

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/06/2025.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Monitoramento ambiental para manejo e
gestão do risco climático em pisciculturas
instaladas em lagos e reservatórios
neotropicais**

Consuelo Marques da Silva

Jaboticabal, São Paulo

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**Monitoramento ambiental para manejo e
gestão do risco climático em pisciculturas
instaladas em lagos e reservatórios
neotropicais**

Consuelo Marques da Silva

Orientador: Dr. Guilherme Wolff Bueno
Coorientadora: Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Dissertação apresentada ao
programa de Pós-Graduação em
Aquicultura do Centro de Aquicultura
da UNESP - CAUNESP, como parte
dos requisitos para obtenção do título
de Mestre.

Jaboticabal, São Paulo
2023

S586m Silva, Consuelo Marques da
Monitoramento ambiental para manejo e gestão de risco climático em pisciculturas instaladas em lagos e reservatórios neotropicais / Consuelo Marques da Silva. – Jaboticabal, 2023.
vi, 64 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2023

Orientador: Guilherme Wolff Bueno

Coorientadora: Fernanda Garcia Sampaio

Banca examinadora: Érico Tadao Teramoto, Flávia Tavares de Matos

Bibliografia

1. Piscicultura. 2. Mudança do clima. 3. Risco climático. 4. Gestão ambiental. 5. Monitoramento ambiental. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 639.312



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Monitoramento ambiental para manejo e gestão do risco climático em pisciculturas instaladas em lagos e reservatórios neotropicais

AUTORA: CONSUELO MARQUES DA SILVA

ORIENTADOR: GUILHERME WOLFF BUENO

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

Prof. Dr. GUILHERME WOLFF BUENO (Participação Virtual)
Departamento de Recursos Pesqueiros e Aqüicultura / Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira,
Unesp, Registro-SP

Prof. Dr. ÉRICO TADAO TERAMOTO (Participação Virtual)
Departamento de Recursos Pesqueiros e Aqüicultura / Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira,
Unesp, Registro-SP

Profa. Dra. FLAVIA TAVARES DE MATOS (Participação Virtual)
Embrapa Pesca, Aqüicultura e Sistemas Agrícolas / Embrapa Pesca, Aqüicultura e Sistemas Agrícolas, Palmas-
TO

Jaboticabal, 26 de junho de 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, pelo apoio, principalmente minha tia Nelzi, meu suporte e minha rede de apoio.

A minha filha Iara, por atravessar comigo essa jornada. Minha companheira de vida, você me motivou e deu forças para seguir em frente.

Ao meu noivo, Bruno, pela parceria, companheirismo incondicional, por todo amor, incentivo e paciência.

Ao meu orientador, Dr. Guilherme Wolff Bueno, por facilitar meu processo de aprendizado nesse mestrado, por todos os ensinamentos, suporte, por sua disponibilidade e seus incentivos.

À minha coorientadora, amiga e mentora, Dra. Fernanda Garcia Sampaio, por desde sempre acreditar no meu trabalho. Por toda sua paciência e ensinamentos, me faltam palavras para me expressar. Obrigada!

Agradeço aos colegas Carlos Araújo e Marcelo Gomes da Silva pelas valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho. Aos colegas e amigos do Departamento de Aquicultura em Águas da União da Secretaria Nacional de Aquicultura do Ministério da Pesca e Aquicultura e da Embrapa Meio Ambiente, principalmente Juliana Lopes da Silva e Paula Packer, pelo apoio ao meu trabalho e ao desenvolvimento desta pesquisa.

Às minhas amigas, muitas para nomear, por sempre me incentivarem e ouvirem nos momentos difíceis e entenderem minhas ausências.

Por fim, agradeço à Dra. Flávia Tavares de Matos e ao Dr. Érico Tadao por aceitarem serem membros da banca examinadora deste estudo e pelos valiosos comentários e contribuições ao trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha filha lara, minha força e
motivação.

APOIO INSTITUCIONAL E FINANCEIRO

Este estudo foi parcialmente financiado pelo projeto “BRS Aqua – Ações estruturantes e inovação para o fortalecimento das cadeias produtivas de Aquicultura no Brasil”, uma colaboração entre o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) processo 380674/2021-1 e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2022/02756-4.

O desenvolvimento desta dissertação também contou com o apoio institucional das pisciculturas Cristalina Ltda e Ipaussú, da Embrapa Meio Ambiente e do Departamento de Aquicultura em Águas da União da Secretaria Nacional de Aquicultura do Ministério da Pesca e Aquicultura.

INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura vem desempenhando um importante papel para o fornecimento de alimentos, segurança alimentar, geração de emprego e renda, principalmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2022). No ano de 2020, a produção aquícola mundial chegou a um recorde de 122,6 milhões de toneladas produzidas, dos quais 54,4 milhões de toneladas foram produzidas em águas continentais (FAO, 2022). Acompanhando a tendência mundial, o Brasil, com suas características ambientais e um grande mercado consumidor, também vem aumentando sua participação na produção de pescados global, pois tem condições excepcionais para o desenvolvimento da aquicultura (Valenti et al., 2021).

No ano de 2021, a principal espécie produzida no Brasil foi a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), representado aproximadamente 61% da produção total de peixes de cultivo no país (Valenti et al., 2021). Dentre as diferentes modalidades de cultivo, a produção da tilápia do Nilo em tanques rede vem se expandindo nas últimas duas décadas no Brasil, principalmente pela disponibilidade de água em reservatórios para uso da piscicultura (Bueno et al., 2023).

A piscicultura, pela sua relação direta com o ambiente onde está inserida, é uma atividade altamente vulnerável à mudança do clima (Woodward et al., 2010), sendo este um dos grandes desafios atuais para a produção aquícola. As implicações que as mudanças do clima podem trazer à atividade aquícola não devem ser ignoradas (Cochrane et al., 2009). A vulnerabilidade frente aos desafios climáticos demanda o desenvolvimento de tecnologias que venham permitir aos aquicultores lidarem com a mudança do clima aumentando sua capacidade adaptativa.

O aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos causados pela mudança do clima pode gerar perdas na produção agropecuária (Wilson et al., 2022). Para tanto, a gestão do risco climático é ferramenta imprescindível para a sustentabilidade em longo prazo de empreendimentos aquícolas permitindo maior produtividade e evitando perdas e danos.

Alguns impactos ocasionados por eventos climáticos extremos já podem ser sentidos na piscicultura em tanques rede em reservatórios, como a longa estiagem que diminuiu a disponibilidade de água no estado de São Paulo em 2021¹, causando enormes perdas produtivas para o setor aquícola. Para as pisciculturas em tanques rede, os impactos da estiagem obrigam muitas vezes os produtores a mudarem seu local de produção para manejar os peixes, aumentando o custo de produção e às vezes, inviabilizando a atividade (Bueno et al., 2023; Brande et al., 2023).

A cadeia de valor da tilápia no Brasil se estabeleceu (Barroso et al., 2019) e o país se tornou o quarto maior produtor de tilápia do planeta (FAO, 2022). Isto resultou no aumento de empreendimentos aquícolas instalados em lagos e reservatórios neotrópicos (Bueno et al., 2015). Nos últimos anos, houve avanços expressivos de tecnologias e investimentos financeiros neste sistema de produção (Brande et al., 2023). No entanto, diversos fatores climáticos e ambientais demonstraram a vulnerabilidade desta modalidade frente às mudanças climáticas (Sampaio et al., 2021). Isto demonstra a urgência para o desenvolvimento de mecanismos de monitoramento ambiental, manejo e gestão do risco climático, levando em consideração possíveis riscos para a atividade, como diminuição da produtividade ou até mesmo perdas totais da produção.

5. Conclusões

Concluimos que, levando em consideração o CT e o RET, o reservatório de Chavantes possui alta favorabilidade ao cultivo da tilápia na maior parte do ano e que apesar da maior favorabilidade ser no período do Verão, este é o período de maior risco de ocorrência de desestratificação térmica, alertando para a necessidade de monitoramento destes eventos climáticos.

O uso do monitoramento ambiental em alta frequência foi efetivo e deve ser utilizado para gestão do risco climático, principalmente da estratificação térmica da água em pisciculturas instaladas em lagos e reservatórios neotropicais, tornando o empreendimento aquícola mais seguro e promovendo práticas para o desenvolvimento sustentável da atividade.

O uso dessa abordagem deve ser difundida, empregada e testada em mais empreendimentos aquícolas visando o monitoramento da temperatura em diferentes profundidades em alta frequência para gestão deste risco climático.

Considerando o crescimento da atividade de piscicultura em tanques rede em lagos e reservatórios no país, o uso desta ferramenta de monitoramento para manejo do risco climático pode contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor, à medida que auxilia o produtor na tomada de decisões para a melhor gestão da sua produção.

6. Referências Bibliográficas

- Alves, S.; Mello, L., 2007. Manual para Monitoramento Hidrobiológico em Fazendas de cultivo de camarão. Recife 1 (1), p. 1–58.
- Araújo, C. A. S.; Sampaio, F. G.; Alcântara, E.; Curtarelli, M. P.; Ogashawara, I.; Stech, J. L. 2017. Effects of atmospheric cold fronts on stratification and water quality of a tropical reservoir: Implications for aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions*. v. 9, p. 385-403. <https://doi.org/10.3354/AEI00240>.
- Austin, J.; Colman, S. 2008. A century of temperature variability in Lake Superior. *Limnol. Oceanogr.* 53, 2724–2730.
- Azadi, F.; Ashofteh, P. S.; Chu, S. 2021. Evaluation of the effects of climate change on thermal stratification of reservoirs. *Sustainable Cities and Society*, v. 66. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102531>.
- Azaza, M. S.; Dhraïef, M. N.; Kraïem, M. M. 2008. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*, v. 33, p. 98-105. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2007.05.007>.
- Bueno, G.W., Ostrensky, A., Canzi, C., Matos, F.T., Roubach, R. 2015. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. *Rev. Aquacult.* V.7, p.1–12. <https://doi.org/10.1111/raq.12045>.
- Cai, J. N.; Leung, P. S.; Luo, Y. J.; Yuan, X. H.; Yuan, Y. M. 2018. Improving the performance of tilapia farming under climate variation: Perspective from bioeconomic modelling. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 608*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 978-92-5-130162-3.

- Coats, R.; Perez-Losada, J.; Schladow, G.; Richards, R.; Goldman, C. 2006. The warming of Lake Tahoe. *Clim. Chang.* 76, 121–148.
- CTG Brasil. 2020. Chavantes, uma das usinas mais importantes do Paranapanema, comemora 50 anos. <https://www.ctgbr.com.br/chavantes-uma-das-usinas-mais-importantes-do-paranapanema-comemora-50-anos/>.
- El-Sayed, A. F. M.; Kawanna, M. 2008. Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture Research*, v. 39, n. 6, p. 670–672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x>
- Giroto, M.V. F.; Silva, C. M.; Sampaio, F. G.; Stech, J. L.; Mendes, G. O.; Dalsasso, R. F.; Bodelão, A. G.; Matos, F. T.; Messias, J. A. 2021. Plataformas de coleta de dados para monitoramento ambiental de pisciculturas em tanques-rede. Embrapa Meio Ambiente. Série de Documentos 131. 40 p.
- Jansen, H. M.; Reid, G. K.; Bannister, R. J.; Husa, V.; Robinson, S. M. C.; Cooper, J. A.; Quinton, C.; Strand, Ø. 2016. Discrete water quality sampling at open-water aquaculture sites: limitations and strategies. *Aquaculture environment interactions*. v. 8, 463-636.
- Khac, V. T.; Hong, Y.; Plec, D.; Lemaire, B. J.; Buboïs, P.; Saad, M.; Viçon-Leite, B. 2018. An Automatic Monitoring System for High-Frequency Measuring and Real-Time Management of Cyanobacterial Blooms in Urban Water Bodies. *Processes*. V. 6, 11, <https://doi.org/10.3390/pr6020011>.
- Makori, A. J.; Abuom, P. O.; Kapiyo, R.; Anyona, D. N.; Dida, G. O. 2017. Effects of water physico-chemical parameters on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth in earthen ponds in Teso North Sub-County, Busia County. *Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 20, n. 1, p. 1–10. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0075-7>.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2021. Boletim da piscicultura em águas da União 2020. Relatório anual de produção – RAP. 88p. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/aquicultura-e-pesca/aquicultura-1/boletim-aquicultura-em-aguas-da-uniao-2020.pdf>.
- MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. 2020. Portaria Nº 3.896, de 16 de outubro de 2020. Institui a estrutura de governança do Adapta Brasil MCTI - Contribuição da Ciência para Medidas de Adaptação. Diário Oficial

- da União. Ed. 200, Seção 1, p. 5. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.896-de-16-de-outubro-de-2020-283475047>
- Melo Júnior, H. N.; Sampaio, F. G. 2021. Circulação vertical na piscicultura em tanque-rede de ambientes tropicais e semiárido. *Revista Aquaculture Brasil*, ed. 22, p. 10-16, ISSN 2525-3379.
- Nogueira, M. G.; Jorcin A.; Vianna, N.C.; Britto Y.C. 2006. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): Um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira, M. G.; R. Henry; A. Jorcin, (Eds.). *Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*, p. 83-125, Rima, São Carlos, Brazil.
- Nogueira, M. G.; Pomari, J. 2018. Limnological Patterns in a Large Subtropical Reservoir Cascade. In: Gokce, D. 2019. *Limnology - Some New Aspects of Inland Water Ecology*. 164 p. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73416>.
- Noori, R.; Berndtsson, R.; Adamowski F. J.; Rabiee, A. M. 2018. Temporal and depth variation of water quality due to thermal stratification in Karkheh Reservoir, Iran. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 19, p. 279-286. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2018.10.003>.
- Neves, G. P. 2008. Efeitos do tempo de residência, morfometria e estado trófico sobre as assembléias de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) dos reservatórios de Chavantes e Salto Grande (rio Paranapanema, SP/PR). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista - Campus de Botucatu. Dissertação de Mestrado.
- Oba, E. T.; Mariano, W. S.; Santos, L. R. B. 2009. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. *Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo*, p. 226–247.
- Oreilly, C.; Sharma, S.K.; Gray, D.; Hampton, S.; Read, J.; Rowley, R. 2015. Rapid and highly variable warming of lake surface waters around the globe. *Geophys. Res. Lett.* 42, 10773–10781.
- Panase, P.; Saenphet, S.; Saenphet, K. 2018. Biochemical and physiological responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* Lin subjected to cold shock of water temperature. *Aquaculture Reports*, v. 11, p. 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2018.05.005>.

- Sampaio, F. G.; Araújo, C. A. S.; Dallago, B. S. L.; Stech, J. L.; Lorenzetti, J. A.; Alcântara, E.; Losekann, M. E.; Marin, D. B.; Leão, J. A. D.; Bueno, G. W. 2021. Unveiling low-to-high-frequency data sampling caveats for aquaculture environmental monitoring and management. *Aquaculture Reports*, v. 20. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100764>.
- Tundisi, J. G.; Tundisi, T. M. 2008. *Limnologia*. São Paulo. Oficina de Textos. ISBN 978-85-86238-66-6.
- Wilson, A. B.; Avila-Diaz, A.; Oliveira, L. F.; Zuluaga, C. F.; Mark, B. 2022. Climate extremes and their impacts on agriculture across the Eastern Corn Belt Region of the U.S. *Weather and Climate Extremes*, v. 37, 100467 p. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100467>.
- Woodward, G.; Perkins, D. M.; Brown, L. E. 2010. Climate change and freshwater ecosystems: Impacts across multiple levels of organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 365, n. 1549, p. 2093–2106. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0055>.