

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 01/03/2023.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**CONTABILIDADE AMBIENTAL DE SISTEMAS
SEMI-INTENSIVOS DE AQUICULTURA:
ESTUDO DE CASO DA LAMBARICULTURA**

Tamara Fonseca de Almeida

Jaboticabal, São Paulo
2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**CONTABILIDADE AMBIENTAL DE SISTEMAS
SEMI-INTENSIVOS DE AQUICULTURA:
ESTUDO DE CASO DA LAMBARICULTURA**

Tamara Fonseca de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Wagner C. Valenti

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

Jaboticabal, São Paulo

2021

A447c Almeida, Tamara Fonseca de
Contabilidade ambiental de sistemas semi-intensivos de aquicultura :
estudo de caso da lambaricultura / Tamara Fonseca de Almeida. —
Jaboticabal, 2021
v, 80 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aquicultura, 2021

Orientador: Wagner C. Valenti

Banca examinadora: Danilo Cintra Proença, Feni Dalano Roosevelt
Agostinho, Biagio Fernando Giannetti, Rodrigo Roubach

Bibliografia

1. Sustentabilidade. 2. Economia ambiental. 3. Desenvolvimento rural.
4. Peixes tropicais. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.05

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Contabilidade ambiental de sistemas semi-intensivos de aquicultura: estudo de caso da lambaricultura

AUTORA: TAMARA FONSECA DE ALMEIDA

ORIENTADOR: WAGNER COTRONI VALENTI

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



Prof. Dr. WAGNER COTRONI VALENTI (Participação Virtual)
Setor de Carcinicultura / Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP, Jaboticabal-SP



Prof. Dr. Danilo Cintra Proença (Participação Virtual)
Faculdades São Luiz Jaboticabal, SP



Dr. RODRIGO ROUBACH (Participação Virtual)
Senior Aquaculture Officer / FAO-ONU, Roma-Itália



Prof. Dr. FENI DALANO ROOSEVELT AGOSTINHO (Participação Virtual)
Engenharia de Produção / Universidade Paulista, UNIP, Mirandópolis-SP



Prof. Dr. BIAGIO FERNANDO GIANNETTI (Participação Virtual)
Engenharia de Produção / Universidade Paulista - UNIP, Mirandópolis-SP

Jaboticabal, 01 de março de 2021

DEDICATÓRIA

Aos pequenos produtores rurais do Brasil.

“Fomos, durante muito tempo, embalados com a história de que somos a humanidade. Enquanto isso, fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a Terra, e passamos a pensar que ele é uma coisa e nós, outra: a Terra e a humanidade. Eu não percebo onde tem alguma coisa que não seja natureza. Tudo é natureza [...]. Enquanto isso, a humanidade vai sendo descolada de uma maneira tão absoluta desse organismo que é a Terra. Os únicos núcleos que ainda consideram que precisam ficar agarrados nessa Terra são aqueles que ficaram meio esquecidos pelas bordas do planeta, nas margens dos rios, nas beiras dos oceanos, na África, na Ásia ou na América Latina. ”

(Ailton Krenak, Ideias para adiar o fim do mundo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao professor Wagner C. Valenti pelos dez anos de inestimáveis ensinamentos sobre ciência, sustentabilidade e aquicultura, mas também sobre responsabilidade, ética e missão. Agradeço também aos professores Biagio Giannetti, Cecília Almeida e Feni Agostinho pela gentil recepção em seu laboratório, e pelo compartilhamento de ideias brilhantes sem as quais não seria possível a elaboração dessa Tese de Doutorado. Em especial, ao professor Feni pela dedicação aos alunos, simplicidade e amizade, valores os quais cultivarei por toda a minha carreira.

Agradeço ao meu companheiro Fabio, pelos anos dedicação e respeito, e por ser o meu porto seguro e maior incentivador em momentos de dificuldade. Agradeço às grandes amigas, Pie, Camila, Carol, Pri, Vuvu, Rebeqa, Jô, Tavani, Stéfany, Duda e Fernanda, pelo incentivo, apoio e acolhimento de sempre: “quem tem um amigo tem tudo”. À Bruna, por me ajudar a enxergar o caminho com mais clareza. À minha família, em especial a minha irmã Vanessa, minha mãe Eliana e meu pai Antonio, sem os quais esse sonho sequer existiria.

Aos parceiros de vida acadêmica, em especial ao Fernando que gentilmente forneceu os dados para a realização desse estudo. Também aos amigos Baltasar, Ariel, Aline, Michele, André, Dalton, Júlia, Paulo, Danilo, Naor e Maicon do Setor de Carcinicultura do Caunesp. Aos amigos Arno, Márcio, Federico, Luíz, Cris, Cida, Adrielle, Serafim, Marcos, Rose, Fabio e demais membros do LAPROMA - UNIP. Finalmente, a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse possível, os meus mais sinceros agradecimentos.

APOIO FINANCEIRO

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Bolsa de Doutorado, Processo 140365/2017-6.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO GERAL	11
CAPÍTULO 1: Environmental accounting of the yellow-tail lambari farming: small changes do make a difference	15
Abstract	16
1. Introduction	17
2. Materials and Methods	19
3. Results	25
4. Discussion	32
5. Conclusion	35
CAPÍTULO 2: Ecosystem functions in pond aquaculture and their roles in providing ecosystem services and disservices	44
Ecosystem functions in pond aquaculture and their roles in providing ecosystem services and disservices	45
1. Introduction	46
2. Materials and methods	48
3 Results	54
4 Discussion	55
5. Conclusion	59
CAPÍTULO 3: Multi-Criteria Sustainability Assessment of Lambari Aquaculture in Brazil	65
Abstract	66
1. Introduction	67
2. Materials and Methods	69
3. Results	73
4. Discussion	76
5. Conclusion	78
CONCLUSÕES GERAIS	83
REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES	85

RESUMO

A aquicultura pode ser uma ferramenta para conciliar o desenvolvimento socioeconômico à conservação dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável de comunidades rurais. A atividade vem crescendo de forma acelerada no Brasil e é realizada majoritariamente por pequenos produtores rurais, com o uso de sistemas semi-intensivos de água doce. Os lambaris são um grupo de peixes nativos com alto potencial para a aquicultura sustentável. Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção de lambari-do-rabo-amarelo por três diferentes abordagens: síntese em emergia, funções ecossistêmicas e avaliação multicritério dos cinco setores. Os resultados indicam que os níveis de controle do produtor (baixo, moderado e alto) sobre as práticas de manejo afetam a eficiência na utilização de recursos naturais. Além disso, os viveiros de aquicultura são ecossistemas antrópicos que podem ser manejados para a maximização de externalidades positivas e minimização de externalidades negativas, aumentando a resiliência dos sistemas produtivos por meio da restauração dos recursos naturais, dos quais ele depende. Finalmente, os sistemas de baixo controle são socialmente mais sustentáveis e contribuem mais para o desenvolvimento local, enquanto os sistemas de moderado e alto controle são economicamente mais lucrativos e utilizam os recursos naturais de forma mais eficiente.

PALAVRAS CHAVE: sustentabilidade; economia ambiental; desenvolvimento rural; peixes tropicais; aquicultura de água doce; pequenos produtores; uso de recursos naturais.

ABSTRACT

Aquaculture can be a tool to reconcile socioeconomic development with the conservation of natural resources, contributing to the sustainable development of rural communities. The activity has been growing fast in Brazil, and is performed mainly by small rural producers, in semi-intensive freshwater systems. Lambari is a group of native fish with high prospects for sustainable aquaculture. Therefore, this study aims to assess the sustainability of the lambari aquaculture production in Brazil by three approaches: energy synthesis, ecosystem functions, and multi-criteria assessment of the five-sectors sustainability model. The results indicate that the levels of control (low, moderate and high) over the management practices adopted by farmers affect the efficiency of natural resources consumption. In addition, aquaculture ponds are man-made ecosystems that can be managed to maximize positive externalities and minimize negative externalities, increasing the resilience of the productive systems by restoring the natural resources in which they depend. Finally, the low-control systems are more sustainable socially, and contribute more to local development, while moderate and high-control systems are higher economically feasible and use natural resources more efficiently.

KEYWORDS: sustainability; freshwater aquaculture; smallholder farms; natural resources consumption.

INTRODUÇÃO GERAL

Conciliar o desenvolvimento socioeconômico à conservação dos recursos naturais é um dos maiores desafios globais para o desenvolvimento de comunidades rurais (Goswami et al., 2017; Jung et al., 2017). A aquicultura pode ser uma ferramenta para a solução desse problema. Ela tem o potencial de ser mais sustentável quando comparada às monoculturas agrícolas e à produção de animais terrestres (Costa-Pierce and Page, 2010). Além disso, a aquicultura pode contribuir para a geração de renda e empregos diretos, indiretos e auto-empregos, e produzir alimentos de alto valor nutricional (Béné et al., 2016).

Os principais desafios atuais para o progresso da aquicultura de água doce em países em desenvolvimento, como o Brasil, estão relacionados à regulamentação governamental, a falta de uma cadeia produtiva bem estruturada, aos impactos e poluição ambiental, fuga de espécies exóticas e híbridas interespecíficas, bem-estar e saúde animal, nutrição adequada e suporte técnico (Boyd et al., 2020; Brugère et al., 2019; Henares et al., 2019). A comunidade científica tem desenvolvido diversas tecnologias para enfrentar alguns desses desafios, tais como: tecnologia para tratamento de efluentes, pacotes tecnológicos para o cultivo de espécies nativas, medicamentos e probióticos, melhoramento genético, diminuição da taxa de conversão alimentar, substituição da farinha de peixe na ração por proteína vegetal e sistemas de recirculação (Antonucci and Costa, 2020; Dawood et al., 2019; Humphries et al., 2019; Lulijwa et al., 2019; Tacon, 2020). Apesar das expressivas melhoras alcançadas, a maioria destas soluções são caras e, por vezes, inatingíveis por pequenos produtores rurais. Além disso, a tecnologia atual pode se revelar ineficaz na mitigação das ameaças complexas causadas pela crise da COVID19 e pelas mudanças climáticas em um futuro próximo. Reconhecendo que o modelo de “business as usual” não tem contemplado essas questões, tecnologias inovadoras na aquicultura, que possam se ajustar a esses desafios, serão vitais para sua sustentabilidade a longo prazo (United Nations, 2020).

A aquicultura é o setor de produção de alimentos que cresceu mais rápido nas últimas décadas, e tem previsão de crescer 37% até 2030 (Garlock et al., 2020). A produção aquícola mundial atingiu 82.1 milhões de toneladas de pescados e 32.4

milhões de toneladas de plantas aquáticas em 2018, e já ultrapassou a pesca em 35 países. O Brasil ocupa a 8ª posição no ranking mundial de maiores produtores de peixes pela aquicultura (FAO, 2020). A produção aquícola em 2019 foi de aproximadamente 800.000 toneladas, o que representa uma receita bruta de ~US\$ 1 bilhão. Atualmente, mais de 200 mil fazendas de piscicultura de água doce estão em atividade no Brasil (Valenti et al., 2021). As espécies de água doce são as mais produzidas, sendo que a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*) são predominantes (IBGE, 2020). No entanto, outras espécies nativas, como o lambari (*Astyanax lacustris*), possuem alta relevância socioeconômica regional. Além disso, a maior parte da produção aquícola brasileira vem de pequenas propriedades rurais (<2 ha), onde o cultivo é realizado em viveiros escavados de água doce (Valenti et al., 2021).

Entre as espécies de peixes nativos com grande potencial para a aquicultura, destaca-se os lambaris (Fonseca et al., 2017). O cultivo surgiu como uma fonte de renda alternativa para pequenos produtores rurais no sudeste brasileiro. A produção cresceu nos últimos anos baseada no mercado de iscas vivas para pesca recreativa. No entanto, além do uso como iscas, o lambari também é consumido como aperitivo em bares e restaurantes. Algumas espécies apresentam grande potencial para o mercado de peixes ornamentais. Ainda, o uso como um substituto mais sustentável das sardinhas utilizadas na pesca industrial de atum tem sido investigado. A maioria dos lambaricultores é formada por pequenos produtores familiares, que adotam sistemas de produção semi-intensivos em viveiros de fundo natural e a principal espécie cultivada é o lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) (Fonseca et al., 2017). Porém, uma recente expansão no mercado tem atraído investidores com mais capital, que operam em fazendas maiores (> 20 ha) e demandam infraestrutura mais complexa.

Fonseca et al. (2017) revisaram as informações disponíveis sobre a produção de lambaris e identificaram que os sistemas de cultivo e estratégias de produção variam entre os produtores. Cada produtor estabeleceu a sua estratégia empiricamente ou baseado em protocolos para outras espécies (Silva et al., 2011). Práticas de manejo menos eficientes são frequentemente adotadas e as informações científicas são insuficientes para gerar tecnologias adequadas às necessidades dos produtores (Fonseca et al., 2017). Além disso, pelo fato de não

existir dieta comercial específica para o lambari, os produtores escolhem a ração com base no tamanho do pélete que o animal é capaz de ingerir (Silva et al., 2011); essa situação persiste ainda em 2020. Comumente são usadas dietas desenvolvidas para juvenis de outras espécies, com alta concentração de proteína bruta e de alto custo financeiro. Esses fatores implicam em baixa produtividade e uso inadequado dos recursos naturais (Fonseca et al., 2017).

Como espécie nativa e de baixo nível trófico, o lambari tem potencial para ser produzido de forma sustentável, promovendo o desenvolvimento socioeconômico e conservando os recursos naturais. A diversidade de mercados permite a atuação de produtores de diferentes tamanhos e níveis de tecnificação. Além disso, o cultivo de lambaris pode ser implantado em pequenas propriedades como atividade complementar, aumentando a renda familiar. Porém, para que essas potencialidades sejam atingidas, é essencial conhecer os sistemas de produção usados e a conjuntura nas quais eles se inserem para identificar seus pontos fracos e sugerir alternativas. Assim, medir a sustentabilidade dos sistemas permite identificar os principais gargalos, bem como conhecer as forças condicionantes da produção sustentável. Com base nessas informações, pode-se tornar a produção mais eficiente e adequada à realidade de cada produtor, bem como aumentar a sustentabilidade ambiental, econômica e social.

No capítulo 1, a sustentabilidade dos sistemas de produção de lambari foi avaliada sob a ótica da Síntese em Emergia. Emergia, com “m”, compreende toda a energia utilizada direta ou indiretamente para a produção de um bem ou serviço (Odum, 1996). Utilizando esse método, foi possível quantificar o investimento da natureza no sistema produtivo sob uma abordagem eco-cêntrica. Ainda, foi possível avaliar a dependência dos sistemas sobre os recursos naturais renováveis e não-renováveis, e compará-los identificando quais estratégias de manejo da produção são mais ou menos eficientes na utilização dos recursos.

No capítulo 2, foram avaliadas as principais funções ecossistêmicas que ocorrem nos viveiros escavados utilizados para a lambaricultura, e de quais formas elas influenciam na prestação de serviços e desserviços ecossistêmicos. As funções ecossistêmicas são os processos ecológicos que controlam os fluxos de energia, matéria orgânica e nutrientes nos ecossistemas naturais (Lee and Brown, 2021). Os viveiros de aquicultura podem ser vistos como ecossistemas antrópicos,

manejados para maximizar o serviço de provisão de biomassa: peixes. No entanto, outros serviços como, regulação de microclima, e desserviços como a geração de efluentes, ocorrem simultaneamente. Dessa forma, as estratégias de manejo que maximizam os serviços e minimizam os desserviços foram investigadas.

Finalmente, no capítulo 3, os sistemas de lambaricultura foram avaliados pela ferramenta de análise multicritério de sustentabilidade dos cinco setores (5SEnSU). Ela se baseia na premissa de que os sistemas humanos são considerados termodinamicamente abertos, os quais demandam energia e materiais advindos da natureza, que serão transformados em bens e serviços por meio do trabalho humano (Giannetti et al., 2019). De acordo com modelo conceitual 5SEnSU, o meio ambiente atua como fornecedor de recursos naturais (setor 1) e receptor de subprodutos e resíduos (setor 2) do setor produtivo (setor 3). Por outro lado, a sociedade atua como fornecedora de mão-de-obra e tecnologia (setor 4), e receptora dos bens e serviços (setor 5) produzidos pelo setor 3 (Giannetti et al., 2019). Este modelo permite uma visão holística do sistema produtivo, que ocorre por meio da quantificação das trocas físicas que ocorrem entre os setores ambiental, econômico e social, o que confere uma mensuração cientificamente robusta da sustentabilidade dos sistemas produtivos.

1010 **CONCLUSÕES GERAIS**

1011

1012 • Os sistemas de produção de lambari dependem majoritariamente de
1013 recursos não-renováveis, ou de baixa renovabilidade, independentemente
1014 do nível de controle adotado pelo produtor (baixo, moderado ou alto).

1015 • Os principais recursos utilizados são ração comercial e água, sendo que os
1016 sistemas de baixo e médio controle dependem principalmente de água
1017 subterrânea, que é ambientalmente mais custoso comparado ao uso da
1018 água superficial.

1019 • Estratégias de produção que incluem: mudança na fonte de abastecimento
1020 hídrico, controle de fertilização, aumento de sobrevivência na produção de
1021 alevinos, e substituição da fonte de proteína animal por fontes vegetais na
1022 ração, resultam em aumento na performance em energia e na resiliência
1023 dos sistemas.

1024 • Esforços ainda são necessários para melhores práticas de manejo da
1025 produção da lambaricultura, mas os resultados encontrados no capítulo 1
1026 destacam que mudanças simples fazem a diferença na sustentabilidade dos
1027 sistemas.

1028 • Além da provisão de peixes, os viveiros escavados de aquicultura de água
1029 doce fornecem serviços e desserviços ecossistêmicos que dependem das
1030 funções ecológicas desse tipo de sistema.

1031 • Os serviços de regulação hídrica e regulação do microclima são
1032 características positivas inerentes ao sistema, e dependem das funções
1033 ecossistêmicas de recarga das águas subterrâneas e evaporação.

1034 • A absorção e as emissões de gases do efeito estufa variam de acordo com
1035 as práticas de manejo aplicadas ao sistema produtivo, e neste estudo,
1036 apresentou um efeito neutro no serviço de regulação climática global.

1037 • O efluente de qualidade eutrófica das fazendas estudadas causa o maior
1038 desserviço, uma vez que provoca o desvio de recursos para a recuperação
1039 da qualidade da água.

1040 • O balanço entre as externalidades positivas e negativas na aquicultura do
1041 lambari indicam que os benefícios superam os prejuízos, desde que o
1042 sistema opere sob a capacidade de suporte da natureza.

1043

1044 • A lambaricultura tem diferentes desempenhos de sustentabilidade,
1045 dependendo do controle de variáveis produtivas pelos operadores dos
1046 sistemas.

1047 • As fazendas de baixo controle apresentaram melhor desempenho na
1048 dimensão social, contribuindo principalmente para o desenvolvimento
1049 socioeconômico local e para a manutenção do modo de vida rural.

1050 • As fazendas de moderado e alto controle apresentaram melhor desempenho
1051 nas dimensões ambiental e econômica, pois utilizam os recursos naturais de
1052 forma mais eficiente e alcançam maior produtividade e lucratividade.

1053 • Os resultados encontrados no capítulo 3 indicam que os problemas dos
1054 pequenos produtores aquícolas são variáveis entre as três dimensões da
1055 sustentabilidade, o que demanda uma abordagem sistêmica e uma
1056 avaliação multicritério, com base nos aspectos biofísicos dos sistemas.

1057 **REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES**

1058

- 1059 Antonucci, F., Costa, C., 2020. Precision aquaculture: a short review on engineering innovations. *Aquac.*
1060 *Int.* 28, 41–57. <https://doi.org/10.1007/s10499-019-00443-w>
- 1061 Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E.H., Beveridge, M., Bush, S., Campling, L., Leschen, W., Little,
1062 D., Squires, D., Thilsted, S.H., Troell, M., Williams, M., 2016. Contribution of Fisheries and
1063 Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence. *World Dev.*
1064 79, 177–196. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>
- 1065 Boyd, C.E., D’Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D.C., Juarez, L.M., Lockwood, G.S., McNevin, A.A.,
1066 Tacon, A.G.J., Teletchea, F., Tomasso, J.R., Tucker, C.S., Valenti, W.C., 2020. Achieving sustainable
1067 aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *J. World Aquac.*
1068 *Soc.* 51, 578–633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- 1069 Brugère, C., Aguilar-Manjarrez, J., Beveridge, M.C.M., Soto, D., 2019. The ecosystem approach to
1070 aquaculture 10 years on – a critical review and consideration of its future role in blue growth. *Rev.*
1071 *Aquac.* 11, 493–514. <https://doi.org/10.1111/raq.12242>
- 1072 Costa-pierce, B.A., Page, G.G., 2010. Sustainability Science in Aquaculture. *Ocean Farmign Sustain.*
1073 *Aquac. Sci. Technol. Encycl. Sustain. Sci. Technol.* 1–28. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5797-](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5797-8_175)
1074 [8_175](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5797-8_175)
- 1075 Dawood, M.A.O., Koshio, S., Abdel-Daim, M.M., Van Doan, H., 2019. Probiotic application for sustainable
1076 aquaculture. *Rev. Aquac.* 11, 907–924. <https://doi.org/10.1111/raq.12272>
- 1077 FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. FAO, Rome.
1078 <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- 1079 Fonseca, T., Costa-Pierce, B.A., Valenti, W.C., 2017. Lambari Aquaculture as a Means for the Sustainable
1080 Development of Rural Communities in Brazil. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 25, 316–330.
1081 <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1320647>
- 1082 Giannetti, B.F., Sevegnani, F., Almeida, C.M.V.B., Agostinho, F., Moreno García, R.R., Liu, G., 2019. Five
1083 sector sustainability model: A proposal for assessing sustainability of production systems. *Ecol.*
1084 *Modell.* 406, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2019.06.004>
- 1085 Goswami, R., Saha, S., Dasgupta, P., 2017. Sustainability assessment of smallholder farms in developing
1086 countries. *Agroecol. Sustain. Food Syst.* 41, 546–569.
1087 <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1290730>
- 1088 Henares, M.N.P., Medeiros, M. V., Camargo, A.F.M., 2019. Overview of strategies that contribute to the
1089 environmental sustainability of pond aquaculture: rearing systems, residue treatment, and
1090 environmental assessment tools. *Rev. Aquac.* 1–18. <https://doi.org/10.1111/raq.12327>
- 1091 Humphries, F., Benzie, J.A.H., Morrison, C., 2019. A systematic quantitative literature review of
1092 aquaculture genetic resource access and benefit sharing. *Rev. Aquac.* 11, 1133–1147.
1093 <https://doi.org/10.1111/raq.12283>
- 1094 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Produção da Pecuária Municipal. Disponível
1095 em: [https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=publicacoes)
1096 [pecuaria-municipal.html?=&t=publicacoes](https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=publicacoes). Acesso em fevereiro de 2021.
- 1097 Jung, S., Rasmussen, L.V., Watkins, C., Newton, P., Agrawal, A., 2017. Brazil’s National Environmental
1098 Registry of Rural Properties: Implications for Livelihoods. *Ecol. Econ.* 136, 53–61.
1099 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.004>
- 1100 Lee, D.J., Brown, M.T., 2021. Estimating the Value of Global Ecosystem Structure and Productivity: A
1101 Geographic Information System and Emery Based Approach. *Ecol. Modell.* 439, 109307.
1102 <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109307>
- 1103 Lulijwa, R., Rupia, E.J., Alfaro, A.C., 2019. Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health

- 1104 and environmental risks: a review of the top 15 major producers. *Rev. Aquac.* 2000, 1–24.
1105 <https://doi.org/10.1111/raq.12344>
- 1106 Odum, H.T. (Ed.), 1996. *Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making*, 1st ed.
1107 John Wiley & Sons, New York.
- 1108 Silva, N.J., Lopes, M.C., Fernandes, J.B.K., Henriques, M.B., 2011. Caracterização Dos Sistemas De Criação
1109 E Da Cadeia Produtiva Do Lambari No Estado De São Paulo , Brasil. *Informações Econômicas* 41,
1110 17–28.
- 1111 Tacon, A.G.J., 2020. Trends in Global Aquaculture and Aquafeed Production: 2000–2017. *Rev. Fish. Sci.*
1112 *Aquac.* 28, 43–56. <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1649634>
- 1113 United Nations, 2020. *UN Research Roadmap for the COVID-19 Recovery*. New York.
- 1114 Valenti, W.C., Barros, H.P., Moraes-Valenti, P., Bueno, G.W., Cavalli, R.O., 2021. Aquaculture in Brazil:
1115 past, present and future. *Aquac. Reports* 19, 100611.
1116 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>