

CAPÍTULO 7

Incidência de *Streptococcus agalactiae* e estratégias de controle sanitário na tilapicultura: diagnósticos e perspectivas para o sul do Espírito Santo

Erivelto Oliveira de Souza, Lucas de Brites Senra, Macllene Rodrigues Zeferino, Pedro Pierro Mendonça, Willian Moreira da Costa, Atanásio Alves do Amaral, Maurício Novaes Souza

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-45-9.c7>

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar os principais desafios sanitários da tilapicultura nos municípios de Alegre e Muniz Freire (ES), com ênfase nas infecções causadas por *Streptococcus agalactiae*, e propor estratégias de mitigação baseadas em inovações tecnológicas. Trata-se de uma revisão de literatura fundamentada em artigos científicos e documentos técnicos, integrada à proposição de ferramentas de gestão. A intensificação dos sistemas de cultivo tem favorecido o surgimento de enfermidades associadas à alta densidade de estocagem, estresse fisiológico e variações na qualidade da água. O estudo aborda a epidemiologia do patógeno, com destaque para a virulência do Sorotipo III, e discute a transição para sistemas de Bioflocos (BFT) como barreira sanitária natural. São apresentadas estratégias de controle que priorizam a biossegurança e a vacinação em detrimento do uso de antimicrobianos. Conclui-se com a apresentação de um *checklist* executivo para aplicação imediata no campo, reforçando a necessidade de uma atuação integrada entre pesquisa e extensão para consolidar o desenvolvimento sustentável da tilapicultura regional até 2040.

Palavras-chave: Aquicultura continental. *Streptococcus agalactiae*. Sistema BFT. Biossegurança. Manejo produtivo. Extensão rural.

1. Introdução

A piscicultura no Brasil tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, consolidando-se como uma importante atividade do agronegócio. Nesse contexto, a tilapicultura destaca-se como o principal segmento produtivo, sendo responsável por cerca de 65% da produção nacional de peixes, com um volume estimado em 579.080 toneladas em 2023 e aumento de 93% no consumo nos últimos dez anos (Peixe BR, 2024). Esse avanço produtivo, embora promissor, levanta preocupações relacionadas à sanidade dos animais, especialmente diante da intensificação dos sistemas de cultivo.

Entre as espécies cultivadas, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a mais difundida no país, devido às suas características zootécnicas favoráveis, como rápido crescimento, rusticidade e boa qualidade da carne (Prabu *et al.*, 2019). Introduzida no Brasil no século passado, essa espécie tornou-se base da piscicultura nacional, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e geração de renda.

No estado do Espírito Santo, a produção de peixes também tem apresentado crescimento gradual nos últimos anos. Dados recentes indicam que a produção passou de 19.030 toneladas em 2023 para 20.410 toneladas em 2024, alcançando 21.010 toneladas em 2025, com expectativa de continuidade dessa expansão (Sampaio; Stefany, 2026). Nesse cenário, a tilápia do Nilo se destaca como a principal espécie cultivada, com o município de Linhares figurando como maior produtor estadual (PEDEAG, 2024).

Em nível regional, municípios como Muniz Freire vêm se consolidando como polos relevantes da atividade aquícola, especialmente em sistemas produtivos conduzidos por agricultores familiares (Caus, 2024). A piscicultura, nesse contexto, assume papel estratégico na diversificação da renda, na segurança alimentar e na permanência do produtor no meio rural (Castilho-Barros *et al.*, 2020).

Iniciativas como o programa “Mais Peixes”, desenvolvido pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) em parceria com a Cooperativa dos Empreendedores Rurais de Domingos Martins (Coopram), têm contribuído para o fortalecimento da atividade por meio de assistência técnica, organização da comercialização e redução de custos de

produção, além de investimentos significativos na cadeia produtiva local (Prefeitura Municipal de Muniz Freire, 2025).

Apesar do crescimento do setor, a ocorrência de enfermidades infecciosas representa um dos principais entraves à sustentabilidade da piscicultura. Entre essas, as doenças bacterianas destacam-se pela elevada frequência e impacto econômico (Figueiredo; Leal, 2012; Cain, 2022). A estreptococose, por exemplo, é uma das enfermidades mais relevantes na tilapicultura, podendo causar septicemia e sinais clínicos como hemorragias, exoftalmia e natação errática. Entre os principais agentes etiológicos associados estão *Streptococcus spp.*, *Lactococcus spp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Flavobacterium columnare* e *Francisella orientalis* (Osman *et al.*, 2017; Haenen *et al.*, 2023) (Figura 1).

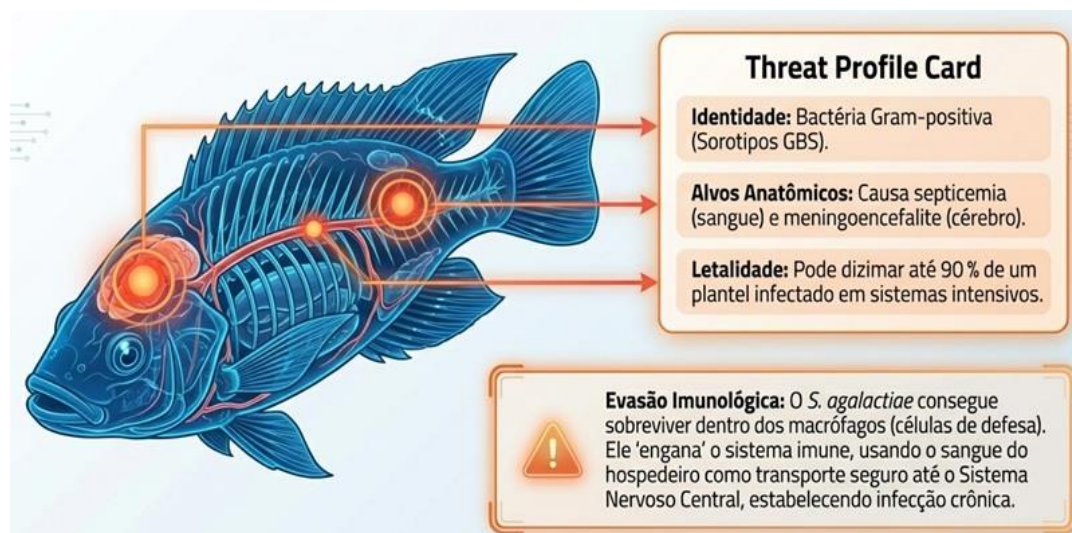


Figura 1. Representação microscópica e impacto patogênico de *Streptococcus agalactiae* na tilapicultura. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

O desenvolvimento dessas infecções está diretamente relacionado a fatores de manejo e qualidade ambiental, como temperatura da água, estresse, alta densidade de estocagem, manejo intensivo e parâmetros inadequados de qualidade da água, incluindo baixos níveis de oxigênio dissolvido e altas concentrações de amônia (Qu *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2025).

Peixes acometidos por infecções bacterianas apresentam sinais clínicos inespecíficos, como anorexia, melanose, exoftalmia, natação errática,

ulcerações cutâneas e ascite, além de alterações macroscópicas observadas à necropsia, como vísceras hemorrágicas, aumento de órgãos e presença de lesões nodulares (Al-Hussinee *et al.*, 2011; Laith *et al.*, 2017; Buján *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2024).

O controle dessas enfermidades, tradicionalmente realizado por meio de antibioticoterapia¹², apresenta limitações, como o desenvolvimento de resistência bacteriana e baixa eficácia em larga escala. Embora vacinas estejam em fase de desenvolvimento, ainda não são amplamente utilizadas. Diante desse cenário, torna-se fundamental investigar estratégias alternativas de prevenção e controle.

Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar os principais desafios sanitários da tilapicultura nos municípios de Alegre e Muniz Freire (ES), com ênfase nas infecções causadas por *Streptococcus agalactiae*, além de avaliar e propor estratégias de mitigação fundamentadas em inovações tecnológicas, visando ao fortalecimento da sustentabilidade, da biossegurança e da eficiência produtiva da aquicultura local.

2. Tilapicultura e os desafios sanitários associados às doenças bacterianas

A produção de tilápia pode ser conduzida em sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos, sendo este último o mais amplamente adotado na atualidade. Os sistemas intensivos caracterizam-se por elevadas densidades de estocagem, uso de ração balanceada e manejo alimentar controlado, renovação frequente da água e maior nível de tecnificação (Souza; Leite, 2016). Esse modelo produtivo tem possibilitado ganhos expressivos de produtividade; porém, também impõe desafios significativos relacionados à sanidade dos animais (Figura 2).

Nesse contexto, o avanço da tilapicultura, especialmente sob regime intensivo, tem sido acompanhado pelo aumento na ocorrência de enfermidades, com destaque para as doenças bacterianas. Patógenos como *Streptococcus agalactiae*, *Francisella noatunensis* subsp. *orientalis*, *Aeromonas hydrophila* e

¹² Uso terapêutico de antibióticos para tratar infecções causadas exclusivamente por bactérias.

Edwardsiella tarda figuram entre os principais agentes etiológicos associados à tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), podendo ocasionar elevadas taxas de mortalidade, redução no desempenho zootécnico e prejuízos econômicos significativos (Haenen *et al.*, 2023; Elsayed *et al.*, 2024).



Figura 2. Dinâmica do crescimento intensivo: o ponto de inflexão entre produtividade e colapso biológico. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

A predisposição dos peixes às enfermidades não está associada apenas à presença de agentes patogênicos, mas também a um conjunto de fatores ambientais e de manejo. Conforme destacado por Tavares *et al.* (2005) e Sebastião *et al.* (2024), condições como baixa qualidade da água, transporte inadequado, manejo incorreto, altas densidades de estocagem, alimentação desequilibrada e acúmulo de matéria orgânica nos viveiros contribuem diretamente para o aumento da suscetibilidade dos animais às infecções.

As doenças bacterianas representam, portanto, um dos principais entraves sanitários da cadeia produtiva da tilapicultura, sendo responsáveis por perdas expressivas, sobretudo durante a fase de engorda. Estima-se que a mortalidade associada a esses patógenos possa comprometer cerca de 5% do plantel antes do abate, gerando impactos econômicos relevantes, que podem atingir milhões de reais anualmente (Kubitza, 2005; Assane *et al.*, 2022; Bondad-Reantaso *et al.*, 2023; Sebastião, 2024).

Diante desse cenário, um dos grandes desafios enfrentados pelos produtores, especialmente no estado do Espírito Santo, consiste em conciliar elevados níveis de produtividade com a manutenção de condições ambientais que reduzam os fatores de estresse inerentes aos sistemas intensivos. A alta densidade de peixes, a competição por alimento e as variações nos parâmetros de qualidade da água, quando não adequadamente manejadas, comprometem a homeostase dos organismos, aumentando a vulnerabilidade a doenças e prejudicando o desempenho produtivo (Figura 3).



Figura 3. O novo paradigma aquícola: integração de biotecnologia, monitoramento e sistemas de alta *performance*. Fonte: elaboração própria (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

No contexto capixaba, onde a tilapicultura tem se expandido principalmente em propriedades de base familiar, a adoção de boas práticas de manejo associadas ao monitoramento contínuo dos parâmetros ambientais torna-se essencial. Essas estratégias são fundamentais para garantir não apenas a viabilidade econômica da atividade, mas também a sustentabilidade dos sistemas produtivos ao longo do tempo.

A tilapicultura moderna, predominantemente intensiva, apesar de seus benefícios produtivos, intensifica a exposição dos peixes a fatores estressantes. Estudos recentes indicam que essas condições podem elevar os níveis de cortisol, promover imunossupressão e aumentar a predisposição às infecções bacterianas, comprometendo a saúde e o desempenho dos animais (Emam; Lambert; Brown, 2025; Aly *et al.*, 2025).

O estresse crônico, decorrente de fatores como alta densidade, manejo frequente, transporte, oscilações térmicas, alimentação inadequada e baixa qualidade da água, desencadeia respostas fisiológicas importantes, como o

aumento dos níveis plasmáticos de cortisol e glicose (Odhiambo *et al.*, 2020). Além disso, são observadas alterações hematológicas, incluindo redução no número de leucócitos, o que compromete a eficiência do sistema imunológico. Essas alterações reduzem a capacidade de resposta dos peixes frente aos agentes patogênicos, agravando os quadros infecciosos e impactando diretamente a sanidade e a produtividade dos sistemas aquícolas (Figura 4).

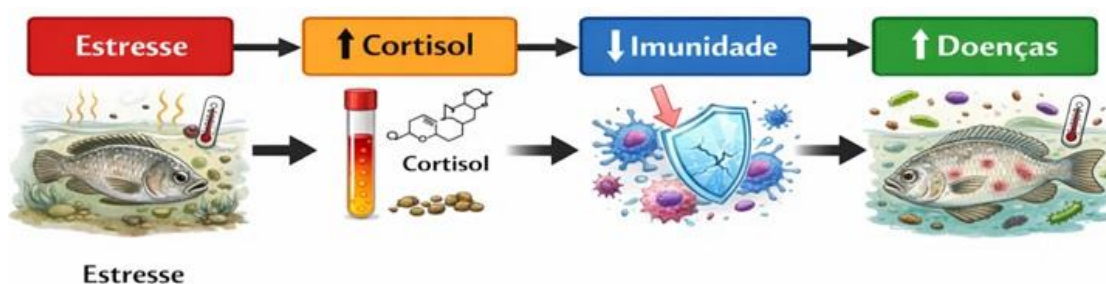


Figura 4. Efeitos do estresse crônico sobre a resposta fisiológica e imunológica de tilápias. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2025), com auxílio de IA (ChatGPT).

Em tilápias expostas a condições inadequadas de pH, especialmente em faixas muito ácidas ou alcalinas, observam-se respostas fisiológicas adversas, como elevação dos níveis de cortisol, alterações metabólicas e comprometimento do desempenho zootécnico. Além disso, o pH exerce influência direta sobre a forma química da amônia na água: em ambientes mais alcalinos, há aumento da fração de amônia não ionizada (NH_3), altamente tóxica aos peixes. Essa forma pode provocar lesões branquiais, desencadear estresse fisiológico, reduzir o crescimento e elevar as taxas de mortalidade (Paixão Lemos *et al.*, 2018).

De forma semelhante, para esses mesmos autores, o acúmulo de compostos nitrogenados, como nitrito e nitrato, geralmente associado ao excesso de matéria orgânica e à baixa renovação da água, intensifica o estresse fisiológico e compromete a homeostase dos organismos. Tais condições afetam negativamente parâmetros produtivos, como a conversão alimentar, a taxa de crescimento específico e a sobrevivência, evidenciando que a qualidade da água constitui um dos principais fatores determinantes do sucesso produtivo em sistemas intensivos de cultivo.

Sob essas condições adversas, a tilápia torna-se mais suscetível à ação de patógenos oportunistas, como *Streptococcus agalactiae*, *Francisella noatunensis* subsp. *orientalis*, *Aeromonas hydrophila* e *Edwardsiella tarda* (Haenen *et al.*, 2023). Esses microrganismos podem desencadear surtos de doenças com elevada mortalidade e significativa redução no desempenho zootécnico, comprometendo uma parcela expressiva do plantel, sobretudo durante a fase de engorda.

Nesse contexto, o principal desafio, especialmente em sistemas intensivos e em propriedades de base familiar, reside na conciliação entre altos níveis de produtividade e o controle rigoroso dos parâmetros ambientais. O manejo adequado do pH, da temperatura, dos compostos nitrogenados e da densidade de estocagem é fundamental para minimizar o estresse e manter o equilíbrio fisiológico dos peixes. A adoção de boas práticas de manejo contribui para a manutenção dos níveis de cortisol em patamares compatíveis com a homeostase, favorecendo a integridade do sistema imunológico.

Enfim, o monitoramento contínuo da qualidade da água, aliado a um manejo nutricional adequado, constitui estratégia essencial para o êxito da produção aquícola. Essas práticas se refletem em melhores índices de conversão alimentar, maior taxa de crescimento específico e aumento da sobrevivência dos peixes. Consequentemente, contribuem para a redução da incidência de enfermidades bacterianas e para a sustentabilidade da tilapicultura em longo prazo.

As doenças bacterianas representam um dos principais entraves sanitários da cadeia produtiva da tilapicultura, sendo responsáveis por perdas expressivas, sobretudo durante a fase de engorda. Embora estimativas clássicas indicassem que a mortalidade associada a esses patógenos comprometesse cerca de 5% do plantel (Kubitza, 2005; Bondad-Reantaso *et al.*, 2023), o cenário atual de intensificação produtiva elevou significativamente esses índices (Assane *et al.*, 2022; Bondad-Reantaso *et al.*, 2023).

Estudos recentes apontam que surtos de patógenos emergentes, como a *Francisella noatunensis* e novas cepas de *Streptococcus agalactiae*, podem elevar a mortalidade para patamares entre 15% e 40% em sistemas intensivos,

gerando impactos econômicos globais superiores a US\$ 6 bilhões anualmente (Assane *et al.*, 2022; Bondad-Reantaso *et al.*, 2023).

A superação desses desafios de biossegurança é um requisito fundamental para que o Brasil cumpra sua agenda estratégica: a rota para a liderança global em 2040. Atualmente, o país já detém a hegemonia absoluta na produção de tilápias na América do Sul e é o maior produtor de peixes de cultivo de todas as Américas (PEIXE BR, 2025). Com a consolidação de investimentos em genética, nutrição e sanidade, a meta do setor é alcançar o topo do ranking mundial nas próximas duas décadas, transformando o atual protagonismo continental em uma liderança global definitiva (Sebastião *et al.*, 2024) (Figura 5).



Figura 5. Projeções estratégicas e competitividade sistêmica: o caminho para a liderança global da tilapicultura em 2040. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

A Figura 5 sintetiza os principais vetores que sustentam a trajetória de crescimento da tilapicultura brasileira, evidenciando a importância de uma abordagem sistêmica para a consolidação dessa liderança. Nesse cenário, a competitividade do setor está diretamente relacionada à capacidade de integração entre inovação tecnológica, governança institucional e sustentabilidade produtiva. A adoção de boas práticas de biossegurança, aliada ao avanço em melhoramento genético, eficiência alimentar e gestão ambiental, constitui um diferencial estratégico frente aos mercados internacionais.

Além disso, a ampliação do acesso a mercados externos, o fortalecimento das cadeias logísticas e a conformidade com exigências sanitárias globais são

fatores determinantes para a inserção competitiva do Brasil no comércio mundial. Assim, a convergência entre ciência, política pública e iniciativa privada será decisiva para transformar o potencial produtivo em liderança global efetiva até 2040.

3. Estreptococose em peixes: aspectos gerais e abordagens de controle

A estreptococose consolidou-se como uma das principais enfermidades bacterianas na aquicultura, especialmente em sistemas intensivos de produção de tilápia. A interação entre patógenos altamente virulentos, elevadas densidades de estocagem e práticas de manejo inadequadas favorece a ocorrência de surtos, tornando essa doença um dos principais entraves à sustentabilidade da atividade aquícola.

Trata-se de uma infecção amplamente distribuída em nível mundial, acometendo diversas espécies de peixes de água doce e marinhos (El-Noby *et al.*, 2021). Na tilapicultura, a estreptococose figura entre as principais causas de mortalidade, frequentemente associada a quadros agudos com elevada letalidade (Mahmoud *et al.*, 2023). Além das perdas diretas por mortalidade, a doença também pode se manifestar de forma crônica, resultando em lesões musculares, comprometimento de órgãos internos e redução da qualidade da carcaça, o que impacta negativamente a aceitação comercial do produto (Van Doan *et al.*, 2022).

Do ponto de vista econômico, os impactos da estreptococose são expressivos. Estimativas indicam que as perdas globais anuais relacionadas à doença podem alcançar centenas de milhões de dólares, com registros de mortalidade que chegam a 70% em lotes infectados (Wang *et al.*, 2023). Estudos de caso em sistemas comerciais evidenciam reduções significativas na biomassa produzida e na receita dos empreendimentos, afetando diretamente a rentabilidade, o fluxo de caixa e, em alguns contextos, a segurança alimentar regional (Paredes-Trujillo; Mendoza-Carranza, 2024) (Figura 6).

Além dos prejuízos associados à mortalidade, a ocorrência da doença implica aumento dos custos de produção, devido à necessidade de tratamentos terapêuticos, descarte de animais, redução no desempenho zootécnico e investimentos adicionais em medidas de biossegurança, desenvolvimento e

aplicação de vacinas, bem como estratégias de melhoramento genético voltadas à resistência às enfermidades.



Figure 6. Dinâmica dos prejuízos na tilapicultura: correlação entre o impacto biológico da estreptococose e as perdas econômicas diretas. Fonte: Adaptado de Delphino, Joshi e Alvarez (2022) e Kayansamruaj *et al.* (2023), com suporte de inteligência artificial generativa (ChatGPT, 2026).

A ocorrência da estreptococose está fortemente associada à intensificação dos sistemas produtivos, especialmente aqueles caracterizados por altas densidades de estocagem, manejo frequente e uso de estruturas como tanques-rede e viveiros de alta produtividade (El-Noby *et al.*, 2021). Nessas condições, fatores estressores tornam-se determinantes para o desencadeamento de surtos, destacando-se temperaturas elevadas (superiores a 27–30 °C), variações térmicas, baixos níveis de oxigênio dissolvido, acúmulo de compostos nitrogenados (amônia e nitrito), superlotação e práticas de sobrealimentação (Taukhid *et al.*, 2023). Esses elementos comprometem o equilíbrio fisiológico dos peixes, aumentando sua suscetibilidade às infecções.

Em sistemas de cultivo em tanques-rede, instalados em rios e reservatórios, a dinâmica da água representa um fator adicional de risco. A circulação hídrica compartilhada, aliada à movimentação de peixes entre diferentes unidades produtivas, favorece a disseminação do patógeno em escala regional, dificultando o controle sanitário (Jantrakajorn *et al.*, 2014).

Esse cenário é agravado pela complexidade epidemiológica da doença, que envolve diferentes espécies e sorotipos de *Streptococcus*, além da emergência de cepas com resistência a antimicrobianos. Soma-se a isso a ausência de vacinas com eficácia universal e a variabilidade das respostas imunológicas entre espécies e linhagens de peixes (Juárez-Cortés *et al.*, 2024).

O uso de antibióticos, embora ainda empregado em algumas situações, apresenta limitações importantes. Em infecções granulomatosas, sua eficácia tende a ser reduzida, além de implicar aumento nos custos de produção, riscos associados à resistência antimicrobiana e possibilidade de resíduos nos produtos aquícolas. Nesse contexto, estratégias preventivas assumem papel central no controle da doença (Delphino *et al.*, 2022).

Medidas como a adoção de protocolos rigorosos de biossegurança, para esses mesmos autores, o manejo adequado dos fatores de estresse, a utilização de vacinas específicas e a seleção de linhagens geneticamente mais resistentes configuram alternativas mais sustentáveis. No entanto, a efetividade dessas abordagens depende de investimentos contínuos, capacitação técnica dos produtores e integração entre práticas de manejo, monitoramento ambiental e avanços em biotecnologia.

3.1. Estreptococose: etiologia, transmissão e controle

O gênero *Streptococcus* é composto por bactérias cocoides¹³ (0,3–0,5 µm), Gram-positivas, que se organizam tipicamente em cadeias. São anaeróbias facultativas, podendo algumas espécies apresentar crescimento favorecido em atmosferas enriquecidas com CO₂. Essas bactérias são imóveis, não formadoras de esporos, catalase¹⁴ e oxidase negativas, e apresentam metabolismo fermentativo, com produção predominante de ácido lático. Podem ainda apresentar diferentes padrões de hemólise, o que auxilia na sua caracterização microbiológica (Patterson; Baron, 1996).

¹³ São bactérias que possuem formato esférico, arredondado ou elíptico.

¹⁴ É uma enzima antioxidante essencial encontrada na maioria dos organismos vivos, incluindo animais, plantas e bactérias.

Entre as espécies de maior relevância na piscicultura, destacam-se *Streptococcus agalactiae*, *S. iniae*, *S. dysgalactiae*, *S. ictaluri*, *S. phocae* e *S. parauberis* (Figueiredo *et al.*, 2012). Esses agentes têm sido associados a surtos de elevada mortalidade em tilápias em diversos países, incluindo Japão, Israel, Estados Unidos, Taiwan, Filipinas e Brasil, configurando-se como um importante problema sanitário em sistemas intensivos de produção. Além dos impactos biológicos, tais infecções acarretam prejuízos econômicos expressivos à cadeia produtiva (Kubitza, 2005; Sebastião *et al.*, 2024).

Os estreptococos são considerados patógenos oportunistas, cuja manifestação está fortemente relacionada a condições de estresse. Fatores como alta densidade de estocagem, baixa qualidade da água, manejo inadequado e falhas nutricionais comprometem o sistema imunológico dos peixes, aumentando sua suscetibilidade à infecção. Dessa forma, o manejo inadequado constitui um dos principais gatilhos para o desenvolvimento da estreptococose (Panisk *et al.*, 2005; Sebastião *et al.*, 2024).

A transmissão da doença ocorre predominantemente de forma horizontal, sendo favorecida pela convivência entre peixes infectados, mortos e indivíduos saudáveis. Esse contato direto facilita a disseminação do agente no ambiente de cultivo, especialmente em sistemas intensivos, onde a proximidade entre os animais é elevada. Assim, a rápida propagação da enfermidade reforça a importância do monitoramento contínuo dos lotes e da adoção de medidas preventivas (Iregui, 2014).

O diagnóstico da estreptococose deve ser conduzido de forma criteriosa, envolvendo avaliação clínica, histórico produtivo e análise laboratorial. A inspeção em campo permite a identificação de sinais clínicos sugestivos, enquanto a coleta de peixes doentes, seguida de eutanásia e necropsia, possibilita a obtenção de amostras para exames histopatológicos e microbiológicos, fundamentais para a confirmação do agente etiológico (Yanong; Francis-Floyd, 2002; Iregui *et al.*, 2014).

O tratamento convencional baseia-se no uso de antibióticos, sendo que, no Brasil, apenas a oxitetraciclina e o florfenicol são autorizados para uso na

aquicultura (MAPA, 2022). O florfenicol, pertencente à classe dos anfenicóis¹⁵, tem demonstrado maior eficácia no controle da doença, em função de sua capacidade de reduzir significativamente a carga bacteriana nos animais infectados (Chideroli *et al.*, 2017). A administração é realizada, em geral, por meio da incorporação do fármaco na ração, seguindo dosagens recomendadas pelos fabricantes, em torno de 10 mg/kg. Contudo, estudos indicam que doses mais elevadas, entre 20 e 40 mg/kg, podem apresentar maior eficiência na redução da mortalidade, o que evidencia a necessidade de ajustes técnicos e validações específicas (Oliveira, 2018).

Cabe ressaltar que bactérias do gênero *Streptococcus* estão naturalmente presentes em ambientes aquícolas, como água e sedimentos, o que dificulta seu controle absoluto (Sule *et al.*, 2025). Nesse contexto, estratégias preventivas assumem papel fundamental na redução do risco de surtos. Entre as principais medidas destacam-se a aquisição de alevinos de procedência certificada, o uso de quarentena, o controle adequado da densidade de estocagem e a minimização de estressores durante o manejo e transporte.

Adicionalmente, práticas como a remoção imediata de peixes mortos ou doentes, o fornecimento de rações de qualidade e a implantação de protocolos rigorosos de higiene e biossegurança contribuem significativamente para a manutenção da sanidade do sistema produtivo. Tais ações favorecem o equilíbrio ambiental e refletem diretamente no melhor desempenho zootécnico dos animais. Essa gestão proativa reduz a carga patogênica no ambiente aquático e minimiza a necessidade de intervenções terapêuticas onerosas. Consequentemente, o fortalecimento das barreiras sanitárias consolida a biossegurança como o pilar central para a competitividade e a longevidade econômica da tilapicultura.

Por fim, a vacinação tem se consolidado como uma estratégia promissora no controle da estreptococose, especialmente em sistemas intensivos. Trata-se de uma abordagem imunoprolática¹⁶ em expansão, podendo ser aplicada por diferentes vias, como intraperitoneal, imersão ou via oral. Dentre essas, a via

¹⁵ São uma classe de antibióticos de amplo espectro, derivados do propanodiol (composto orgânico líquido), conhecidos por sua alta eficácia bacteriostática (inibem o crescimento bacteriano) ao bloquear a síntese proteica nas bactérias.

¹⁶ Medidas preventivas que utilizam o sistema imunológico para proteger contra doenças.

intraperitoneal tende a apresentar maior eficiência, embora demande maior manejo. Assim, a vacinação desponta como uma ferramenta relevante na prevenção da doença e na promoção da sustentabilidade da tilapicultura.

Contudo, de acordo com Sule *et al.* (2025), a eficácia dos programas de imunização enfrenta o desafio da diversidade de cepas circulantes, com destaque para a recente ameaça representada pelo sorotipo III de *Streptococcus agalactiae*. Diferente dos sorotipos I e II, o sorotipo III tem demonstrado uma virulência superior e uma capacidade de disseminação acelerada em diversas regiões produtoras, estando frequentemente associado a surtos de alta mortalidade, mesmo em plantéis previamente vacinados com formulações convencionais.

Para esses mesmos autores, a emergência desse sorotipo impõe a necessidade urgente de atualização das vacinas e do fortalecimento das medidas de biossegurança, uma vez que a sua presença pode comprometer significativamente os índices produtivos e a viabilidade econômica da atividade (Figura 7).



Figura 7. Vulnerabilidade sistêmica: o impacto do *Streptococcus agalactiae* (Sorotipo III) sobre as barreiras sanitárias tradicionais. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

A Figura 7 evidencia a fragilidade das barreiras sanitárias convencionais diante da emergência de cepas mais virulentas, como o sorotipo III de

Streptococcus agalactiae, ressaltando a necessidade de uma abordagem mais dinâmica e integrada na gestão da sanidade aquícola. Nesse contexto, torna-se fundamental a adoção de estratégias complementares, como o monitoramento epidemiológico contínuo, o desenvolvimento de vacinas multivalentes e o uso de ferramentas de diagnóstico rápido. Além disso, o fortalecimento das práticas de biossegurança, incluindo controle rigoroso da qualidade da água, manejo adequado da densidade de estocagem e rastreabilidade dos lotes, é essencial para reduzir a disseminação do patógeno.

3.2. Epidemiologia, diagnóstico e estratégias de controle da estreptococose em peixes

A estreptococose em peixes está fortemente associada a sistemas de produção intensivos, nos quais elevadas densidades de estocagem e condições ambientais desfavoráveis favorecem o surgimento e a disseminação da doença. Fatores como oscilações de temperatura, baixos níveis de oxigênio dissolvido, acúmulo de amônia e nitrito, superlotação, sobrealimentação e manejo excessivo atuam como importantes agentes estressores (Chew *et al.*, 2024). Essas condições comprometem a resposta imune dos peixes, tornando-os mais suscetíveis à infecção e criando um ambiente propício para o estabelecimento e a propagação do patógeno.

A transmissão ocorre predominantemente de forma horizontal, por meio do contato direto entre indivíduos infectados, da exposição à água contaminada e da permanência de peixes doentes ou mortos no sistema produtivo. Esses elementos funcionam como importantes reservatórios e fontes de infecção, especialmente em viveiros e tanques intensivos, onde a proximidade entre os animais facilita a rápida disseminação do agente etiológico (Salama; Murray, 2011).

Além da transmissão horizontal, evidências recentes indicam a possibilidade de transmissão vertical em tilápias. Espécies como *Streptococcus agalactiae* e *S. iniae* já foram detectadas em sêmen, ovos e na prole de reprodutores aparentemente saudáveis, sugerindo a transferência do patógeno dos progenitores para larvas e alevinos (Pradeep *et al.*, 2016). Essa via de

transmissão representa um desafio adicional para os sistemas produtivos, pois compromete programas de produção livre de patógenos específicos e reforça a necessidade de rigoroso controle sanitário dos reprodutores.

Outro aspecto relevante da epidemiologia da estreptococose é a ampla distribuição ambiental dos agentes do gênero *Streptococcus*. Essas bactérias podem ser isoladas da água, dos sedimentos e do trato gastrointestinal de diferentes organismos aquáticos, o que favorece sua persistência no ambiente, mesmo na ausência de sinais clínicos evidentes. Essa característica dificulta a erradicação do patógeno e contribui para a recorrência de surtos em sistemas de produção.

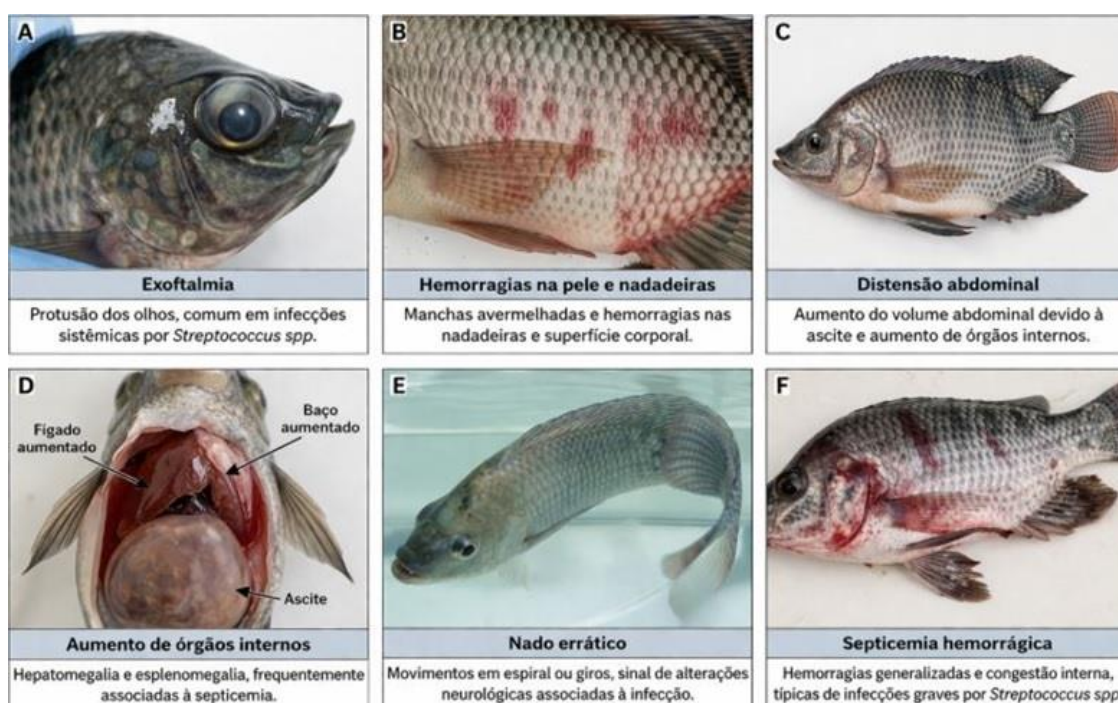


Figura 8. Principais sinais clínicos da estreptococose em tilápias (*Oreochromis niloticus*): (A) exoftalmia; (B) hemorragias na pele e nas nadadeiras; (C) distensão abdominal; (D) aumento de órgãos internos (hepatomegalia e esplenomegalia) associados à presença de ascite; (E) nado errático; (F) septicemia hemorrágica. Esses sinais são frequentemente associados a infecções por *Streptococcus agalactiae* e *Streptococcus iniae*. Fonte: Austin; Austin (2016); Tavares-Dias *et al.* (2014); e Klesius *et al.* (2008).

O diagnóstico da estreptococose deve ser conduzido de forma integrada, combinando avaliação clínica, necropsia e análises laboratoriais. A identificação

precoce da doença é fundamental para a adoção de medidas de controle eficazes. Entre os principais sinais clínicos observados destacam-se letargia, natação errática, frequentemente em movimentos circulares ou em espiral, exoftalmia, hemorragias cutâneas e nas nadadeiras, distensão abdominal e aumento de órgãos internos, geralmente associados a quadros de septicemia hemorrágica (Figura 8) (Osman *et al.*, 2017).

No ambiente laboratorial, a identificação inicial dos agentes do gênero *Streptococcus* baseia-se na observação de cocos Gram-positivos organizados em cadeias, catalase negativos e, frequentemente, β -hemolíticos, isolados de órgãos como cérebro, rim, fígado, baço e olhos. Embora métodos fenotípicos e testes bioquímicos ainda sejam amplamente utilizados na rotina diagnóstica, estes apresentam limitações quanto à precisão na diferenciação entre espécies, o que tem impulsionado a adoção de abordagens mais sensíveis e específicas, baseadas em técnicas moleculares.

Nesse sentido, ferramentas como o sequenciamento do gene 16S rRNA e métodos de biologia molecular permitem maior acurácia na identificação de espécies e cepas bacterianas. Adicionalmente, técnicas mais recentes, como a PCR em tempo real (qPCR) espécie-específica, possibilitam a detecção de *Streptococcus iniae* com elevada sensibilidade, inclusive em peixes assintomáticos, especialmente quando associadas a etapas de enriquecimento bacteriano e a análises imunohistoquímicas (Torres-Corral; Santos, 2021; Phasunon *et al.*, 2023).

Dessa forma, a integração de métodos clínico-patológicos, bacteriológicos e moleculares é recomendada para o diagnóstico definitivo e para a vigilância sanitária dos plantéis, sobretudo em sistemas intensivos, nos quais a detecção precoce é determinante para reduzir perdas produtivas e limitar a disseminação da enfermidade.

O tratamento da estreptococose em peixes baseia-se, predominantemente, no uso de antibióticos de amplo espectro, como oxitetraciclina, florfenicol, amoxicilina e eritromicina, geralmente administrados via ração. Em tilápias, infecções causadas por *Streptococcus agalactiae* e *S. iniae* são frequentemente tratadas com esses fármacos, embora a escolha do antimicrobiano deva considerar a legislação vigente e as especificidades regionais de produção.

Entretanto, a eficácia desses tratamentos tem sido progressivamente comprometida pelo aumento da resistência antimicrobiana, observada em diversas espécies de *Streptococcus* e outros cocos Gram-positivos. A resistência a classes como penicilinas, aminoglicosídeos, macrolídeos e tetraciclina favorece a recorrência de surtos e representa um risco à saúde pública, tanto pela seleção de cepas multirresistentes quanto pela presença de resíduos de antibióticos no ambiente aquático e nos produtos destinados ao consumo humano.

Diante dessas limitações, tem crescido o interesse por estratégias terapêuticas alternativas. Entre elas, destacam-se as endolisinas derivadas de bacteriófagos, que têm demonstrado eficácia semelhante à de antibióticos sistêmicos em infecções experimentais por *S. iniae*, promovendo aumento na taxa de sobrevivência dos peixes (Deshotel *et al.*, 2024). Paralelamente, o uso de probióticos, imunomodulantes e fitoterápicos vem sendo investigado como estratégia complementar ou substitutiva, embora ainda existam lacunas quanto à padronização de doses, segurança e biodisponibilidade.

Dessa forma, recomenda-se que o uso de antimicrobianos seja criterioso e fundamentado em testes de sensibilidade, sendo sempre associado à adoção de boas práticas de manejo. Essa abordagem integrada é essencial para mitigar o avanço da resistência antimicrobiana e garantir a sustentabilidade da produção aquícola.

A prevenção, por sua vez, constitui a estratégia mais eficaz e economicamente viável para o controle da estreptococose em tilápias, sendo preferível às medidas curativas. Essa abordagem baseia-se na integração entre manejo adequado, biossegurança e imunoprofilaxia, formando um conjunto de ações capazes de reduzir significativamente a incidência da doença em sistemas intensivos.

No âmbito do manejo, é fundamental manter a qualidade da água em níveis adequados, com boa oxigenação, baixos teores de amônia e nitrito e estabilidade de parâmetros como temperatura. O controle da densidade de estocagem, a redução do estresse decorrente do manejo e a remoção imediata de peixes doentes ou mortos são medidas essenciais para conter a disseminação do patógeno.

A biossegurança envolve a utilização de alevinos e reprodutores oriundos de criatórios certificados e livres de patógenos, bem como a adoção de quarentena para novos lotes. Medidas complementares incluem o controle de acesso de pessoas e equipamentos, a desinfecção de estruturas, o tratamento da água, o descarte adequado de resíduos e o monitoramento sanitário contínuo, especialmente diante do risco de transmissão vertical.

Por fim, a imunoprofilaxia¹⁷ destaca-se como uma das estratégias mais promissoras, por meio do uso de vacinas contra *Streptococcus* spp.. Essas vacinas têm demonstrado aumento na taxa de sobrevivência dos peixes, embora sua eficácia possa variar conforme as cepas envolvidas. Nesse contexto, o desenvolvimento de vacinas bivalentes, que combinam a proteção contra os sorotipos Ib e III, representa um avanço significativo para a tilapicultura brasileira, garantindo uma resposta imunológica mais robusta frente às variantes mais prevalentes e agressivas no campo (Figura 9).



Figura 9. A resposta científica: a vacina bivalente (Ib + III). Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Além disso, o uso de probióticos, imunoestimulantes e extratos vegetais têm apresentado resultados positivos como estratégias complementares. Assim, a integração dessas diferentes abordagens constitui a forma mais eficiente de

¹⁷ É a prevenção de doenças infecciosas através do fortalecimento do sistema imune, utilizando vacinas (imunidade ativa) ou soros/imunoglobulinas (imunidade passiva)

controle da estreptococose, especialmente em um cenário marcado pela crescente resistência antimicrobiana e pela busca por sistemas produtivos mais sustentáveis.

4. Manejo e desafios sanitários da tilapicultura em Alegre e Muniz Freire frente a *Streptococcus agalactiae*

A tilapicultura nos municípios de Alegre e Muniz Freire tem adquirido crescente relevância no contexto da aquicultura do sul do Espírito Santo, sendo predominantemente conduzida em sistemas de base familiar. A expansão da atividade, associada à intensificação dos sistemas produtivos, tem contribuído para o aumento da produtividade. Contudo, esse avanço também tem evidenciado desafios sanitários significativos, especialmente relacionados às infecções bacterianas causadas por *Streptococcus agalactiae*, reconhecido como um dos principais agentes etiológicos que afetam a tilapicultura (Debnath *et al.*, 2023; Abdallah *et al.*, 2024).

No município de Alegre, a produção ocorre majoritariamente em viveiros escavados, com diferentes níveis de intensificação. A atividade desempenha papel relevante na diversificação da produção agropecuária e na geração de renda no meio rural. Além disso, as condições ambientais locais, como a disponibilidade hídrica e o clima favorável, possibilitam a produção contínua ao longo do ano: por um lado, favorece a atividade; por outro, pode contribuir para a manutenção e circulação de patógenos no sistema.

De forma semelhante, em Muniz Freire, a tilapicultura tem se consolidado como atividade estratégica para o desenvolvimento rural, sendo desenvolvida principalmente em sistemas semi-intensivos e intensivos, com predomínio de viveiros escavados e, em menor escala, uso de tanques-rede. O fortalecimento da atividade no município tem sido impulsionado por iniciativas institucionais, como o programa “Mais Peixes”, além de investimentos em infraestrutura e capacitação técnica, evidenciados por eventos como o Fórum de Piscicultura realizado em 2024 (Ribeiro, 2024).

Nesse cenário, o apoio de instituições de pesquisa e extensão, como o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper),

tem sido fundamental para a disseminação de boas práticas de manejo, biossegurança e organização produtiva. Ainda assim, a intensificação dos sistemas, especialmente quando associada a altas densidades de estocagem e limitações técnicas no manejo, favorece a ocorrência e a disseminação de enfermidades bacterianas (Debnath *et al.*, 2019).

Fatores como variações nos parâmetros de qualidade da água, acúmulo de compostos nitrogenados, alimentação inadequada e estresse fisiológico atuam diretamente na redução da capacidade imunológica dos peixes, tornando-os mais suscetíveis à infecção por patógenos oportunistas (Paredes-Trujillo; Mendoza-Carranza, 2022). Ademais, as condições ambientais da região, incluindo temperatura e regime hídrico, influenciam a dinâmica epidemiológica dessas enfermidades. Nesse contexto, a Figura 10 sintetiza os principais fatores ambientais e de manejo associados à ocorrência de estreptococose na tilapicultura, evidenciando a complexa interação entre condições produtivas, fatores ambientais e saúde dos organismos cultivados.

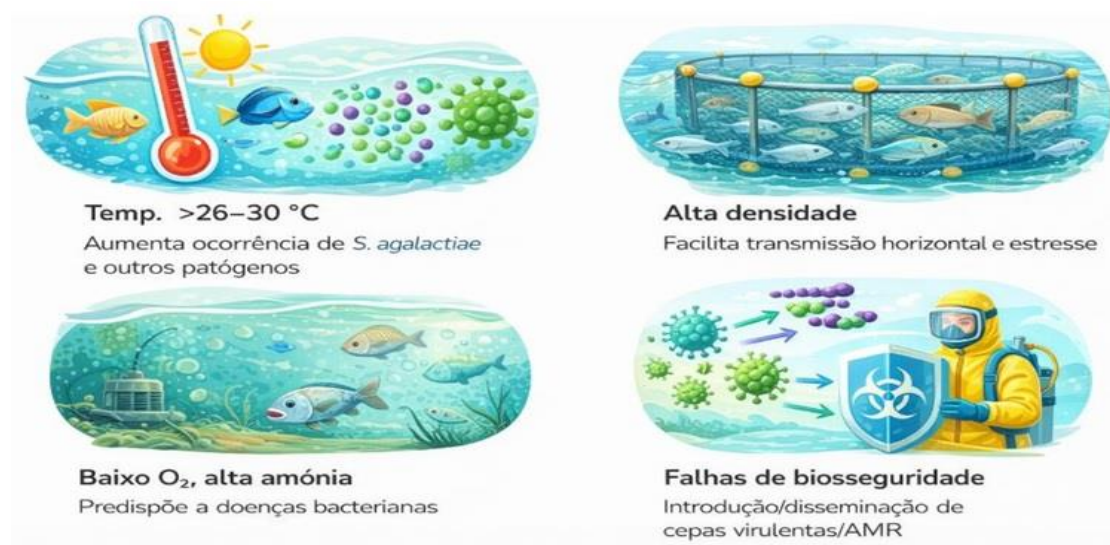


Figura 10. Principais fatores de risco ambientais e de manejo para streptococoses. Fonte: Paredes-Trujillo e Mendoza-Carranza (2022), com auxílio de IA (ChatGPT).

Períodos de temperaturas elevadas, especialmente durante o verão, favorecem a multiplicação e aumentam a virulência de *Streptococcus agalactiae*, intensificando o risco de surtos em sistemas de cultivo (Abdallah *et al.*, 2024). A

transmissão horizontal é potencializada em condições de alta densidade de estocagem, nas quais a proximidade entre os indivíduos facilita a rápida disseminação do patógeno, sobretudo em sistemas intensivos (Haenen *et al.*, 2023). Soma-se a isso a limitação no acesso contínuo à assistência técnica especializada em algumas propriedades, o que pode comprometer a adoção adequada de práticas de manejo sanitário (Mian *et al.*, 2009).

Nesse contexto, a capacitação dos produtores e a atuação integrada entre instituições de pesquisa, extensão e o setor produtivo tornam-se fundamentais para a mitigação dos riscos sanitários e para a promoção da sustentabilidade da atividade. Assim, a adoção de estratégias integradas de manejo configura-se como elemento central no controle das enfermidades bacterianas (Figura 11).

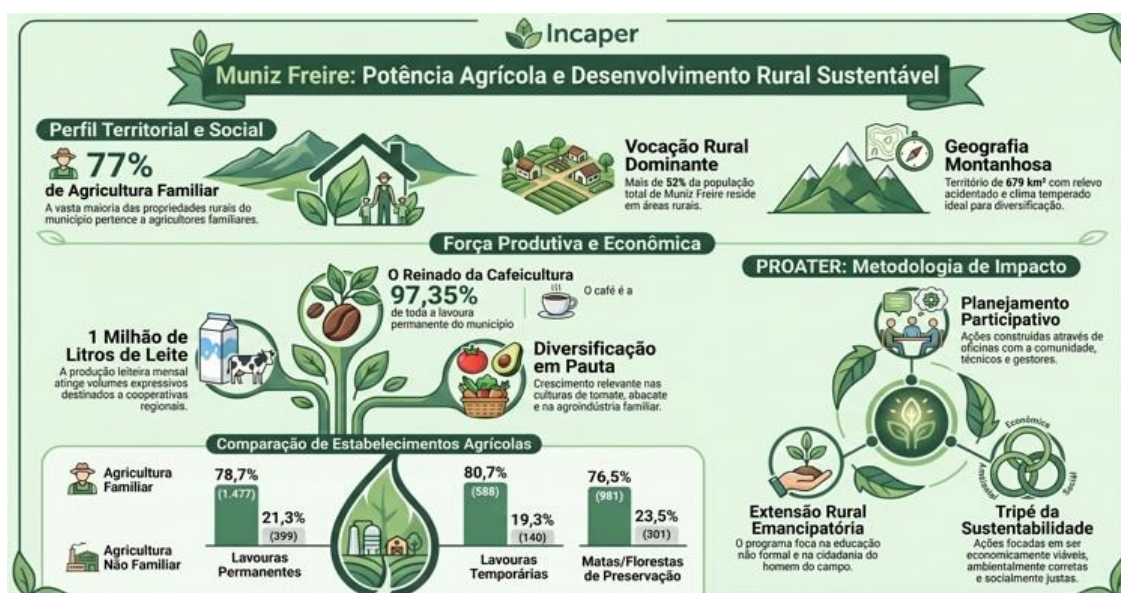


Figura 11. Modelo de governança aquícola regional: integração entre pesquisa, extensão rural e o setor produtivo em Muniz Freire, ES. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Entre as principais medidas, destaca-se o monitoramento contínuo da qualidade da água, incluindo parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e compostos nitrogenados, uma vez que variações nesses fatores estão diretamente associadas ao estresse fisiológico dos peixes e à maior incidência de doenças (Paredes-Trujillo; Mendoza-Carranza, 2022). O controle da densidade de estocagem também é essencial para evitar condições de superlotação que favoreçam a transmissão de patógenos.

Adicionalmente, a implantação de medidas de biossegurança, como a desinfecção de equipamentos, o controle da origem dos alevinos e a adoção de períodos de quarentena, contribui significativamente para reduzir a introdução e a disseminação de agentes infecciosos nos sistemas produtivos. No aspecto nutricional, o fornecimento de dietas balanceadas e adequadas às exigências da espécie fortalece o sistema imunológico, aumentando a resistência dos peixes às infecções (Debnath *et al.*, 2023).

Complementando essas ações, de acordo com esses mesmos autores, a escolha do método de imunização deve ser pautada em uma matriz de decisão que considere o estágio de desenvolvimento dos animais, o volume do plantel e o custo-benefício operacional. Essa análise técnica permite selecionar entre vias de imersão, oral ou intraperitoneal, garantindo que a estratégia de vacinação seja não apenas biologicamente eficaz, mas também economicamente viável dentro da logística da propriedade (Figura 12).

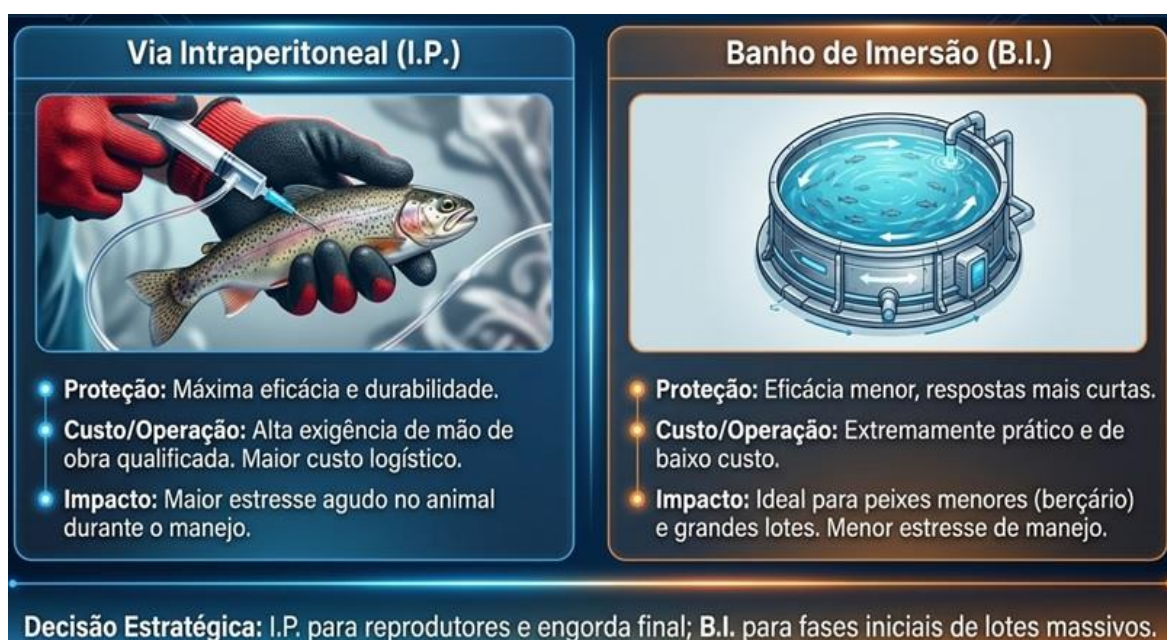


Figura 12. Matriz de viabilidade vacinal: correlação entre métodos de aplicação, custos operacionais e eficácia imunogênica. Fonte: elaboração própria (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Apesar da relevância da tilapicultura em Alegre e Muniz Freire, observa-se uma carência de estudos específicos sobre a ocorrência, distribuição e impactos de *Streptococcus agalactiae* nos sistemas aquícolas locais. Essa lacuna limita a

compreensão da dinâmica epidemiológica da doença na região e dificulta o desenvolvimento de estratégias de controle mais direcionadas e eficazes.

Dessa forma, destaca-se a necessidade de pesquisas aplicadas que investiguem as condições sanitárias, os fatores de risco e os impactos produtivos associados a esse patógeno em escala regional. A geração de dados locais é essencial para subsidiar a tomada de decisão por parte de produtores e instituições, contribuindo para o aprimoramento das práticas de manejo e para a consolidação de uma tilapicultura mais sustentável no sul do Espírito Santo.

5. Boas práticas de manejo sanitário na tilapicultura: recomendações para produtores

A adoção de boas práticas de manejo sanitário é fundamental para reduzir a ocorrência de enfermidades bacterianas na tilapicultura, especialmente em sistemas intensivos e semi-intensivos. Essas práticas atuam diretamente na prevenção de surtos, na melhoria do desempenho zootécnico e na sustentabilidade da produção, sendo especialmente relevantes para sistemas de base familiar. Nesse contexto, observa-se uma importante mudança de paradigma com a implantação do sistema de bioflocos (BFT) (Figura 13).



Figura 13. O sistema BFT como alternativa sustentável: redução do descarte de efluentes e otimização da biossegurança regional. Fonte: elaboração própria (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

A tecnologia da implantação do sistema de bioflocos (BFT) promove um ambiente de cultivo controlado onde a microbiota benéfica auxilia na manutenção da qualidade da água e na inibição de patógenos, convertendo resíduos nitrogenados em proteína microbiana e reduzindo drasticamente a necessidade de renovação hídrica, o que fortalece a biossegurança e a resiliência do sistema (Avnimelech, 2015; Lima *et al.*, 2021; EMBRAPA, 2025).

De acordo com esses mesmos autores, o estabelecimento de um berçário em sistema de bioflocos (BFT) constitui um desafio estratégico fundamental, pois exige o domínio técnico da dinâmica de comunidades microbianas desde as primeiras fases de vida dos alevinos.

Diferente dos sistemas convencionais, o berçário BFT demanda um equilíbrio rigoroso entre a carga orgânica, a aeração constante e a relação carbono/nitrogênio para que o "biofoco" atue simultaneamente como suplemento alimentar e barreira sanitária natural. O sucesso nessa etapa é determinante, pois permite a entrega de juvenis com sistema imunológico mais robusto e uniformidade de peso, mitigando riscos sanitários que poderiam comprometer as fases subsequentes de engorda (Figura 14).



Figura 14. O desafio estratégico do berçário BFT. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Além disso, a manutenção de uma comunidade microbiana estável atua competitivamente contra o desenvolvimento de bactérias oportunistas, como as

do gênero *Streptococcus*, reduzindo drasticamente a dependência de intervenções quimioterápicas. Essa estabilidade zootécnica reflete-se na otimização do índice de conversão alimentar e na previsibilidade do ciclo, consolidando o sistema BFT não apenas como uma inovação biológica, mas como uma estratégia de gestão econômica indispensável para a viabilidade de sistemas superintensivos em nossa região.

5.1. Qualidade da água

A qualidade da água é um dos principais fatores que influenciam a sanidade dos peixes. Parâmetros como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e concentração de compostos nitrogenados (amônia e nitrito) devem ser monitorados regularmente, preferencialmente de forma semanal. A manutenção de níveis adequados de oxigênio dissolvido (acima de 5 mg/L) e a estabilidade do pH contribuem para a redução do estresse fisiológico dos peixes (Boyd, 2015).



Figura 15. Variáveis críticas de controle no adensamento superintensivo: oxigênio dissolvido, pH e compostos nitrogenados. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

O acúmulo de matéria orgânica decorrente de sobras de ração e excretas favorece a deterioração da qualidade da água, elevando os níveis de amônia e nitrito, compostos tóxicos que comprometem a saúde dos animais (Tundisi;

Tundisi, 2008). Nesse sentido, recomenda-se o uso de estruturas como caixas de decantação e a renovação parcial da água, quando possível. Nesse contexto, a Figura 15 ilustra como esses parâmetros foram monitorados e controlados durante o experimento de adensamento, demonstrando a correlação direta entre o aumento da biomassa estocada e a variação da qualidade físico-química da água.

5.2. Manejo alimentar

O manejo alimentar adequado é essencial para evitar desperdícios e manter a qualidade da água. A oferta de ração deve ser ajustada à biomassa dos peixes e às condições ambientais, evitando o fornecimento excessivo (Kubitza, 2000). Rações de boa qualidade nutricional contribuem para o fortalecimento do sistema imunológico, aumentando a resistência dos peixes a agentes patogênicos.

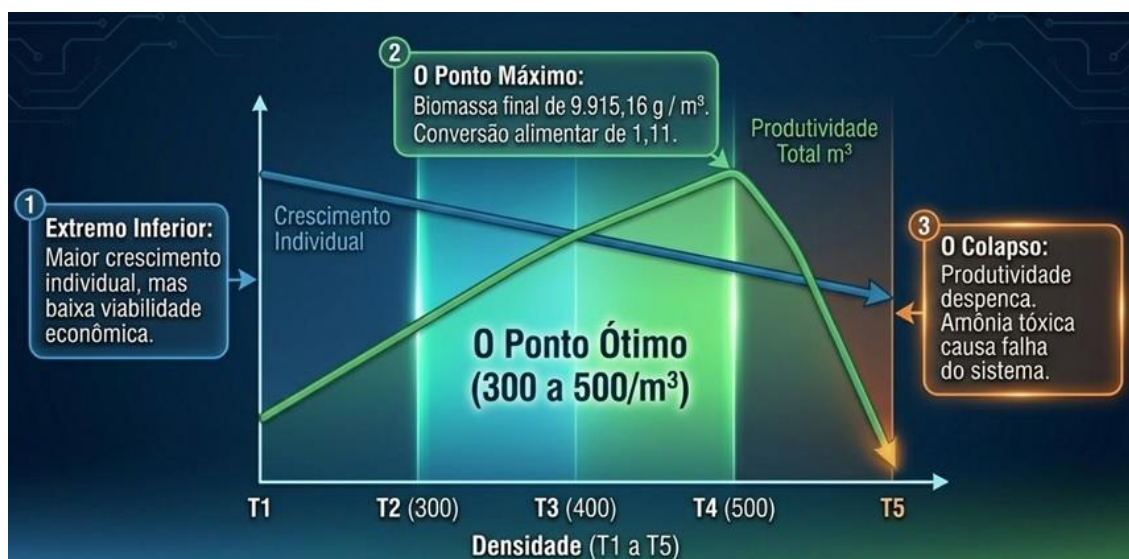


Figura 16. O ponto ótimo de produtividade (*sweet spot*). Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Essa eficiência nutricional é o que permite alcançar o ponto ótimo de produtividade (Figura 16). Sob a ótica da ecologia do sistema, o manejo preciso minimiza a lixiviação de fósforo e nitrogênio para a coluna d'água, prevenindo a eutrofização precoce e a consequente queda nos níveis de oxigênio noturno. Além disso, a utilização de dietas com alta digestibilidade reduz a carga de

sólidos suspensos e a excreção de amônia metabólica, o que alivia o esforço fisiológico dos peixes para manter a homeostase. Dessa forma, a nutrição deixa de ser vista apenas como um custo de produção e passa a atuar como uma ferramenta bioestatística, assegurando que o crescimento ocorra em harmonia com a capacidade de autodepuração do ecossistema de cultivo.

Além disso, o parcelamento da alimentação ao longo do dia é uma estratégia fundamental para otimizar a eficiência alimentar e reduzir drasticamente a carga orgânica instantânea no sistema de cultivo. Ao distribuir a oferta de nutrientes em múltiplas doses, evita-se a formação de picos pós-prandiais de excreção de amônia, mantendo os níveis de metabólitos nitrogenados em patamares seguros para a microbiota do sistema. Essa prática não apenas respeita o tempo de trânsito gastrointestinal da tilápia, maximizando a absorção de aminoácidos, como também minimiza o desperdício de ração que ocorreria por saturação da capacidade de ingestão em uma única oferta, assegurando a estabilidade hídrica necessária para a alta *performance* produtiva (Odhiambo *et al.*, 2020).

5.3. Densidade de estocagem

A densidade de estocagem deve ser compatível com o sistema de produção adotado. Altas densidades aumentam a competição por oxigênio e alimento, elevam o estresse e favorecem a disseminação de doenças (El-Sayed, 2006). Em sistemas intensivos, é fundamental que o aumento da densidade seja acompanhado por melhorias na aeração e no manejo da água. A superlotação é um dos principais fatores associados à ocorrência de surtos de estreptococose, devendo ser evitada como medida preventiva.

O sucesso da produção intensiva reside no equilíbrio entre a produtividade e o bem-estar animal. Como ilustrado na Figura 17, existe um limite biológico: neste caso, estabelecido em 500 peixes/m³, a partir do qual as trocas gasosas e a remoção de metabólitos não suprem mais as necessidades da biomassa estocada. Ultrapassar esse patamar resulta em uma queda drástica na imunidade dos peixes, criando um ambiente propício para a proliferação de

bactérias oportunistas e surtos infecciosos, o que caracteriza a "zona de risco" do adensamento excessivo.



Figura 17. Relação entre densidade de estocagem e limite biológico: impacto da superlotação (> 500 peixes/m³) na sanidade do sistema. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

5.4. Biosseguridade e controle sanitário

A biosseguridade na tilapicultura transcende a simples higiene; ela constitui um sistema de gestão de riscos focado em interromper as rotas de transmissão de patógenos (vírus, bactérias e parasitas). Segundo a OIE (2021), a eficácia dessas medidas depende da criação de barreiras sanitárias que isolem a unidade produtiva de vetores externos.

Além da certificação de alevinos e da quarentena, é indispensável o controle rigoroso da água de entrada e o monitoramento da fauna sinantrópica (aves e caracóis), que frequentemente atuam como hospedeiros intermediários de doenças. A desinfecção de equipamentos deve ser acompanhada pelo vazio sanitário entre safras, permitindo a quebra do ciclo biológico de agentes oportunistas que permanecem no sedimento dos tanques.

A restrição do acesso de pessoas e veículos não é apenas uma medida de isolamento, mas uma estratégia de controle de fômites¹⁸. Veículos que circulam

¹⁸ São objetos inanimados ou superfícies capazes de transmitir agentes infecciosos (vírus, bactérias, fungos) de um indivíduo para outro.

entre diferentes propriedades podem carregar patógenos em seus pneus e chassis, tornando o arco de desinfecção (rodolúvio) uma estrutura indispensável na entrada da propriedade. Essas camadas de proteção, quando integradas, garantem a sanidade do plantel e a previsibilidade econômica do ciclo produtivo.

5.5. Monitoramento sanitário

O acompanhamento diário do comportamento dos peixes é uma ferramenta simples e eficiente para a detecção precoce de enfermidades. Alterações como nado errático, redução do apetite, escurecimento da coloração e presença de lesões externas devem ser observadas com atenção (Figueiredo; Leal, 2012).

A remoção imediata de peixes doentes ou mortos é essencial para evitar a disseminação de patógenos. Em casos suspeitos, recomenda-se a busca por assistência técnica especializada para diagnóstico e orientação adequada.

5.6. Manejo ambiental e práticas agroecológicas

A adoção de práticas agroecológicas contribui para a melhoria da qualidade da água e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos. A preservação e recuperação da vegetação no entorno dos viveiros e cursos d'água (matas ciliares) atuam na proteção das nascentes, na redução do assoreamento e no controle do escoamento superficial (Altieri, 2012; Souza, 2025; Souza et al., 2025).

A implantação de áreas de amortecimento, o uso de sistemas de decantação e o manejo adequado do solo no entorno dos viveiros são estratégias importantes para reduzir a entrada de sedimentos e contaminantes nos corpos hídricos. Essas práticas estão alinhadas com os princípios da Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, reforçando a necessidade de uso racional e sustentável da água (BRASIL, 1997).

5.7. Integração entre assistência técnica e capacitação

A capacitação contínua dos produtores é um dos pilares para a adoção eficiente das boas práticas de manejo. A atuação de instituições de pesquisa e

extensão rural é essencial para a difusão de tecnologias apropriadas e adaptadas à realidade local (EMBRAPA, 2018). A troca de experiências entre produtores, técnicos e instituições fortalece a atividade e contribui para a construção de sistemas produtivos mais resilientes e sustentáveis.

A eficácia da extensão rural reside na capacidade de simplificar processos complexos sem perder o rigor técnico. A Figura 18 sistematiza essa abordagem ao oferecer um *Checklist* Executivo voltado para a implantação imediata.

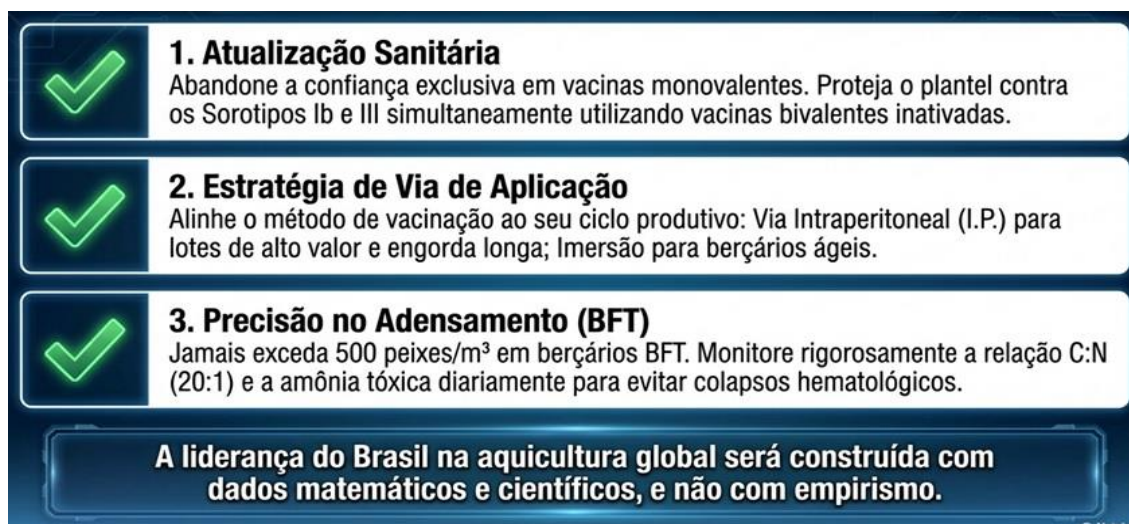


Figura 18. Guia executivo de campo: *checklist* para validação imediata de manejos sanitários e produtivos. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

Esta ferramenta permite que o produtor e a assistência técnica avaliem, de forma objetiva, o nível de conformidade do sistema de cultivo em relação aos pilares de biossegurança e manejo, discutidos anteriormente, estabelecendo prioridades que garantam a viabilidade produtiva desde o primeiro ciclo de aplicação.

5.8. A tilapicultura do futuro: visão sistêmica e sustentabilidade

A consolidação de uma produção eficiente não depende de fatores isolados, mas da interação harmônica entre as variáveis biológicas e operacionais. Como demonstrado na Figura 19, a tilapicultura moderna exige uma abordagem multidimensional, onde a prevenção sanitária (biossegurança) se une à precisão técnica do manejo hídrico e alimentar. Essa "equação" define

o novo paradigma da atividade, no qual a produtividade é medida não apenas pelo volume final, mas pela capacidade de manter o sistema livre de patógenos e em equilíbrio com os recursos naturais.

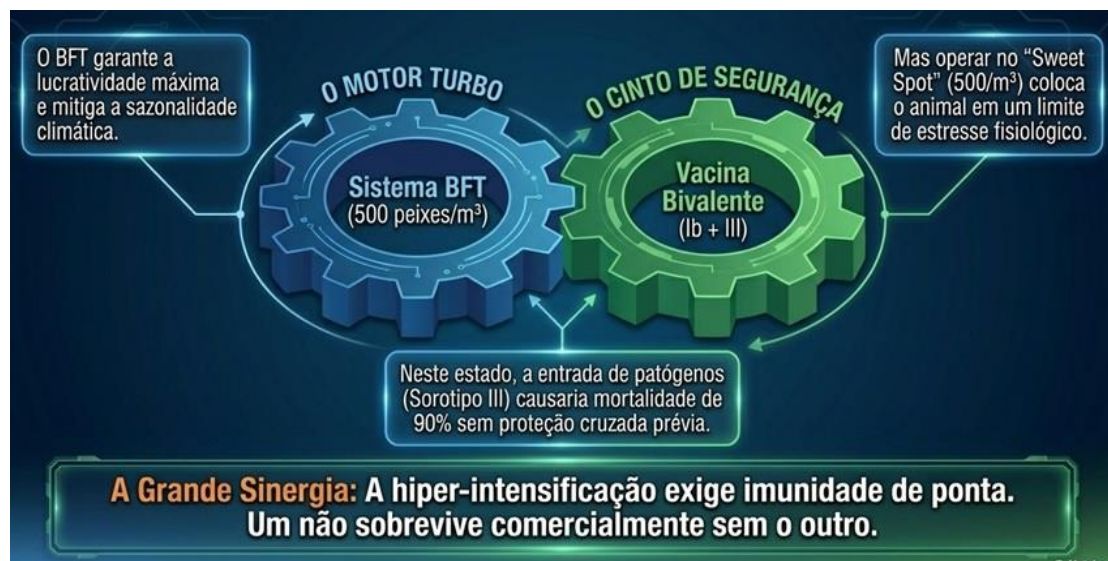


Figura 19. A nova equação aquícola regional: integração de tecnologias disruptivas e sustentabilidade para 2040. Fonte: elaborada por Maurício Novaes (2026), com auxílio de IA (NotebookLM).

6. Considerações

A tilapicultura nos municípios de Alegre e Muniz Freire vem se consolidando como uma importante atividade para a agricultura familiar, contribuindo para a geração de renda e segurança alimentar. No entanto, o aumento da produção, especialmente em sistemas mais intensivos, tem trazido desafios sanitários relevantes, com destaque para as infecções bacterianas causadas por *Streptococcus agalactiae*, que podem provocar perdas significativas nos cultivos.

Os resultados discutidos mostram que muitos desses problemas estão diretamente ligados ao manejo adotado nas propriedades. Altas densidades de estocagem, excesso de ração, acúmulo de matéria orgânica e falhas no controle da qualidade da água aumentam o estresse dos peixes e favorecem o surgimento de doenças. Na prática, isso significa que o produtor precisa olhar a sanidade não apenas como tratamento, mas principalmente como prevenção no dia a dia da produção.

Nesse sentido, além da análise dos desafios sanitários, este trabalho contribui de forma aplicada ao apresentar um conjunto de boas práticas de manejo adaptadas à realidade regional, servindo como orientação técnica para produtores e agentes de extensão rural. Essas recomendações reforçam que a prevenção é o caminho mais eficiente e acessível para reduzir perdas produtivas.

Dessa forma, algumas medidas simples e eficientes podem ser adotadas nas propriedades. O monitoramento frequente da água (temperatura, oxigênio, pH e transparência), o controle da quantidade de ração fornecida e a manutenção de densidades adequadas são fundamentais para reduzir riscos. Além disso, retirar rapidamente peixes doentes ou mortos, evitar o excesso de manejo e realizar a limpeza periódica dos viveiros ajudam a diminuir a pressão de patógenos no sistema.

Do ponto de vista agroecológico, práticas que melhoram a qualidade da água e integram a produção ao ambiente devem ser incentivadas. A manutenção ou recuperação da vegetação ao redor dos viveiros e cursos d'água (matas ciliares) ajuda a proteger as nascentes, reduzir o assoreamento e melhorar a infiltração de água no solo. O uso de caixas de decantação para reter resíduos, o reaproveitamento de água quando possível e a redução do uso de insumos químicos também contribuem para um sistema mais equilibrado e sustentável.

Outro ponto importante é o cuidado com a origem dos alevinos e a adoção de medidas de biossegurança, como quarentena de novos lotes e desinfecção de equipamentos. A alimentação de qualidade também tem papel essencial, pois peixes bem nutridos são mais resistentes a doenças.

Além disso, é fundamental que a atividade esteja em conformidade com a Política Nacional de Recursos Hídricos, que orienta o uso responsável da água. Nesse sentido, a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs), especialmente em torno de nascentes e córregos, não é apenas uma exigência legal, mas uma prática que garante água de melhor qualidade para a própria produção.

Por fim, reforça-se que o sucesso da tilapicultura na região depende da combinação entre bom manejo, cuidado com o meio ambiente e acesso à assistência técnica. A troca de conhecimento entre produtores, técnicos e

instituições como o Incaper é essencial para melhorar os sistemas produtivos, reduzir perdas e garantir uma atividade mais sustentável e lucrativa no longo prazo.

6. Referências

ABDALLAH, E. S. H. *et al.* *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): a review. **Biology**, v. 13, n. 11, p. 914, 2024.

AL-HUSSINEE, L. *et al.* Immunohistochemistry and pathology of multiple Great Lakes fish from mortality events associated with viral hemorrhagic septicemia virus type IVb. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 93, p. 117-127, 2011.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ALY, S. M. *et al.* Comparative evaluation of antioxidant status, stress, and hepatorenal biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in In-Pond raceway and traditional aquaculture systems. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 51, n. 4, p. 119, 2025.

ASSANE, I. M. *et al.* Diseases of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Brazil: a review. **Aquaculture International**, [S. l.], v. 30, n. 4, p. 1917-1939, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00881-2>. Acesso em: 11 abr. 2026.

AUSTIN, B.; AUSTIN, D. A. **Bacterial fish pathogens**: disease of farmed and wild fish. 6th ed. Cham: Springer, 2016.

AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology**: a practical guide book. 3. ed. Baton Rouge: World Aquaculture Society, 2015.

BONDAD-REANTASO, M. G. *et al.* Economic impacts of aquatic animal diseases on aquaculture production: a review. **Reviews in Aquaculture**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 1240-1265, 2023.

BOYD, C. E. **Water quality**: an introduction. 2. ed. Cham: Springer, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União: Brasília, 1997.

BUJÁN, N.; TORANZO, A. E.; MAGARIÑOS, B. *Edwardsiella piscicida*: a significant bacterial pathogen of cultured fish. **Diseases of aquatic organisms**, v. 131, p. 59-71, 2018.

CAIN, K. The many challenges of disease management in aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 53, n. 6, p. 1080-1083, 2022.

CARVALHO, E. C. **Identificação fenotípica e molecular de bactérias patogênicas associadas à criação de peixes amazônicos**. 2012. 134f (Mestre) - Programa de Pós-graduação em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

CASTILHO-BARROS, L. *et al.* Economic feasibility of tilapia culture in southern Brazil: A small-scale farm model. **Aquaculture**, v. 515, p. 734551, 2020.

CAUS, T. T. **Fomento à piscicultura**: Incaper presta apoio técnico ao Programa 'Mais Peixes' em Muniz Freire. 2023. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/fomento-a-piscicultura-incaper-presta-apoio-tecnico-ao-programa-mais-peixes-em-muniz-freire>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

CHEW, X. Z. *et al.* Impact of transport conditions and underlying disease on post-stocking survival of juvenile Lates calcarifer. **Journal of Fish Diseases**, v. 47, n. 8, p. e13963, 2024.

CHIDEROLI, R.T. *et al.* Emergence of a new multidrug-resistant and highly virulent serotype of *Streptococcus agalactiae* in fish farms from Brazil. **Aquaculture**, v. 479, p. 45-51, 2017.

CLSI. **Methods of antimicrobial disk susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals**: Approved guideline VET03-A. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute 2006.

COSTA, F. A. A.; LEAL, C. A. G.; LEITE, R. C. Genotyping of *Streptococcus dysgalactiae* strains isolated from Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of Fish Diseases**, v. 37, n. 5, p. 463-469, 2014.

DEAN, D. G.; JEFFREY A. DEAN; COULOMBIER, D. **Epi-Info, version 6**: a word processing database and statistics program for epidemiology on microcomputers. Atlanta: CDC 1994.

DEBNATH, S. C. *et al.* Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. **Aquaculture International**, v. 31, n. 5, p. 2945-2976, 2023.

DELPHINO, M.; JOSHI, R.; ALVAREZ, A. T. Economic appraisal of using genetics to control *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia under cage and pond farming system in Malaysia. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 8754, 2022.

DESHOTEL, M. B. *et al.* Bacteriophage endolysin treatment for systemic infection of *Streptococcus iniae* in hybrid striped bass. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 145, p. 109296, 2024.

EL-NOBY, G. *et al.* Streptococcus: a review article on an emerging pathogen of farmed fishes. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 25, n. 1, p. 123-139, 2021.

EL-SAYED, A. F. M. **Tilapia culture**. Cambridge: CABI Publishing, 2006.

ELSAYED, N. S. *et al.* Major bacterial challenges facing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Egyptian fish hatcheries. **Journal of Applied Veterinary Sciences**, v. 9, n. 2, p. 67-78, 2024.

EMAM, W.; LAMBERT, H.; BROWN, C. The welfare of farmed Nile tilapia: a review. **Frontiers in veterinary science**, v. 12, p. 1567984, 2025.

EMBRAPA. **Boas práticas de manejo na aquicultura**. Brasília: Embrapa, 2018.

EMBRAPA. **Sistema de bioflocos torna produção de tilápia mais sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 12 abr. 2026.

FIGUEIREDO, H. C. P.; LEAL, C. A. G. Tecnologias aplicadas em sanidade de peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 8-14, 2012.

FIGUEIREDO, H. C.; LEAL, C. A. G. Infecções por *Streptococcus* spp. em peixes. In: SILVA-SOUZA, A. T.; LIZAMA, M. A. P. **Patologia e sanidade de organismos aquáticos**. Maringá: Editora ABRAPOA, 2012. cap. 12, p. 275-292.

FIGUEIREDO, H. C.P. *et al.* *Streptococcus iniae* outbreaks in Brazilian Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) farms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 576-580, 2012.

HAENEN, O. L. M. *et al.* Bacterial diseases of tilapia, their zoonotic potential and risk of antimicrobial resistance. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, p. 154-185, 2023.

IREGUI, C. *et al.* Epidemiology of *Streptococcus agalactiae* and strepto-coccosis in tilapia fish (*Oreochromis* spp.). **Epidemiology I: Theory, Research and Practice**, p. 251-268, 2014.

JANTRAKAJORN, S.; MAISAK, H.; WONGTAVATCHAI, J. Comprehensive investigation of streptococcosis outbreaks in cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and red tilapia, *Oreochromis* sp., of Thailand. **Journal of the world aquaculture society**, v. 45, n. 4, p. 392-402, 2014.

JONES, N.; BOHNSACK, J. F.; TAKAHASHI, S. Multilocus sequence typing system for group B *Streptococcus*. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 41, n. 6, p. 2530-2536, 2003.

JUÁREZ-CORTÉS, M. Z. *et al.* *Streptococcus iniae* in aquaculture: a review of pathogenesis, virulence, and antibiotic resistance. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, v. 12, n. 1, p. 25-38, 2024.

KAYANSAMRUJ, P. *et al.* Genomics-driven prophylactic measures to increase streptococcosis resistance in tilapia. **Journal of Fish Diseases**, v. 46, n. 6, p. 597-610, 2023.

KRONVALL, G.; KAHLMETER, G.; MYHRE, E. A new method for normalized interpretation of antimicrobial resistance from disk test results for comparative purposes. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 9, n. 2, p. 120-132, 2003.

KUBITZA, F. Antecipando-se às doenças na tilapicultura. **Panorama da Aquicultura**, v. 15, n. 89, p. 15-23, 2005.

KUBITZA, F. **Tilápia**: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Acqua & Imagem, 2000.

KUBITZA, F. **Tilápia**: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F. Kubitza, 2005.

KUBITZA, F. Tilápias na mira dos patógenos. **Panorama da Aquicultura**, v. 18, n. 107, p. 28-37, 2008.

LAITH, A. A. *et al.* Molecular identification and histopathological study of natural *Streptococcus agalactiae* infection in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Veterinary World**, v. 10, n. 1, p. 101, 2017.

LEAL, C. A. G.; TAVARES, G. C.; FIGUEIREDO, H. C. Outbreaks and genetic diversity of *Francisella noatunensis* subsp *orientalis* isolated from farm-raised Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 5704-5712, 2014.

LI, C. *et al.* Pathological progress of two types of nodules in *Micropterus salmoides* infected with *Nocardia seriolae*. **Fishes**, v. 9, n. 12, p. 515, 2024.

LIMA, F. R. S. *et al.* Suplementação da dieta de juvenis de tilápia do Nilo criados em tanques BFT. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, 2021.

LIU, Z. *et al.* Regime shifts in microbial and water quality dynamics in red tilapia ponds. **Microorganisms**, v. 13, n. 7, p. 1553, 2025.

MAHMOUD, A. M. *et al.* Impacts of streptococcal infection on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Egyptian farms with special reference to diagnosis and prevention. **Benha Veterinary Medical Journal**, v. 44, n. 1, p. 71-78, 2023.

MIAN, G. F. *et al.* Aspects of the natural history and virulence of *S. agalactiae* infection in Nile tilapia. **Veterinary microbiology**, v. 136, n. 1-2, p. 180-183, 2009.

MIAN, G. F.; GODOY, D. T.; LEAL, C. A. G. Aspects of the natural history and virulence of *S. agalactiae* infection in Nile tilapia. **Veterinary Microbiology**, v. 136, n. 1-2, p. 180-183, 2009.

ODHIAMBO, E. *et al.* Stocking density induced stress on plasma cortisol and whole blood glucose concentration in Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) of lake Victoria, Kenya. **International Journal of Zoology**, v. 2020, n. 1, p. 9395268, 2020.

OIE. **Aquatic Animal Health Code**. Paris: World Organisation for Animal Health, 2021.

OLIVEIRA, E. G. de *et al.* Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. **Circular Técnica**, Teresina, v. 45, n. 1, p. 1-12, jun. 2007. Semestral. Disponível em: <http://www.embrapa.br>. Acesso em: 19 ago. 2018.

OSMAN, K. M. *et al.* Characterization and susceptibility of streptococci and enterococci isolated from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) showing septicaemia in aquaculture and wild sites in Egypt. **BMC veterinary research**, v. 13, n. 1, p. 357, 2017.

OSMAN, K. M. *et al.* Characterization and susceptibility of streptococci and enterococci isolated from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) showing septicaemia in aquaculture and wild sites in Egypt. **BMC veterinary research**, v. 13, n. 1, p. 357, 2017.

PAIXAO LEMOS, C. H. da *et al.* Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of Nile tilapia juveniles. **Aquaculture**, v. 495, p. 62-67, 2018.

PAREDES-TRUJILLO, A. I.; MENDOZA-CARRANZA, M. Streptococcosis in Nile tilapia farming: a severe yet overlooked health challenge in Mexico, a study case in Campeche, Mexico. **Bulletin of the European Association of Fish Pathologists**, v. 45, n. 2, 2024.

PAREDES-TRUJILLO, A.; MENDOZA-CARRANZA, M. A systematic review and meta-analysis of the relationship between farm management, water quality and pathogen outbreaks in tilapia culture. **Journal of Fish Diseases**, v. 45, n. 10, p. 1529-1548, 2022.

PAREDES-TRUJILLO, A.; MENDOZA-CARRANZA, M. A systematic review and meta-analysis of the relationship between farm management, water quality and pathogen outbreaks in tilapia culture. **Journal of Fish Diseases**, v. 45, n. 10, p. 1529-1548, 2022.

PASNIK, D.J. *et al.* Antigenicity of *Streptococcus agalactiae* extracellular products and vaccine efficacy. **Journal of Fish Diseases**, v. 28, n. 4, p. 205-212, 2005.

PATTERSON, M. J.; BARON, S. **Streptococcus**. Medical Microbiology. Galveston, TX, 1996.

PDEAG. **Plano de desenvolvimento da agricultura do ES**. Espírito Santo. 2024.

PEIXE BR. **Anuário 2025 da Piscicultura Brasileira**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2025.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário Peixe BR da Piscicultura**. 2018. Disponível em: < <https://www.peixebr.com.br/anuario-peixebr-2018/>>. Acesso em: 20 mar. 2026.

PEREIRA, S. L. A.; CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O. Embrapa Amazônia Ocidental. **Agentes patogênicos de tambaquis cultivados, com destaque**

para registros em Rio Preto da Eva, AM. 2016. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1065466/1/Doc127fechado.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2026.

PHASUNON, R. *et al.* Improving the diagnosis of *Streptococcus iniae* using a novel probe-based qPCR assay combined with an enrichment step. **Journal of Fish Diseases**, v. 46, n. 12, p. 1391-1401, 2023.

POYART, C.; TAZI, A.; RÉGLIER-POUPET, H. Multiplex PCR Assay for Rapid and Accurate Capsular Typing of Group B Streptococci. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 45, n. 6, p. 1985-1988, 2007

PRABU, E. *et al.* Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. **Annual Research & Review in Biology**, v. 31, n. 3, p. 1-14, 2019.

PRADEEP, P. J. *et al.* Evidence of vertical transmission and tissue tropism of Streptococcosis from naturally infected red tilapia (*Oreochromis spp.*). **Aquaculture Reports**, v. 3, p. 58-66, 2016.

Prefeitura municipal de Muniz Freire. **Lei nº 2.875, de 27 de agosto de 2025**, dispõe sobre o programa municipal + peixes e dá outras providências. 2025. Disponível em: <<https://spl.camaramunizfreire.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/L28752025.html>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

QU, B. *et al.* Effects of low-light stress on aquacultural water quality and disease resistance in Nile tilapia. **PloS one**, v. 17, n. 5, p. e0268114, 2022.

RIBEIRO, D. **Fórum de piscicultura em Muniz Freire começa nesta quinta:** evento acontece entre quinta e sexta-feira, desta semana, no parque de exposições de Muniz Freire. 2024. Disponível em: <<https://aquinoticias.com/2024/03/forum-de-piscicultura-em-muniz-freire-comeca-nesta-quinta-14/>>. Acesso em: 03 abr. 2026.

SALAMA, N. K. G.; MURRAY, A. G. Farm size as a factor in hydrodynamic transmission of pathogens in aquaculture fish production. **Aquaculture Environment Interactions**, v. 2, p. 61-74, 2011.

SAMPAIO, S. **Piscicultura no Espírito Santo cresce 3% em 2025 e mantém trajetória de alta.** 2026. Disponível em: <<https://www.folhavoria.com.br/folha-business/piscicultura-no-espirito-santo-cresce-3-em-2025-e-mantem-trajetoria-de-alta/>> Acesso em: 03 abr. 2026.

SEBASTIÃO, F. A. *et al.* **Sanidade na Tilapicultura:** principais doenças e estratégias de manejo em sistemas intensivos. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2024.

SIAPEC 3. **Relatórios de Entradas - IDAF.** Espírito Santo. 2024.

SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em gestão ambiental. Vol. IV.** Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. 346 p. ISBN: 978-65-84548-36-7. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-36-7>.

SOUZA, M. N.; MAGALHÃES, M. V. D. de; LOPES, L. B.; AMARAL, A. A. do; MUNIZ, F.; PANCOTTO, T. A. Transição sustentável: caminhos para a construção de sistemas produtivos resilientes. In: SOUZA, M. N. (Org.) **Tópicos em recuperação de áreas degradadas Vol. X**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2025. p. 68-111. DOI: <https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-34-3.c2>.

SULE, H. A.; SABA, A. O.; YU, C. Y. **Streptococcosis in aquaculture: advances, challenges, and future directions in disease control and prevention**. arXiv preprint arXiv:2510.27354, 2025.

TAUKHID, T. *et al.* Streptococcosis on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Indonesian freshwater aquaculture. **Omni-Akuatika**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2023.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. **Journal of Parasitic Diseases**, 2014.

TORRES-CORRAL, Y.; SANTOS, Y. Development of a real-time PCR assay for detection and quantification of streptococcus iniae using the lactate permease gene. **Journal of fish diseases**, v. 44, n. 1, p. 53-61, 2021.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VAN DOAN, H. *et al.* Streptococcosis a re-emerging disease in aquaculture: significance and phytotherapy. **Animals**, v. 12, n. 18, p. 2443, 2022.

WANG, B. *et al.* Strategies to enhance tilapia immunity to improve their health in aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, p. 41-56, 2023.

YANONG, R.P.E.; FRANCIS-FLOYD, R. Streptococcal infections of fish. Florida Cooperative Extension Service. **IFAS: University of Florida**, p. 1-5, 2002.