

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

Viabilidade econômica do cultivo em pequena escala da vieira (*Nodipecten nodosus*) e do bijupirá (*Rachycentron canadum*) no sistema multitrófico

Matheus Pires Sergio

Orientador: Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo
Setembro - 2022**

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

Viabilidade econômica do cultivo em pequena escala da vieira (*Nodipecten nodosus*) e do bijupirá (*Rachycentron canadum*) no sistema multitrófico

Matheus Pires Sergio

Orientador: Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

**São Paulo
Setembro - 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

491 Sergio, Matheus Pires.

Viabilidade econômica do cultivo em pequena escala da vieira (*Nodipecten nodosus*) e do bijupirá (*Rachycentron canadum*) no sistema multitrófico / Matheus Pires Sergio – São Paulo, 2022.

III; 48p; il.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e
Abastecimento.

Orientador(a): Dr. Marcelo Barbosa Henriques.

1. AIMT. 2. Aquicultura integrada multitrófica. 3. Costa sudeste do Brasil. 4. Moluscos bivalves. 5. Monocultivo
I. Henriques, Marcelo Barbosa. II. Título.

CDD 639.4

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da dissertação: "Viabilidade econômica do cultivo em pequena escala da vieira (*Nodipecten nodosus*) e do bijupirá (*Rachycentron canadum*) no sistema multitrófico"

AUTOR: Matheus Pires Sergio

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AQUICULTURA E PESCA, Área de Concentração em Aquicultura e Pesca, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

Prof.ª. Dra. Graciela Lucca Braccini

Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Data da realização: 15 de setembro de 2022.

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Marcelo Barbosa Henriques

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Marcelo Henriques pelo acolhimento no Programa e valiosas contribuições que me permitiram evoluir muito.

Ao Ocimar Pedro e demais funcionários do Instituto pelo pronto atendimento e resolução de problemas.

Ao André Daher pelo recebimento em sua fazenda, bem como pelas trocas de experiências.

À minha família por todo apoio dado ao longo desses últimos anos.

SUMÁRIO

RESUMO	06
ABSTRACT.....	07
INTRODUÇÃO GERAL	08
OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICO	14
REFERÊNCIAS	15
ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	18
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1. Introdução	22
2. Material e Métodos	24
2.1. Caracterização do cultivo	24
2.2. Análise econômica.....	28
2.3. Análise da sensibilidade e resiliência do empreendimento	30
3. Resultados	31
4. Discussão	37
5. Conclusão	42
Referências	42
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47

RESUMO

Este estudo avaliou uma área de 5.000 m², na costa sudeste do Brasil, para o monocultivo da vieira *Nodipecten nodosus* em seis *longlines* de 100 m (cenário A), monocultivo do bijupirá *Rachycentron canadum* em doze tanques rede de 355 m³ (cenário B) e implantação do sistema de aquicultura multitrófica integrada (AIMT) (cenário C), com as duas espécies, em cinco *longlines* e seis tanques rede de mesmas dimensões utilizadas nos cenários A e B, objetivando conferir maior lucratividade e resiliência que os monocultivos tradicionais. Foram estimados investimentos, custos operacionais e rentabilidade para os três cenários de acordo com a variação na sobrevivência, produtividade e preços de comercialização. Os indicadores financeiros e de rentabilidade apresentaram valores positivos em todas as condições propostas para os três cenários avaliados, a partir do segundo preço de comercialização, R\$ 45,00/dz de vieira e R\$ 30,00/kg de bijupirá, valores ainda considerados subestimados para o mercado regional. Nestas condições, o Período de Recuperação do Capital (PRC) na pior condição avaliada foi de 3,2 anos, ainda considerado de baixo risco para o investimento realizado. De acordo com as particularidades aqui descritas, houve viabilidade econômica com retornos sempre acima da taxa mínima de atratividade de 12%. O sistema AIMT apresentou ligeira vantagem com relação à viabilidade econômica, para os maiores preços de comercialização, demonstrando ser mais atrativo para o empreendedor. A diversificação da produção é uma opção interessante mesmo com o maior investimento associado, podendo favorecer o retorno econômico e mitigar os riscos dos sistemas de pequena escala dedicados aos monocultivos, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico regional.

Palavras-chave: AIMT; aquicultura integrada multitrófica; costa sudeste do Brasil; moluscos bivalves; monocultivo; relação benefício-custo

ABSTRACT

This study evaluated an area of 5,000 m², on the southeastern coast of Brazil, for the monoculture of the scallop *Nodipecten nodosus* in six 100 m longlines (Scenario A), monoculture of the cobia *Rachycentron canadum* in twelve net tanks of 355 m³ (scenario B) and implementation of the integrated multitrophic aquaculture system (IMTA) (scenario C), with the two species, in five longlines and six net tanks of the same dimensions used in scenarios A and B, aiming to provide greater profitability and resilience than traditional monocultures. Investments, operating costs, and profitability were estimated for the three scenarios according to the variation in survival, productivity and market prices. The financial and profitability indicators showed positive values in all the conditions proposed for the three scenarios evaluated, from the second commercialization price, US\$ 9.00/dz of scallop and US\$ 6.00/kg of cobia, prices still considered undervalued for the regional market. Under these conditions, the Payback Period (PP) in the worst condition evaluated was 3.2 years, still considered low risk for the investment made. According to the particularities described here, there was economic viability with returns always above the minimum attractiveness rate of 12%. The IMTA system showed a slight advantage in relation to economic viability, for the highest commercialization prices, proving to be more attractive to the entrepreneur. The diversification of production is an interesting option even with greater associated investment, which can favor economic returns and mitigate the risks of small-scale systems dedicated to monocultures, contributing to the regional socioeconomic development.

Keywords: benefit-cost ratio; bivalve mollusks; IMTA; integrated multi-trophic aquaculture; monoculture; southeastern coast of Brazil

INTRODUÇÃO GERAL

Aquacultura mundial e brasileira

A aquicultura pode ser definida como uma atividade dedicada ao cultivo de diferentes espécies de peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas e, perfila-se como uma valiosa alternativa de produção de alimentos sem a dependência dos limitados recursos existentes nos ecossistemas marinhos e continentais (Kirchner et al., 2016). Quando ocorre em ambientes marinhos ou estuarinos também pode ser denominada como maricultura. A aquicultura mundial produz anualmente cerca de 122,6 milhões de toneladas, sendo 68,1 milhões (55,5%), proveniente da maricultura (FAO, 2022).

Isso representa 57% das 214 toneladas de pescado mundial produzidas (FAO, 2022). Tais números mantêm a tendência de crescimento da aquicultura, a despeito da pandemia de Covid-19 (FAO, 2022). Por outro lado, a atividade pesqueira possui pouca margem para crescimento, visto que 92,7% dos estoques estão no seu limite biológico ou sobreexplotados (FAO, 2022). Essa estagnação é corroborada pelo aumento do esforço de pesca combinada com níveis estáveis de captura e também é observada no cenário nacional (Anticamara et al., 2010).

No que se refere a aquicultura brasileira, a Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* é a principal espécie, com 54% do volume produzido (Valenti et al., 2021). Essa espécie exótica foi introduzida no país na década de 1950, porém somente a partir da década de 2000 que sua produção despontou (Barroso, 2019). Isso aconteceu principalmente pela adoção de reprodutores advindos da linhagem GIFT que possui crescimento acelerado, o aumento da densidade de cultivo, a melhora na qualidade das rações e aumento da adesão do mercado interno a essa espécie (Barroso, 2019). Ainda na aquicultura continental, o peixe nativo Tambaqui *Colossoma macropomum* também possui destaque, sendo responsável por 18% da produção nacional (Valenti et al., 2021).

Na maricultura, a produção é dominada pelo cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei* com 63,1 toneladas (FAO, 2022) e que ocorre em quase sua totalidade (98%) no nordeste do país (Lacerda et al., 2021). Cerca de 25% de seus empreendimentos são de médio e grande porte (Valenti et al., 2021) e localizados em áreas adjacentes à costa (Figura 1), o que torna a degradação de manguezais, um impacto causado por essa atividade que não pode ser negligenciado (Lacerda et al., 2021).



Figura 1: Fazenda de camarão construída em área de manguezal no Rio Grande do Norte (Extraído de Lacerda et al., 2021)

De resto, a atividade é marcada pelo caráter familiar, com predominância dos cultivos de pequena escala, embora durante as últimas décadas vem ocorrendo um interesse crescente do empresariado, no sul do Brasil (Valenti et al., 2021). Com isso, a maricultura nacional é representada na sua maioria por pequenos produtores, alguns trabalhando em regime de cooperativas e associações, funcionando em alguns casos como forma de complementação de renda ou de subsistência para pescadores e populações tradicionais (Valenti et al., 2021). Assim, ao considerar a maricultura brasileira, deve-se levar em consideração empreendimentos que em geral, empregam baixa mecanização com investimentos relativamente baixos (Bezerra et al., 2016).

Não obstante, algumas tentativas de cultivo em larga escala foram tentadas e outras ainda seguem em curso. Notadamente o empreendimento da Aqualider é um dos maiores exemplos disso. A empresa aberta em 2009 contava com infraestrutura verticalizada de produção e com projeções de 5 a 7 mil toneladas anuais (Nunes, 2014). Entretanto, essas previsões não se concretizaram. Diversos fatores levaram à falência da Aqualider em 2011, como o atropelamento das estruturas de cultivos por embarcações, um pacote tecnológico imaturo, a inviabilidade de fazer seguro devido ao alto prêmio e a poluição advinda da região metropolitana de Recife que frequentemente chegava à fazenda (Cavali et al., 2011). Mais recentemente, um consórcio espanhol demonstrou interesse em fazer uma fazenda de bivalves no litoral do Rio de Janeiro (Prefeitura de Cabo Frio, 2018). Apesar do investimento esperado suplantando os 400 milhões de reais e a obtenção de licenças e apoio da comunidade local, a implementação não foi

concretizada. Dentre as principais justificativas pelo insucesso está a pandemia de Covid-19, porém ainda há a expectativa que o projeto seja executado (Seafood Brasil, 2021).

Mesmo sendo considerada uma atividade produtiva socioeconomicamente importante e usualmente de baixa escala, a maricultura gera impactos ambientais. Além da perda de habitats na carcinicultura discutida anteriormente, outros pontos merecem atenção. Restos de ração e fezes dos peixes constituem uma forma potencial de eutrofização e disseminação de doenças no mar (Braña et al., 2021). Além disso, por ser uma atividade desenvolvida em áreas valorizadas do litoral, principalmente no sudeste do Brasil, conflitos pelo uso do espaço também são um obstáculo para seu desenvolvimento (Tičina et al., 2020).

Espécies marinhas cultivadas e o sistema multitrófico

Atualmente, há um número razoavelmente restrito de espécies disponíveis para o cultivo em pequena escala no Brasil. Por outro lado, elas pertencem a uma grande variedade taxonômica. Pode-se dividir em três grupos principais: algas, moluscos bivalves e peixes. Esse primeiro é representado principalmente pela *Kappaphycus alvarezii* e é considerado de baixa rentabilidade ou que necessita de grandes áreas para se tornar lucrativo (Nogueira e Henriques, 2020; Silva et al., 2022). Com isso, para o presente momento, algas não foram incluídas nesse estudo. Entretanto, é notória a produtividade da algicultura em termos de biomassa: 35,1 das 68,1 milhões de toneladas produzidas pela maricultura mundial provem do cultivo de algas (FAO, 2022).

Já para os moluscos, há três espécies principais, o mexilhão *Perna perna*, a ostra gigante do Pacífico *Crassostrea gigas* e a vieira *Nodipecten nodosus*. A primeira dessas espécies notabiliza-se pela facilidade de obtenção de formas jovens, que pode ser conseguida pelo uso de coletores no mar e pelo preço de venda relativamente baixo, característica que a torna menos atrativa (Silva et al., 2022). Enquanto isso, *C. gigas* possui características complementares, ou seja, alto valor e baixa disponibilidade de sementes, obtidas somente laboratórios em Santa Catarina (Landuci, 2020).

O último bivalve, a vieira *N. nodosus* (Figura 2), é uma importante opção para maricultores brasileiros (Silva et al., 2022). Pertence à família *Pectinidae*, cujo comprimento de concha pode atingir 18 cm (Rupp e Parsons, 2016). Sua atratividade se dá sobretudo devido ao alto valor comercial (Landuci, 2020). Tal como *C. gigas*, o desenvolvimento da pectinicultura no Brasil enfrenta grandes obstáculos pela

dificuldade de obtenção de formas jovens devido à escassez de laboratórios para esse fim (Marques et al., 2018). Diferente de *C. gigas* em que toda a larvicultura ocorre em Santa Catarina, para a Vieira há os mesmos laboratórios no sul do país e um adicional no Rio de Janeiro que possui capacidade de realizar larvicultura em escala comercial. Contudo esse último encontra dificuldades para suprir a demanda em virtude de eventos de mortalidade na região (Landuci, 2020). O cultivo de *N. nodosus* ocorre majoritariamente em espinhéis, também denominados *longlines*, caracterizados por um cabo mestre paralelo à superfície, onde são instaladas as estruturas de cultivo denominadas lanternas, cilindros com pratos transversais em forma de andares para alojar os bivalves (Marques et al., 2018).



Figura 2: Vieira *Nodipecten nodosus*

Com relação à piscicultura marinha brasileira, o bijupirá *Rachycentron canadum* tem sido apontado como uma das espécies mais promissoras (Hamilton et al., 2013). Este peixe pertence à família *Rachycentridae* e pode alcançar, no ambiente natural, o peso de 55 kg e, comprimento superior a 1,5 m (Estrada et al., 2016). Uma de suas principais características morfológicas é a faixa lateral branca (Figura 3). Dentre seus aspectos produtivos de destaque pode-se citar o crescimento rápido, bom valor de mercado e a disponibilidade da tecnologia de cultivo (Bergamo et al., 2021). Assim como a Vieira, a obtenção de formas jovens também é um fator limitante para o desenvolvimento da produção de bijupirás no Brasil (Bezerra et al., 2016). A estrutura de produção utilizada

é o tanque rede (Bostock et al., 2010), formado por flutuadores cercando uma área a partir da qual são instaladas redes que impedem a fuga durante o cultivo.



Figura 3: Exemplo de bijupirá adulto *Rachycentron canadum*.

(Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Rachycentron_canadum.jpg)

Em uma perspectiva alternativa dos monocultivos já realizados tradicionalmente no Brasil, surgiu a aquicultura integrada multitrófica (AIMT), que difere do modelo anterior por empregar simultaneamente cultivos de espécies pertencentes a níveis tróficos diferentes (Knowler et al., 2020). Tipicamente, esse sistema possui um componente em que as espécies cultivadas são alimentadas (peixes), um componente extrativo inorgânico em que as espécies se alimentam de material inorgânico dissolvido na água (algas) e um extrativo orgânico no qual as espécies se alimentam da matéria orgânica particulada (moluscos e equinodermos) (Chopin et al., 2012). A adoção da AIMT permite que alguns dos impactos citados anteriormente sejam mitigados, além de oferecer outros benefícios sociais e econômicos (Bergamo et al., 2021).

Nesse contexto, o componente extrativo inorgânico representado pelos moluscos é uma possibilidade de mitigação dos impactos da piscicultura, através da remoção de nutrientes em excesso (Chopin et al., 2012). Por outro lado, a efetiva capacidade de biorremediação ainda não é conhecida (Petersen et al., 2016). No que tange a produção dos moluscos em si, a AIMT é vista como uma forma possível de aumentar as taxas de crescimento em decorrência da maior disponibilidade de alimento (Knowler et al., 2020; Mazón-Suástegui et al., 2022, Silva et al., 2022).

A adoção de sistemas AIMT podem acarretar ainda um aumento no valor agregado das espécies cultivadas (Braña et al., 2021). Um exemplo disso é que mesmo antes de trabalhos de sensibilização, a população portuguesa mostrou reconhecer a importância da AIMT (Correia et al., 2020). Já na Irlanda, consumidores se mostraram

dispostos a pagar *premiums* pela origem sustentável de produtos da aquicultura multitrófica integrada (Van Osch et al., 2017).

Diante da possibilidade dos possíveis benefícios supracitados, estudos de viabilidade econômica continuam a ser de vital importância para o desenvolvimento e consolidação da atividade. Estudos econômicos para sistemas AIMT já foram realizados no Brasil (Bergamo et al., 2021; Silva et al., 2022), porém, não foram encontrados trabalhos na literatura abordando o bijupirá e a vieira. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a viabilidade econômica da atividade que integra o cultivo *Rachycentrum canadum* e *Nodipecten nodosus*, bem como comparar com o desempenho que elas teriam caso fossem cultivadas isoladamente.

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a viabilidade econômica de um cultivo multitrófico integrado envolvendo a vieira (*Nodipecten nodosus*) e o bijupirá (*Rachycentron canadum*).

OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar a lucratividade e resiliência do sistema multitrófico integrado perante os monocultivos tradicionais de vieira e bijupirá.

REFERÊNCIAS

- Anticamara, J.A, Watson, R., Gelchu, A., Pauly, 2011. Global Fishing Effort (1950- 2010): Trends, gaps, and Implications. *Fish. Res.* 107(1-3), 131-136. [10.1016/j.fishres.2010.10.016](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.10.016)
- Barroso, R.M., Muñoz, A.E.P, Cai, J 2019. Social and economic performance of tilapia farming in Brazil. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. FAO, Roma (2019), 1181, 44p.
- Bergamo, G.C.A., Olier, B.S., de Sousa, O.M., Kuhnen, V.V., Pessoa, M.F.G., Sanches, E.G., 2021. Economic feasibility of mussel (*Perna perna*) and cobia (*Rachycentron canadum*) produced in a multi-trophic system. *Aquac. Int.* 29, 1909-1924. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00762-x>.
- Bezerra, T.R.Q., Domingues, E.C., Maia Filho, L.F.A., Rombenso, A.N., Hamilton, S., Cavalli, R.O., 2016. Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in large and small-scale production systems in Brazil. *Aquac. Int.* 24, 609-622. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9951-2>.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Littler, D., Ross, L., Handisyde, N., Gatward, I., Corner, R., 2010. Aquaculture: Global status and trends. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 2897-2912. [doi:10.1098/rstb.2010.0170](https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0170)
- Braña, C.B.C., Cerbule, K., Senff, P., Stolz, I.K., 2021. Towards Environmental Sustainability in Marine Finfish Aquaculture. *Front. Mar. Sci.* 8:666662. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.666662>
- Cavali, R.O., Domingues, E.C., Hamilton, S., 2011. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. *R. Bras. Zootec.* 40, 155-164.
- Chopin, T., Cooper, J.A., Reid, G., Cross, S., Moore, C., 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Rev. Aquacult.* 4, 209-220. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01074.x>.
- Correia, M., Azevedo, I.C., Peres, H., Magalhães, R., Olivia-Teles, A., Almeida, C.M.R., Guimarães, L., 2020. Integrated Multi-Trophic Aquaculture: A Laboratory and Hands-on Experimental Activity to Promote Environmental Sustainability Awareness and Value of Aquaculture Products. *Front. Mar. Sci.* 7:156. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00156>
- Estrada, U.R., Yasumaru, F.A., Tacon, A.G.J., Lemos, D., 2016. Cobia (*Rachycentron canadum*): A Selected Annotated Bibliography on Aquaculture, General Biology and Fisheries 1967-2015. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 0 (0), 1-97. <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2015.1088821>
- FAO. 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Hamilton, S., Severi, W., Cavalli, R.O., 2013. Biologia e aquicultura do beijupira: Uma revisão. Bol. Inst. Pesca. 39, 461-477.

Kirchner, R.M., Chaves, M.A., Silinske, J., Essi, L., Scherer M.E, Durigon, E.G., 2016. Análise da produção e comercialização do pescado no Brasil. Rev. em Agronegocio e Meio Ambient., 10(2), 168-177. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.2783>

Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Espiñeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., Reid, G., 2020. The economics of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: where are we now and where do we need to go? Rev. Aquac. 19, 1-16. <https://doi.org/10.1111/raq.12399>.

Lacerda, L.D., Ward, R.D., Godoy, M.D.P., Meireles, A.J.A., Borges, R., Ferreira, A.C., 2021. 20-Years cumulative impact from shrimp farming on mangroves of Northeast Brazil. Front. For. Glob. Change. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.653096>

Landuci, F.S., 2020. Plano estratégico para o desenvolvimento sustentável da aquicultura costeira Fluminense: 2021-2031, first ed. Pod, Rio de Janeiro.

Marques, H.L.A., Galvão, M.S.N., Garcia, C.F., Henriques, M.B., 2018. Economic analysis of scallop culture at the north coast of São Paulo State, Brazil. Bol. Inst. Pesca. 44(2), e290. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.290>.

Mazón-Suástegui, J.M., Arcos-Ortega, G.F., Contreras-Mendoza, C.N., Medina-Sánchez, J.R., Chávez-Villalba, J., Lodeiros, C., Cruz-Flores, R., López-Carvalho, J.A., 2022. Enhanced growth of the pleasure oyster *Crassostrea corteziensis* cultured under integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) concept, using farm effluents of shrimp *Penaeus vannamei*. Aquac. Res. <https://doi.org/10.1111/are.16005>

Nogueira, M.C.F., Henriques, M.B., 2020. Large-scale versus family-sized system production: economic feasibility of cultivating *Kappaphycus alvarezii* along the southeastern coast of Brazil. J. Appl. Phycol. 32, 1893-1905. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02107-2>.

Nunes, A.J.P., 2014. Ensaio com o Beijupirá: *Rachycentron canadum*. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 352p.

Petersen, J.K., Saurel, C., Nielsen, Timmermann, K., 2016. The use of shellfish for eutrophication control. Aquacult. Int. 24, 857-87. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9953-0>

Prefeitura de Cabo Frio, 2018. Empresa espanhola vai instalar fazenda de maricultura em Cabo Frio. Disponível em: <https://cabofrio.rj.gov.br/empresa-espanhola-vai-instalar-fazenda-de-maricultura-em-cabo-frio/>. Acesso em 29 de setembro de 2022

Rupp, G.S., Parsons, G.J., 2016. Aquaculture of the Scallop *Nodipecten nodosus* in Brazil. In: Shumway, S., Parsons, G.J. (eds.). *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*, 3rd ed. Elsevier Science, Amsterdam.

Seafood Brasil, 2021. Com aquicultura 4.0, MSB busca novo significado para maricultura. Disponível em: <https://www.seafoodbrasil.com.br/com-aquicultura-40-msb-busca-novo-significado-para-maricultura>. Data de acesso: 29 de setembro de 2022

Silva, E.G., Castilho-Barros, L., Henriques, M.B., 2022. Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in Southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model. *Aquac.* 552, 738031. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738031>

Tičina, V., Katavić, I., Grubišić, L., 2020. Marine Aquaculture Impacts on Marine Biota in Oligotrophic Environments of the Mediterranean Sea – A Review. *Front. Mar. Sci.* 7(217). <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00217>

Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O., 2021. Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquac. Rep.* 19, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.

Van Osch, S., Hynes, S., O'Higgins, T., Campbell, D., Freeman, S., 2017. Estimating the Irish public's willingness to pay for more sustainable salmon produced by integrated multi-trophic aquaculture. *Mar. Pol.* 84, 220-227. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.005>

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

“Economic feasibility of small-scale aquaculture scallop (*Nodipecten nodosus*) and cobia (*Rachycentron canadum*) in a multitrophic system”

Artigo redigido nas normas do periódico científico

Aquaculture

QUALIS A1

Economic feasibility of small-scale aquaculture scallop (*Nodipecten nodosus*) and cobia (*Rachycentron canadum*) in a multitrophic system

Matheus Pires Sergio^{a*}, Rodrigo Francisco Prieto^b, Marcelo Barbosa Henriques^{a,b}

^aInstituto de Pesca - Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca. Governo do Estado de São Paulo. Av. Bartolomeu de Gusmão, 192, Ponta da Praia, 11030-906, Santos (SP), Brazil.

^bUniversidade Metropolitana de Santos - Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária no Meio Ambiente Litorâneo - Av. Gen. Francisco Glicério, 8, 11045-002, Santos (SP), Brazil.

*Corresponding author: matheupsergio@gmail.com (M.P. Sergio).

Running title: Economic feasibility of the scallop and cobia IMTA system

Resumo

Este estudo avaliou uma área de 5.000 m², na costa sudeste do Brasil, para o monocultivo da vieira *Nodipecten nodosus* em seis *longlines* de 100 m (cenário A), monocultivo do bijupirá *Rachycentron canadum* em doze tanques rede de 355 m³ (cenário B) e implantação do sistema de aquicultura multitrófica integrada (AIMT) (cenário C), com as duas espécies, em cinco *longlines* e seis tanques rede de mesmas dimensões utilizadas nos cenários A e B, objetivando conferir maior lucratividade e resiliência que os monocultivos tradicionais. Foram estimados investimentos, custos operacionais e rentabilidade para os três cenários de acordo com a variação na sobrevivência, produtividade e preços de comercialização. Os indicadores financeiros e de rentabilidade apresentaram valores positivos em todas as condições propostas para os três cenários avaliados, a partir do segundo preço de comercialização, R\$ 45,00/dz de vieira e R\$ 30,00/kg de bijupirá, valores ainda considerados subestimados para o mercado regional. Nestas condições, o Período de Recuperação do Capital (PRC) na pior condição avaliada foi de 3,2 anos, ainda considerado de baixo risco para o investimento realizado. De acordo com as particularidades aqui descritas, houve viabilidade econômica com retornos sempre acima da taxa mínima de atratividade de 12%. O sistema AIMT apresentou ligeira vantagem com relação à viabilidade econômica, para os maiores preços de comercialização, demonstrando ser mais atrativo para o empreendedor. A diversificação da produção é uma opção interessante mesmo com o maior investimento associado, podendo favorecer o retorno econômico e mitigar os riscos dos sistemas de pequena escala dedicados aos monocultivos, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico regional.

Palavras-chave: AIMT; aquicultura integrada multitrófica; costa sudeste do Brasil; moluscos bivalves; monocultivo; relação benefício-custo

Abstract:

This study evaluated an area of 5,000 m², on the southeastern coast of Brazil, for the monoculture of the scallop *Nodipecten nodosus* in six 100 m longlines (Scenario A), monoculture of the cobia *Rachycentron canadum* in twelve net tanks of 355 m³ (scenario B) and implementation of the integrated multitrophic aquaculture system (IMTA) (scenario C), with the two species, in five longlines and six net tanks of the same dimensions used in scenarios A and B, aiming to provide greater profitability and resilience than traditional monocultures. Investments, operating costs, and profitability were estimated for the three scenarios according to the variation in survival, productivity and market prices. The financial and profitability indicators showed positive values in all the conditions proposed for the three scenarios evaluated, from the second commercialization price, US\$ 9.00/dz of scallop and US\$ 6.00/kg of cobia, prices still considered undervalued for the regional market. Under these conditions, the Payback Period (PP) in the worst condition evaluated was 3.2 years, still considered low risk for the investment made. According to the particularities described here, there was economic viability with returns always above the minimum attractiveness rate of 12%. The AIMT system showed a slight advantage in relation to economic viability, for the highest commercialization prices, proving to be more attractive to the entrepreneur. The diversification of production is an interesting option even with greater associated investment, which can favor economic returns and mitigate the risks of small-scale systems dedicated to monocultures, contributing to the regional socioeconomic development.

Keywords: benefit-cost ratio; bivalve mollusks; IMTA; integrated multi-trophic aquaculture; monoculture; southeastern coast of Brazil

1. Introdução

A produção de pescado, proveniente da aquicultura e da pesca, vem se tornando cada vez mais importante para a alimentação humana, contribuindo com cerca de 17% da proteína de origem animal consumida pelo homem, com a aquicultura assumindo destaque, ultrapassando a pesca em volume produzido (FAO, 2022). Esta, por sua vez está com os números estagnados, há cerca de trinta anos, mesmo com o aumento do esforço de pesca, sugerindo que os principais estoques pesqueiros mundiais estão sobrexplotados (Canovas-Molina et al., 2021).

A produção aquícola brasileira ainda é incipiente quando comparada à de outros países, principalmente da Ásia, devido, principalmente, à consolidação e aplicação de políticas públicas que priorizem alternativas de maior impacto socioeconômico, visando aproveitar o potencial regional (Nogueira e Henriques, 2020; Cavalli, 2022).

A aquicultura continental, realizada em águas interiores, gera impacto considerável na utilização de água, solo e energia, equiparáveis ou até maiores a outras modalidades de pecuária, como a suinocultura e bovinocultura (Poore e Nemeek, 2018). Isso, contudo, ainda é alvo de discussão, visto que os métodos de cálculo não são totalmente padronizados, além da própria variabilidade que pode ocorrer dentro de cada tipo de atividade produtiva (Guzmán-Luna et al., 2021).

Para a aquicultura marinha, sugere-se que o impacto seja menor (Gephart et al., 2014), porém não há consenso quando se trata da piscicultura devido ao aporte de ração (Benetti et al., 2021). No Brasil, esse problema é relativamente minimizado devido à baixa escala de produção e diversidade de organismos produzidos quando comparado a outros países (Bergamo et al., 2021). De qualquer forma, a atividade apresenta desafios próprios, um dos principais é a falta de controle do ambiente marinho, sujeitando os cultivos às intempéries como tempestades, marés meteorológicas, furtos e aparecimento de patógenos, tornando a atividade de risco (Marques et al., 2018). Eventos recentes de mortalidade de pectinídeos causaram grandes perdas econômicas no Chile e no Brasil (Rojas et al., 2019; Landuci, 2020). Tais riscos tendem a ser potencializados por conta das mudanças climáticas (Maulu et al., 2021).

Uma fundamental diferença dentro da aquicultura marinha é a dependência ou não de arraçoamento (Barrett et al., 2022). Na primeira categoria encontram-se peixes e crustáceos, enquanto na segunda moluscos bivalves e macroalgas, que são capazes de obter a energia a partir dos elementos presentes na água. No caso dos bivalves, esses

seres filtradores se alimentam de partículas orgânicas em suspensão e fitoplâncton que utilizam os compostos inorgânicos para realizar fotossíntese (Grant e Pastres, 2019).

Em casos de empreendimentos aquícolas que utilizam ração, esta pode representar mais de 50% dos custos operacionais (Philips, 2009), podendo chegar até a 78% (Bezerra et al., 2016). Além disso, a descarga de matéria orgânica no mar, resultante do processo de alimentação, pode representar uma fonte poluidora e de eutrofização para o ambiente marinho (Chopin et al., 2012), acarretando maior deposição de sedimento no substrato, podendo alterar a composição bentônica e a dinâmica de correntes aquáticas (Rosa et al., 2019).

Nesse contexto, a aquicultura integrada multitrófica (AIMT) pode apresentar uma forma de otimizar os recursos gastos e mitigar possíveis impactos. Ela é caracterizada pelo cultivo simultâneo e em proximidade de espécies pertencentes a níveis tróficos diferentes (Knowler et al., 2020). Um dos seus princípios fundamentais é que os diferentes cultivos possam atuar de forma sinérgica fazendo com que o resultado da integração seja melhor do que se os cultivos fossem feitos separadamente (Chopin et al., 2012; Silva et al., 2022). A partir de nutrientes e matéria orgânica em excesso proveniente do arraçamento de peixes, moluscos bivalves obtêm alimento e podem crescer em taxas superiores às usuais (Bergamo et al., 2021). Com isso, há mitigação da eutrofização, aumento da produtividade e conseqüentemente ganhos econômicos (Chopin et al., 2012; Petersen et al., 2014).

Outro fator que pode representar um potencial benefício dos cultivos multitróficos integrados é o valor agregado que pode surgir em função de práticas ambientalmente corretas. Em estudo realizado no Canadá, cerca de 50% dos consumidores se mostraram dispostos a pagar até 10% a mais por produtos cuja origem fosse a aquicultura multitrófica (Ridler et al., 2007).

Na aquicultura marinha brasileira poucas espécies se mostraram lucrativas para empreendimentos de grande escala, devido, entre outros fatores ao baixo valor de comercialização (Nogueira e Henriques, 2020; Silva et al., 2022), dificuldade para obter formas jovens (Marques et al., 2018, Landuci, 2020) e uma cadeia produtiva restrita e pouco desenvolvida (Valenti et al., 2021).

A adoção de modelos de cultivos multitróficos podem ser alternativas econômicas, porém ainda são pouco explorados no país (Bergamo et al., 2021). Assim, este estudo visou avaliar a viabilidade econômica de um cultivo multitrófico integrado envolvendo a vieira (*Nodipecten nodosus*) e o bijupirá (*Rachycentron canadum*),

considerando a geração de renda adicional para os produtores envolvidos. Pesquisas sobre a viabilidade técnica e econômica da AIMT das duas espécies citadas ainda não foram publicadas no Brasil ou em nenhum outro lugar do mundo. A hipótese é que esse sistema, embora de maior investimento, possa ser mais lucrativo e resiliente que os monocultivos tradicionais de vieira e bijupirá.

2. Material e métodos

2.1. Caracterização do cultivo

Foram avaliados o monocultivo da vieira *N. nodosus* (cenário A), o monocultivo de bijupirá *R. canadum* (cenário B) e um cultivo integrado (AIMT) com as duas espécies (cenário C), na região da baía de Ilha Grande, litoral da região Sudeste do Brasil (23°S; 44°O) (Fig. 1), caracterizada por águas abrigadas, temperatura e profundidade propícias para a aquicultura (Silvestri et al., 2018).

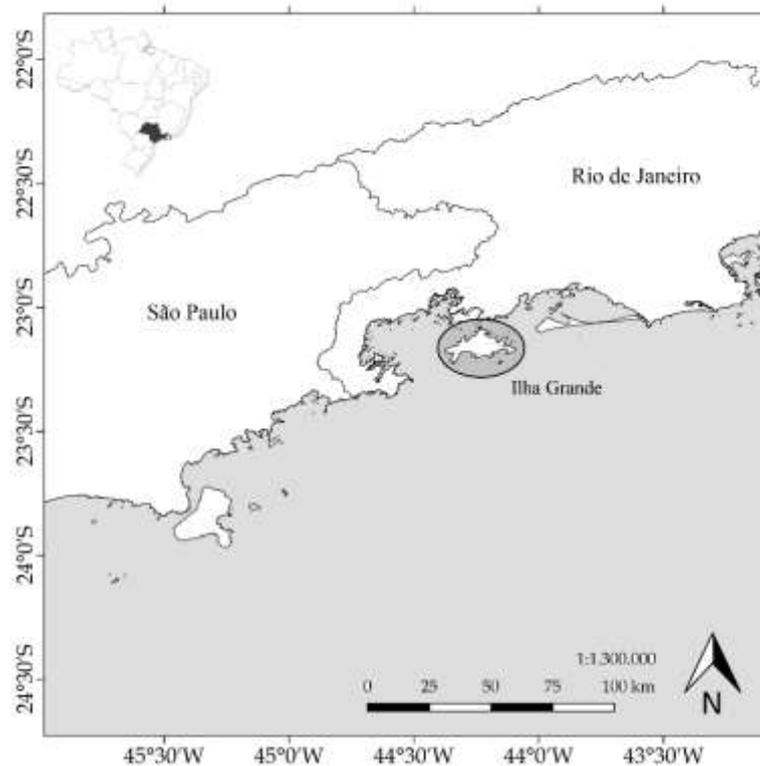


Fig. 1. Litoral da região sudeste do Brasil, com destaque para a área de estudo, baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro.

No presente estudo, para os três cenários, foi utilizado como unidade de produção aquícola uma área de 5.000 m² (125 m x 40 m), tamanho definido através de informações obtidas com produtores da região, onde foi constatado que a maioria não ocupa totalmente suas áreas de produção quando licenciadas, geralmente maiores que 5.000 m².

Para o cenário A, a área contém seis longlines de 100 m de comprimento, com 100 lanternas de oito pisos, cada, destinadas ao monocultivo de vieiras (Fig. 2a). Para o cenário B, doze tanques rede de 355 m³ (12 m diâmetro x 6 m profundidade) para o monocultivo de bijupirás (Fig. 2b). Para o cenário C, no sistema AIMT proposto, cinco longlines e seis tanques rede de mesmas dimensões utilizadas nos cenários A e B (Fig. 2c).

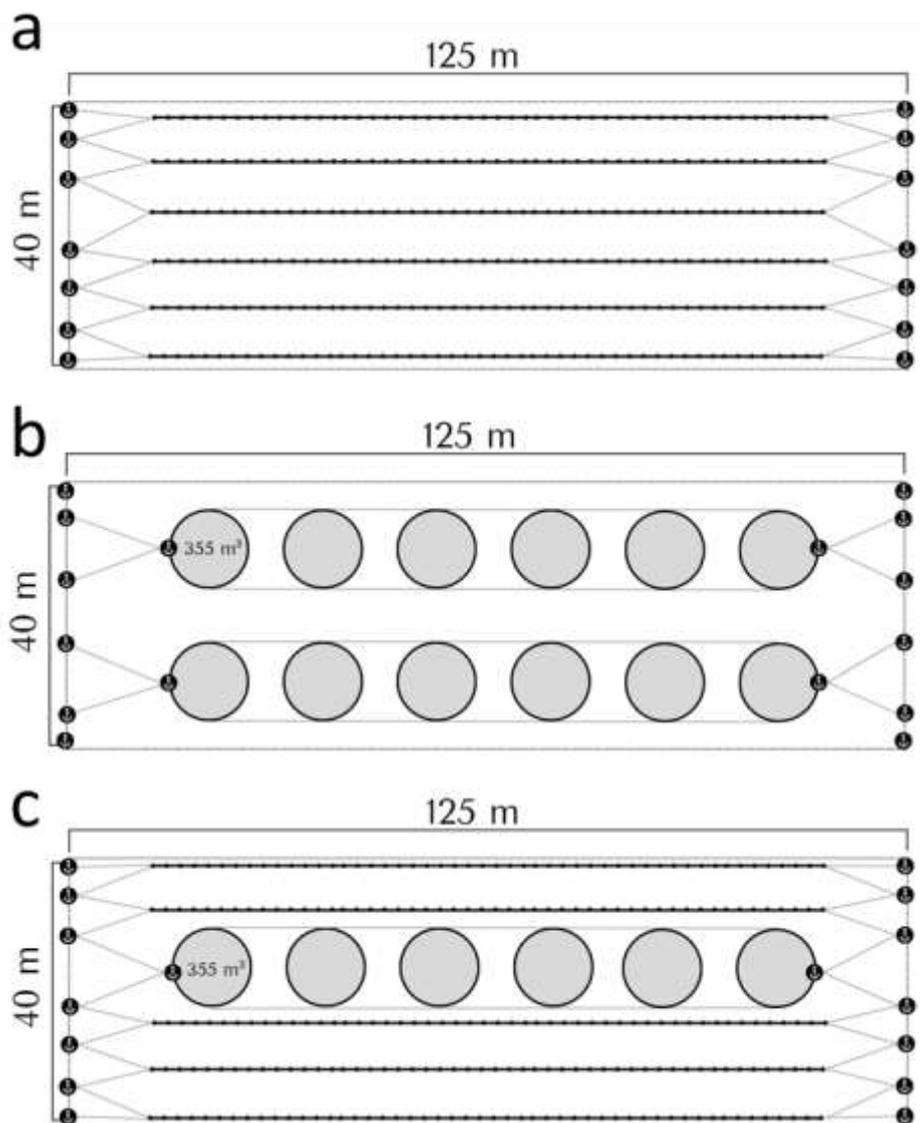


Fig. 2. Representação das estruturas de cultivo. Layout dos sistemas de produção (*longlines* e tanques-rede). Onde: (a) monocultivo de vieiras - cenário A; (b) monocultivo de bijupirás - cenário B; (c) sistema AIMT proposto - cenário C.

O comprimento dos cabos de amarração utilizados para suportar as estruturas de cultivo é igual a três vezes a profundidade média do local, resultando em 300 m de cabos, respeitando o limite de 5.000 m² de área do empreendimento aquícola. Os *longlines* e tanques rede foram ancorados por vinte e quatro poitas de concreto de 900 kg. Todas estruturas montadas foram sinalizadas por boias de arinque, de acordo com as normas de sinalização de áreas de aquicultura contidas na Norma 17 da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN, 2017).

Cenários avaliados – aspectos técnicos e econômicos

Entre janeiro e março de 2022, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com produtores locais da baía de Ilha Grande e adjacências, estado do Rio de Janeiro, para obtenção de informações técnicas e econômicas sobre a atividade aquícola. Utilizou-se a técnica metodológica denominada “*snowball sampling*”, onde os primeiros entrevistados indicam novos participantes até atingir o ponto de saturação, que ocorre quando os novos entrevistados passam a repetir os conteúdos já obtidos em entrevistas anteriores, sem acrescentar novas informações relevantes à pesquisa (Parker et al., 2019).

O questionário foi analisado pelo comitê de ética por meio da Plataforma Brasil (nº processo 59669022.1.0000.5279), banco de dados brasileiro e unificado de registros de pesquisas envolvendo seres humanos. Por meio da aplicação deste questionário, foi possível verificar os fatores de produção e dados sobre a comercialização. A partir dessas informações, foi possível modelar os fatores de produção e índices zootécnicos dos três cenários para posterior estimativa de custos e rentabilidade do empreendimento, representados na tabela 1.

Tabela 1

Fatores de produção e índices zootécnicos para os três cenários avaliados: monocultivo de vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A); monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022).

Item	Unidade	Cenário A	Cenário B	Cenário C
Ciclo de Produção - vieira	mês	12		12
Ciclo de Produção/ano	nº	1		1
<i>Longlines</i>	nº	6		5
Lanternas por <i>longline</i>	nº	100		100
Vieiras por lanterna	nº	200		200
Vieiras por <i>longline</i>	nº	20000		20000
Sementes vieiras total	mil	120		100
Taxa de sobrevivência	%	60 a 70		60 a 70
Número final de vieiras por ano	dz	6000 a 7000		5000 a 5833
Ciclo de Produção - bijupirá	mês		12	12
Ciclo de Produção/ano	nº		1	1
Tanques rede	nº		12	6
Volume total	m ³		4260	2130
Juvenis	nº		12780	6390

Taxa de sobrevivência	%	60 a 70	60 a 70
Unidades totais por ano	nº	7668 a 8946	3834 a 4473
Peso final	kg	3	3
Produção de bijupirás por ano	kg	23004 a 26838	11502 a 13419

Fonte: Dados da pesquisa.

O ciclo de produção utilizado para os três cenários foi de 12 meses (Tabela 1), tanto para a vieira como para o bijupirá, pois mesmo considerando o aporte de nutrientes para os moluscos provenientes da piscicultura no cenário C, optou-se por adotar uma posição conservadora devido às controvérsias existentes com relação a redução do tempo de cultivo em sistemas AIMT (Sanz-Lazaro e Sanchez-Jerez, 2017).

A obtenção de sementes de *N. nodosus* ocorre a partir de um laboratório em Santa Catarina, região sul do Brasil, no momento o único no país capaz de atender a demanda comercial, distante cerca de 1.000 km do empreendimento. A taxa de sobrevivência final variou de 60% a 70%, estipuladas levando em consideração episódios de mortalidade já observados anteriormente, e que poderiam ainda ocorrer no ambiente local (Marques et al., 2018; Garcia et al., 2022).

Os alevinos de *R. canadum* são obtidos de uma empresa da região. Para seu cultivo adotou-se a densidade de 3 peixes/m³ (Hamilton et al., 2013; Bergamo et al., 2021) e taxas de sobrevivência também de 60 a 70% (Sanches et al., 2008; Bergamo et al., 2021). O peso médio por peixe ao final do ciclo produtivo de um ano foi de 3 kg (Bezerra et al., 2016; Bergamo et al., 2021). A dieta foi baseada em ração comercial e *trash fish* (resíduos de pesca), ministrados na mesma proporção. A taxa de conversão alimentar utilizada foi de 3:1, considerando a média de 2:1 (Bergamo et al., 2021; Domingues et al., 2014) para o consumo de ração e de 4:1 para o de *trash fish* (Benetti et al., 2021; Bergamo et al., 2021).

Em todos os cenários, além dos dois empregados fixos do empreendimento, foi contratado mão de obra temporária de dois funcionários para auxiliar nas atividades de semeadura e colheita de vieiras (cenário A); e um funcionário para ajudar na despesca de bijupirás (cenário B). No cenário C, também se utilizou dois funcionários temporários.

2.2. Análise econômica

As estruturas de investimento, custeio, indicadores financeiros e de rentabilidade basearam-se em metodologias já aplicadas e validadas em diferentes estudos recentes de viabilidade econômica de projetos aquícolas marinhos (Nogueira e Henriques, 2020;

Bergamo et al., 2021; Silva et al., 2022). O levantamento dos preços foi realizado, prioritariamente, junto aos fornecedores e produtores locais.

Para o cálculo do custo de produção utilizou-se o Custo Operacional Efetivo (COE), onde são considerados os custos referentes apenas aos gastos realizados na condução da atividade, tais como mão de obra e insumos; o Custo Operacional Total (COT) que corresponde ao COE somados aos custos correspondentes aos encargos sociais, encargos financeiros e depreciação dos equipamentos; e o Custo total de produção (CTP) que é a soma do COT adicionada aos custos relativos aos juros anuais do capital de investimento (Nogueira e Henriques, 2020).

Outros indicadores de rentabilidade descritos por Martin et al. (1998) também foram utilizados: Renda Bruta (RB): produção de *N. nodosus* e/ou *R. canadum* por dúzia ou quilo, respectivamente, multiplicados por seus respectivos preços de comercialização; Lucro Operacional (LO): diferença entre RB e COT, esse indicador mede a rentabilidade de curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade; Margem bruta (MB): margem em relação ao COT, isto é, o resultado obtido após o produtor arcar com o custo operacional, considerando determinado preço de venda da dúzia de *N. nodosus* e/ou kg de *R. canadum* e a produtividade do sistema de produção; e Índice de Lucratividade (IL): relação entre LO e RB, em porcentagem, este indicador mostra a taxa de receita disponível do cultivo após o pagamento de todos os custos operacionais envolvidos.

O fluxo de caixa permite mostrar a situação monetária da atividade e constitui o resultado para cobrir demais custos fixos, riscos e retorno do capital, ele foi construído dentro de um horizonte de tempo de 10 anos, sendo os investimentos iniciais realizados no ano zero, ou seja, na implantação do empreendimento e a taxa de desconto de 12% ao ano, considerada a taxa mínima de atratividade (TMA), valor compatível com a taxa de juros atual para o crédito rural no Brasil.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é um importante indicador de viabilidade econômica, usualmente utilizada em conjunto com a TMA para a tomada de decisão. Essa é definida como retorno esperado caso o capital fosse investido em uma outra atividade de renda fixa de baixo risco ou o retorno médio do mercado a ser analisado. Dessa forma, o empreendimento só é viável economicamente caso a TIR seja maior que a TMA (Engle et al., 2005).

A TIR modificada (TIRm) propõe que o fluxo de caixa gerado seja reinvestido pela TMA e que as saídas sejam reinvestidas pela taxa de juros de mercado, adotando

uma postura mais conservadora na análise do empreendimento, seus resultados permitem decidir pela execução do projeto com maior segurança (Castilho-Barros et al., 2019).

O Valor Presente Líquido (VPL), é o montante que o empreendedor teria ao final do horizonte de tempo do projeto, aqui estipulado em 10 anos, porém ajustado para o valor no presente (Shang, 1990). Assim como o VPL, o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) também representa o ganho esperado de um investimento. A diferença é que, ao comparar projetos de longo prazo, mas com diferentes tempos de atividade, o VPL não apresenta resultados corrigidos. Portanto, quando as propostas de investimento avaliadas possuem periodizações diferentes, como na maioria dos casos, recomenda-se aplicar o VPLa (Castilho-Barros et al., 2019).

O Período de Recuperação do Capital (PRC) é o tempo necessário em anos para que o investimento se pague, ou seja, para recuperar o capital inicial investido, que em conjunto com os resultados de TIR, TIRm, VPL e VPLa, torna possível optar, com menor margem de erro, qual proposta de investimento e custeio é a mais adequada, assegurando a melhor tomada de decisão do empreendedor.

Para a análise econômica, dependendo do cenário avaliado, foram considerados três componentes nos gastos: os exclusivos da pectinicultura, os exclusivos da piscicultura, os adaptados as condições do cenário C e os comuns aos três cenários.

2.3. Análise da sensibilidade e resiliência do empreendimento

Para aferir a resiliência dos cultivos nos três cenários propostos foi considerada a perda anual completa de uma safra, hipoteticamente no ano 5, que poderia ocorrer devido a condições ambientais adversas ocasionais, furtos ou doenças que poderiam acometer tanto as vieiras como os peixes. Embora a baía de Ilha Grande, local do empreendimento, não apresente características ambientais ou oceanográficas extremas a ponto de comprometer fisicamente a estrutura de produção, essa análise é extremamente necessária para auxiliar na tomada de decisão de qualquer aquicultor que tenha interesse em ingressar e investir na atividade (Shang, 1990).

Também foi considerada uma variação de 20%, para mais e para menos, sobre os preços médios de comercialização praticados na região, R\$ 36,00, R\$ 45,00 e R\$ 54,00 para a dúzia de vieira e R\$ 24,00, R\$ 30,00 e R\$ 36,00 para o kg de bijupirá. Essa análise justifica-se devido, principalmente, à sazonalidade em função da demanda dos preços de comercialização de ambas as espécies cultivadas ao longo do ano (Silva et al., 2022).

3. Resultados

O investimento para implantação do cenário A, monocultivo de vieira *N. nodosus*, representou 63,68% do necessário para o monocultivo de bijupirá *R. canadum* (cenário B).

Quando comparados ao investimento no sistema AIMT (cenário C), os monocultivos de vieira e bijupirá representaram, respectivamente, 62,25% e 98,28% do total (Tabela 2).

A aquisição de lanternas, mesmo havendo diferentes tipos em função do tamanho da malha, foram consideradas dentro de um único item no investimento, pois não há diferença de preço entre elas, foi o item que mais onerou no cenário A, representando 26,24% dos custos de investimento, já para o cenário C, houve redução, contribuindo com apenas 16,42%.

No cenário B, a aquisição de tanques rede foi o item que mais onerou, com 59,67% dos custos de investimento. A balsa de apoio, o barco de alumínio e o motor também foram despesas significativas, porém, proporcionalmente, influenciaram menos porque foram compartilhadas igualmente no investimento para os três cenários (Tabela 2).

Tabela 2

Investimentos necessários para os três cenários avaliados: monocultivo da vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A), monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022).

Item	Valor unit. ¹	Quant.	Investimento total	Vida útil (reposição) ²	Depreciação anual ³ (a)	Juros capital ⁴ (b)	Total (a+b)
Pectinicultura							
01 - Balsa (25 m ²)	70.000,00	1	70.000,00	10	7.000,00	4.200,00	11.200,00
02 - Cabo 22 mm (<i>longlines</i>)	75,00	600	45.000,00	10	4.500,00	2.700,00	7.200,00
03 - Cabo 22 mm (poitas)	75,00	300	22.500,00	10	2.250,00	1.350,00	3.600,00
04 - Bóias	150,00	60	9.000,00	5(1)	1.800,00	540,00	2.340,00
05 - Poitas (900 kg)	800,00	24	19.200,00	10	1.920,00	1.152,00	3.072,00
06 - Lanternas	140,00	600	84.000,00	5(1)	16.800,00	5.040,00	21.840,00
07 - Sistema sinalização	450,00	6	2.700,00	5(1)	540,00	162,00	702,00

08 - Mão de obra montagem (1 a 7)	300,00	30	9.000,00			1.080,00	1.080,00
09 - Lavadora de pressão (1.500 lb)	2.000,00	1	2.000,00	5(1)	400,00	120,00	520,00
10 - Caixas armazenamento e transporte	60,00	60	3.600,00	5(1)	720,00	216,00	936,00
11 - Baldes	30,00	20	600,00	5(1)	120,00	36,00	156,00
12 - Ferramentas	1.200,00	1	1.200,00	5(1)	240,00	72,00	312,00
13 - Caiaque e remo	2.500,00	1	2.500,00	10	250,00	150,00	400,00
14 - Barco de alumínio (8 m)	28.000,00	1	28.000,00	10	2.800,00	1.680,00	4.480,00
15 - Motor popa 60 hp	40.000,00	1	40.000,00	10	4.000,00	2.400,00	6.400,00
Piscicultura							
01- Tanques rede + panagem	25.000,00	12	300.000,00	10	30.000,00	18.000,00	48.000,00
02 - Sistema de ancoragem tanques	2.500,00	12	30.000,00	5(1)	6.000,00	1.800,00	7.800,00
03 - Sistema sinalização tanques	450,00	12	5.400,00	5(1)	1.080,00	324,00	1.404,00
04 - Mão de obra montagem tanques (dh)	300,00	30	9.000,00			1.080,00	1.080,00
Documentação							
01 -Taxa licenciamento ambiental	8.000,00	1	8.000,00			960,00	960,00
02 - Elaboração do projeto	3%	1	20.751,00			2.490,12	2.490,12
Total pectinicultura - Cenário A			320.175,50		39.590,00	20.853,06	60.443,06
Total piscicultura - Cenário B			502.775,50		51.280,00	31.809,06	83.089,06
Total AIMT - Cenário C			511.551,00		57.245,00	32.946,12	90.191,12

¹ Valores expressos em Reais (R\$)

² Reposição em anos

³ Depreciação método linear

⁴ Taxa de 12% aa

Fonte: Dados da pesquisa.

O custo operacional total (COT) do monocultivo de vieira representou 24,61% do necessário para o monocultivo de bijupirá, enquanto o COT do sistema AIMT correspondeu a 269,60% do monocultivo de vieira (Cenário A) e 66,36% do monocultivo de bijupirá (Tabela 3). A mão de obra foi o item que mais onerou o cenário A, seguido da aquisição de sementes. Para os cenários B e C, a alimentação (ração + *trash fish*) foi o item que mais impactou o COT. Os valores identificados no COT anual foram utilizados como despesa no cálculo do fluxo de caixa (Silva et al., 2022), considerando o Lucro Operacional (LO) para os três cenários avaliados.

Tabela 3

Custos operacionais para os três cenários avaliados: monocultivo de vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A), monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022)¹.

Item	COE	Encargos sociais	Encargos financeiros	COT	Outros custos fixos	CTP
Pectinicultura - Cenário A						
Sementes vieira	24.000,00		2.880,00	26.880,00		26.880,00
Elástico para fechamento das valvas	300,00		36,00	336,00		336,00
Mão de obra temporária	3.000,00		360,00	3.360,00		3.360,00
Depreciação equipamentos				39.590,00		39.590,00
Juros do capital de investimento					20.853,06	20.853,06
Piscicultura - Cenário B						
Juvenis bijupirá	76.680,00		9.201,60	85.881,60		85.881,60
Ração	199.368,00		23.924,16	223.292,16		223.292,16
<i>Trash fish</i> (engorda)	99.684,00		11.962,08	111.646,08		111.646,08
Mão de obra temporária	1.500,00		180,00	1.680,00		1.680,00
Depreciação equipamentos				51.280,00		51.280,00
Juros do capital de investimento					31.809,06	31.809,06
AIMT - Cenário C						
Sementes vieira	20.000,00		2.400,00	22.400,00		22.400,00
Elástico para fechamento das valvas	250,00		30,00	280,00		280,00
Juvenis bijupirá	38.340,00		4.600,80	42.940,80		42.940,80
Ração	99.684,00		11.962,08	111.646,08		111.646,08
<i>Trash fish</i> (engorda)	49.842,00		5.981,04	55.823,04		55.823,04
Mão de obra temporária	3.000,00		360,00	3.360,00		3.360,00
Depreciação equipamentos				57.245,00		57.245,00
Juros do capital de investimento					32.946,12	32.946,12
Despesas comuns aos 3 cenários						
Mão de obra permanente	29.088,00	11.635,20	4.886,78	45.609,98		45.609,98
Combustível barco	4.800,00		576,00	5.376,00		5.376,00
Material de limpeza e manutenção	1.500,00		180,00	1.680,00		1.680,00
E.P.I	2.200,00		264,00	2.464,00		2.464,00
Monitoramento ambiental	4.000,00		480,00	4.480,00		4.480,00
Água, energia elétrica e telefone	1.800,00		216,00	2.016,00		2.016,00
Total ano pectinicultura	70.688,00			131.791,98		152.645,04
Total ano piscicultura	420.620,00			535.405,82		567.214,88
Total ano AIMT	254.504,00			355.320,90		388.267,02

¹ Valores em Reais (R\$)

Fonte: Dados da pesquisa.

Para determinar os custos de produção por quilo de peixe ou dúzia de vieira foram considerados diferentes condições de sobrevivência, e conseqüentemente de produtividade, que serviram de base de cálculo para os três cenários (Tabela 1). As margens de preços de primeira comercialização, utilizados para venda de vieira (R\$ 36,00, R\$ 45,00 e R\$ 54,00) e bijupirá (R\$ 24,00, R\$ 30,00 e R\$ 36,00) são equivalentes aos

praticados pelo mercado da região, embora R\$ 36,00 para a dúzia de vieira e R\$ 24,00 para o kg de bijupirá são valores muito baixos, sendo raramente praticados no mercado regional. Mesmo adotando esta posição conservadora, observou-se que todos os custos de produção obtidos para os cenários A e C foram inferiores ao menor preço de primeira comercialização proposto. Porém, no cenário B, para uma condição de 60% de sobrevivência, o custo de produção foi ligeiramente superior, ultrapassando em R\$ 0,66 o menor preço de primeira comercialização do kg do bijupirá (Tabela 4).

Tabela 4

Custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e custo total de produção (CTP) para os três cenários avaliados: monocultivo de vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A), monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022)¹.

Custo de produção	COE		COT		CTP	
	60	70	60	70	60	70
Taxa de sobrevivência (%)	60	70	60	70	60	70
Pectinicultura - Cenário A	11,78	10,10	21,97	18,83	25,44	21,81
Piscicultura - Cenário B	18,28	15,67	23,27	19,95	24,66	21,13
AIMT - Cenário C	15,42	13,22	21,53	18,46	23,53	20,17

¹ Valores em Reais (R\$)

Fonte: Dados da pesquisa.

Os indicadores financeiros de Lucro operacional (LO), bem como os indicadores de rentabilidade de Margem bruta (MB) e Índice de lucratividade (IL) apresentaram valores positivos nos três cenários avaliados (Tabela 5). Observou-se que os valores de MB e IL obtidos foram próximos nos cenários A e C, com ligeira superioridade para o monocultivo de vieira, em decorrência de seu menor COT (Tabela 5).

Para os outros indicadores avaliados, mesmo com maiores custos operacionais e despesas de investimento, o sistema AIMT, para o maior valor de comercialização proposto, apresentou melhor retorno financeiro que os monocultivos de vieira e bijupirá, apresentando TIR e TIRm superiores. Com relação ao cenário B, no menor preço de comercialização a TIR e TIRm foram negativas, já para os cenários A e C, foram positivas, ficando acima da TMA de 12% utilizada nesta análise econômica (Tabela 5).

O VPL e VPLa dos três cenários também apresentaram valores positivos, exceção ao menor preço de comercialização e menor taxa de sobrevivência no cenário B, o que

demonstra que quanto maior o valor da venda de cada espécie, maior será sua lucratividade. Fato que se repete no Período de Recuperação do Capital (PRC) para o menor preço de venda. A partir do segundo preço, para 60% de sobrevivência, no cenário avaliado (B), o PRC é de 3,2 anos, considerado atrativo para o investidor (Tabela 5).

Tabela 5

Análise dos custos e indicadores econômicos da rentabilidade do investimento para os três cenários avaliados: monocultivo de vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A), monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022).

Taxa de sobrevivência	60%			70%		
Cenário A - Pectinicultura						
(R\$/dz)	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00
Receita Bruta (R\$/ano)	216.000,00	270.000,00	324.000,00	252.000,00	315.000,00	378.000,00
Lucro Operacional (R\$/ano)	84.208,02	138.208,02	192.208,02	120.208,02	183.208,02	246.208,02
Margem Bruta (%)	63,89	104,87	145,84	91,21	139,01	186,82
Índice de Lucratividade (%)	38,99	51,19	59,32	47,70	58,16	65,13
PN - <i>N. nodosus</i> (dz mínimo)	3661	2929	2441	3661	2929	2441
PRC (ano)	3,9	2,3	1,6	2,4	1,8	1,3
TIR	22,98%	41,86%	59,47%	35,78%	56,57%	76,64%
TIRm	15%	21%	25%	20%	25%	28%
VPL	155.618,57	460.730,61	765.842,66	359.026,60	714.990,65	1.070.954,70
VPLa	27.542,02	81.542,02	135.542,02	63.542,02	126.542,02	189.542,02
Cenário B - Piscicultura						
(R\$/kg)	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00
Receita Bruta (R\$/ano)	552.096,00	690.120,00	828.144,00	644.112,00	805.140,00	966.168,00
Lucro Operacional (R\$/ano)	16.690,18	154.714,18	292.738,18	108.706,18	269.734,18	430.762,18
Margem Bruta (%)	3,12	28,90	54,68	20,30	50,38	80,46
Índice de Lucratividade (%)	3,02	22,42	35,35	16,88	33,50	44,58
PN - <i>R. canadum</i> (kg mínimo)	22309	17847	14872	22309	17847	14872
PRC (ano)	-	3,2	1,8	4,8	1,9	1,2
TIR	-16,26%	28,21%	57,61%	17,20%	52,88%	85,50%
TIRm	-6%	17%	25%	13%	24%	30%
VPL	-408.472,28	371.394,10	1.151.260,48	111.438,64	1.021.282,75	1.931.126,87
VPLa	-72.293,13	65.730,87	203.754,87	19.722,87	180.750,87	341.778,87
Cenário C - AIMT						
Pectinicultura (R\$/dz)	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00
Piscicultura (R\$/kg)	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00

Receita Bruta (R\$/ano)	456.048,00	570.060,00	684.072,00	532.044,00	665.055,00	798.066,00
Lucro Operacional (R\$/ano)	100.727,10	214.739,10	328.751,10	176.723,10	309.734,10	442.745,10
Margem Bruta (%)	28,35	60,44	92,52	49,74	87,17	124,60
Índice de Lucratividade (%)	22,09	37,67	48,06	33,22	46,57	55,48
PN - <i>N. nodosus</i> (dz mínimo)	9870	7896	6580	9870	7896	6580
PN - <i>R. canadum</i> (kg mínimo)	14805	11844	9870	14805	11844	9870
PRC (ano)	5,1	2,5	1,7	2,9	1,8	1,3
TIR	14,69%	40,59%	63,80%	32,47%	60,00%	86,38%
TIRm	12%	21%	26%	19%	25%	30%
VPL	57.579,56	701.772,79	1.345.966,01	486.973,91	1.238.515,72	1.990.057,54
VPLa	10.190,67	124.202,67	238.214,67	86.186,67	219.197,67	352.208,67

Fonte: Dados da pesquisa.

Com relação à análise de risco, quando foi simulada a perda de uma safra (ciclo de produção), o valor de comercialização teve maior influência na rentabilidade dos três cenários analisados. Nesse caso, para 60% de taxa de sobrevivência, o retorno não foi alcançado para o menor valor de comercialização, pois as TIR e TIRm obtidas foram menores que a TMA nos três cenários. Para o cenário B, no segundo preço de comercialização (R\$ 30,00), também não foi alcançado. Para a melhor condição, 70% de sobrevivência, somente o cenário B, para o menor preço de comercialização (R\$ 24,00) foi inferior a TMA (Tabela 6).

Tabela 6

Custos e rentabilidade do investimento para os três cenários avaliados, diante da possibilidade de perda de um ciclo de produção: monocultivo de vieira *Nodipecten nodosus* (cenário A), monocultivo de bijupirá *Rachycentron canadum* (cenário B) e aquicultura multitrófica integrada vieira e bijupirá (cenário C), em 5.000 m², região sudeste do Brasil (maio de 2022).

Perda de safra (sobrevivência 60%)		Cenário A			Cenário B			Cenário C		
Valor venda - R\$/dz	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00				R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00	
Valor venda - R\$/kg				R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	
TIR	14,57%	34,28%	52,74%	-	10,94%	45,32%	1,29%	29,90%	55,29%	
TIRm	10%	16%	20%	-14%	8%	15%	5%	14%	18%	
VPL	33.054,37	307.525,36	581.996,36	-721.746,38	-20.198,52	681.349,34	-201.194,33	378.305,43	957.805,19	
VPLa	5.850,10	54.427,12	103.004,14	-127.737,68	-3.574,82	120.588,04	-35.608,21	66.954,07	169.516,35	
Perda de safra (sobrevivência 70%)		Cenário A			Cenário B			Cenário C		
Valor venda - R\$/dz	R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00				R\$ 36,00	R\$ 45,00	R\$ 54,00	
Valor venda - R\$/kg				R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	R\$ 24,00	R\$ 30,00	R\$ 36,00	

TIR	27,93%	49,71%	70,78%	-1,96%	39,84%	76,85%	20,99%	51,15%	79,66%
TIRm	14%	19%	23%	4%	14%	20%	12%	18%	22%
VPL	216.035,03	536.251,19	856.467,35	-254.047,81	564.424,69	1.382.897,20	185.077,85	861.145,65	1.537.213,46
VPLa	38.234,78	94.907,97	151.581,16	-44.962,44	99.894,23	244.750,90	32.755,85	152.409,14	272.062,44

Fonte: Dados da pesquisa.

4. Discussão

A atividade aquícola de pequena escala surgiu como alternativa viável e sustentável de geração de renda para pequenos empreendedores (Salazar et al., 2018). Os resultados obtidos no presente estudo demonstram viabilidade econômica para o litoral sudeste do Brasil dos monocultivos da vieira e do bijupirá, mas principalmente do sistema AIMT proposto, em área de 5.000 m², o que pode ser atribuído ao alto valor comercial dos produtos e à ocupação máxima da área, otimização do espaço, com utilização de estruturas de cultivo. O efeito sinérgico entre as culturas que teoricamente poderia proporcionar aumento da produtividade (Kerrigan e Suckling, 2018) e consequentemente melhorar os indicadores econômicos do sistema AIMT, não foi considerado nesta análise, assumiu-se uma posição mais conservadora, mantendo os doze meses de cultivo, por ainda haver controvérsias quanto a efetiva redução de tempo (Sanz-Lazaro e Sanchez-Jerez, 2017). Portanto, qualquer ganho em decorrência do menor tempo de cultivo não foi avaliado, o que poderia aumentar a vantagem do sistema AIMT em relação aos monocultivos propostos.

A agricultura familiar, ocupando áreas menores, é uma alternativa interessante, pela vantagem da flexibilidade (Theodoridis et al., 2020). Os dados utilizados no modelo AIMT proposto incluem os custos associados à infraestrutura e operacionais necessários para implementar a atividade em um sistema de pequena escala, nos três cenários avaliados. O sistema multitrófico permite ocupar melhor a área de cultivo e isto é essencial em locais com limitações para tamanho de áreas aquícolas.

Assim como ocorre no sudeste asiático, uma das vantagens dessa atividade costeira de pequena escala é o menor investimento inicial quando comparado aos cultivos *off shore*, geralmente de maior escala, onde o alto valor das estruturas de produção chega a onerar entre 30 e 50% do investimento (Domingues et al., 2014; Bezerra et al., 2016). Na região costeira, alvo do presente estudo, há maior condição de abrigo e proteção das marés meteorológicas, sendo possível a utilização de materiais e

equipamentos de baixo custo na confecção dos *longlines*, tanques rede e principalmente estruturas para ancoragem (Petersen et al., 2014) onerando menos o custo operacional. Entretanto, há de se ressaltar como fator desfavorável, a questão da disputa pelo território e maior necessidade de gestão de conflitos, além do problema da poluição costeira, comum na costa brasileira.

Como fator favorável, foi considerado a possibilidade de venda direta de vieiras e peixes vivos, que além do apelo socioambiental do sistema AIMT, pode obter preços de venda mais elevados do que aqueles alcançados pela venda em grandes quantidades (Silva et al., 2022). Porém, cabe salientar que a venda direta pode implicar em maior tempo para comercialização, em função da demanda, podendo comprometer o cronograma de produção. Mas como o crescimento, tanto das vieiras como dos bijupirás, é desuniforme, a despesa seletiva pode minimizar esse problema e até promover antecipação de receita e economia de ração na piscicultura.

Sistemas AIMT bem planejados podem ocupar nichos de mercado que demandam produtos com selo ambiental, sustentavelmente certificados (Largo et al., 2016). Knowler et al., (2020) afirmaram que o AIMT pode melhorar a sustentabilidade da produção, reduzir os impactos das operações aquícolas e proporcionar benefícios financeiros por meio de produtos diversificados.

A exceção do mexilhão *Perna perna* que não depende de ração nem de laboratório para obtenção de sementes (Alves et al., 2020), a aquicultura marinha brasileira encontra uma série de limitações, entre as quais, poucos laboratórios produtores de formas jovens e o alto preço da ração comercial (Kuhnen et al., 2022).

Tanto para o bijupirá, mas principalmente para a vieira há carência de laboratórios de produção de formas jovens no Brasil o que encarece o custo de produção, o aumento da oferta com certeza promoverá aumento da qualidade e diminuição do preço de alevinos e sementes. A aquisição de sementes de vieira também onerou significativamente em 17,61% o custeio da atividade no cenário A de monocultivo, já para o sistema AIMT (cenário C) caiu para apenas de 5,77%, corroborando com Marques et al. (2018) que obtiveram 14% do CTP na aquisição de sementes de *N. nodosus* para implantação do cultivo no litoral sudeste do Brasil.

Estes dados confirmam que passados cerca de cinco anos do estudo anterior, a parcela do custeio destinada a aquisição de sementes no monocultivo da vieira pouco se alterou, ressaltando mais uma vantagem econômica do sistema AIMT. Esses custos influenciam negativamente os índices de viabilidade dos empreendimentos (Miao et al.,

2009). Este fator aqui também observado influenciou os índices econômicos que poderiam ser ainda melhores caso o preço das sementes e alevinos fossem menores.

No caso da utilização de ração, há carência no Brasil de estudos nutricionais referentes especificamente ao bijupirá (Bezerra et al., 2016) que possam baratear o produto. Um dos maiores desafios continua sendo o desenvolvimento de rações comerciais práticas que sejam ecologicamente e economicamente eficientes para esta espécie. As taxas de conversão alimentar ainda são muito altas, variando de 2 a 3:1 (Cavalli, 2022). Os custos atribuídos à ração comercial utilizada na cultura de peixes marinhos variam entre 40 e 60% do custo total de produção e podem chegar até 85% em sistemas intensivos (Sanches et al., 2008, Miao et al., 2009). No presente estudo, a alimentação, mesmo utilizando o *trash fish* que é mais barato, foi o principal componente dos custos operacionais com 59,05% para a piscicultura e 43,13% para o sistema AIMT, corroborando com vários outros estudos sobre a produção de peixes marinhos (Petersen et al., 2014, Bergamo et al., 2021).

Assim como no Brasil, em países do sudeste asiático, também é comum adotar o uso do *trash fish* na alimentação do bijupirá para baratear o custo de produção, demandando menor quantidade de ração (Petersen et al., 2014, Benetti et al., 2021). Para os cenários B e C, utilizou-se a proporção de 50% ração:*trash fish*. Se optássemos por usar somente ração comercial a parcela de contribuição para o custo operacional subiria para 65,78% para o cenário B e 50,28% para o cenário C, diminuindo a margem de lucro, mas mesmo assim, ainda seria viável economicamente. Vale ponderar sobre o uso ou não do *trash fish*, que tem como desvantagem o efeito poluidor, além da possibilidade de introdução de parasitas, doenças virais e bacterianas no cultivo (Eissa et al., 2021). Outro fator desfavorável na sua utilização é o estímulo para a pesca de arrasto e problemas com seu valor nutricional desbalanceado, devido a diversidade de espécies, além do risco dos pontos de ruptura da cadeia de frio, pois esse resíduo de pesca raramente é acondicionado em gelo nas embarcações ou entrepostos.

Do ponto de vista zootécnico, Petersen et al. (2014) relataram aumento do crescimento de bijupirás alimentados com dieta balanceada em comparação com aqueles alimentados exclusivamente com *trash fish*. Porém, na região de estudo há oferta considerável de resíduos de pesca e por essa razão optou-se pelo uso do *trash fish*, trazendo redução do custo da dieta em relação à ração comercial, melhorando os índices de rentabilidade econômica. Sanches et al. (2008) relatam como ponto favorável, que essa prática, principalmente em áreas próximas aos locais de desembarque de pescado, reduz

a quantidade de resíduos resultantes da comercialização do pescado que muitas vezes são descartados no mar sem nenhum controle. Porém, vale ressaltar que em 2008, época do referido estudo, no Brasil ainda não havia ração comercial para peixes marinhos. Entretanto, atualmente a dieta comercial está com seu preço proibitivo e pouca disponibilidade por falta de demanda, fato que ainda acaba favorecendo o uso do *trash fish*.

Mesmo se tratando de um empreendimento de pequena escala, a mão de obra foi outro item que onerou significativamente o custo operacional. Como a atividade ainda é pouco praticada Brasil, há carência de pessoal capacitado e equipamentos especializados para operações de aquicultura, só o avanço e consolidação da atividade poderá contribuir para a redução dos custos com mão de obra. Ressalta-se que o cálculo básico deste item se deve à contratação tanto de dois trabalhadores em período integral (8 horas/dia), dois eventuais (temporários) nas ocasiões de semeadura, povoamento e despesca para o cultivo de vieira e/ou multitrófico, e outro eventual exclusivo para a piscicultura, mão de obra considerada suficiente para manter a rotina de produção. Esses valores observados são superiores quando comparado aos empreendimentos aquícolas nas Filipinas, onde a mão de obra representa entre 10% a 14% do custo operacional (Samonte, 2017). Porém, em alguns países asiáticos essa força de trabalho é composta basicamente por trabalhadores que buscam superar a linha da pobreza, se sujeitando a receber salários muito baixos, não condizentes com os valores de mercado (Valderrama et al., 2015).

O período de recuperação do capital de 2,9 anos na pior condição encontrada no cenário C para uma taxa de sobrevivência de 70% foi semelhante ao obtido por Silva et al. (2022) para o sistema AIMT (*N. nodosus* + *Perna perna*) também no pior cenário observado, porém foi superior aos 2,4 anos encontrados por Marques et al. (2018) para a pior condição do monocultivo de *N. nodosus* produzida na mesma região, há cinco anos atrás. Esse menor tempo de retorno do capital pode ser explicado pelo uso de lanterna de 10 pisos, enquanto no presente estudo utilizamos as de 8 pisos. Em contrapartida, nossos resultados são melhores que os seis anos de PRC obtidos por Taylor et al. (2006) para o cultivo de *N. subnodosus*, em Magdalena Bay, península de Baja Califórnia, México, utilizando o cultivo de fundo em almofadas que costuma ter maior custo de produção devido a menor produtividade por área, por ser realizado em superfície plana, não explorando a coluna d'água como o sistema suspenso com lanternas proposto no presente estudo.

Bergamo et al. (2021) e Silva et al. (2022) demonstraram para a mesma região de estudo que o sistema integrado manteve índices de rentabilidade mais elevados, enfrentando cenários de redução do valor de comercialização e aumento da mortalidade. Os resultados obtidos corroboram com este fato, demonstrando que o sistema AIMT proposto pode compensar as variações de mercado quando comparado aos monocultivos de vieira ou bijupirá, demonstrando maior resiliência com melhores TIR, TIRm, VPL e VPLa.

Durante muitos anos, os esforços de pesquisa e desenvolvimento da piscicultura marinha no Brasil estiveram direcionados às tainhas (*Mugil spp.*), ao robalo-peva (*Centropomus parallelus*) e ao linguado (*Paralichthys orbignyanus*), que infelizmente, ainda não alcançaram um patamar de produção comercial (Baldisserotto e Gomes, 2010). Com o desenvolvimento da tecnologia de criação e conseqüentemente da produção em larga escala do bijupirá (*Rachycentron canadum*) na Ásia, alguns produtores nacionais passaram a considerar essa espécie nativa do Brasil, inclusive com várias iniciativas de produção nas regiões Nordeste e Sudeste (Bezerra et al., 2016, Cavalli, 2022).

Uma proposta interessante para o fortalecimento da atividade e aumento da geração de renda seria a prática da piscicultura marinha interativa. Este conceito tem como objetivo demonstrar a importância e os benefícios da piscicultura marinha ao público em geral, permitindo a oportunidade de interagir com o manejo da atividade através de visitas guiadas, alimentação interativa e mergulho. Geralmente, este tipo de abordagem é realizado em regiões ambientalmente preservadas, promovendo uma interação entre turistas e a piscicultura marinha (Rombenso et al., 2016).

O cultivo de bijupirá ainda é uma atividade incipiente do ponto de vista comercial no Brasil, mas que pode apresentar horizonte favorável do ponto de vista financeiro principalmente com a consolidação de sua cadeia produtiva. O crescimento contínuo da aquicultura exigirá o desenvolvimento de sistemas de produção que tenham o menor impacto sobre o meio ambiente, possibilitando a geração de empregos e alternativas de renda para as comunidades litorâneas. No Brasil, apesar da existência de políticas públicas votadas ao setor, estas são pouco implementadas, faltam ações governamentais que promovam uma ocupação ordenada e sustentável do ambiente costeiro, estratégia adequada para o desenvolvimento da atividade, promovendo o aumento gradual do volume de produção e consolidação da cadeia produtiva.

5. Conclusão

Apesar do maior investimento requerido, o sistema multitrófico da vieira *Nodipecten nodosus* com o bijupirá *Rachycentron canadum*, em 5.000 m², apresentou resultados de viabilidade econômica próximos aos obtidos para o monocultivo de vieira e superiores, quando comparado ao monocultivo de bijupirá, promovidos na mesma área, confirmando a hipótese de mudança de rentabilidade com a implementação do sistema AIMT. Mesmo não considerando o possível efeito sinérgico entre peixe e molusco bivalve como promotor de crescimento, a diversificação da produção se mostrou favorável tanto no sentido econômico como socioambiental, uma vez que pode mitigar os riscos dos monocultivos em empreendimentos de pequena escala, além de subsidiar a implantação de novos projetos e, conseqüentemente, gerar empregos e renda, promovendo e fortalecendo o desenvolvimento local.

Referências

Alves, J.L., Galvão, M.S.N., Garcia, C.F.; Marques, H.L.A., 2020. Productive performance of brown mussels *Perna perna* (Linnaeus, 1758) cultivated on ropes at low densities in Caraguatatuba, Brazil. *Aquaculture*. 51, 3297-3304. <https://doi.org/10.1111/are.14665>.

Baldisserotto, B., Gomes, L.C., (eds) 2010. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil, 2nd ed. Editora da UFSM, Santa Maria.

Barrett, L.T., Theuerkauf, S.J., Rose, J.M., Alleway, H.K., Bricker, S.B., Parker, M., Petrolia, D.R., Jones, R.C., 2022. Sustainable growth of non-fed aquaculture can generate valuable ecosystem benefits. *Ecosyst. Serv.* 55. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101396>.

Benetti, D.D., Suarez, J., Camperio, J., Hoenig, R.H., Tudela, C.E., Daugherty, Z., McGuigan, C.J., Mathur, S., Anchieta, L., Buchalla, Y., Alarcón, J., Marchetti, D., Fiorentino, J., Buchanan, J., Artiles, A., Stieglitz, J.D., 2021. A review on cobia, *Rachycentron canadum*, aquaculture. *J. World Aquac. Soc.* 52, 691-709. <https://doi.org/10.1111/jwas.12810>.

Bergamo, G.C.A., Olier, B.S., de Sousa, O.M., Kuhnen, V.V., Pessoa, M.F.G., Sanches, E.G., 2021. Economic feasibility of mussel (*Perna perna*) and cobia (*Rachycentron canadum*) produced in a multi-trophic system. *Aquac. Int.* 29, 1909-1924. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00762-x>.

Bezerra, T.R.Q., Domingues, E.C., Maia Filho, L.F.A., Rombenso, A.N., Hamilton, S., Cavalli, R.O., 2016. Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) cage culture in

large and small-scale production systems in Brazil. *Aquac. Int.* 24, 609-622. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9951-2>.

Canovas-Molina, A., García-Charton, J.A., García-Frapolli, E., 2021. Assessing the contribution to overfishing of small- and large-scale fisheries in two marine regions as determined by the weight of evidence approach. *Ocean Coast. Manag.* 213, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105911>.

Castilho-Barros, L., Owatari, M.S., Mourino, J.L.P., Silva, B.C., Seiffert, W.Q., 2019. Economic feasibility of tilapia culture in southern Brazil: A small-scale farm model. *Aquaculture* 515, 734551. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734551>.

Cavalli, R.O., 2022. *Aquicultura do Beijupirá (Rachycentron canadum) no Brasil Rio Grande, RS: Ed. da FURG, 279 p.*

Chopin, T., Cooper, J.A., Reid, G., Cross, S., Moore, C., 2012. Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Rev. Aquacult.* 4, 209-220. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01074.x>.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil. Norman 17, 2017. Normas da autoridade marítima para auxílios à navegação. Propósito: estabelecer normas, procedimentos e instruções sobre auxílios à navegação, para aplicação nas Águas Jurisdicionais Brasileiras para a segurança da navegação, salvaguarda da vida humana no mar e prevenção de poluição nas vias navegáveis.

Domingues, E.C., Hamilton, S., Bezerra, T.R.Q., Cavalli, R.O., 2014. Viabilidade econômica da criação do beijupirá em mar aberto em Pernambuco. *Bol. Inst. Pesca.* 40, 237-249.

Eissa, A.E., Abou-Okada, M., Alkurdi, A.R.M., El Zlitne, R.A., Prince, A., Abdelsalam, M., Derwa, H.I.M., 2021. Catastrophic mass mortalities caused by *Photobacterium damsela* affecting farmed marine fish from Deeba Triangle, Egypt. *Aquac. Res.* 52, 4455-4466. <https://doi.org/10.1111/are.15284>.

Engle, C.R., Pomerleau, S., Fornshell, G., Hinshaw, J.M., Sloan, D., Thompson, S., 2005. The economic impact of proposed effluent treatment options for production of trout *Oncorhynchus mykiss* in flow-through systems. *Aquac. Eng.* 32, 303-323. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.07.001>.

FAO. 2022. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation.* Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Garcia, C.F., Galvão, M.S.N., Alves, J.L., Marques, H.L.A., 2022. Compensatory growth in *Nodipecten nodosus* scallops farmed in a tropical region (São Paulo state, southeastern Brazil). *Aquac. Res.* 00, 1-8. <https://doi.org/10.1111/are.15955>

Gephart, J.A., Pace, M.L., D'Odorico, P., 2014. Corrigendum: Freshwater savings from marine protein consumption. *Environ. Res. Lett.* 9 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/1/014005>.

Grant, J., Pastres, R., 2019. Ecosystem models of bivalve aquaculture: implications for supporting goods and services. In: Goods and Services of Marine Bivalves (pp. 507-525). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96776-9>.

Guzmán-Luna, P., Gerbens-Leenes, P.W., Vaca-Jiménez, S.D., 2021. The water, energy, and land footprint of tilapia aquaculture in Mexico, a comparison of the footprints of fish and meat. *Resour. Conserv. Recycl.* 165, 105224. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105224>

Hamilton, S., Severi, W., Cavalli, R.O., 2013. Biologia e aquicultura do beijupira: Uma revisão. *Bol. Inst. Pesca.* 39, 461-477.

Kerrigan, D., Suckling, C.C., 2018. A meta-analysis of integrated multitrophic aquaculture: extractive species growth is most successful within close proximity to open-water fish farms. *Rev. Aquacult.* 10, 560-572. <https://doi.org/10.1111/raq.12186>.

Knowler, D., Chopin, T., Martínez-Espiñeira, R., Neori, A., Nobre, A., Noce, A., Reid, G., 2020. The economics of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: where are we now and where do we need to go? *Rev. Aquac.* 19, 1-16. <https://doi.org/10.1111/raq.12399>.

Kuhnen, V.V., Hopkins, K., Mota, L.S., Sousa, O.M., Sanches, E.G., 2022. Challenges and lessons from marine finfish farming in Brazil. *Marine Policy.* 138, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.104979>.

Landuci, F.S., 2020. Plano estratégico para o desenvolvimento sustentável da aquicultura costeira Fluminense: 2021-2031, first ed. Pod, Rio de Janeiro.

Largo, D.B., Diola, A.G., Marababol, M.S., 2016. Development of an integrated multi-trophic aquaculture (AIMT) system for tropical marine species in southern cebu, Central Philippines. *Aquacult. Rep.* 3, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.12.006>.

Marques, H.L.A., Galvão, M.S.N., Garcia, C.F., Henriques, M.B., 2018. Economic analysis of scallop culture at the north coast of São Paulo State, Brazil. *Bol. Inst. Pesca.* 44(2), e290. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.290>.

Martin, N.B., Serra, R., Oliveira, M.D.M., Angelo, J.A., OKAWA, H., 1998. Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Inf. Econ.* 28(1), 7-28.

Maulu, S., Hasimuna, O.J., Haambiya, L.H., Monde, C., Musuka, C.G., Makorwa, T.H., Munganga, B.P., Phiri, K.J., Nsekanabo, J.D., 2021. Climate change effects on aquaculture production: sustainability implications, mitigation, and adaptations. *Front. Sustain. Food Syst.* 5, 609097. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.609097>

Miao, S., Jen, C.C., Huang, C.T., Hu, S.H., 2009. Ecological and economic analysis for cobia *Rachycentron canadum* commercial cage culture in Taiwan. *Aquac. Int.* 17, 125-141. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9185-7>.

Nogueira, M.C.F., Henriques, M.B., 2020. Large-scale versus family-sized system production: economic feasibility of cultivating *Kappaphycus alvarezii* along the southeastern coast of Brazil. *J. Appl. Phycol.* 32, 1893-1905. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02107-2>.

Parker, C., Scott, S., Geddes, A., 2019. Snowball Sampling. SAGE Publications Ltd. <https://dx.doi.org/10.4135/9781526421036831710>.

Petersen, E.H., Luan, T.D., Chinn, D.T.M., Tuan, V.A., Bihn, T.Q., Truc, L.V., Glencross, B.D., 2014. Bioeconomics of cobia, *Rachycentron canadum*, aquaculture in Vietnam. *Aquac. Econ. Manag.* 18, 28-44. <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.855953>.

Philips, M., 2009. Mariculture overview. In: Steele, J.H., Thorpe, S., Turekian, K. (Eds.), *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Elsevier, Amsterdam, pp. 537-544.

Poore, J., Nemeek, T., 2018. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*. 360, 987-992. [10.1126/science.aag0216](https://doi.org/10.1126/science.aag0216)

Ridler, N., Wowchuk, M., Robinson, B., Barrington, K., Chopin, T., Robinson, S.M.C., Page, F., Reid, G.K., Szmerda, M.P., Sewster, J., Boyne-Travis, S., 2007. Integrated multi-trophic aquaculture (AIMT): a potential strategic choice for farmers. *Aquacult. Econ. Manag.* 11, 99-110. <https://doi.org/10.1080/13657300701202767>.

Rojas, R., Miranda, C.D., Romero, J., Barja, J.L., Dubret, J., 2019. Isolation and pathogenic characterization of *Vibro bivalvicida* associated with a massive larval mortality event in commercial hatchery of scallop *Agropecten purpuratus* in Chile. *Front. Microbiol.* 10, 855. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00855>

Rombenso, A.N., de Araújo, A.L., Robinson, G., Sampaio, L.A., 2016. Nearshore marine finfish culture: a small-scale pilot initiative in southern Brazil. *World Aquaculture*. 47, 14-18.

Rosa, J., Lemos, M.F.L., Crespo, D., Nunes, M., Freitas, A., Ramos, F., Pardal, M.Â, Leston, S., 2019. Integrated multitrophic aquaculture systems - Potential risks for food safety. *Trends Food Sci. Technol.*, 96, 79-90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.008>

Salazar, C., Jaime, M., Figueroa, Y., Fuentes, R., 2018. Innovation in small-scale aquaculture in Chile. *Aquacult. Econ. Manag.* 22, 151-167. <https://doi.org/10.1080/13657305.2017.1409293>.

Samonte, G.P.B., 2017. Economics of *Kappaphycus* spp. Seaweed Farming with Special Reference to the Central Philippines. *Tropical Seaweed Farming Trends, Problems and Opportunities*, 147-154. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-63498-2_9.

Sanches, E.G., Seckendorff, R.W., Henriques, M.B., Fagundes, L., Sebastiani, E.F., 2008. Viabilidade econômica do cultivo do bijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. *Inf. Econ.* 38, 42-51.

Sanz-Lazaro, C., Sanchez-Jerez, P., 2017. Mussels do not directly assimilate fish farm wastes: Shifting the rationale of integrated multi-trophic aquaculture to a broader scale, *J. Environ. Manag.* 201, 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.029>.

Shang, Y.C., 1990. Aquaculture economic analysis: an introduction. *World Aquac. Soc.*, Baton Rouge, LA, 211 p. <https://trove.nla.gov.au/version/24734781>.

Silva, E.G., Castilho-Barros, L., Henriques, M.B., 2022. Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in Southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model. *Aquaculture*. 552, 738031. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738031>.

Silvestri, F., Cordeiro, G.B., Costa, P.M.S., 2018. Parâmetros reprodutivos do mexilhão *Perna perna* (L. 1758) em fazendas marinhas na Ilha Grande (RJ). *Acta Fish. Aqua. Res.* 6(1), 43-49. <https://doi.org/10.2312/Actafish.2018.6.1.43-49>.

Taylor, M.H, Koch, V., Wolff, M., Sínsel, F., 2006. Evaluation of different shallow water culture methods for the scallop *Nodipecten subnodosus* using biologic and economic modeling. *Aquaculture*. 254(1), 301-316. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.10.048>.

Theodoridis, A., Ragkos, A., Koutouzidou, G., 2020. Revealing the profile of economically efficient mussel farms: a restricted data envelopment analysis application. *Aquacult. Int.* 28, 675-689. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00490-3>.

Valderrama, D., Cai, J., Hishamunda, N., Ridler, N., Neish, I.C., Hurtado, A.Q., Msuya, F.E., Krishnan, M., Narayanakumar, R., Kronen, M., Robledo, D., Gasca-Leyva, E., Fraga, J., 2015. The economics of *Kappaphycus* seaweed cultivation in developing countries: a comparative analysis of farming systems. *Aquacult. Econ. Manag.* 19(2), 251-277. <http://dx.doi.org/10.1080/13657305.2015.1024348>.

Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O., 2021. Aquaculture in Brazil: past, present and future. *Aquac. Rep.* 19, 100611. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consumo de pescado é de grande importância para a segurança alimentar brasileira e mundial. Por outro lado, o declínio nos estoques pesqueiros reforça a necessidade de uma adoção cada vez maior da aquicultura por esta ser uma alternativa sustentável. No caso específico de nosso país, a maricultura possui grande potencial devido ao extenso litoral e condições geográficas favoráveis.

Nesse contexto, a Aquicultura Integrada Multitrófica (AIMT) é uma opção interessante por ser capaz de aumentar a resiliência de pequenos empreendimentos e tornar a produção ainda mais sustentável. Apesar disso, as dúvidas existentes acerca da sua viabilidade econômica justificam a existência de estudos como esse realizado. Para o cultivo empregando *Nodipecten nodosus* e *Rachycentron canadum*, foi observado que de fato o sistema AIMT é viável. Mesmo com investimentos iniciais mais altos, o melhor aproveitamento do espaço disponível e a diversificação da produção torna essa opção mais rentável que os monocultivos tradicionais. Os benefícios ecológicos do cultivo multitrófico também são relevantes, visto que esse sistema tem potencial para aproveitar de forma mais eficiente o aporte extra de matéria orgânica no ambiente e reduzir a eutrofização. Um aspecto que não pôde ser testado devido ao caráter teórico deste trabalho diz respeito ao incremento nas taxas de crescimento das vieiras tendo em vista a proximidade com o cultivo dos bijupirás. Não obstante, os resultados aqui obtidos reforçam que essa hipótese deva ser testada na prática.

Todavia, para o avanço da maricultura e em especial da AIMT, muitas mudanças ainda são necessárias. Um dos principais fatores limitantes é a burocracia e falta de celeridade no licenciamento dos empreendimentos, o que torna a atividade inviável para a maioria dos pequenos produtores, incapazes de arcar com os custos existentes durante a tramitação de seus respectivos processos. A criação de parques aquícolas devidamente ordenados, tal como é encontrado em Santa Catarina poderia contribuir significativamente para esse processo no Sudeste. Com uma base de produtores estabelecida, seria possível haver investimentos privados de maior porte que possibilitaria a expansão da atividade. No que se refere às espécies aqui estudadas, laboratórios de produção de formas jovens são fundamentais para que um futuro aumento na demanda desses organismos seja suprida. Especificamente sobre o bijupirá, um setor estratégico é o de rações. Apesar do custo baixo e relativa abundância, o uso de

trash fish traz consequências negativas com piores taxas de conversão alimentar e um potencial vetor de doenças.

Além disso, a mecanização dos cultivos é importante não apenas pelo ganho de produtividade, mas sobretudo pela redução da insalubridade da atividade que não raramente provoca lesões laborais. Em um contexto de empreendimentos familiares, a adoção de um sistema cooperativista em que há um compartilhamento das máquinas pode ser uma forma de viabilizar a aquisição das mesmas. Outro aspecto capaz de promover ainda mais a AIMT no sudeste brasileiro seria a instalação de plantas de beneficiamento do pescado que permitiriam escoar a produção para demais centros urbanos. Com isso, reduz-se a dependência do mercado de turismo/veraneio que, apesar de pagar altos valores pelos pescados *in natura*, sofre grande flutuação sazonal e não é capaz de absorver grandes volumes de produção.