescas e manejos, e pode ser usado também pode ser utilizado em sistemas de recirculação (KUBITZA, 2007). Além disso, o sal pode exercer efeito anestésico através da estimulação da produção de muco pelos peixes o que auxilia na redução do estresse, principalmente no transporte de peixes jovens e adultos (LUZ; PORTELLA, 2002)

Outro fator interessante da versatilidade do sal, é o potencial que ele tem de atuar no alívio da toxicidade por nitrito, devido ao fato de que quando há presença de quantidades adequadas de íons de cloreto, estes associam-se aos receptores de nitrito presentes nas células das brânquias e isso impede a absorção deste composto tóxico (KUBITZA, 2007).

Ademais, ao utilizar este produto é possível reduzir o uso de outros produtos quimioterápicos no cultivo de peixes, o que proporciona boas condições higiênicas para os peixes além de maior segurança ao sistema de

produção e para os consumidores (CHAGAS *et al.*, 2012). Outra vantagem é que o sal comum tem ampla disponibilidade e baixo custo (DIAS e MONTAGNER, 2015), o que torna seu uso economicamente viável para a produção de peixes de água doce, desde que seja administrado em doses corretas.

1.6. Economia na aquaponia

A aquaponia pode ser definida como uma tecnologia que combina a produção de organismos aquáticos em sistemas fechados de aquicultura e a produção de plantas em hidroponia, envolvendo processos microbiológicos (BAGANZ *et al.*, 2021). Essa tecnologia proporciona o benefício duplo de suplementação reduzida de nutrientes na hidroponia e tratamento da água nos sistemas de recirculação, o que garante a recuperação síncrona de nutrientes e maior lucro, pela produção de duas culturas comerciais simultaneamente em um mesmo sistema (KUMAR *et al.*, 2023).

A aquaponia possui um potencial econômico interessante, especialmente neste momento em que a demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis vem crescendo. Porém como citado por alguns autores, esta área ainda necessita de muitos estudos pois os resultados de diferentes pesquisas são contraditórios (GREENFELD *et al.*, 2018; KUMAR *et al.*, 2023; NOLAN, 2018; YEP e ZHENG, 2019).

Nesse quesito, Quagraine *et al.* (2018) dizem que, em comparação à produção hidropônica de vegetais, os sistemas de produção aquapônicos requerem maior investimento e custo operacional e, muitas vezes apresentam menor produção de hortaliças que os sistemas hidropônicos. Somente quando a

produção de vegetais aquapônicos é gerenciada como uma produção orgânica, vendendo seus produtos a um preço de 20% superior, a atividade se torna lucrativa (JUNGE *et al.*, 2017). Tokunaga *et al.* (2015) verificaram que aquaponia comercial de pequena escala é viável, porém afirmam também que o resultado econômico é muito sensível ao preço de saída.

Levando em consideração aspectos socioeconômicos, a aquaponia proporciona um fácil acesso a produtos agroalimentares seguros, que podem ser cultivados localmente, o que ajuda na melhora da qualidade de vida da comunidade local e contribui na economia local (ASCIUTO *et al.*, 2019). Além disso a atividade põe em prática o conceito de economia circular de base biológica, pois exibe um grande potencial para redução do uso de recursos, mitigação de descarga de nutrientes, reciclagem de águas residuais, energia e produção de alimentos com alto valor nutritivo dentro do sistema de produção (KUMAR *et al.*, 2023).

Em alguns países como as Filipinas, a produção em aquaponia além de aumentar a produção sustentável de peixes auxilia na redução do déficit comercial e desemprego, sendo que no país a maior parte da produção aquapônica é desenvolvida em pequena escala para o uso familiar, doméstico ou comunitário (BOSMA *et al.*, 2017). Além disso, tem sido reportado que os sistemas aquapônicos podem ser economicamente viáveis quando são fabricados com materiais locais, fato que tem relevância na produção familiar em pequena escala, podendo assim contribuir para a segurança alimentar e nutricional dos beneficiários, (BENJAMIN; BUCHENRIEDER; SAUER, 2020).

Na aquaponia, tem sido identificado que o maior retorno econômico é obtido por meio da venda dos vegetais (QUAGRAINE, 2018; BAILEY 2017; BABATUNDE, 2021). Dada a importância econômica, os vegetais têm se tornado a base econômica e biológica, pois culturas como ervas e folhas verdes geram maior renda do que peixes, devido ao fato de que as culturas vegetais tendem a atingir o tamanho de colheita mais cedo do que o peixes, fato que permite várias plantações em um mesmo ano (LOVE *et al.*, 2015; QUAGRANIE *et al.*, 2018; TOKUNAGA *et al.*, 2015).

1.7. Modelagem bioeconômica

Os modelos bioeconômicos podem ter diversos significados segundo os autores, pois alguns os descreveram como “uso de modelos matemáticos para fazer uma relação entre o desempenho biológico do sistema de produção com suas restrições econômicas e técnicas”(VAN DER PLOEG e BRAAT, 1987). Outros usam para se referir à base biológica da atividade econômica, como uma forma de estender os conceitos microeconômicos à biologia ou até a ideia de maximizar o rendimento econômico líquido ao mesmo tempo que mantém o rendimento sustentável (CLARK, 1985). Para este trabalho, as primeiras definições foram consideradas.

Uma forma de determinar a viabilidade econômica dos sistemas é através da modelagem bioeconômica. A modelagem é uma das principais ferramentas usada para fazer a derivação de valores econômicos de características de interesses através da aplicação de equações de lucros ou de modelos bioeconômicos (JÚNIOR; CARDOSO; ALBUQUERQUE, 2006). Os modelos

podem ser usados para diversas espécies e se baseiam em análises conjuntas entre os aspectos econômicos e produtivos, relacionando os custos, receitas, os dados biológicos e o manejo que é realizado na propriedade (AMER et al., 1994; TESS e KOLSTAD, 2000). Uma forma eficaz de analisar, entender e otimizar sistemas de produção que funcionam através da interação de águas é por meio da aplicação de modelos matemáticos (LASTIRI *et al.*, 2016). Na aquicultura as pesquisas bioeconômicas originaram-se a partir do desenvolvimento do cultivo de espécies em escala industrial (LLORENTE e LUNA, 2016)

Em relação ao uso, os modelos podem ser utilizados para gerar orçamentos e informações orçamentárias, que podem ser usadas na obtenção de coeficientes para modelos de programação matemática e também podem ser usados para produzir dados para a estimativa da função de produção; para ajudar a projetar e avaliar instalações de produção entre outras coisas (CACHO, 1997). Além disso tem sido reportado que tais modelos matemáticos estão sendo utilizados também para a tomada de decisão ligada à resolução de problemas complexos em planejamento da produção e na gestão estratégica (LLORENTE e LUNA, 2016).

Na aquicultura, uma análise realizada sobre a produção científica na área econômica mostra que a mesma é baixa em relação ao crescimento mundial da aquicultura, pois este tema atingiu seu pico na década de 2004 a 2014, onde havia a produção de 5,6 artigos por ano relacionados ao tema, porém este número caiu mais recentemente em nos anos de 2015 a 2020, onde a produção

foi de apenas 0,83 artigos por ano nesta linha de pesquisa (DORANTES-DE-LA-O *et al.*, 2023).

Estudos vêm sendo feitos na aquaponia e demonstram a total eficiência do uso de modelos matemático. Uma pesquisa relatou que utilizou modelos estocásticos para realizar a previsão e analisar a produção de tilápia, alface e pepino em sistemas aquapônicos. Os resultados da simulação de rendimento se mostraram melhores quando o cultivo era feita com uma grande densidade de estocagem de animais (ESTRADA-PEREZ *et al.*, 2018). Além disso outro estudo reportou também a eficiência dos modelos matemáticos.

Os modelos bioeconômicos são originados a parti da interligação de três submodelos, o biológico, de gestão e o modelo econômico, os quais se relacionam de forma dinâmica. Onde o submodelo biológico relata o crescimento dos peixes em determinadas condições específicas (ASCHE e BJØRNDAL, 2011). O de gestão inclui as condições experimentais controladas nas quais o modelo biológico foi validado e as condições em que as simulações foram desenvolvidas. E o econômico faz relação ao mercado de acordo com a realidade econômica(MARÍN-RIFFO *et al.*, 2021).

1.8. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho avaliar a viabilidade econômica da produção de lambari e microverdes de mostarda em sistemas salinizados e não salinizados através do uso de modelagem bioeconômica, para o cultivo em sistemas de recirculação em produções familiares na área urbana do estado de São Paulo, em um horizonte de planejamento de 10 anos.

1.9. REFERÊNCIAS

ABREU, F. “Organização Das Nações Unidas Para Agricultura E Alimentação: Uma Produção Pesqueira E Aquícola Sem Precedentes Contribui Decisivamente Para a Segurança Alimentar Global | FAO No Brasil | Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura.” *Www.fao.org*, 29 de junho de 2023, www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/es/c/1585153/. Acessado em 5 de julho de 2023

AHMAD, P.; HAKEMM, K.; KUMAR, A.; ASHRAF, M.; AKRAM, N. Salt-induced changes in photosynthetic activity and oxidative defense system of three cultivars of mustard (*Brassica juncea* L.). **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 11, p. 2694–2703, 2012.

AMER, P. R.; KEMP, R. A.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; FOX, G. C.; SMITH, C. A bioeconomic model for comparing beef cattle genotypes at their optimal economic slaughter end point. **Journal of animal science**, v. 72, n. 1, p. 38–50, 1994.

ANGELINI, R.; AGOSTINHO, A. A. Parameter Estimates for Fishes of the Upper Paraná River Floodplain and Itaipu Reservoir (Brazil). **America**, v. 28, n. 1, p. 53–57, 2005.

ASCHE, F.; BJØRNDAL, T. **The Economics of Salmon Aquaculture**. 2nd. ed. Oxford, UK.: Wiley - Blackwell, 2011. 248 p.

ASCIUTO, A.; SCHIMMENTI, E.; COTTONE, C.; BORSELLINO, V. A financial feasibility study of an aquaponic system in a Mediterranean urban context. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 38, n. January, p. 397–402, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.02.001>>.

ASHRAF, M.; MCNEILLY, T. Salinity tolerance in *Brassica oilseeds*. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 23, n. 2, p. 157–174, 2004.

BABATUNDE, A.; DEBORAH, R. A.; GAN, M.; SIMON, T. Economic viability of a small scale low-cost aquaponic system in South Africa. **Journal of applied aquaculture**, v. 35, p. 285-304, 2021.

BAILEY, D.; FERRAREZI, R. Valuation of vegetable crops produced in the UVI commercial aquaponic system. **Aquaculture reports**, v. 7, p. 77-82, 2017.

BADUE, S. G.; AMORIM, S. R. Modelagem matemática aplicada ao cultivo de pequenos produtores. In: 2012, [...]. XXXII encontro nacional de engenharia de produção- Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: As contribuições da engenharia de produção. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 15 de outubro, 2012.

BENJAMIN, E. O.; BUCHENRIEDER, G. R.; SAUER, J. Economics of small-scale aquaponics system in West Africa: A SANFU case study. **Aquaculture Economics and Management**, v. 25, n. 1, p. 1–17, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1793823>>.

BOSMA, R. H.; LACAMBRA, L.; LANDSTRA, Y.; PERINI, C.; POULIE, J.; SCHWANER, M. J.; YIN, Y. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. **Aquacultural Engineering**, v. 78, p. 146–154, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.07.002>>.

CACHO, O. J. Systems modelling and bio or in lambari *Astyanax bimaculatus*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2165–2179, 2020.

CARNEIRO, J. S.; BARBIERI, E.; REZENDE, K. F. O.; BARROS, L. C. de; HENRIQUES, M. B. Salinity effects in metabolic rate and behavior in lambari *Astyanax bimaculatus*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2165–2179, 2020.

CHAGAS, E. C.; DE ARAÚJO, L. D.; GOMES, L. de C.; MALTA, J. C. de O.; VARELLA, A. M. B. Efeito do cloreto de sódio sobre as respostas fisiológicas e controle de helmintos monogenóides em tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 439–444, 2012.

Clark, C.W. Bioeconomic modelling and fisheries management. **John Wiley & Sons**, New York, 1985.

CREPALDI, R. R.; STARIOLO, M. B.; SCHOBER, J.; LIMA, G. Análise Preliminar Da Abordagem Da Mídia Sobre Aquicultura E Segurança Alimentar. p. 88–97, 2021.

D. JANOVSÁ, L. ŠTOČKOVÁ, Z. S. Evaluation of buckwheat sprouts as microgreens. 2010.

DIAS, M. T., MONTAGNER, D. Uso e Principais Aplicações do Sal Comum na Piscicultura de Água Doce. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Amapá**, p. 42, 2015.

DORANTES-DE-LA-O, J. C. R.; MAEDA-MARTÍNEZ, A. N.; ESPINOSA-CHAURAND, L. D.; GARZA-TORRES, R. Bioeconomic modelling in tilapia aquaculture: A review. **Reviews in Aquaculture**, n. May, 2023.

EBERT, A. Brotos, microvegetais e flores comestíveis: o potencial para produtos especiais de alto valor na Ásia. 2012. Disponível em: <https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=rMrUsJIOPj4C&oi=fnd&pg=PA216&dq=Edible+Sprouts&ots=u4IIMOh5WB&sig=_Nzhu38fDBWLS8HDQTtu1PWQWXM&redir_esc=y#v=onepage&q=Edible Sprouts&f=false>. Acesso em - 1 de julho de 2023.

EBERT, A. W. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets. **Plants**, v. 11, n. 4, 2022.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; NIK, W. B. W. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. **Desalination and Water Treatment**, v. 32, n. 1–3, p. 422–430, 2011.

ESTRADA-PEREZ, N.; HERNANDEZ-LLAMAS, A.; M. J. RUIZ-VELAZCO, J.; ZAVALA-LEAL, I.; ROMERO-BAÑUELOS, C. A.; CRUZ-CRESPO, E.; JUÁREZ-ROSSETE, C.; DOMÍNGUEZ-OJEDA, D.; CAMPOS-MENDOZA, A. Stochastic modelling of aquaponic production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with lettuce (*Lactuca sativa*) and cucumber (*Cucumis sativus*). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 12, p. 3723–3734, 2018.

FALLIS, A. . Densidade de estocagem de Lambari (*Astyanax altiparanae*) em tanques-rede. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.

FIÚZA, L. S.; ARAGÃO, N. M.; RIBEIRO JUNIOR, H. P.; DE MORAES, M. G.; ROCHA, Í. R. C. B.; LUSTOSA NETO, A. D.; DE SOUSA, R. R.; MADRID, R. M. M.; DE OLIVEIRA, E. G.; COSTA, F. H. F. Effects of salinity on the growth, survival, haematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum* juveniles. **Aquaculture Research**, v. 46, n. S1, p. 1–9, 2015.

FONSECA, T.; COSTA-PIERCE, B. A.; VALENTI, W. C. Lambari Aquaculture as a Means for the Sustainable Development of Rural Communities in Brazil. **Reviews in Fisheries Science and Aquaculture**, v. 25, n. 4, p. 316–330, 2017.

FOGAÇA, F. “Artigo - O Protagonismo Do Brasil Na Produção Mundial de Pescado.” *Www.embrapa.br*, 29 de junho de 2020, www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53738345/artigo---o-protagonismo-do-brasil-na-producao-mundial-de-pescado#:~:text=pescado%20na%20alimenta%C3%A7%C3%A3o. Acessado em 1º de julho de 2023.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. [s.l.] UNESP, 2003.

GREENFELD, A.; BECKER, N.; MCILWAIN, J.; FOTEDAR, R.; BORNMAN, J. F. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. **Reviews in Aquaculture**, p. 1–15, 2018.

GUPTA, A.; SHARMA, T.; SINGH, S. P.; BHARDWAJ, A.; SRIVASTAVA, D.; KUMAR, R. Prospects of microgreens as budding living functional food: Breeding and biofortification through OMICS and other approaches for nutritional security. **Frontiers in Genetics**, v. 14, n. January, p. 1–22, 2023.

HENRIQUES, M. B.; CASTILHO-BARROS, L.; DE SOUZA, M. R.; BARBIERI, E.; DA SILVA, N. J. R.; NUNES, F. A. de A.; SANCHES, E. G. Is the small-scale aquaculture of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907) for live bait in recirculating systems economically profitable? **Aquaculture**, v. 546, n. February 2021, 2022.

IBGE. Tabela 3940: Produção da aquicultura, por tipo de produto Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2013. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>> Acesso em 21 out 2022. Peixe br.

IBGE. Tabela 3940: Produção da aquicultura, por tipo de produto Sistema IBGE

de Recuperação Automática - SIDRA, 2019. Disponível em:
<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>> Acesso em 21 out 2022. Peixe br.

IBGE. Tabela 3940: Produção da aquicultura, por tipo de produto Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2021. Disponível em:
<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940>> Acesso em 21 out 2022. Peixe br.

JOMORI, R. K.; LUZ, R. K.; TAKATA, R.; PEREZ FABREGAT, T. E. H.; PORTELLA, M. C. Água Levemente Salinizada Aumenta a Eficiência Da Larvicultura De Peixes Neotropicais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 809–815, 2013.

JOYCE, A.; GODDEK, S.; KOTZEN, B.; WUERTZ, S. Aquaponics: Closing the Cycle on Limited Water, Land and Nutrient Resources. *In: Aquaponics Food Production Systems*. [s.l: s.n.], 2019.

JUNGE, R.; KÖNIG, B.; VILLARROEL, M.; KOMIVES, T.; JIJAKLI, M. H. Strategic points in aquaponics. **Water (Switzerland)**, v. 9, n. 3, p. 1–9, 2017.

JÚNIOR, J. J.; CARDOSO, V. L.; ALBUQUERQUE, L. G. De. Modelo bioeconômico para cálculo de custos e receitas em sistemas de produção de gado de corte visando à obtenção de valores econômicos de características produtivas e reprodutivas Bio-economic model to calculate costs and. **R. Bras. Zootec**, v. 35, n. 5, p. 2187–2196, 2006. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982006000700040>.

KRIVOGRAD, K, A.; BULC, G, T. The use of vertical constructed wetland and ultrasound in aquaponic systems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 2, p. 1420–1430, 2014.

KUBITZA, F. A versatilidade do sal na piscicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. d, p. 14–23, 2007.

KUMAR, A.; CHANDRAKANT, M. H.; CATHY, V.; MARIA, R.; ELIZABETH, I. Technological Forecasting & Social Change Aquaponics as an integrated agri-aquaculture system (IAAS): Emerging trends and future prospects. v. 194, n. June, 2023.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; GRAZIANI, G.; PANNICO, A.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. **Food Chemistry**, v. 277, n. July 2018, p. 107–118, 2019.

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; DI GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; DE PASCALE, S.; SANTAMARIA, P. **Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens** *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltd, 2016.

LASTIRI, D. R.; SLINKERT, T.; CAPPON, H. J.; BAGANZ, D.; STAAKS, G.; KEESMAN, K. J. Model of an aquaponic system for minimised water, energy

and nitrogen requirements. **Water Science and Technology**, v. 74, n. 1, p. 30–37, 2016.

LEE, J. S.; PILL, W. G.; COBB, B. B.; OLSZEWSKI, M. Seed treatments to advance greenhouse establishment of beet and chard microgreens. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 79, n. 4, p. 565–570, 2004.

LENNARD, W.; GODDEK, S. Aquaponics : The Basics. *In: Aquaponics Food Production Systems*. [s.l: s.n.]p. 113–143.

LIMA, F. C. T. de; BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; LUCENA, C. A. S. de; LUCENA, Z. M. S.; TOLEDO-PIZA, M.; ZANATA, A. M. Família *Characidae* : Gêneros *incertae sedis*. *In: Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

LLORENTE, I.; LUNA, L. Bioeconomic modelling in aquaculture: an overview of the literature. **Aquaculture International**, v. 24, n. 4, p. 931–948, 2016.

LOVE, D. C.; FRY, J. P.; LI, X.; HILL, E. S.; GENELLO, L.; SEMMENS, K.; THOMPSON, R. E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. **Aquaculture**, v. 435, p. 67–74, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>>.

LUZ, R. K.; PORTELLA, M. C. Larvicultura de trairão (*Hoplias lacerdae*) em água doce e água salinizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2 SUPPL., p. 829–834, 2002.

MARÍN-RIFFO, M. C.; RAADSMA, H. W.; JERRY, D. R.; COMAN, G. J.; KHATKAR, M. S. Bioeconomic modelling of hatchery, grow-out and combined business of Australian black tiger shrimp *Penaeus monodon* farming. **Reviews in Aquaculture**, p. 1695–1708, 2021.

NELSON, S. J.; GRANDE, C. T.; WILSON, V. M. **Fishes of the world**. 5nd. ed. [s.l.] Wiley, 2016. 752 p.,2016.

NOLAN, D. A. Effects of seed density and other factors on the yield of microgreens grown hydroponically on Burlap. **Virginia Tech**, p. 1–44, 2018.

PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 6, p. 4056–4075, 2015.

PERETTI, D.; ANDRIAN, I. F. Feeding and morphological analysis of the digestive tract of four species of fish (*Astyanax altiparanae*, *Parauchenipterus galeatus*, *Serrasalmus marginatus* and *Hoplias aff. malabaricus*) from the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n. 3, p. 671–679, 2008.

“Pesquisador Do IP Desenvolve Estudos Sobre Lambaris E Camarões E Dá Palestra Sobre Lambaricultura Na Aquishow.” *Secretaria de Agricultura E Abastecimento*, Assessoria de comunicação, 25 de maio de 2022, www.agricultura.sp.gov.br/pt/b/pesquisador-do-ip-desenvolve-estudos-sobre-

Diagnóstico E Desenvolvimento Da Cadeia Produtiva De Tilápia. **Instituto de pesquisa Econômica Aplicada - ipea**, p. 42, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8043/1/td_2328.pdf>.

SILVA, N. J.; LOPES, M. C.; FERNANDES, J. B. K.; HENRIQUES, M. B. Caracterização Dos Sistemas De Criação E Da Cadeia Produtiva Do Lambari No Estado De São Paulo , Brasil. **Informações Econômicas**, v. 41, n. 9, p. 17–28, 2011.

SIQUEIRA et al. Avaliação da redução de sinais clínicos de estresse em juvenis de pangasius em diferentes concentrações de cloreto de sódio. p. 2012–2015, 2022.

SUSSEL, Fábio. “Lambaricultura: Pequeno No Tamanho, Grande No Potencial!” *Revista Panorama Da Aqüicultura* , 30 de junho de 2015, panoramadaaquicultura.com.br/lambaricultura-pequeno-no-tamanho-grande-no-potencial/. Acessado em 5 de julho de 2023.

TESS, M. W.; KOLSTAD, B. W. Simulation of cow-calf production systems in a range environment: II. Model evaluation. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1170–1180, 2000.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawai'i. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 46, n. 1, p. 20–32, 2015.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, n. January, p. 100611, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>>.

XIAO, Z.; LESTER, G. E.; PARK, E.; SAFTNER, R. A.; LUO, Y.; WANG, Q. Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 140–148, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021>>.

YEP, B.; ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1586–1599, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>>.

ZHANG, Y.; XIAO, Z.; AGER, E.; KONG, L.; TAN, L. Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. **Journal of Future Foods**, v. 1, n. 1, p. 58–66, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>>.

CAPÍTULO II – artigo 1

MODELAGEM BIOECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE LAMBARI E MICROVERDES EM SISTEMA AQUAPÔNICO LEVEMENTE SALINIZADO

Resumo

A viabilidade técnica dos sistemas de produção na aquicultura tem sido estudada para análise da viabilidade econômica. Na aquaponia, um sistema de produção integrado de animais aquáticos e vegetais, a viabilidade econômica é uma questão ainda não resolvida e alguns estudos apontam que os vegetais geralmente são responsáveis pela maior parte das receitas. A modelagem bioeconômica é uma ferramenta para avaliar a viabilidade dos sistemas de produção, onde modelos matemáticos relacionam o desempenho biológico de um sistema de produção às suas restrições econômicas e técnicas. O cultivo de lambari vem aumentando nos anos devido ao uso desta espécie como isca viva na pesca esportiva. Os microverdes são vegetais ricos em conteúdo fitoquímico e de alto valor econômico no mercado. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da produção de lambari e microverdes de mostarda em sistemas salinizados e não salinizados através da aplicação de modelagem bioeconômica, para o cultivo em sistemas de recirculação em

produções familiares na área urbana do estado de São Paulo, em um horizonte de planejamento de 10 anos. Os dados foram obtidos a partir de um experimento que contava com três tratamentos nomeados de acordo com os níveis de salinidade empregados nos sistemas, sendo de 0 g L⁻¹, 1 g L⁻¹ e 2 g L⁻¹, ou LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. As receitas obtidas nos cenários foram de R\$ R\$ 1.072,02, R\$ 1.119,60 e R\$ 1.114,98 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. O lucro operacional foi de R\$ 336,48, R\$ 379,51 e R\$ 375,97 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. Os resultados demonstraram que os vegetais influenciaram grandemente a receita, e os três cenários apresentaram viabilidade econômica, sendo maior nas condições de água levemente salinizada em LR-1 e LR-2 comparado ao tratamento LR-0 em água doce.

Palavras-chaves: Viabilidade econômica, aquaponia, Modelagem bioeconômica.

1. INTRODUÇÃO

Os peixes do gênero *Astyanax* oriundos da bacia do alto Rio Paraná (LIMA et al., 2007), e conhecidos popularmente como lambaris (GARUTTI, 2003; NELSON et al., 2016) são peixes de porte pequeno de hábito alimentar onívoro, que possuem características interessantes para sua produção, como rápido crescimento (ciclo de 3 meses), maior resistência a doenças e às variações de temperatura e alta prolificidade. O cultivo destes peixes vem aumentando ao longo dos anos pois, além de servirem para o consumo humano, a espécie vem sendo utilizada como isca viva para a pesca esportiva e até na pesca industrial de atum (PINHO et al., 2021). Ademais, esta espécie tem sido considerada como

apta e com alto potencial para a aquicultura (PINHO et al., 2021; SUSSEL, 2015) e para a aquaponia (PINHO et al., 2021).

Os microverdes são hortaliças de várias espécies, colhidas ainda jovens, e consumidas precocemente ainda quando possuem suas folhas cotiledonares e começam a apresentar as suas primeiras folhas verdadeiras (DODE et al., 2021). Tais vegetais apresentam riqueza em conteúdo fitoquímico, são saborosos, tenros e extremamente nutritivos, além de se adaptarem facilmente em cultivos orgânicos em pequenos espaços e sistemas (RENNA et al., 2018). Além disso devido a seu rico conteúdo fitoquímico estes vegetais são considerados alimentos funcionais (KYRIACOU et al., 2019, 2016). Assim, a demanda por pelos microverdes tem crescido, o que eleva o valor do produto no mercado.

Além de possuir ampla disponibilidade e valor econômico acessível (MONTAGNER et al., 2015), o cloreto de sódio (NaCl) popularmente conhecido como “sal comum”, vem sendo muito utilizado na aquicultura como forma de prevenção de doenças e na redução da diferença osmótica em relação ao meio externo aos peixes (SIQUEIRA et al., 2022). O uso do sal é vantajoso, pois pode se reduzir o uso de outros produtos quimioterápicos no cultivo de peixes, fato que gera uma melhor condição sanitária para os animais e maior segurança para os produtores e consumidores (CHAGAS et al., 2012).

Os sistemas aquapônicos são conhecidos pela alta eficiência no uso de água, e podem ser definidos como cultivo de organismos aquáticos em sistemas fechados de recirculação integrado ao cultivo hidropônico de vegetais, em que as plantas se beneficiam dos nutrientes advindos da água dos sistemas de

produção dos organismos aquáticos (EMERENCIANO et al., 2015; YEP e ZHENG, 2019). Em tais sistemas os resíduos produzidos pelos organismos aquáticos passam por processos microbiológicos (BAGANZ et al. 2021), ocorrendo a decomposição dos compostos orgânicos que serão disponibilizados para absorção pelas plantas e a transformação de amônia (NH_3^+), que é tóxica aos peixes em nitrato (NO_3^-), através de bactérias nitrificantes (YEP e ZHENG, 2019).

Com o aumento da competitividade no mercado da aquicultura, a quantidade de dados técnicos e econômicos que precisam ser gerenciados pelos produtores vem aumentando e, diante disso, os modelos bioeconômicos são uma ótima ferramenta para auxiliar na eficiência dos processos de tomada de decisão (LLORENTE e LUNA, 2016). A modelagem bioeconômica faz referência ao uso da matemática para modelar o desempenho dos sistemas de produção, que estão sujeitos a restrições biológicas, técnicas e econômicas. Estes modelos compreendem um submodelo biológico que faz inter-relação com o submodelo econômico e o submodelo de gestão, que no que lhe concerne quantificar todo o processo, considerando as pressuposições econômicas de qualquer mudança nos parâmetros de produção e mercado (LLORENTE e LUNA, 2013).

Assim, o presente estudo visa avaliar a viabilidade econômica da produção de lambari e microverdes de mostarda em sistemas salinizados e não salinizados, por meio da aplicação de modelagem bioeconômica, para o cultivo em sistemas de recirculação em produções familiares na área urbana do estado de São Paulo, em um horizonte de planejamento de 10 anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados experimentais

Os dados utilizados para o desenvolvimento do modelo biológico foram obtidos a partir de um experimento desenvolvido no CITYFOOD Living Lab, localizado no Centro de Aquicultura da Unesp (Caunesp), campus de Jaboticabal.

O CITYFOOD Living Lab, conta com uma estufa de aproximadamente 110 m² formada por uma estrutura metálica, de cobertura plástica na parte superior e sombrite preto na parte superior e nas paredes laterais. Nas paredes laterais estão dispostas cortinas plásticas que podem ser abaixadas ou recolhidas (Figura 3). A estufa conta com 16 unidades aquapônicas experimentais, cada uma composta por um tanque (500 L) para criação de organismos aquáticos com um volume útil de 380 L, um filtro mecânico de decantação com um volume de 120 L, um filtro biológico de leito fluidizado de 180 L e três caixas para o cultivo vegetal com uma área de 0,47 m² cada. A recirculação da água é realizada mediante uma bomba submersa de capacidade de vazão de 400 a 1.000 L/h.



Figura 3. Vista geral dos sistemas experimentais no CITYFOOD Living Lab

Neste experimento foram produzidos lambaris-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) (Figura 4) e microverdes de mostarda (*Brassica juncea*) (Figura 5), em sistemas de aquaponia, com três concentrações diferentes de salinidade, sendo estes 0 g L^{-1} , 1 g L^{-1} e 2 g L^{-1} , sendo os tratamentos denominados LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. Os peixes foram criados sob densidade de 571 peixes/m^3 , sendo aclimatados nos sistemas experimentais durante 15 dias, durante os quais os organismos mortos foram substituídos por peixes de tamanho similar. No início do experimento foi realizada uma biometria individual de 22 peixes por réplica para mensuração do peso e comprimento padrão e comprimento total. O peso médio inicial dos peixes foi de $3,15 \pm 0,15 \text{ g}$ e os comprimentos padrão e total foram $63,73 \pm 1,67$ e $51,86 \pm 1,05$, respectivamente. Ao final do experimento foi realizada uma biometria individual similar à inicial ($n=22$) e foram contados os peixes que chegaram ao final do ciclo de cultivo.

Após a coleta e organização dos dados, foram calculados os seguintes índices para avaliar o desempenho zootécnico dos peixes: peso final, taxa de

sobrevivência (eq 1), ganho em biomassa (eq 2), taxa de crescimento específico (eq 3), conversão alimentar aparente (eq 4), produtividade (eq 5) e fator de condição (eq 6), além de serem mensurados o comprimento total e comprimento padrão. Para fêmeas e machos foram calculados: peso final, taxa de crescimento específico (eq 3), fator de condição (eq 6), comprimento total e comprimento padrão.

$$\text{Taxa de sobrevivência (\%)} = \frac{(\# \text{ inicial de organismos} - \# \text{ final de organismos})}{\# \text{ inicial de organismos}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Ganho em biomassa (g)} = \text{Biomassa final (g)} - \text{Biomassa inicial (g)} \quad (2)$$

$$\text{Taxa de crescimento específico (TCE)} = 100 \times \frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{\text{período em dias}} \quad (3)$$

$$\text{Conversão alimentar aparente (CAA)} = \frac{\text{consumo}}{\text{ganho em peso}} \quad (4)$$

$$\text{Produtividade (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{biomassa final (kg)} - \text{biomassa inicial (kg)}}{\text{volume de água (m}^3\text{)}} \quad (5)$$

$$\text{Fator de condição} = 10^5 * \frac{\text{Peso médio final (g)}}{((\text{Comprimento total (mm)})^3)} \quad (6)$$



Figura 4. Lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) criado no experimento.

O peso médio final dos peixes foi similar em todos os tratamentos, e os valores foram de $7,72 \pm 0,23$ g para o tratamento LR-0, $7,63 \pm 1,32$ g para o

tratamento LR-1 e $7,74 \pm 0,39$ g para o tratamento LR-2. Os valores médios dos parâmetros zootécnicos calculados também não apresentaram diferença estatística para os distintos tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores de desempenho produtivo do lambari \pm desvio padrão ao final do experimento, 56 dias.

Indicador	LR-0	LR-1	LR-2
Peso final (g)	7,721 \pm 0,23	7,63 \pm 1,32	7,74 \pm 0,39
Sobrevivência (%)	94,62 \pm 5,08	94,93 \pm 5,59	91,2 \pm 4,86
Ganho de biomassa (g)	925,36 \pm 139,50	895,85 \pm 304,07	874,91 \pm 107,20
TCE (%/dia)	1,63 \pm 0,09	1,53 \pm 0,23	1,58 \pm 0,11
CAA	1,54 \pm 0,15	1,78 \pm 0,71	1,62 \pm 0,84
Produtividade (Kg/ m³)	2,44 \pm 0,37	2,36 \pm 0,80	2,30 \pm 0,28
Comprimento total (mm)	74,23 \pm 2,67	74,16 \pm 2,75	75,74 \pm 1,22
Comprimento padrão (mm)	60,56 \pm 1,90	60,48 \pm 2,73	61,86 \pm 1,89
Fator de condição	1,90 \pm 0,17	1,86 \pm 0,15	1,77 \pm 0,03

TCE representa a taxa de crescimento específico dos peixes e CAA representa a conversão alimentar aparente.

No caso das plantas, os microverdes de mostarda (*Brassica juncea*) foram cultivados na densidade de semeadura de $55,50 \text{ g m}^{-2}$. As sementes foram borrifadas com água destilada duas vezes por dia até ocorrer a germinação e as caixas de cultivo ficaram cobertas com um plástico escuro para silagem por 5 dias. Após, os plásticos foram retirados assim que a germinação estava completa. Os microverdes também foram cultivados nas salinidades 0 g L^{-1} , 1 g L^{-1} e 2 g L^{-1} . Os vegetais foram inseridos nos compartimentos hidropônicos dos sistemas aquapônicos três dias após o início do experimento e 19 dias após a introdução de peixes nos mesmos. Dessa forma, os cultivos de peixes (i.e., os compartimentos de aquicultura dos sistemas) já tinham gerado nutrientes necessários para o cultivo dos vegetais. Os microverdes foram produzidos em camas flutuantes feitas com tampas plásticas de caixas de alho recicladas

(doadas pelo Mercadinho Hiromoto, de Barretos, SP), colocadas sob um quadro de isopor que promovia sua flutuação e permitia a aplicação da técnica de raiz dinâmica flutuante o que permitiu a geração de pelos radicais para absorção de oxigênio, dispensando o uso de aeradores dentro dos compartimentos hidropônicos, com os microverdes.

Ao final do experimento, os resultados da produção de microverdes demonstraram que não houve diferenças significativas ($p>0,05$) entre os tratamentos desenvolvidos (Figura 5 e Tabela 2).



Figura 5. Microverdes de mostarda (*Brassica juncea*) produzidos nos tratamentos LR-2, LR-1 e LR-0, e (na foto indicados como M-2.0, M-1.0 e M-0).

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros produtivos dos microverdes ao longo do experimento.

Variável	Tratamentos		
	LR-0	LR-1.0	LR-2.0
Peso fresco microverdes (g)	140,91 ± 27,26	148,21 ± 23,81	146,74 ± 25,62
Peso fresco raiz (g)	29,43 ± 4,51	28,90 ± 4,24	28,71 ± 4,40
Peso seco microverdes (g)	6,18 ± 0,77	6,44 ± 0,81	6,33 ± 0,91
Peso seco raiz (g)	0,82 ± 0,24	0,81 ± 0,13	0,78 ± 0,12
Root/shoot ratio	0,14 ± 0,05	0,13 ± 0,02	0,12 ± 0,02
Eficiência de semente	14,09 ± 2,73	14,82 ± 2,38	14,67 ± 2,56

Produtividade (g/m²)	0,786 ± 0,147	0,823 ± 0,132	0,819 ± 0,142
Produtividade semanal (g/m²)	0,611 ± 0,114	0,640 ± 0,103	0,637 ± 0,111

2.2. Modelo Bioeconômico

A avaliação da viabilidade econômica foi realizada através do modelo bioeconômico, representado na Figura 5. O detalhamento de submodelo é apresentado a seguir.

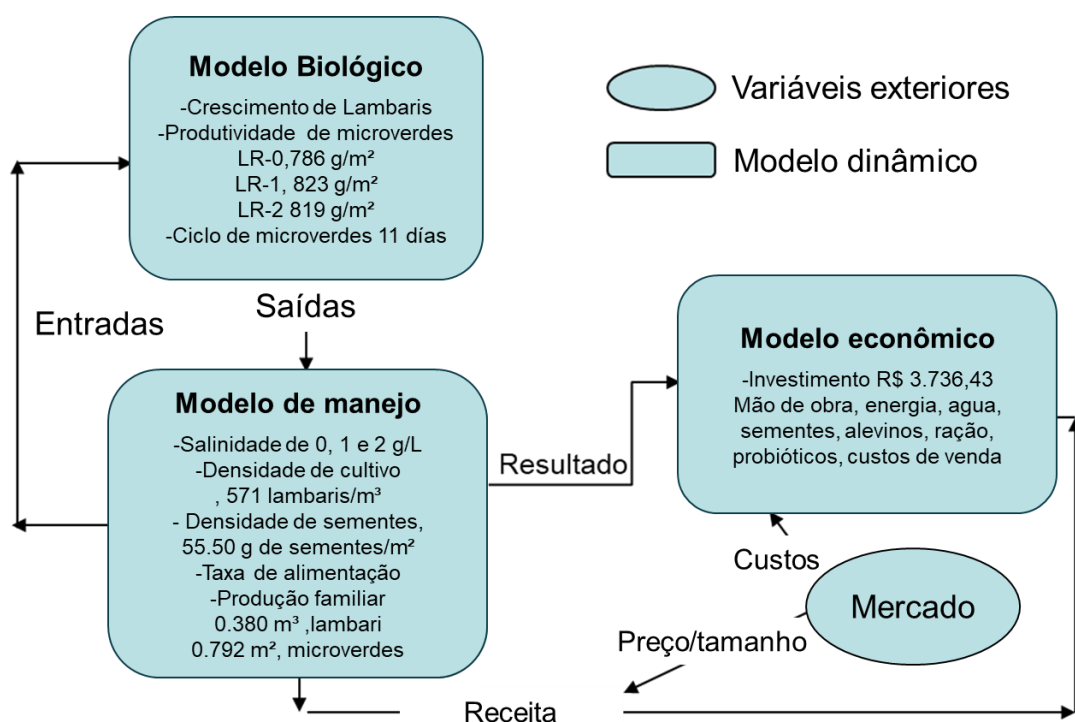


Figura 5. Esquematização do desenvolvimento dos modelos bioeconômicos.

2.2.1. Submodelo biológico

Para o desenvolvimento do submodelo biológico foi utilizada a média do peso dos peixes (g), registrada durante o experimento nos dias 1, 14, 28 e 56. A partir dos dados de crescimento dos lambaris, foi feita a parametrização dos modelos de crescimento em cada tratamento (LR-0, LR-1 e LR-2) no programa estatístico Statistica 12.

Os modelos parametrizados foram o monomolecular (Eq.1), o Gompertz (Eq.2), o Von Bertalanffy (Eq.3), o Chapman-Richards (Eq.4) e o logístico (Eq.5).

$$P_{(t)} = \alpha(1 - \gamma e^{-\beta t}) \quad (1)$$

$$P_{(t)} = \alpha e^{-\beta e^{-\gamma t}} \quad (2)$$

$$P_{(t)} = \alpha(1 - e^{-\beta(t-t_0)})^3 \quad (3)$$

$$P_{(t)} = \alpha(1 - e^{-\beta(t-t_0)})^\gamma \quad (4)$$

$$P_{(t)} = \alpha / (1 - \gamma e^{-\beta t}) \quad (5)$$

Onde, $P_{(t)}$ é o peso individual dos peixes no tempo t , enquanto α , β e γ são parâmetros que foram ajustados para cada modelo.

Após a parametrização foram realizadas as simulações do crescimento dos peixes no programa Excel 2016, e validação dos modelos por meio do cálculo do coeficiente de determinação (R^2 , Eq.6), do erro quadrático médio (RMSE, Eq.7) e teste de Theil (Eq.8) para cada cenário (PINDYCK e RUBINFELD, 1981), para eleger qual modelo se encaixa melhor em cada um deles.

$$R^2 = \left[\frac{1}{n} \sum_1^n (S_t A_t - \bar{S} \bar{A}) / \sigma_S \sigma_A \right]^2 \quad (6)$$

$$ECM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (S_t - A_t)^2} \quad (7)$$

$$U = \frac{ECM}{\sqrt{\sum_1^n (S_t)^2 + \sum_1^n (A_t)^2}} \quad (8)$$

Onde, n representa o número de dados, S_t são os dados simulados, A_t são os dados reais, \bar{S} é a média dos dados simulados, \bar{A} é a média dos dados reais, σ_S é a variância dos dados simulados e σ_A é a variância dos dados reais.

Para os microverdes e para cada tratamento, foi utilizado a produtividade média (g m^{-2}) registrada durante o período experimental que foi de 786 g m^{-2} , 823 g m^{-2} e 819 g m^{-2} para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente.

2.2.2. Submodelo de gestão

O modelo de gestão incorpora as condições controladas nas quais o cultivo de lambari e microverdes foi realizado. A Tabela 3 mostra as condições do cultivo do lambari que foram utilizadas para a modelação.

Tabela 3. Condições controladas da produção de peixes incorporadas para o desenvolvimento do modelo de gestão.

Condições controladas	Quantidade	
Densidade de estocagem	571	peixes/ m^3
Nº de organismos por caixa	217	L
Volume da caixa de água	500	L
Volume útil da caixa de água	380	L
Volume total de água no sistema	680	L
Taxa de recirculação de água	94,7	%/h
Sedimentador	120	L
Filtro biológico	180	L
Troca de água no início do ciclo de MV	60	L
Fluxo de água	6	L/min
Probiótico adicionado na ração	0,4	g/kg de ração

Filtro mecânico	0,04	m2
Ração (1mm)	25	kg
Frequência alimentar	4	alimentações/dia
Quantidade de sal		De acordo com o tratamento

A taxa de arraçoamento para cada tratamento foi calculada semanalmente utilizando os dados experimentais (Tabela 4).

Tabela 4. Taxa de arraçoamento semanal obtida dos dados experimentais.

Dia experimental	Taxa de arraçoamento (%)		
	LR-0	LR-1	LR-2
2-7	4,7	5,3	5,6
8-14	3,9	3,8	4,2
15-21	3,3	3,2	3,3
22-26	3,0	2,6	2,3
27-35	1,6	1,6	1,1
36-43	2,3	2,0	1,3
44-50	1,4	1,5	1,2
51-56	1,4	1,2	1,0

A quantidade de lambaris ao longo do período simulado (Eq. 9) foi calculada com base na taxa de mortalidade diária dos dados experimentais, que foi de 0,096 %, 0,095 % e 0,16 % para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente.

$$N_t = N_{t-1}e^{-z} \quad (9)$$

Com o valor do peso individual e quantidade de lambaris em cada um dos dias simulados, foi calculada a biomassa de lambaris ao longo do período. (Eq.10)

$$B_t = P_t N_t \quad (10)$$

Onde N_t é o número de lambaris, t o dia simulado, z a taxa diária de mortalidade. A equação B_t (eq 10) é a biomassa dos peixes no dia simulado e P_t é o peso dos peixes no dia simulado.

Para as plantas as condições sob as quais foi feita a simulação são mostradas na Tabela 5. Foi considerado também a reposição de água a cada ciclo de cultivo de microverdes (Tabela 5).

Tabela 5. Condições controladas da produção de microverdes incorporadas para o desenvolvimento do modelo de gestão.

Supostos do modelo de gestão		
Microverdes		
Condições controladas	Quantidade	
Densidade de semeadura	55,50	g/m ²
Volume útil da caixa de plantas	7	L
Reposição de água a cada ciclo	11	L
Área da caixa	0,47	m ²
Área de cultivo total	0,792	m ² /unidade
Período de germinação	5	dias
Período recebendo radiação solar	5	dias
Ciclo total	10	dias
Intervalo entre os ciclos	2	dias
Quantidade de telas para cultivo	8	unidades
Área de cultivo por bandeja para venda	0,099	m ²

2.2.3. Modelo econômico

O modelo econômico foi desenvolvido de acordo com as condições do mercado e a realidade econômica para o desenvolvimento da produção. Por meio de pesquisas de mercado foi realizado o cálculo dos investimentos necessários para o desenvolvimento da produção. Para tanto, foram obtidos os preços dos produtos utilizados para a montagem dos sistemas para o cultivo dos peixes e microverdes (Tabela 6). Os custos diários de depreciação foram calculados com base na vida útil de cada componente do sistema.

Tabela 6. Investimento necessário para o desenvolvimento da produção de lambaris e microverdes.

INVESTIMENTO

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Vida útil (anos)	Custo diário de depreciação (R\$)
Caixas de água (500 L)	1	249,9	249,90	10	0,07
Aquecedores	2	174,65	349,30	10	0,10
Bomba submersível	2	76,9	153,80	5	0,08
Biomídias (L)	80	3,2	256,00	10	0,07
Baldes (10L)	2	9,65	19,30	5	0,01
Sedimentador	1	300	300,00	10	0,08
Puçá	1	59,9	59,90	5	0,03
compressor monofásico radial 0,3 CV	1	1500	1,500,00	10	0,41
Mangueira porosa (3m)	0.4	19,09	7,63	5	0,00
Mangueira 20 mm	3	8,3	24,90	5	0,01
Material instalações hidráulicas	1	154,92	154,92	10	0,04
Placas de isopor 2 cm (por unidade)	2548	0,0014	3,44	0,5	0,02
Fio de nylon (0,25mm - 100m)	1	11,93	11,93	10	0,00
Pulverizador (1 L)	1	67	67,00	10	0,02
Estiletes (por unidade)	2	35,33	70,66	5	0,04
Sombrite 70%	0.99	11,77	11,65	10	0,00
Caixa plástica (com tampa)	10	49,16	491,60	10	0,13
Lâminas estilete	1	4,5	4,50	1	0,01
TOTAL			3736,43	Depreciação diária:	1,14

Foram também obtidos os custos dos itens necessários para executar a produção de ambos os organismos (que representam os custos variáveis), e o valor de cada produto foi listado (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Custo dos itens necessários para a produção dos lambaris.

PRODUÇÃO DE PEIXES					
Material	Unidade/item		Valor (R\$)	Preço (R\$)/unidade	
Ração 1mm	25	kg	195,36	7,8144	R\$/Kg
Probiótico concentrado	10000	g	500	0,05	R\$/g
Filtro mecânico (manta acrílica perlon)	10	m ²	59,49	5,949	R\$/m ²
Eletricidade residencial normal (TUSD)	1	MKWh	365,99	365,99	R\$/MKWH
Bandejas/embalagens	100	unid	14,8	0,148	R\$/unid
Eletricidade baixa renda >220 KWH (TUSD)	1	MKWh	260,65	260,65	R\$/MKWH
Água	1	m ³	20,14	20,14	R\$/m
Sal	25000	g	24,9	0,000996	R\$/g
Lambaris	1	unid	0,15	0,15	R\$/unid

Tabela 8. Custo dos itens necessários para a produção de microverdes.

PRODUÇÃO DE MICROVERDES					
Material	Unidade/item		Valor (R\$)	Preço (R\$)/unidade	
Sementes de mostarda	500	g	102	0,204	R\$/g
Solução nutritiva para hidroponia	1000	L	49	0,049	R\$/L
Embalagens	200	unid	101,33	0,50665	R\$/unid

Os custos diários ao longo do período simulado foram obtidos com as seguintes equações. Foram calculados os custos variáveis Cv_t , acumulados com o tempo t (Eq.11)

$$Cv_t = Cal + Crac_t + Cen_t + Csal_t + Cmo_t + Cag_t + Csem_t + Cemb_t \quad (11)$$

Onde Cal são os custos dos alevinos de lambari, $Crac_t$ os custos da ração, Cen_t os custos da energia, $Csal_t$ os custos do sal, Cmo_t , os custos da mão de obra, Cag_t os custos da água utilizada, $Csem_t$ os custos das sementes de

mostarda e $Cemb_t$ os custos das embalagens, todos eles acumulados no tempo t .

Os custos fixos acumulados Cf_t , foram iguais a depreciação acumulada ao tempo t Eq.12).

$$Cf_t = Cdep_t \quad (12)$$

E os custos totais acumulados ao tempo t , resultaram da somatória dos custos variáveis e os custos totais.

$$CT_t = Cf_t + Cv_t \quad (13)$$

Os preços de venda utilizados representam a média dos preços encontrados no mercado brasileiro e foram de R\$ 0,038/g para o lambari e R\$ 0,33/g para os microverdes (Tabela 9).

Tabela 9. Preço de venda dos lambaris e microverdes encontrados no mercado.

PREÇO DE VENDAS			
Lambaris			
Empresa	Quantidade	R\$	Valor Unit (R\$/g)
Imperium dos peixes	500 g	23,9	0,048
Casa do peixe	500 g	18	0,036
Cia do mar	1000 g	24,9	0,025
Aki peixe	1000 g	31,9	0,032
Aki peixe	500 g	27,9	0,006
Armazém do pescado	400 g	15,98	0,040
Supermercado Schneider	300 g	15,99	0,053
Lambari Premium	350 g	15	0,043
Gabi pescados	500 g	17	0,034
Média			0,035
Microverdes			
Empresa	Quantidade	R\$	Valor Unit (R\$/g)

Bioverdes.br	40 g	12	0,300
Grennline horticultura	50 g	14	0,280
Saibai saladas	40 g	16	0,400
Média			0,327

Foi obtido o lucro operacional de um ciclo de cultivo de lambari e cinco ciclos de microverdes. Para determinar a viabilidade econômica do projeto, foi feita uma simulação para uma produção familiar com um horizonte de planejamento de 10 anos, contando com a realização de 6 ciclos anuais de lambari em cada cenário com o total de 30 ciclos de microverdes por ano.

Os indicadores usados para avaliar o projeto simulado foram o valor presente líquido (VPL, Eq14), com uma taxa de desconto de 6%, a taxa interna de retorno (TIR, Eq15) e a relação de benefício/custo (B/C, Eq16).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (14)$$

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} - investimento\ inicial = 0 \quad (15)$$

$$B/C = \frac{VPr}{VPC} \quad (16)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos os parâmetros dos modelos de crescimento testados para cada um dos tratamentos (Tabela 10). No programa Statistica 12 não foi possível realizar a parametrização e validação do modelo de Chapman- Richards, pois mesmo com as inserções dos dados o programa não retornou nenhum resultado de convergência do modelo.

Tabela 10. Parâmetros obtidos para cada tratamento com cada um dos modelos de crescimento testados para representar o crescimento dos lambaris.

Modelo	Tratamento	Parâmetro		
		a	b	c
	LR-0	Não foi possível obter os parâmetros		
Bertalanffy	LR-1	7,853	0,060	-21,213
	LR-2	8,106	0,075	-16,010
	LR-0	8,287	1,015	0,046
Gompertz	LR-1	7,802	0,969	0,067
	LR-2	8,074	1,073	0,082
	LR-0	8,832	0,668	0,029
Monomolecular	LR-1	7,991	0,637	0,048
	LR-2	8,190	0,670	0,060
	LR-0	8,025	-1,614	0,062
Logístico	LR-1	7,693	-1,557	0,087
	LR-2	8,002	-1,853	0,108

Os valores dos índices para avaliação do ajuste dos modelos para cada modelo e tratamento são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores dos índices obtidos para a escolha do melhor modelo (em negrito).

Modelo	Indicador	Tratamento		
		LR-0	LR-1	LR-2
Bertalanffy	R ²	-	0,9134	0,9714
	VE (%)	-	83,4	0,9436
	ECM	-	0,7927	0,4631
	Theil	-	0,0303	0,0367
Logístico	R ²	0,9755	0,9131	0,9760
	VE (%)	95,1	83,3	95,2
	ECM	0,3779	0,7939	0,4247
	Theil	0,0330	0,0666	0,0337
Gompertz	R ²	0,9777	0,9134	0,9727
	VE (%)	95,5	83,4	0,9461
	ECM	0,3606	0,7926	0,4529
	Theil	0,0315	0,0665	0,0359
monomolecular	R ²	0,9735	0,9131	0,9787
	VE (%)	95,9	83,3	93,8
	ECM	0,3451	0,7934	0,4839
	Theil	0,0301	0,0665	0,0383

Os modelos que melhor representaram o crescimento dos peixes foram o monomolecular (MO) para LR-0, Gompertz (GP) para LR-1 e o logístico (LG) para LR-2 (Tabela 12).

Tabela 12. Modelos e parâmetros selecionados para a modelagem do crescimento dos lambaris nos tratamentos LR-0, LR-1 e LR-2.

Tratamento	Modelo selecionado	Parâmetros		
		a	B	c
LR-0	Monomolecular	8,8318	0,6676	0,0289
LR-1	Gompertz	7,8020	0,9689	0,0666
LR-2	Logístico	8,0015	-1,8525	0,1081

Em relação ao crescimento dos lambaris, a simulação mostrou que os peixes do cenário LR-2 apresentaram um crescimento mais rápido quando comparada aos outros cenários (LR-0 e LR-1) (Figura 6).

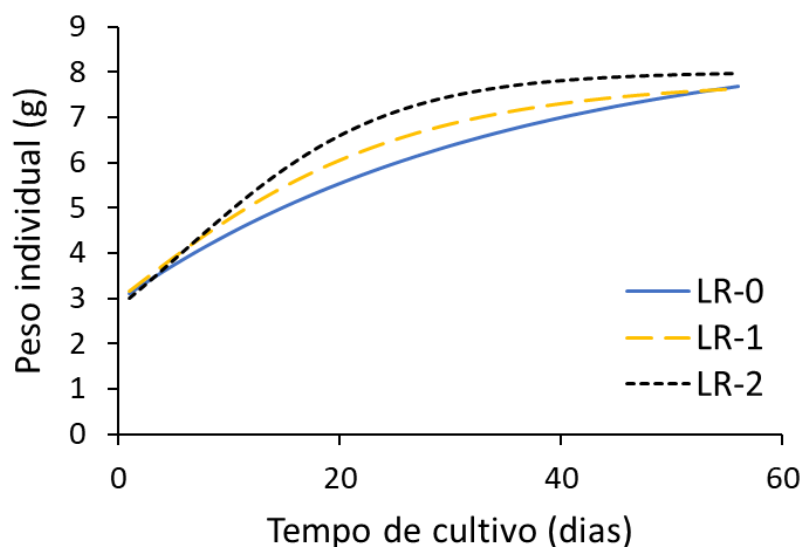


Figura 6. Simulação do crescimento dos peixes nos tratamentos LR-0, LR-1 e LR-2.

A biomassa dos lambaris ao final do ciclo de cultivo foi de 1,578 kg para LR-0, 1,570 kg para LR-1 e 1,586 kg para LR-2. Ao longo do período simulado, a biomassa seguiu uma tendência similar à do peso individual (Figura 7).

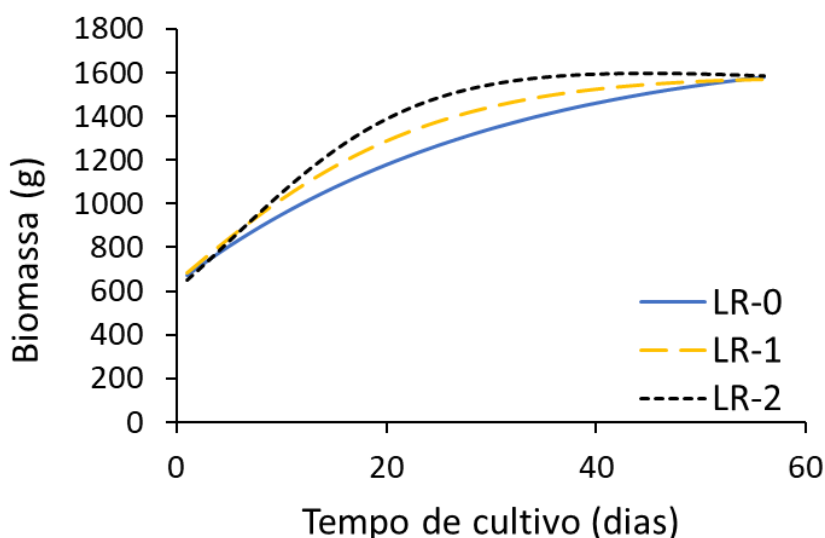


Figura 7. Biomassa dos lambaris no final do ciclo de cultivo.

Os custos fixos foram de R\$ 64,10 por ciclo de cultivo de lambari para todos os cenários (LR-0, LR-1 e LR-2) devido ao curto ciclo de produção dos lambaris. Enquanto os custos variáveis foram mais altos, sendo de R\$ 675,57, R\$ 680,10 e R\$ 679,06 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente, onde o maior custo variável foi do cenário LR-1. Mediante isso, o custo total ao longo período de experimento alcançou o valor de R\$ 739,68, R\$ 744,21 e R\$ 743,17, em que o cenário LR-0 apresenta o menor valor em comparação aos outros dois cenários.

Os valores da receita bruta obtida pela venda da biomassa dos lambaris em um ciclo de cultivo foram de R\$ 59,39, R\$ 59,08 e R\$ 59,68 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. O valor de biomassa do cenário LR-2 destacou-se como maior, pois de acordo com os dados de crescimento, neste cenário foram encontrados peixes com maior peso também. Na produção de microverdes, o valor da biomassa foi de R\$ 1.017,00, R\$ 1.065,00 e R\$ 1.059,00 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. O que coincide com o apresentado por Quagraine et al. (2018) e Tokunaga et al. (2015) que indicam que os vegetais são mais

lucrativos que os peixes nos sistemas de aquaponia. O cenário LR-1 apresentou o maior valor de biomassa de microverdes, pois conforme os dados do experimento, este cenário foi o que demonstrou maior produtividade (823 g m⁻²).

A receita bruta aumenta ao longo do período de cultivo, chegando em um valor final de R\$ 1.072,02, R\$ 1.119,60 e R\$ 1.114,98 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente (Figura 8). Os valores da receita se iniciam em zero, pois nos primeiros 10 dias o primeiro ciclo dos microverdes ainda está em progresso, e o cultivo dos peixes só finaliza aos 56 dias de cultivo. O lucro operacional foi de R\$ 336,48, R\$ 379,51 e R\$ 375,97 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. Os lucros iniciaram-se negativos, pois para desenvolver a produção houve gastos e ainda não houve a entrada de receita com as vendas dos produtos, que se inicia no 11º dia, quando se encerra o primeiro ciclo de microverdes e estes já podem ser comercializados. Os valores finais são influenciados pelos valores dos peixes e dos cinco ciclos de cultivo que foram possíveis realizar dentro de um ciclo de cultivo dos peixes.

Conforme pode ser observado na figura 8, a venda dos vegetais é a que influencia a maior proporção da receita, portanto a produção dos vegetais influencia grandemente os valores tanto da receita bruta, e lucro operacional do sistema proposto (Figura 8).

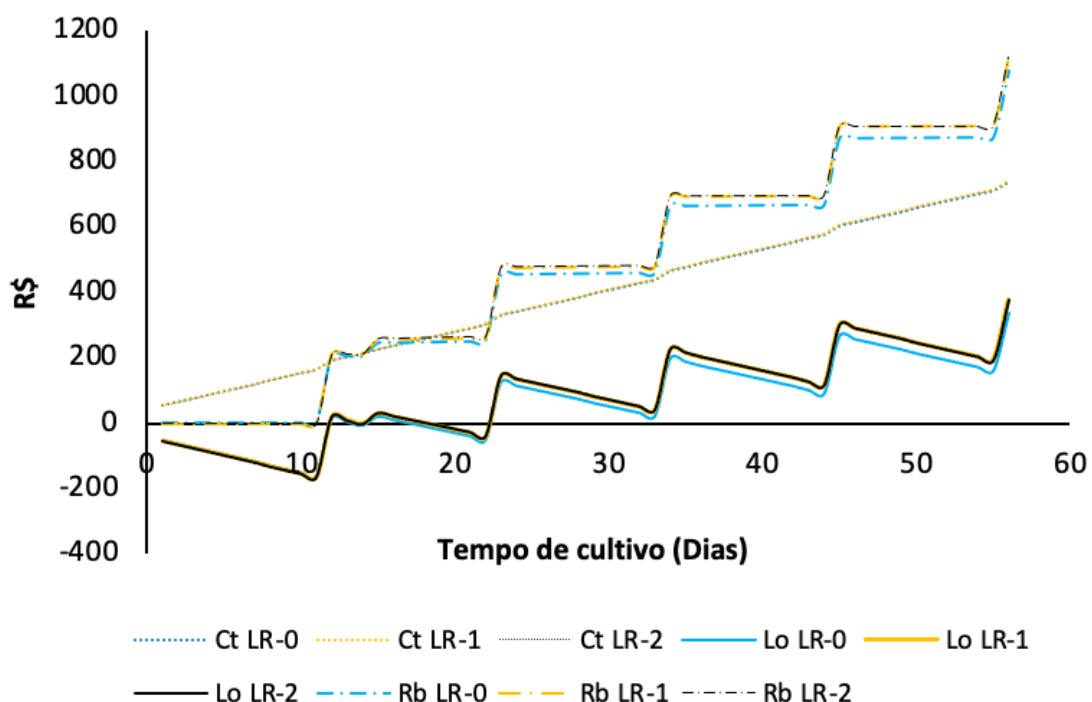


Figura 8. Custo total (Ct), Lucro operacional (Lo) e Receita bruta (Rb) em um ciclo de cultivo de lambari nos cenários LR-0, LR-1 e LR-2.

O valor presente líquido foi de R\$ 10.795,15 para LR-0, R\$ 12.695,43 para LR-1 e R\$ 12.538,29 para LR-2, mostrando que o cenário LR-1 foi o mais viável. A taxa interna de retorno foi de 52,43% para LR-0, 59,64% para LR-1 e 59,04% para LR-2, demonstrando que o cenário LR-1 apresenta o maior retorno do investimento em relação aos outros dois cenários. Por sua vez, o benefício-custo foi de 1,29 para LR-0, 1,34 para LR-1 e 1,34 para LR-2, destacando novamente que o cenário LR-1 apresenta o melhor valor em relação a execução do projeto e aos benefícios que o mesmo pode trazer (Tabela 12).

Tabela 13. Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Benefício/Custo (B/C) apresentado por cada cenário,

Cenário	VPL (R\$)	TIR (%)	B/C
LR-0	10.795,15	52,43	1,29
LR-1	12.695,43	59,64	1,34
LR-2	12.538,29	59,04	1,34

De acordo com o que foi encontrado pelos autores, este é o primeiro trabalho que avalia a viabilidade econômica do cultivo aquapônico de lambari e microverdes. A viabilidade econômica do lambari tem sido analisada recentemente, devido a alta no cultivo desta espécie para uso como isca viva, principalmente no estado de São Paulo. O aumento da densidade de estocagem dos peixes pode ser uma alternativa para o aumento do lucro no cultivo de lambari devido ao aumento na biomassa, quando feito cautelosamente, pois altas densidades podem ser extremamente prejudiciais ao desempenho dos peixes. Um estudo que testou a produção de lambari em sistemas de recirculação com três densidades de estocagem diferentes (0,25, 0,75, 2,25 e 6,75 peixes. L⁻¹) obteve a melhor produção nos cultivos com 0,75 peixes L⁻¹, sendo reportado que os peixes apresentaram maior ganho em peso semanal, maior peso final e parâmetros de qualidade de água melhores (JATOBÁ e SILVA, 2015)

Outro fator relacionado à viabilidade da produção são as taxas de mortalidade e sobrevivência, pois estas podem influenciar negativamente até as produções mais econômicas e rentáveis (CASTELINI, 2022). Um estudo onde foi cultivado lambari em sistemas semi-intensivos de viveiros escavados, com custo total de produção de R\$ 13.666,55 e receita de R\$ 16.800,00, obteve lucro de R\$ 3.133,45 por ciclo de quatro meses, com custo de R\$ 13,02 por

quilograma. Esses dados, no longo prazo, no caso de cinco anos, poderiam render um retorno de 89% ao produtor, mostrando que a produção de lambari é viável.

Na presente pesquisa a taxa interna de retorno (TIR) apresentou bons valores, especialmente nas condições salinizadas (52,43%, 59,64% e 59,04% para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente), podendo ser considerados adequadas ao comparar com registros encontrados em outros sistemas de produção de lambari. Por exemplo, em pesquisa reportada por Henriques et al. (2022) avaliando criação de lambari em sistema de recirculação, a taxa interna de retorno no pior cenário desenvolvido foi de 23,94% com taxa de sobrevivência de 90% e comercialização a US\$ 0,10. No melhor cenário, a TIR foi de 88,75% com taxa de sobrevivência de 95% e comércio dos peixes por US\$ 0,14 (na taxa de câmbio de US\$ 1.00 = R\$ 4,88). Assim, esses resultados sugerem a eficiência do uso de sistemas aquapônicos, pois os microverdes possuindo alto valor econômico favorecem a TIR.

Em outro estudo, o cultivo de lambari e alfaces em sistemas aquapônicos no pior cenário apresentou taxa interna de retorno de 13,2%; nesse caso, os peixes foram vendidos a US\$ 0,15 e as alfaces a US\$ 0,34. No melhor cenário, a taxa interna de retorno foi de 41,5% e os peixes foram comercializados a US\$ 0,14 e as alfaces a US\$ 0,44. No mesmo estudo, no caso da venda de lambaris para o mercado de iscas vivas, a taxa interna de retorno se mostrou abaixo da taxa Selic estipulada no estudo (12%), com peixes vendidos a US\$ 0,15 e as plantas a US\$ 0,34 e US\$ 0,39 (CASTILHO-BARROS et al. 2023), sendo a taxa de câmbio de US\$ 1.00 = R\$ 4,88. Estes resultados ajudam a demonstrar o

quanto a venda de microverdes foi essencial para tornar viável a produção de lambari e microverdes em sistemas aquapônicos, pelo seu apelo no mercado. Há que se ressaltar, no entanto que a taxa de desconto estipulada no presente estudo foi de 6% (Pinho et al., 2022), comumente usada em estudos dessa natureza, mas abaixo do valor estipulado no trabalho de Castilho-Barros et al. (2023). O valor presente líquido da produção de lambaris e microverdes em sistema aquapônico apresentou valores baixos, mas este fato está relacionado à pequena escala em que foi desenvolvida os modelos.

Em relação ao uso do sal, as quantidades testadas demonstraram não ser prejudiciais ao peixes, e os mesmos se desenvolveram bem em ambos os tratamentos, o que confirma a ideia de diversos autores de que o uso do sal é benéfico nas produções, principalmente como agente antibactericida e na prevenção de doenças (CARNEIRO et al., 2020; FIÚZA et al., 2015). Ainda, como já demonstrado em estudo recente, os alevinos de lambari apresentam tolerância à criação em água com diferentes níveis de salinidade, sem sofrer prejuízos em seu desempenho e sem o risco de mortalidade (RUFINO, 2021). Em relação às plantas, os microverdes apresentaram maior produtividade no tratamento com 1g de sal L⁻¹, o que afirma a ideia de que as plantas do gênero *Brassica* apresentam potencial e tolerância para o seu desenvolvimento em níveis baixos de salinidade (ASHRAF; MCNEILLY, 2004; PARIHAR et al., 2015).

Os sistemas aquapônicos podem ser considerados viáveis economicamente, pois não há custos com insumos químicos o que reduz os gastos, além de haver o aumento da eficiência da produção dos peixes e plantas e ser uma forma sustentável de produção (BORGES et al., 2022). Neste estudo,

apesar da produção de peixes ter gerado um lucro baixo, cultivar os peixes seria opção para manter a entrada de lucro por meio do cultivo dos microverdes, tornando a produção familiar uma fonte de renda extra. Dentro dos cenários estudados, conforme os resultados econômicos, o cenário LR-1 se mostrou mais eficiente, pois mostrou maior viabilidade econômica quando comparado aos outros dois (LR-0 e LR-2).

4. CONCLUSÕES

Por meio da modelagem bioeconômica foi possível determinar o lucro operacional da produção de lambari e microverdes. Os três cenários projetados no horizonte de 10 anos apresentaram viabilidade econômica, sendo maior nas condições de água levemente salinizada LR-1 e LR-2 comparado ao tratamento LR-0 em água doce. A produção de microverdes é a maior fonte de lucro, tornando-se uma opção rentável utilizar a água do cultivo de lambari para o cultivo dos microverdes, sendo também uma forma sustentável de produzir e obter lucros.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho fez parte do programa de pesquisa SUGI/Food-Water-Energy-Nexus “CITYFOOD” (Belmont Forum, concessão nº 726744) parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - projeto nº 2017/50431-9). Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Pró-Reitoria de

Pesquisa da Unesp, pela bolsa de Iniciação Científica concedida à Isabela C. Almeida para o desenvolvimento deste trabalho (Processo 4255). Laura P. Silva-Ledezma foi beneficiária de Bolsa PD da FAPESP (2018/23658-5) e Maria Portella é beneficiária de bolsa PQ-CNPq (CNPq 307389/2021-9).

6. REFERÊNCIAS

- BAGANZ, G.F.M., JUNGE, R., PORTELLA, M.C., GODDEK, S., KEESMAN, K.J., BAGANZ, D., STAAKS, G., SHAW, C., LOHRBERG, F., KLOAS, W. The aquaponic principle—It is all about coupling. **Reviews in Aquaculture**, 14, 252–264, 2022. <https://doi.org/10.1111/raq.12596>.
- BORGES, F. de F.; ANTONIO JARDIM, C.; CAMILOTI, F.; ALVES JULIÃO, F. Viabilidade Técnica De Um Sistema Aquapônico Para Produção De Forragem Animal. **Ciência & Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 178–189, 2022.
- CARNEIRO, J. S.; BARBIERI, E.; REZENDE, K. F. O.; BARROS, L. C. de; HENRIQUES, M. B. Salinity effects in metabolic rate and behavior in lambari *Astyanax bimaculatus*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2165–2179, 2020.
- CASTELINI, L. Análise produtiva e dos custos de produção do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). **Repositório Institucional - Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV)**, n. 8.5.2017, p. 1–22, 2022.
- CASTILHO-BARROS, L.; GALAN, G. D.; HENRIQUES, M. B. Financial feasibility of a small-scale urban aquaponic system in Brazil : production of lambari rosa (*Astyanax lacustris*) with lettuce (*Lactuca sativa*). **Research Square**, p. 1–22, 2023.
- CHAGAS, E. C.; DE ARAÚJO, L. D.; GOMES, L. de C.; MALTA, J. C. de O.; VARELLA, A. M. B. Efeito do cloreto de sódio sobre as respostas fisiológicas e controle de helmintos monogenóides em tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 3, p. 439–444, 2012.
- DODE, L. B.; Chaves, A, L, S.; Zanusso, J, T.; Torsian, W, S. Microverdes: Cultivo doméstico na promoção da saúde e bem-estar. **Nº1 Expressa extensão**. v. 26, n. 1, p. 172-181, jan-abr, 2021.
- EMERENCIANO, M. G, C.; Mello, G, L.; Pinho, S, M.; Molinari, D.; Blum, M, N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação ma aquicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 147, jan-fev, 2015.
- FIÚZA, L. S.; ARAGÃO, N. M.; RIBEIRO JUNIOR, H. P.; DE MORAES, M. G.; ROCHA, Í. R. C. B.; LUSTOSA NETO, A. D.; DE SOUSA, R. R.; MADRID, R. M. M.; DE OLIVEIRA, E. G.; COSTA, F. H. F. Effects of salinity on the growth, survival, haematological parameters and osmoregulation of tambaqui *Colossoma macropomum*

juveniles. **Aquaculture Research**, v. 46, n. S1, p. 1–9, 2015.

GARUTTI, V. **Piscicultura ecológica**. [s.l.] UNESP, 2003.

HENRIQUES, M. B.; CASTILHO-BARROS, L.; DE SOUZA, M. R.; BARBIERI, E.; DA SILVA, N. J. R.; NUNES, F. A. de A.; SANCHES, E. G. Is the small-scale aquaculture of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907) for live bait in recirculating systems economically profitable? **Aquaculture**, v. 546, n. February 2021, 2022.

JATOBÁ, A.; SILVA, B. C. Densidade de estocagem na produção de juvenis de duas espécies de lambaris em sistema de recirculação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1469–1474, 2015.

KYRIACOU, M. C.; EL-NAKHEL, C.; GRAZIANI, G.; PANNICO, A.; SOTERIOU, G. A.; GIORDANO, M.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.; ROUPHAEL, Y. Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. **Food Chemistry**, v. 277, n. July 2018, p. 107–118, 2019.

KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y.; DI GIOIA, F.; KYRATZIS, A.; SERIO, F.; RENNA, M.; DE PASCALE, S.; SANTAMARIA, P. **Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens** *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltd, 2016.

LIMA, F. C. T. de; BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; LUCENA, C. A. S. de; LUCENA, Z. M. S.; TOLEDO-PIZA, M.; ZANATA, A. M. Família Characidae: Gêneros incertae sedis. *In: Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

LLORENTE, I.; LUNA, L. Bioeconomic modelling in aquaculture: an overview of the literature. **Aquaculture International**, v. 24, n. 4, p. 931–948, 2016.

LLORENT, I.; LUNA, L. The competitive advantages arising from different environmental conditions in seabream, *Sparus aurata*, production in the mediterranean sea. **Journal of the world aquaculture society**, v. 44, p. 611-627, 2013.

MONTAGNER, D.; TAVARES-DIAS, M. Uso e principais aplicações do sal comum na piscicultura de água doce. **Embrapa Amapá**, 1^o edição, 2015.

NELSON, S. J.; GRANDE, C. T.; WILSON, V. M. **Fishes of the world**. 5nd. ed. [s.l.] Wiley, 2016. 752 p, 2016.

Pindyck, R. S. and Rubinfeld, D. L. *Econometric Models and Economic Forecasts*. 2nd edition; London : McGraw-Hill, 1998.

PINHO, S. M.; DAVID, L. H.; GARCIA, F.; KEESMAN, K. J.; PORTELLA, M. C.; GODDEK, S. South American fish species suitable for aquaponics: a review. **Aquaculture International**, 2021.

QUAGRAINIE, K. K.; FLORES, R. M. V.; KIM, H. J.; MCCLAIN, V. Economic analysis of aquaponics and hydroponics production in the U.S. Midwest. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 30, n. 1, p. 1–14, 2018.

RENNA, M.; CASTELLINO, B.; LEONI et al. Microgreens production wiith low

potassium content for patients with impaired kidney function. **Nutrients**, v.10, 2018.

SIQUEIRA et al. Avaliação da redução de sinais clínicos de estresse em juvenis de pangásio em diferentes concentrações de cloreto de sódio. **Aquaculture**, p. 2012–2015, 2022.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawai'i. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 46, n. 1, p. 20–32, 2015.

YEP, B.; ZHENG, Y. Aquaponic trends and challenges – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 1586–1599, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.290>>.

RESUMO

A viabilidade técnica dos sistemas de produção na aquicultura tem sido estudada para análise da viabilidade econômica. Na aquaponia, um sistema de produção integrado de peixes e vegetais, a viabilidade econômica é uma questão ainda não resolvida e alguns estudos apontam que os vegetais geralmente são responsáveis pela maior parte das receitas. A modelagem bioeconômica é uma ferramenta para avaliar a viabilidade dos sistemas de produção, onde modelos matemáticos relacionam o desempenho biológico de um sistema de produção às suas restrições econômicas e técnicas. O cultivo de lambari vem aumentando nos anos devido ao uso desta espécie como isca viva na pesca esportiva. Os microverdes são vegetais ricos em conteúdo fitoquímico e de alto valor econômico no mercado. Assim, no presente estudo objetivou-se avaliar a viabilidade econômica da produção de lambari e microverdes de mostarda em sistemas salinizados e não salinizados através da aplicação de modelagem bioeconômica, para o cultivo em sistemas de recirculação em produções familiares na área urbana do estado de São Paulo, em um horizonte de planejamento de 10 anos. Os dados foram obtidos a partir de um experimento que contava com três tratamentos nomeados de acordo com os níveis de salinidade empregados nos sistemas, sendo de 0 g L^{-1} , 1 g L^{-1} e 2 g L^{-1} , ou LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. As receitas obtidas nos cenários foram de R\$ 1.072,02, R\$ 1.119,60 e R\$ 1.114,98 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. O lucro operacional foi de R\$ 336,48, R\$ 379,51 e R\$ 375,97 para LR-0, LR-1 e LR-2, respectivamente. Os resultados demonstraram que os vegetais influenciaram grandemente a receita, e os três cenários apresentaram viabilidade econômica, sendo maior nas condições de água levemente salinizada em LR-1 e LR-2 comparado ao tratamento LR-0 em água doce.

Palavras-chaves: Viabilidade econômica, aquaponia, Modelagem bioeconômica.

ABSTRACT

The technical viability of production systems in aquaculture has been studied for analysis of economic viability. In aquaponics, an integrated fish and vegetable production system, economic viability is still an unresolved issue, and some studies indicate that vegetables are generally responsible for most of the revenue. Bioeconomic modeling is a tool to assess the viability of production systems, where mathematical models relate the biological performance of a production system to its economic and technical constraints. The cultivation of lambari has increased over the years due to the use of this species as live bait in sport fishing. Microgreens are vegetables rich in phytochemical content and of high economic value in the market. Thus, in the present study, the objective was to evaluate the economic viability of the production of lambari and mustard microgreens in salinized and non-salinized systems through the application of bioeconomic modeling, for cultivation in recirculation systems in family productions in the urban area of the state of São Paulo. Paulo, in a planning horizon of 10 years. Data were obtained from an experiment that had three treatments named according to the salinity levels used in the systems, being 0 g L⁻¹, 1 g L⁻¹ and 2 g L⁻¹, or LR-0, LR-1 and LR-2, respectively. The revenues obtained in the scenarios were R\$ R\$ 1,072.02, R\$ 1,119.60 and R\$ 1,114.98 for LR-0, LR-1 and LR-2, respectively. Operating profit was BRL 336.48, BRL 379.51 and BRL 375.97 for LR-0, LR-1 and LR-2, respectively. The results showed that the vegetables greatly influenced the recipe, and the three scenarios showed economic viability, being greater in the slightly saline water conditions in LR-1 and LR-2 compared to the LR-0 treatment in fresh water.

Keywords: Economic viability, aquaponics, Bioeconomic modeling.