

Relatório Técnico de Avaliação do Estoque da Tainha (*Mugil liza*) no Sudeste e Sul do Brasil

TERMO DE EXECUÇÃO DESCENTRALIZADA MPA/UNIFESP Nº 30/2023

Coordenador
Prof. Dr. Bruno Mourato

Colaboradores
Dr. Rodrigo Sant'Ana
Dr. Luis Gustavo Cardoso
Dr. Eidi Kikuchi

Dezembro de 2025

Sumário

1. APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2. INTRODUÇÃO	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1. Fonte de dados pesqueiros	4
3.2. Compilação da base de dados	6
3.3. Descrição dos dados de captura	6
3.4. Descrição dos dados de Captura por Unidade de Esforço (CPUE).....	9
3.5. Modelos de Produção Estruturado por Idade (ASPM).....	11
3.5.1 Contextualização geral dos modelos ASPM.....	11
3.5.2. Estrutura dos modelos ASPM via SS3	12
3.5.3. Parâmetros de história de vida incorporados no ASPM.....	12
3.5.4. Implementação dos modelos ASPM	13
4. RESULTADOS.....	14
4.1. Diagnóstico dos modelos.....	14
4.2. Estimativas dos modelos ASPM	17
5. ESTADO DO ESTOQUE E OPÇÕES DE MANEJO	19
6. CONCLUSÃO	24
7. REFERÊNCIAS	25

1. APRESENTAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

A exploração da tainha (*Mugil liza*) no Sudeste–Sul do Brasil permanece entre os maiores desafios da gestão pesqueira nacional, dada a coexistência de distintos padrões de exploração ao longo do ciclo de vida que incluem a pesca artesanal em estuários e praias e a pesca industrial, particularmente a frota de cerco no defeso da sardinha, impulsionada, entre outros fatores, pelo alto valor comercial das gônadas (Lemos, 2015; Pina & Chaves, 2005; Miranda et al., 2006). O período de maior vulnerabilidade ocorre durante a migração reprodutiva do estuário para a zona costeira, quando a espécie é simultaneamente alvo das frotas artesanal e industrial.

No âmbito do IMAR/UNIFESP, em cooperação com o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) por meio do TED (Projeto Tainha), conduzimos a atualização da avaliação do estoque Sudeste e Sul com foco exclusivo em um modelo de produção estruturado por idade (ASPM). Considerando a indisponibilidade de dados de comprimento para esta etapa, a análise integrou séries históricas de captura e índices de abundância (CPUE). Essa estrutura fornece a base quantitativa necessária para sustentar recomendações técnico-científicas no processo decisório e para preparar a fase de MSE (Management Strategy Evaluation) prevista no TED com o MPA, na qual diferentes procedimentos de gestão poderão ser comparados quanto ao atendimento de objetivos biológicos, socioeconômicos e operacionais.

2. INTRODUÇÃO

A exploração da tainha no Sudeste e Sul do Brasil tem se destacado como um dos maiores desafios da gestão pesqueira nacional. A espécie é submetida a diferentes padrões de exploração ao longo de seu ciclo de vida, sendo capturada em ambientes estuarinos e costeiros pela pesca artesanal, fundamental para a subsistência e renda de comunidades tradicionais, e também pela pesca industrial, especialmente pela frota de cerco, que direciona seu esforço para a tainha durante o defeso da sardinha, impulsionada pelo alto valor comercial das gônadas no mercado externo (Vieira, 1991; Pina & Chaves, 2005; Miranda et al., 2006). O principal período de captura ocorre durante a migração reprodutiva, quando os cardumes deixam os estuários em direção à zona costeira, momento em que são vulneráveis simultaneamente às frotas artesanal e industrial (Lemos, 2015; Sant’Ana et al., 2017).

Essa complexidade operacional é um dos principais entraves para o monitoramento e a avaliação do estoque. Diferentes artes de pesca, tamanhos de embarcação, estratégias operacionais e condições ambientais que afetam a

distribuição espacial do recurso criam um cenário heterogêneo, difícil de acompanhar e avaliar. Como apontado pelo relatório do CPG Pelágicos SE/S, essa diversidade de pescarias resulta em inconsistências, lacunas e descontinuidades nas séries de captura e esforço, comprometendo a construção de indicadores robustos de mortalidade pesqueira e produção sustentável.

Diante desse contexto, torna-se essencial consolidar todas as informações disponíveis sobre captura, esforço e biologia da espécie para subsidiar avaliações de estoque com o melhor embasamento científico possível. A compilação e organização sistemática dessas informações constituem a primeira etapa de qualquer processo de avaliação e são fundamentais para produzir indicadores coerentes e pontos de referência adequados ao manejo.

Neste relatório, apresenta-se a consolidação de um banco de dados abrangente sobre as pescarias de tainha no Sudeste e Sul do Brasil, reunindo informações provenientes de literatura científica, projetos, relatórios, dissertações e teses, além de bases oficiais e não oficiais. Após a coleta, procedeu-se à padronização e análise crítica dos dados, com ênfase em sua completude, consistência e aplicabilidade em modelos de avaliação de estoque.

A partir dessa consolidação, o presente documento traz uma atualização da avaliação do estoque de tainha para o Sudeste e Sul, utilizando modelos de produção estruturados por idade (ASPM – *age-structured production model*) como base analítica. Essa abordagem integra múltiplas fontes de dados, completas ou parciais, e tem se mostrado uma estratégia promissora para gerar estimativas mais robustas sobre o estado do estoque e seus pontos de referência sustentáveis, contribuindo para a tomada de decisão e aprimoramento das estratégias de manejo.

3. METODOLOGIA

3.1. Fonte de dados pesqueiros

Para a compilação e atualização dos dados de captura da tainha na costa Sudeste–Sul do Brasil, bem como das informações de esforço de pesca utilizadas para o cálculo da captura por unidade de esforço (CPUE) das diferentes frotas, foram consultadas diversas bases de dados. As informações utilizadas abrangeram tanto publicações oficiais do Governo Federal quanto fontes não-oficiais, complementadas por consultas a bases de dados e publicações online de acesso público ou disponibilizadas mediante autorização das instituições detentoras. Para o período de 2013 a 2024, a base de dados incluiu também informações fornecidas diretamente pelo Ministério da Pesca. Cabe destacar que a construção da série histórica de captura adotou duas abordagens distintas: (a) para o período de 1979

a 2017, utilizaram-se os dados previamente compilados por Sant'Ana & Kinas (2016) e Sant'Ana et al. (2017); e (b) para os anos de 2018 a 2024, a compilação foi realizada a partir de consultas a diferentes fontes de dados, conforme detalhado a seguir.

A atualização da série temporal de captura abrangeu os desembarques realizados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, regiões que compõem o estoque sul da tainha conforme descrito por Mai et al. (2014). Em função dessa delimitação geográfica, a principal fonte de informação utilizada neste relatório foi o Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira na Bacia de Santos (PMAP-BS), cujas subdivisões estaduais abrangem o monitoramento pesqueiro no litoral do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Adicionalmente, para o estado do Rio Grande do Sul foram incluídos os dados provenientes das planilhas de controle de pesca entregues pelos pescadores ao IBAMA entre 2018 e 2024, conforme previsto no Artigo 9º, Parágrafo Único, da Instrução Normativa Conjunta MMA/SEAP nº 3/2004. Esses dados foram disponibilizados ao presente relatório pelo Ministério da Pesca. A **Tabela 1** apresenta um resumo das bases de dados consultadas e compiladas para este trabalho.

Tabela 1: Fontes de dados disponíveis para acesso e compilação de dados de produção e esforço pesqueiro.

Base de dados	Instituição	Link para acesso
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira de São Paulo – PMAP/SP	Instituto de Pesca de São Paulo	http://pesca.sp.gov.br
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira de São Paulo – PMAP/PR	Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio	http://portal.fundepag.br
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira de São Paulo – PMAP/SC	Universidade do Vale do Itajaí	http://pmap-sc.acad.univali.br
Projeto de Estatística Pesqueira Marinha e Estuarina do Sul do Rio Grande do Sul – LEA/FURG	Universidade Federal do Rio Grande	http://imef.furg.br
Projeto de Monitoramento da Atividade Pesqueira da Bacia de Santos – PMAP/BS	Petrobras S/A	http://comunicabaciadesantos.com.br
Estatística da Pesca - EstatPesca	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	http://icmbio.gov.br
Estatística Pesqueira Nacional	Ministério da Pesca e Aquicultura (extinto)	http://icmbio.gov.br
Monitoramento da Safra da Tainha em Santa Catarina – ano 2015	Universidade do Vale do Itajaí / OCEANA Brasil	http://pmap-sc.acad.univali.br http://brasil.oceana.org/pt-br
Dados Para Pesquisa	OCEANA Brasil	http://brasil.oceana.org/pt-br
Dados anexo INC N3 2004 (ELP)	MPA	Fornecidos pelo MPA

As informações referentes às frotas pesqueiras sediadas em São Paulo foram obtidas no sítio eletrônico do PMAP-SP, mantido pelo Instituto de Pesca da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Para o estado do Paraná, os dados foram consultados no PMAP-PR, gerido pela Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio do Estado de São Paulo (FUNDEPAG). No caso de Santa Catarina, as estatísticas pesqueiras foram acessadas por meio do sítio eletrônico do PMAP-SC, mantido pelo Laboratório de Estudos Marinhos Aplicados da Escola Politécnica da Universidade do Vale do Itajaí.

Para a atualização das séries de captura por unidade de esforço (CPUE), além das bases estaduais do PMAP, também foram incorporados dados do Rio Grande do Sul. Nesse caso, consultaram-se os boletins estatísticos e as bases de dados do programa de monitoramento do desembarque pesqueiro mantido pelo Laboratório de Estatística Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande (FURG/LEA).

3.2. Compilação da base de dados

Os dados de captura total da tainha foram contrastados entre si obedecendo a seguinte classificação, (a) dados provenientes de monitoramentos estatísticos pesqueiros estaduais e dados dos monitoramentos oficiais MAPA/SAP, e; (b) dados fornecidos conforme previsão da INC MMA/SEAP N° 3/2004. Esta classificação foi utilizada com o intuito de averiguar as similaridades e/ou discrepâncias entre as informações fornecidas no monitoramento oficial da safra da tainha para os anos de 2020 a 2024 e nos monitoramentos estatísticos estaduais.

Visto que as fontes de informação existentes entre as origens de dados de monitoramento, estaduais e oficiais, permitem redundância, buscou-se como critérios de decisão sobre a fonte final para composição da produção total àquelas que: (i) apresenta-se a maior magnitude, assumindo a premissa de que o mais comum seria sonegar uma informação de produção, principalmente em se tratando de uma pescaria com restrição de produção “cota”, e; (ii) dados provenientes dos monitoramentos estatísticos pesqueiros estaduais, devido à proximidade dos programas de monitoramento aos pescadores o que traz uma relação continua e fidedigna, o que aumenta a credibilidade dos dados fornecidos.

3.3. Descrição dos dados de captura

Com base nos critérios mencionados na seção anterior foram estruturados dois cenários. O Cenário 1, que corresponde à série composta exclusivamente pelos dados dos monitoramentos estaduais oficiais e não oficiais. Trata-se do

cenário mais completo e com menor ocorrência de lacunas, sendo adotado como a hipótese principal neste relatório. Assim como na avaliação anterior, os dados provenientes de sistemas administrativos federais, como SIGSIF e SISTainha, não foram incorporados ao Cenário 1, pois representam apenas uma fração pequena da produção observada e não apresentam cobertura espacial ou consistência temporal compatíveis com os monitoramentos estaduais.

Além do Cenário 1, estruturou-se também o Cenário 6, que é idêntico ao Cenário 1, exceto pela inclusão das capturas informadas pelos pescadores artesanais da Lagoa dos Patos, previstas pela Instrução Normativa Conjunta MMA/SEAP nº 3/2004. Esses dados foram considerados para o período de 2018 a 2024 e foram incorporados para avaliar o efeito específico da inclusão dessa pescaria artesanal na tendência geral da série temporal.

Esses dois cenários foram selecionados porque correspondem exatamente aos cenários de captura utilizados na última avaliação realizada em 2022 (FURG/MPA, 2023), de modo que a presente atualização segue o mesmo critério adotado anteriormente para garantir consistência metodológica entre as avaliações. Vale ressaltar que os dados compilados para o período de 1979 a 2017, para ambos os cenários, são os mesmos utilizados pelos relatórios de avaliação de estoque da tainha pretéritos (Sant'Ana & Kinas, 2016; Sant'Ana et al., 2017; Sant'Ana & Kinas, 2018). Portanto, o presente relatório traz apenas uma atualização da série de captura até o ano de 2024.

A série histórica de captura apresenta quatro fases distintas (**Figura 1; Tabela 2**). Entre 1979 e 1994, observa-se uma tendência claramente decrescente, com valores que passam de 4.013,83 toneladas (t) em 1980 para níveis próximos de 1.100–1.300 t no final desse período. De 1995 a 2007, a dinâmica se inverte e as capturas aumentam de forma consistente, com crescimento contínuo ao longo da década de 1990 e início dos anos 2000, culminando no maior valor pré-2017, com 13.375,3 t desembarcadas em 2007. O período seguinte, de 2007 a 2016, é marcado por uma queda acentuada das capturas. Após o pico de 2007, os desembarques diminuem de maneira contínua e permanecem em níveis relativamente baixos, variando de aproximadamente 2.100 t (2012) a cerca de 4.900 t (2014), sem indicação de aumento sustentado durante toda a década. A partir de 2017 inicia-se uma nova fase, caracterizada pelo retorno a patamares elevados de captura e por forte oscilação interanual. Em 2017, as capturas alcançam 7.618,17 t no Cenário 01 e chegam a 12.714 t no Cenário 06 devido à inclusão das capturas artesanais da Lagoa dos Patos. O maior valor de toda a série ocorre em 2018, com 16.075,1 t no Cenário 01 e 20.939,7 t no Cenário 06. Entre 2019 e 2024, as capturas permanecem elevadas e variáveis, situando-se entre aproximadamente 7.400 e 9.900 t no Cenário 01 e entre 10.700 e 14.137 t no Cenário 06.

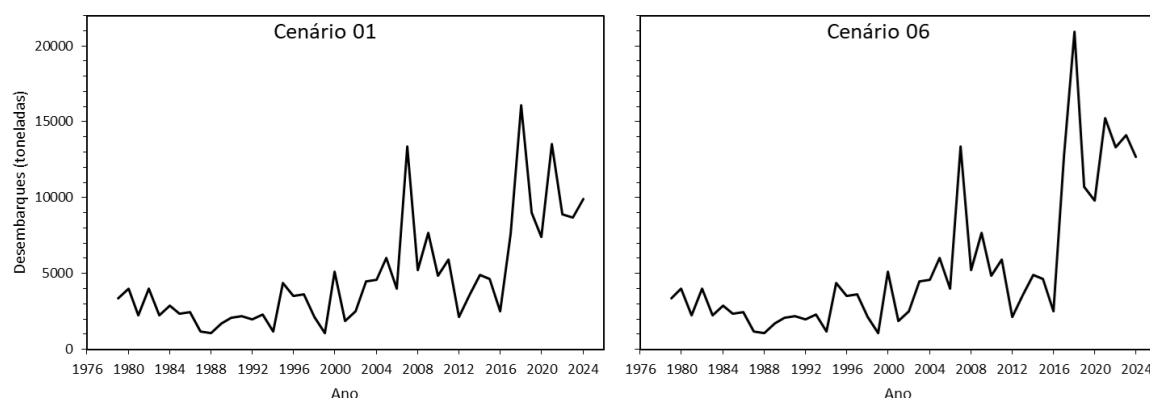


Figura 1: Série temporal de captura de tainha (*Mugil liza*), estoque Sudeste e Sul, entre os anos de 1979 e 2024, para cada cenário.

Tabela 2: Série temporal das capturas de Tainha (*Mugil liza*), em toneladas, compiladas para cada cenário, entre os anos de 1979 e 2024.

Ano	Cenário_01	Cenário_06	Ano	Cenário_01	Cenário_06
1979	3352,79	3352,79	2002	2524,10	2524,10
1980	4013,83	4013,83	2003	4502,52	4502,52
1981	2248,84	2248,84	2004	4570,35	4570,35
1982	4000,98	4000,98	2005	6010,06	6010,06
1983	2228,78	2228,78	2006	4026,12	4026,12
1984	2862,33	2862,33	2007	13375,30	13375,30
1985	2339,77	2339,77	2008	5235,03	5235,03
1986	2452,27	2452,27	2009	7687,85	7687,85
1987	1200,09	1200,09	2010	4865,59	4865,59
1988	1087,25	1087,25	2011	5910,12	5910,12
1989	1687,66	1687,66	2012	2109,61	2109,61
1990	2076,39	2076,39	2013	3559,87	3559,87
1991	2207,29	2207,29	2014	4927,03	4927,03
1992	1957,02	1957,02	2015	4665,60	4665,60
1993	2281,72	2281,72	2016	2507,50	2507,50
1994	1162,31	1162,31	2017	7618,17	12714,00
1995	4346,35	4346,35	2018	16075,10	20939,70
1996	3523,39	3523,39	2019	8999,11	10700,30
1997	3606,73	3606,73	2020	7396,95	9826,59
1998	2121,03	2121,03	2021	13533,30	15221,50
1999	1093,51	1093,51	2022	8915,30	13335,50
2000	5139,84	5139,84	2023	8681,48	14137,80
2001	1853,54	1853,54	2024	9890,64	12659,70

De acordo com Sant'Ana et al. (2017), as oscilações observadas nas capturas de tainha resultam de uma combinação de fatores ambientais e operacionais. Entre os principais, destacam-se: (a) variações climáticas,

especialmente na temperatura superficial do mar, que funcionam como gatilho biológico para o início do período reprodutivo; (b) a intensidade e a frequência com que esses eventos atmosféricos ocorrem, como a entrada de frentes frias; e (c) a consequente disponibilidade da espécie ao longo de seu corredor migratório, influenciando tanto as pescarias artesanais quanto industriais.

3.4. Descrição dos dados de Captura por Unidade de Esforço (CPUE)

Foram compiladas 10 séries temporais de CPUE para a avaliação do estoque Sudeste–Sul de tainha (Tabela 3). No relatório anterior (FURG/MPA, 2023) haviam sido utilizadas 13 séries, das quais 10 foram novamente incorporadas neste estudo, porém devidamente atualizadas. As três séries não incluídas referem-se à mesma pescaria artesanal em Santa Catarina e foram consideradas redundantes. Assim, optou-se por excluí-las para evitar duplicação de informação e manter os modelos mais simplificados e eficientes. As janelas temporais foram distintas para as diferentes séries de CPUEs avaliadas. As séries de CPUE (séries F e J) mais longas iniciam no ano de 1998 seguindo ininterruptas até 2024 (**Figura 2**).

Tabela 3: Séries temporais de captura por unidade de esforço de tainha (*Mugil liza*) compiladas entre os anos de 1998 a 2024.

Nome	Descrição	Origem/Fonte
Série A	Série de captura por unidade de esforço da pesca industrial de cerco/traineira de Santa Catarina (t/dia).	PMAP-SC
Série B	Série de captura por unidade de esforço da pesca costeira de São Paulo (t/viagem).	PMAP-SP
Série C	Série de captura por unidade de esforço da pesca estuarina de São Paulo (t/viagem).	PMAP-SP
Série D	Série de captura por unidade de esforço da pesca de emalhe costeiro de São Paulo (t/viagem).	PMAP-SP
Série E	Série de captura por unidade de esforço da pesca de emalhe estuarino de São Paulo (t/viagem).	PMAP-SP
Série F	Série de captura por unidade de esforço da pesca industrial e artesanal global de São Paulo (t/viagem).	PMAP-SP
Série J	Série de captura por unidade de esforço da pesca artesanal de cerco-fixo de São Paulo (t/viagem).	FURG/LEA
Série K	Série de captura por unidade de esforço da pesca industrial de cerco/traineira de Santa Catarina (t/viagem).	PMAP-SC
Série L	Série de captura por unidade de esforço da pesca artesanal de Santa Catarina (t/viagem).	PMAP-SC
Série Q	Série de captura por unidade de esforço da pesca artesanal do Paraná (t/viagem).	PMAP-PR

A partir da análise exploratória das séries de CPUEs, observou-se que as séries J e K, apresentaram tendências crescentes até 2018, no entanto, a partir deste ano a série J continuou aumentando enquanto a série K apresentou uma diminuição nos últimos 4 anos (**Figura 2**). Para as séries F, J e K, optou-se pela

separação da série temporal em dois blocos distintos. O primeiro bloco se refere ao período entre 2000 e 2014 (séries FA, JA e KA), e o segundo bloco, compreende o período entre 2015 e 2024 (séries FB, JB e KB). Essa separação foi necessária devido às mudanças marcadas no padrão da tendência temporal desses índices entre os dois blocos distintos (**Figura 2**), as quais podem estar sendo influenciados por inúmeros fatores, destacando-se: (a) hiperestabilidade ocasionada pela agregação do estoque durante o evento reprodutivo; (b) disponibilidade do recurso às diferentes pescarias; (c) variações climáticas interanuais que podem afetar os padrões de migração reprodutiva da espécie, seja no seu o deslocamento latitudinal (migração Sul - Norte) ou ainda, na sua proximidade à linha de costa durante a migração latitudinal (migração interna ou externa), e ainda; (d) aperfeiçoamento dos estratégias de pesca ao longo do tempo. Por essas razões, é plausível assumir que a capturabilidade da tainha vem sofrendo alterações ao longo do tempo, e os modelos utilizados foram ajustados para capturar esse efeito e, portanto, com a estimação de dois valores do parâmetro ϕ_i , para as pescarias associadas às séries de CPUE F, J e K. Em contraste, as séries D, E, sugerem um declínio com o passar dos anos (**Figura 2**). Ademais, observou-se que as séries temporais mais curtas (L e Q), têm a análise de sua tendência prejudicada devido ao número reduzido de anos observados e, portanto, qualquer conclusão baseadas nestas séries pode ser considerada inconsistente e pouco representativa.

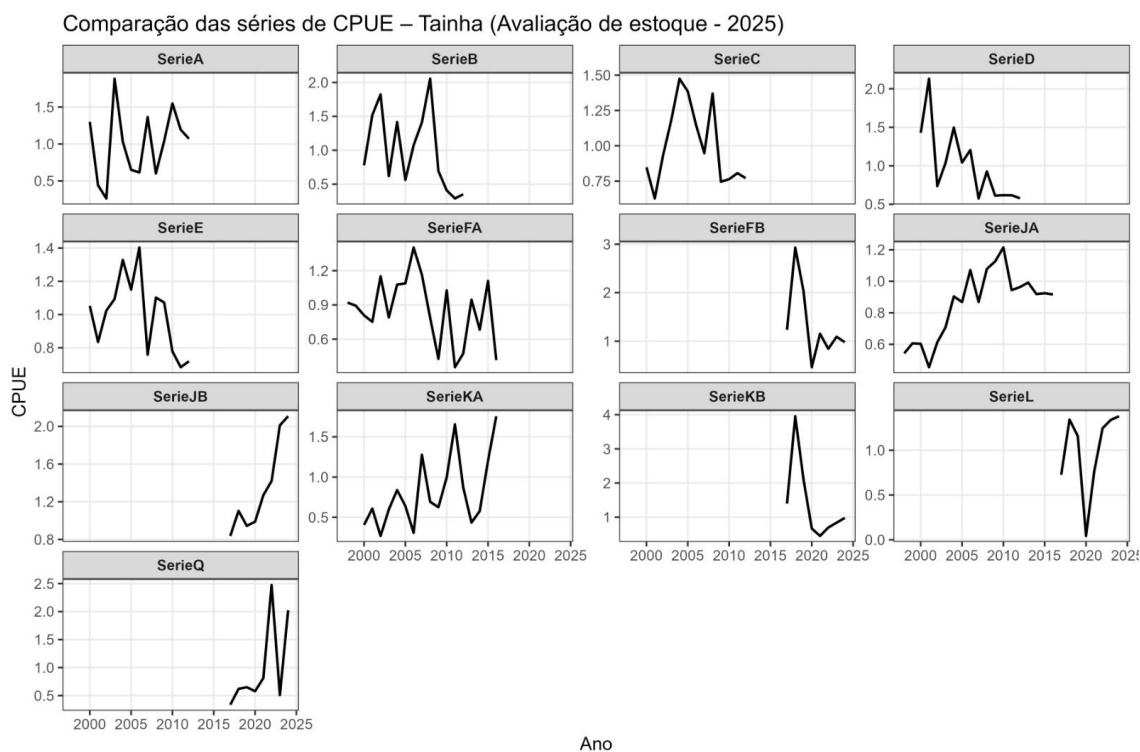


Figura 2: Séries temporais de captura por unidade de esforço de tainha (*Mugil liza*) compiladas entre os anos de 1998 a 2024.

3.5. Modelos de Produção Estruturado por Idade (ASPM)

3.5.1 Contextualização geral dos modelos ASPM

Para resolver possíveis deficiências dos modelos de excedente de produção, Hilborn (1990) propôs ajustar um modelo de avaliação estruturado por idade para séries temporais de captura e índices de abundância (*i.e.*, Modelo de Produção Estruturado por Idade, ou ASPM, do inglês “*Age-Structured Production Model*”). Os modelos estruturados por idade geralmente assumem que as taxas biológicas (crescimento, maturidade e mortalidade) são estruturadas principalmente pela idade individual e exigem a especificação de um algoritmo para estimar a entrada de novos indivíduos jovens no estoque (denominado “recrutamento”).

As primeiras aplicações do ASPM assumiram que o recrutamento era uma função determinística da biomassa reprodutiva, ou seja, não há variação residual em torno desta relação (Thorson et al., 2019). Esta estrutura ASPM foi posteriormente aplicada em diversas avaliações de estoque no planeta (*e.g.*, Punt, 1994; Punt & Japp, 1994; Punt et al., 1995; Restrepo, 1997). No entanto, é de amplo conhecimento que as populações de peixes apresentam variação substanciais no recrutamento dirigidas por fatores ambientais e ecossistêmicos além do previsto por uma simples relação com a biomassa do estoque reprodutivo (Mertz & Myers, 1996; Rose et al., 2001; Thorson et al., 2014).

Recentemente, com o avanço dos modelos de Análise Integrada (Maunder & Punt, 2013) foi possível modelar a dinâmica populacional estimando o recrutamento e seu desvio usando funções probabilísticas a partir de uma gama de dados. Entre as análises integradas existentes se destaca a plataforma Stock Synthesis (SS3) (Methot & Wetzel, 2013), amplamente utilizada para avaliações de estoques em todo o planeta por possibilitar a construção de uma grande variedade de modelos estatísticos integrados estruturados por idade. A capacidade do SS3 de lidar de forma flexível e simultânea com múltiplos tipos de dados e relações biológico-pesqueiras é um aspecto poderoso de sua estrutura. Dessa forma o SS3 pode ser configurado para incorporar as seletividades das diferentes artes de pesca, os parâmetros de história de vida (*i.e.*, crescimento, maturidade, recrutamento e mortalidade natural) e as trajetórias de captura e CPUE para comportar-se como um modelo de produção estruturados por idades.

A incorporação de parâmetros de história de vida em modelos de avaliação, quando disponíveis e adequados, oferece vantagens importantes. Esses parâmetros influenciam diretamente a escala absoluta de biomassa e, portanto, representam uma fonte essencial de informação para estimar a trajetória temporal de um estoque. Além disso, sua inclusão torna o modelo mais coerente com os processos biológicos que influenciam a dinâmica populacional, permitindo

representar de forma mais realista as relações que determinam a produtividade e a variação da biomassa ao longo do tempo.

3.5.2. Estrutura dos modelos ASPM via SS3

As características e fórmulas que fundamentam o Stock Synthesis (SS3) estão descritas em Methot & Wetzel (2013) e detalhadas no manual do software (Methot et al., 2020). Uma síntese, em língua portuguesa, das principais funcionalidades do SS3 aplicadas à configuração de um modelo de produção estruturado por idade pode ser consultada em FURG/MPA (2023).

3.5.3. Parâmetros de história de vida incorporados no ASPM

No campo biológico, um dos principais desafios para a gestão da tainha é obter estimativas robustas dos parâmetros de crescimento. O crescimento individual é um traço central da história de vida, influenciando diretamente padrões de maturação, mortalidade, produtividade e resiliência populacional. Na biologia pesqueira, esse processo é geralmente descrito pela função de crescimento de von Bertalanffy (VBGF), cujos parâmetros (L_{∞} , k , t_0) constituem insumos fundamentais para modelos de avaliação de estoque e para o cálculo de pontos biológicos de referência (Hilborn & Walters 1992; King 2013). Nessa formulação, L_{∞} representa o comprimento assintótico, o tamanho máximo teórico que a espécie pode atingir; k expressa a taxa relativa de crescimento, refletindo a velocidade com que os indivíduos se aproximam de L_{∞} ; e t_0 corresponde à idade teórica em que o comprimento seria zero, atuando como um parâmetro de ajuste para a fase inicial da curva de crescimento.

Na última avaliação do estoque (FURG/MPA, 2023), os parâmetros de crescimento adotados foram derivados de Garbin et al. (2014), cujo estudo baseou-se em idades estimadas a partir de otólitos inteiros e não incluiu indivíduos nos primeiros estágios de vida (< 1,5 ano). A ausência de peixes jovens pode introduzir vieses na estimativa dos parâmetros de crescimento, comprometendo inferências sobre produtividade, rendimento e potencial de recuperação do estoque. No estudo mais recente, Mello (2025) validou microincrementos diários em otólitos de juvenis por meio de marcação com oxitetraciclina e integrou essas informações aos dados de comprimento e idade de Garbin et al. (2014) para reestimar os parâmetros da curva de von Bertalanffy. A integração resultou em um modelo de crescimento para sexos combinados com comprimento assintótico 15% menor ($L_{\infty} = 564$ mm), coeficiente de crescimento 47% maior ($k = 0,28 \text{ ano}^{-1}$) e valor de t_0 biologicamente consistente ($t_0 = -0,11$). Essa nova curva indica um crescimento individual mais acelerado e, conseqüentemente, maior capacidade produtiva do estoque. Além

disso, as novas estimativas se alinham melhor aos padrões descritos em regiões vizinhas (González-Castro et al., 2009).

Dessa forma, os parâmetros de crescimento estimados por Mello (2025) foram incorporados ao modelo de avaliação atual. Os demais parâmetros de história de vida, como a relação peso-comprimento, a ogiva de maturidade e a idade máxima, foram mantidos conforme as mesmas referências adotadas na avaliação anterior de 2023 (**Tabela 4**). A mortalidade natural foi estimada a partir da equação empírica de Then et al. (2015), expressa como $M = 5,109/t_{max}$. O *steepness* (h) foi estimado para a espécie utilizando o pacote *FishLife* (Thorson, 2023). A fecundidade foi assumida como proporcional a relação peso-comprimento (i.e., ovos = aL^b). Uma seletividade logística foi parametrizada como baseada na composição de comprimentos apresentadas em Garbin et al. (2014), onde foram medidos 1.211 indivíduos coletados entre o Chuí-RS e Ubatuba-SP pela frota artesanal de emalhe e tarrafa no Estuário da Lagoa dos Patos, pela frota semi-industrial que utiliza redes de emalhe na zona costeira adjacente e pela frota de cerco industrial. E por fim, o recrutamento virginal (R_0) foi estimado internamente no modelo através da máxima verossimilhança (MLE).

Tabela 4. Parâmetros de história de vida e de seletividade fixados nos modelos de produção estruturado por idade para a tainha.

Parâmetros	Valor	Referências
L_{∞} (cm)	56,4	Mello (2025)
k (ano ⁻¹)	0,28	Mello (2025)
t_0 (ano)	-0,11	Mello (2025)
t_{max} (ano)	12	Garbin et al. (2014)
$W(g)$ - $L(cm)$ a	0,0006	Garbin et al. (2014)
$W(g)$ - $L(cm)$ b	3,062	Garbin et al. (2014)
SL_{50} (cm)	32,5	Figura4 de Garbin et al. (2014)
SL_{95} (cm)	42	Figura4 de Garbin et al. (2014)
L_{50} (cm)	42,19	Lemos et al. (2014)
L_{95} (cm)	48,5	Lemos et al. (2014)
M	0,45	Then et al. (2015)
h (steepness)	0,684	Thorson et al. (2023)

3.5.4. Implementação dos modelos ASPM

Foram implementados dois (2) modelos ASPM distintos, tendo como base os cenários 01 e 06 das séries temporais de captura utilizadas (seção 3.3). Da mesma forma, as mesma 10 séries de CPUEs, com seus respectivos tratamentos de separação em blocos (seção 3.4), foram utilizadas nos modelos estruturados por idade. Os modelos ASPM foram estruturados para a tainha considerando uma única frota, uma única área, um único sexo, assumindo a relação de estoque-

recrutamento padrão de Beverton-Holt. Conforme apresentado na seção 3.5.3, o modelo requer a implementação de parâmetros pré-especificados de: crescimento (L_{∞} ; k ; e t_0); idade máxima (t_{max}); mortalidade natural (M); comprimento em que 50% e 95% dos indivíduos atingem a maturidade (L_{50} e L_{95}); relação comprimento-peso (a e b); steepness (h); comprimento em que 50% e 95% dos indivíduos são selecionados pela arte de pesca (SL_{50} e SL_{95}). Os respectivos valores utilizados para a implementação dos modelos ASPM pra a tainha e as referências de onde foram obtidos estão apresentados na **tabela 4**.

4. RESULTADOS

4.1. Diagnóstico dos modelos

A análise dos resíduos dos índices de abundância para os modelos ASPM demonstraram um comportamento bastante similar entre os cenários avaliados (**Figura 3**). Os valores do RMSE foram relativamente altos (46%) para os modelos ASPM, o que é esperado para o caso de modelos ajustados com (a) multiplas séries de CPUE; (b) séries de CPUE bastante distintas representando pescarias com peculiaridades diferentes; (c) séries de CPUE não padronizadas a priori, e/ou; (d) séries baseadas em momentos distintos de disponibilidade do recurso para captura e influenciadas por eventos reprodutivos / de agregação do estoque. No entanto, cabe ressaltar que o comportamento dos resíduos apresenta uma tendência estável ao longo das séries, o qual pode ser observado nas linhas sólidas pretas apresentadas nos gráficos da **Figura 3**.

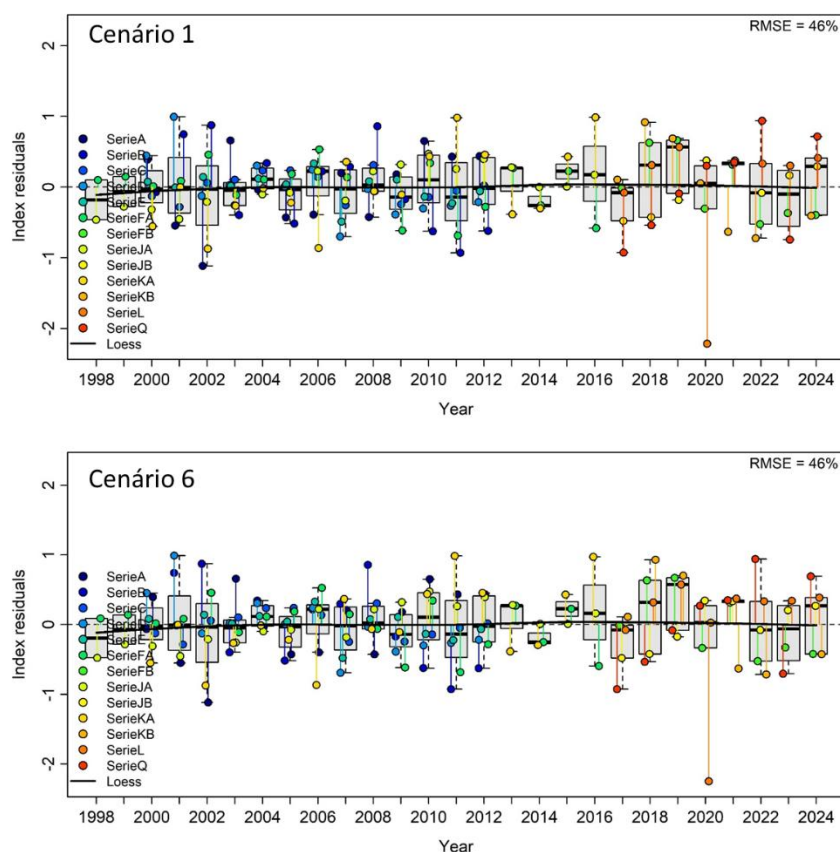


Figura 3: Distribuições temporais dos resíduos dos modelos ajustados às séries de CPUE utilizadas em cada modelo estruturado por idade. Superior: cenário 01; Inferior: cenário 06.

A análise dos desvios de recrutamento anual dos modelos ASPM apresentaram um comportamento satisfatório em ambos os cenários ajustados, uma vez que os intervalos dos desvios sempre oscilam entorno do valor 0 sem apresentar tendências aparentes (**Figura 4**).

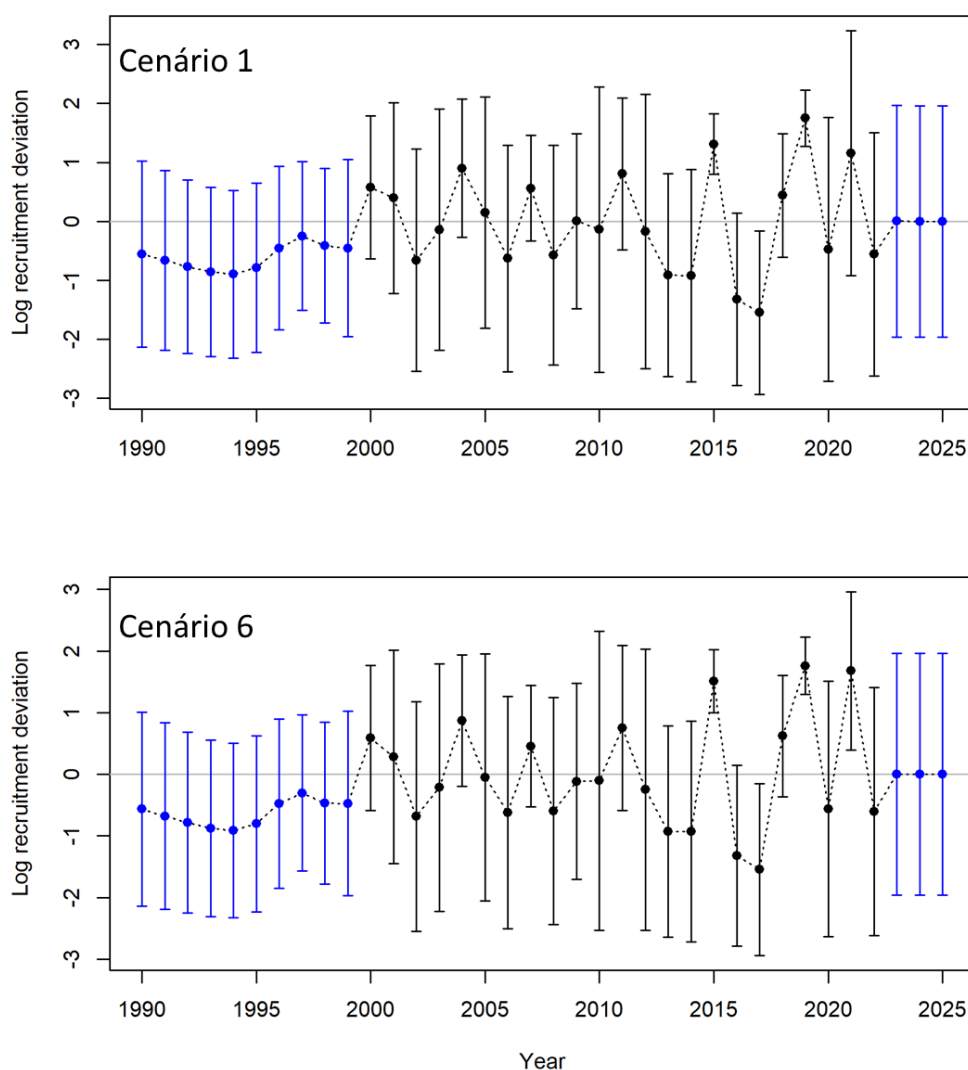


Figura 4: Distribuição temporal dos desvios de recrutamento estimados para cada um dos modelos ajustados. Superior: cenário 01; Inferior: cenário 06.

A **Figura 5** apresenta os resultados da análise retrospectiva conduzida para os modelos ASPM, considerando quatro anos consecutivos de remoção da série. Em ambos os cenários, observa-se baixa variação temporal, indicando que a dinâmica da biomassa é pouco sensível à exclusão sequencial de anos recentes. Em todos os casos, as estimativas obtidas nas retroprojeções permanecem dentro dos intervalos de confiança associados a cada cenário, evidenciando estabilidade e consistência dos ajustes.

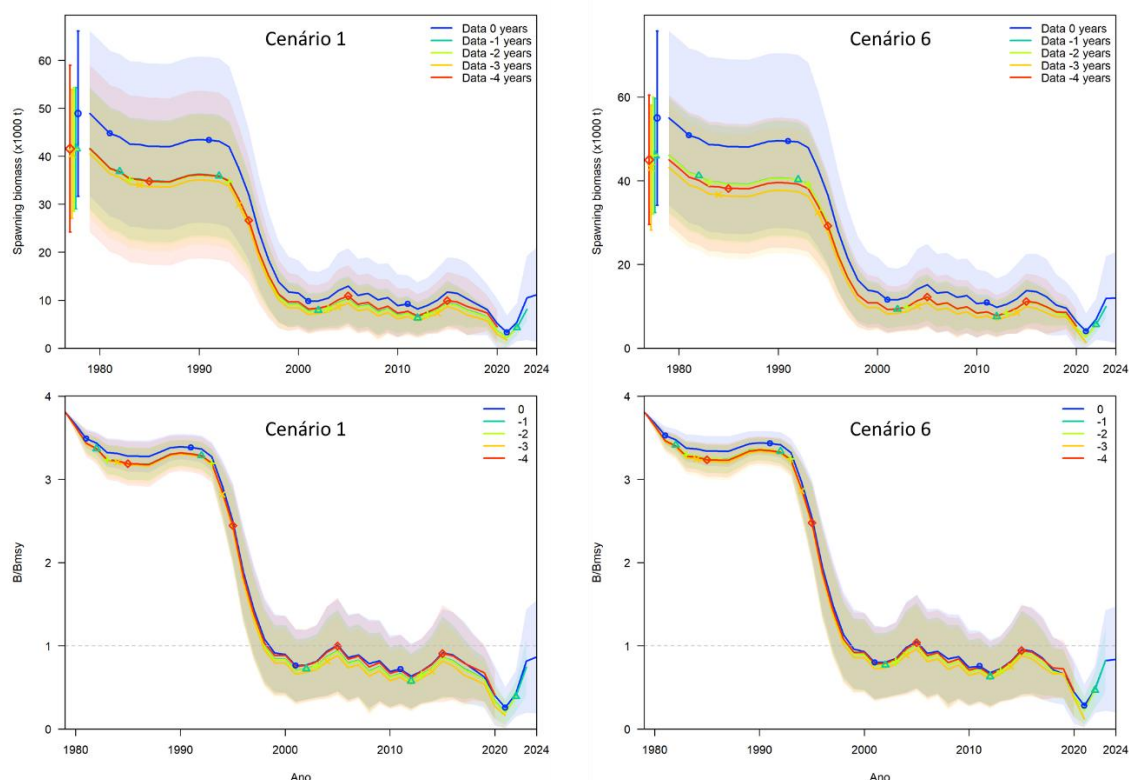


Figura 5: Análise retrospectiva para a biomassa reprodutiva do estoque e para a biomassa reprodutiva relativa ao máximo rendimento sustentável (SB/SB_{MSY}). Painéis na esquerda: Cenário 1; Painéis na direita: Cenário 6.

4.2. Estimativas dos modelos ASPM

Os resultados do modelo forneceram reconstruções consistentes da dinâmica histórica do estoque em ambos os cenários (**Figura 6**). Observou-se um declínio acentuado da biomassa reprodutiva entre o final da década de 1970 e meados dos anos 2000, seguido por um período de estabilização em níveis relativamente baixos. As trajetórias de SB , SB/SB_{MSY} e F/F_{MSY} apresentaram padrões muito semelhantes nas duas configurações, refletindo os mesmos períodos de depleção e episódios de maior pressão pesqueira. Os padrões de recrutamento também foram convergentes, com pulsos marcantes nas décadas de 1980, início dos anos 2000 e 2010. Esses resultados indicam que os padrões temporais de biomassa, mortalidade por pesca e recrutamento são robustos às diferentes suposições sobre os cenários de captura.

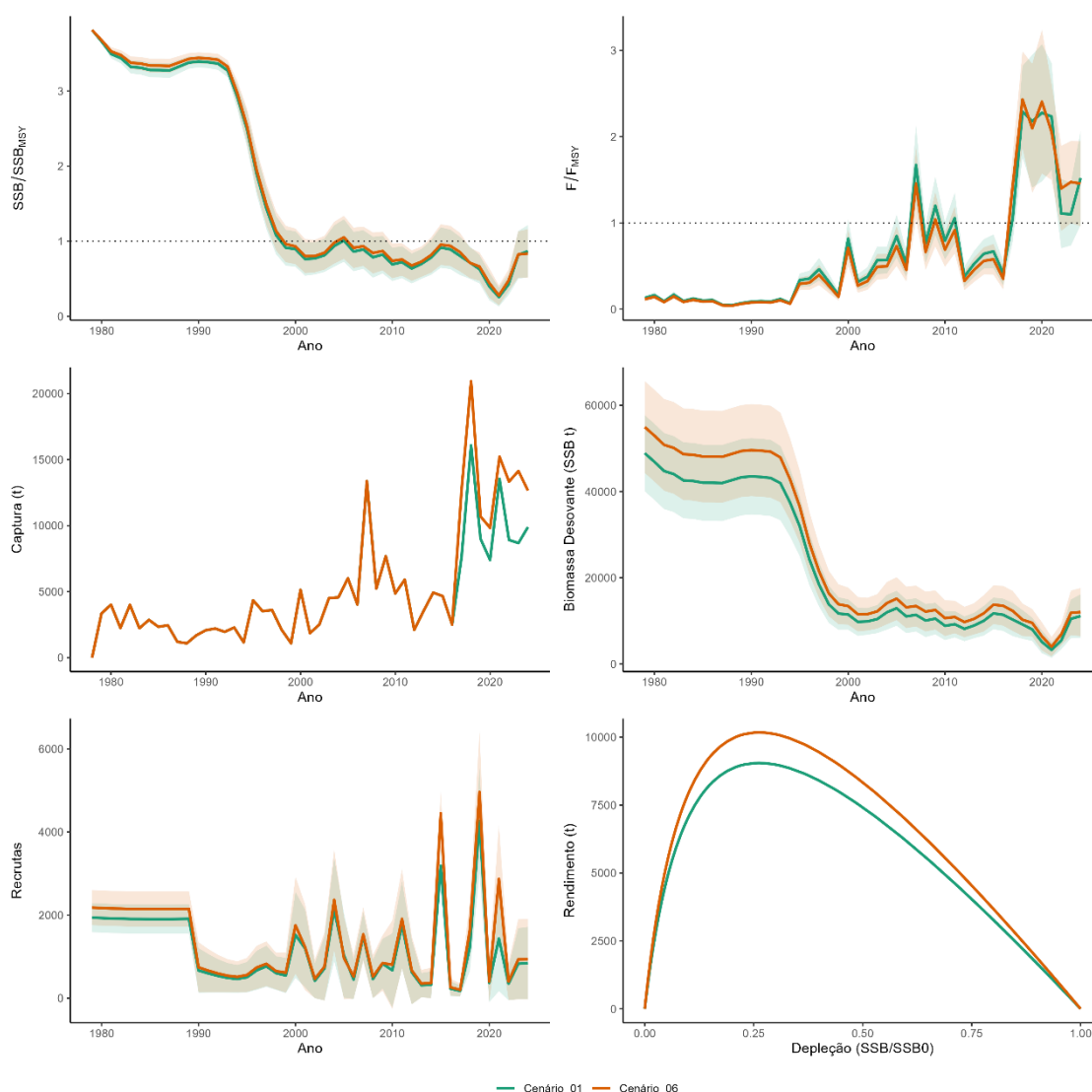


Figura 6: Distribuição das tendências temporais na biomassa desovante (SB); SB relativa a SB_{MSY} ; mortalidade por pesca (F) relativa a F_{MSY} ; recrutamento; rendimentos e; capturas para cada um dos modelos ajustados. Linhas verdes: Modelo ASPM utilizando o cenário 01 de captura. Linhas laranjas: Modelo ASPM utilizando o cenário 06 de captura.

Apesar das similaridades nas tendências temporais, os dois modelos apresentaram um ligeira diferenças na escala absoluta de biomassa, o que influenciou a interpretação da produtividade do estoque (**Tabela 5**). O cenário com a incorporação das capturas provenientes da Lagoa dos Patos (Cenário 06) gerou estimativas ligeiramente mais altas de SB e, conseqüentemente, de MSY , em comparação ao Cenário 01, que não inclui os desembarques dessa região. No

entanto, essa diferença reflete apenas um ajuste na escala do modelo, sem alterar as conclusões sobre o status do estoque.

De modo geral, as estimativas dos pontos de referência foram semelhantes entre os cenários testados, tanto em termos médios quanto pela sobreposição dos desvios (**Tabela 5**). Considerando a média dos dois modelos ASPM, estimou-se um MSY de 9.614,25 t. Segundo os modelos, a biomassa reprodutiva atual (SB_{2024}) encontra-se, em média, 14,5% abaixo da biomassa associada ao rendimento máximo sustentável (SB_{MSY}). De forma consistente, a taxa de exploração em 2024 (F_{2024}) apresentou padrões equivalentes entre os cenários, com valores médios de $F_{2024}/F_{MSY} = 1,49$, indicando um nível de exploração substancialmente acima do limite sustentável para o estoque.

Tabela 5: Resumo das médias do pontos de referência estimados e seus desvios padrões em cada um dos modelos ASPM ajustados.

Pontos de referência	ASPM Cenário 01		ASPM Cenário 06	
MSY	9.051,61	±1.629,89	10.176,90	±1.968,07
SB_{MSY}	12.820,60	±2.308,56	14.414,40	±2.787,54
SB_{2024}	11.124,20	±5.006,29	12.049,90	±5.555,31
SB_{2024}/SB_{MSY}	0,87	±0,35	0,84	±0,32
F_{MSY}	0,36	±0,01	0,36	±0,01
F_{2024}	0,55	±0,01	0,52	±0,01
F_{2024}/F_{MSY}	1,52	±0,54	1,46	±0,49

5. ESTADO DO ESTOQUE E OPÇÕES DE MANEJO

Para a definição de um Limite de Captura Anual (LCA) várias análises foram necessárias e estão detalhadas abaixo. São elas:

- 1) A determinação do estado atual da biomassa B_{2024} em relação a biomassa que produz o máximo rendimento sustentável (SB_{2024}/SB_{MSY});
- 2) A determinação do Rendimento Máximo Sustentável (MSY) e, a partir dele o maior rendimento sustentável para a biomassa corrente B_{2024} como uma fração do MSY (MSY_f , sendo f uma porcentagem, por exemplo $f = 95$ se o maior rendimento corresponde a 95% de MSY);
- 3) A construção da distribuição de probabilidade posterior para MSY_f , e;
- 4) A determinação do Limite Biologicamente Aceitável (LBA) e do Limite Máximo de Captura Anual (LCA).

Para a análise final e a definição dos parâmetros a serem utilizados como pontos de referência para a gestão da pesca da tainha, foram construídas distribuições combinadas a partir das distribuições amostrais simuladas para os dois cenários avaliados. As distribuições dos parâmetros e das séries temporais

foram geradas com base em 10.000 iterações, utilizando uma abordagem de simulação Monte Carlo estruturada sobre distribuições lognormais multivariadas, derivadas dos parâmetros estimados nos modelos ASPM. As distribuições combinadas foram obtidas para os dois cenários testados. A **Figura 7** apresenta a trajetória conjunta da biomassa desovante anual em relação à biomassa desovante correspondente ao rendimento máximo sustentável (SB/SB_{MSY}). A construção dessas distribuições combinadas permitiu incorporar explicitamente as incertezas associadas aos diferentes cenários de captura.

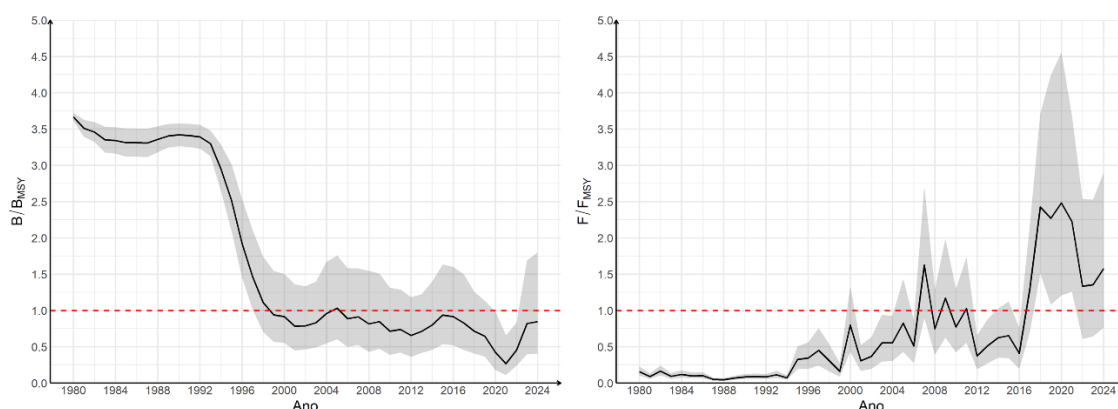


Figura 7. Trajetória de SB/SB_{MSY} e F/F_{MSY} com 95% de intervalo de credibilidade (área cinza) combinada entre os dois cenários de captura considerados.

A biomassa estimada para 2024 (SB_{2024}) corresponde à, aproximadamente, 85% do SB_{MSY} . Sendo assim, o maior rendimento possível para esta condição do estoque deverá ser menor que o MSY estimado. Por assumir uma relação de densidade dependência, a produtividade do excedente de produção de um determinado estoque e, por sua vez, seu rendimento máximo sustentável, estão diretamente vinculados ao tamanho do estoque, conforme pode ser observado na **Figura 6**. Com base na integração dos 2 cenários, pode-se observar que o excedente de produção encontra-se à 98%, em média, do MSY para a atual condição do estoque. Assim, a estimativa do $MSY_{98\%} = 0,98 \cdot MSY$, será o ponto de referência utilizado nas discussões deste relatório daqui para frente. Logo, os valores de LBA e LCA deverão ser obtidos a partir do $MSY_{98\%}$ cuja distribuição posterior pode ser observada na **Figura 8**.

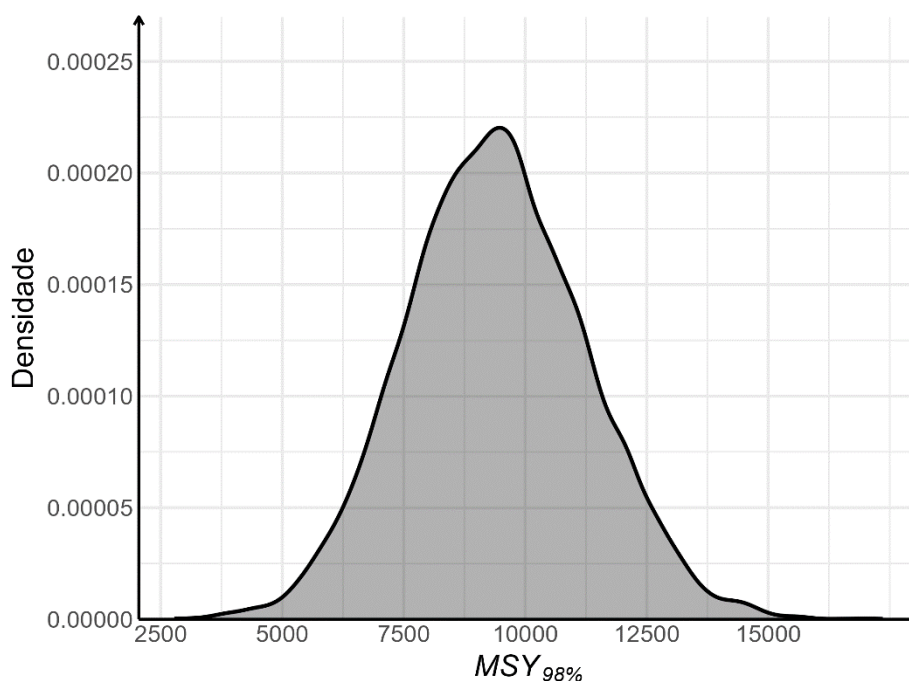


Figura 8. Distribuição posterior integrada / mista dos $MSY_{98\%}$ estimados para ambos os cenários avaliados neste trabalho.

O gráfico de Kobe (**Figura 9**) mostra a distribuição posterior integrada dos parâmetros SB_{2024}/SB_{MSY} e F_{2024}/F_{MSY} , que, sob condições ótimas, deveriam estar ambos próximos de 1. A região mais crítica (em coloração vermelha) se caracteriza por $B_{2024}/B_{MSY} < 1$ e $F_{2024}/F_{MSY} > 1$ (traduzindo: o estoque está sobrepeçado, com sua biomassa abaixo do sustentável e há uma mortalidade por pesca relativamente maior do que aquela que geraria o rendimento máximo sustentável). De acordo com as análises integradas para os dois cenários, a probabilidade de que a pescaria se encontre no quadrante vermelho é de 60,14% o que significa dizer que há evidências claras de que o estoque se encontre numa situação crítica quanto a sua sustentabilidade. Se integradas as probabilidades de $B_{2024}/B_{MSY} < 1$ (quadrantes vermelho e amarelo), pode-se avaliar melhor as incertezas em torno do parâmetro estimado, com isto, tem-se 66,39% de chances do estoque estar com sua biomassa abaixo da biomassa que geraria o rendimento máximo sustentável. E, integrando as probabilidades de $F_{2024}/F_{MSY} > 1$, tem-se 87,96% da mortalidade por pesca estar acima da mortalidade por pesca que geraria o rendimento máximo sustentável para o estoque.

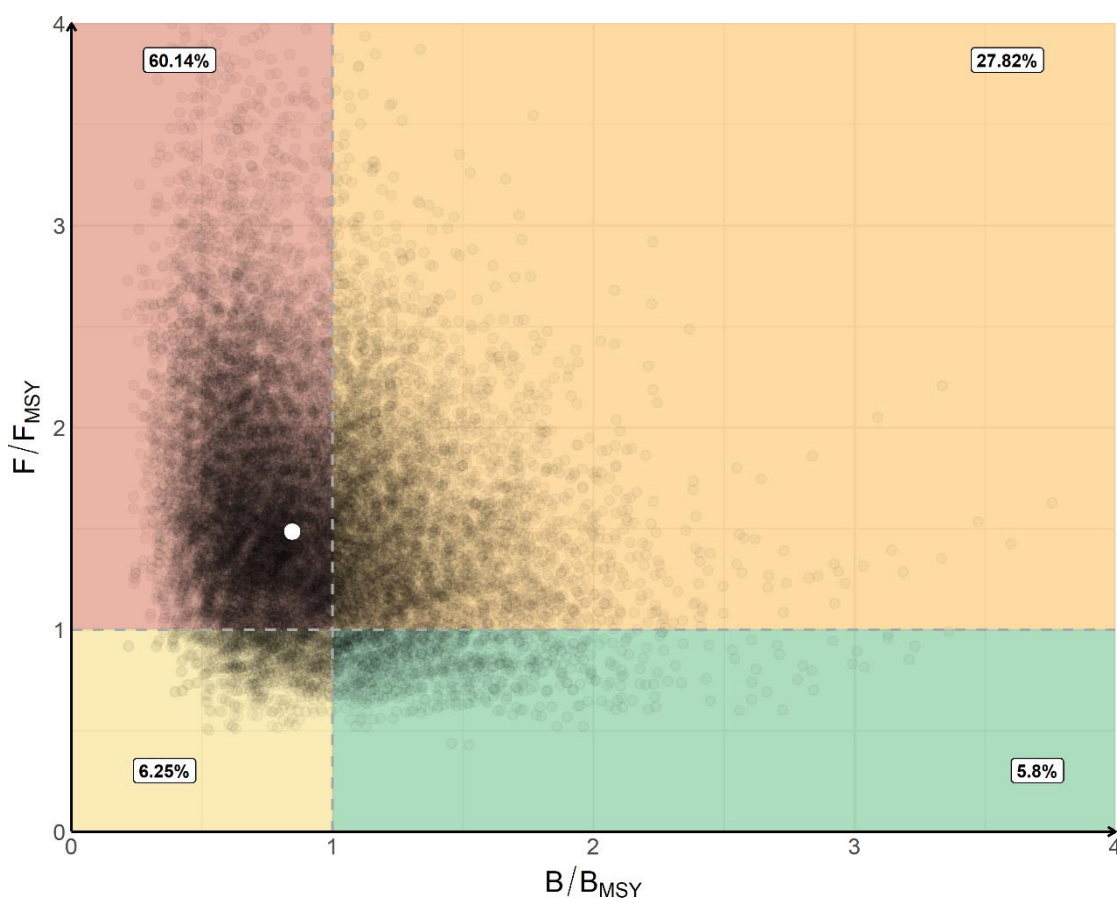


Figura 09. Kobe plot apresentando a composição das distribuições posteriores para B_{2024}/B_{MSY} e do F_{2024}/F_{MSY} dos diferentes cenários ajustados. O ponto branco representa a mediana dos valores estimados para 2024.

Para facilitar o entendimento sobre a discussão que seguirá, passa-se à simbolizar os possíveis valores da distribuição posterior do excedente de produção por letras minúsculas ($msy_{98\%}$), reservando $MSY_{98\%}$, com letras maiúsculas, para indicar a estimativa pontual extraída desta distribuição posterior (usualmente a mediana ou a média são utilizadas como $MSY_{98\%}$). De posse da distribuição posterior para possíveis valores $msy_{98\%}$, recomenda-se escolher para o LCA um valor que respeite uma zona tampão em relação ao valor fixado como $MSY_{98\%}$ como forma de compensar o risco associado a uma eventual sobre-estimativa deste. Esta zona tampão pode ser estipulada em duas etapas. Primeiramente determinar um limite biologicamente aceitável (LBA) para exploração do recurso, que servirá como uma espécie de “teto” para LCA. Para isto, utilizou-se o percentil de 30% da distribuição posterior integrada de $msy_{98\%}$ como sendo o valor de LBA (a justificativa formalizada desta escolha está no parágrafo abaixo). Na segunda etapa, determinar $LCA = 0,75 \cdot LBA$; ou seja, estabelece-se uma margem de segurança ($\approx 25\%$) abaixo do “teto” definido pelo LBA como forma de compensar incertezas de outros erros

inerentes do processo (e.g.: dificuldades ou descompassos no monitoramento em tempo real das capturas). Com base neste critério precautório, recomenda-se um LCA de 6.126 t, que fica abaixo do LBA de 8.168 t e este, por sua vez, abaixo do $MSY_{98\%}$ estimado em 9.391 t (valor médio da distribuição posterior) (**Figura 10**).

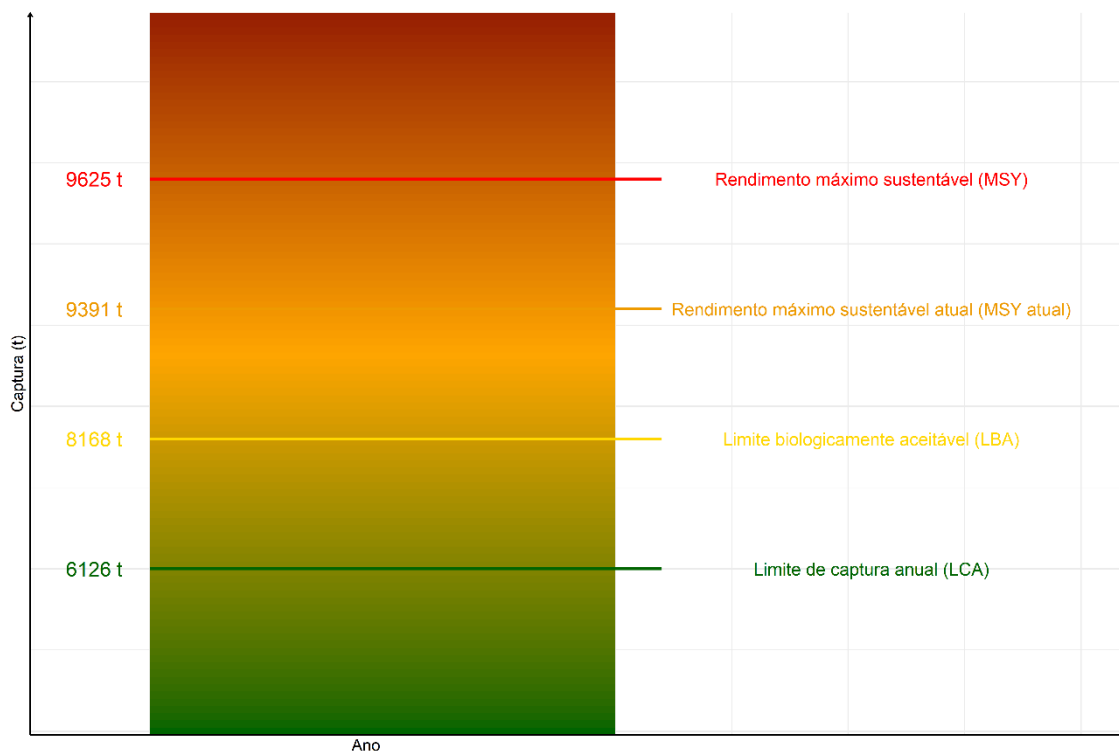


Figura 10. Diagrama de decisão para determinação do Limite de Captura Anual (LCA) para o estoque de tainha no sudeste e sul do Brasil em 2024.

Para entender os argumentos do parágrafo acima é importante destacar que, quando apresentada a distribuição posterior do $msy_{98\%}$, está-se descrevendo múltiplas possibilidades de excedente de produção associados a suas respectivas densidades de probabilidade. A utilização da média da distribuição posterior, isto é $MSY = E(msy)$ como estimativa pontual (e.g., $MSY_{98\%} = 9.391$ t) corresponde a escolha de um particular valor da distribuição como seu representante. Esta escolha, que é, de fato, uma tomada de decisão sob incerteza, resulta da minimização da função de perda $L(Z) = E[(msy_{98\%} - Z)^2]$ para algum Z escolhido entre todos os possíveis valores plausíveis de $msy_{98\%}$. Ou seja, a escolha de $Z = MSY_{98\%}$ que minimiza a função $L(Z)$.

No entanto, uma decisão que pretende ser precautória, deverá penalizar mais fortemente uma sobre-estimativa do valor verdadeiro, mas desconhecido de $MSY_{98\%}$. Para isso, a função de perda é modificada tornando-se assimétrica de forma que continua sendo $L_k(Z) = (msy_{98\%} - Z)^2$ somente se $Z < MSY_{98\%}$ e passando a

ser $Lk(Z) = k \cdot (msy_{98\%} - Z)^2$ se $Z > MSY_{98\%}$ para algum número real $k > 1$ escolhido para refletir a penalização adicional de uma superestimativa errônea. Para melhor entender esta relação apresenta-se na **Figura 11** o valor do percentil (eixo das ordenadas) em função de valores crescentes de k para a distribuição posterior mista de $msy_{98\%}$. Verifica-se que o percentil 25% utilizado neste trabalho para definir $Z = LBA$, corresponde a $k = 5,8$. Isto equivale a dizer que o LBA, de fato, corresponde a uma estimativa conservadora de $MSY_{98\%}$ utilizando a função penalizada assimétrica em que um eventual erro de sobre-estimativa no $MSY_{98\%}$ será penalizado 5,8 vezes mais que um erro de subestimativa com igual magnitude.

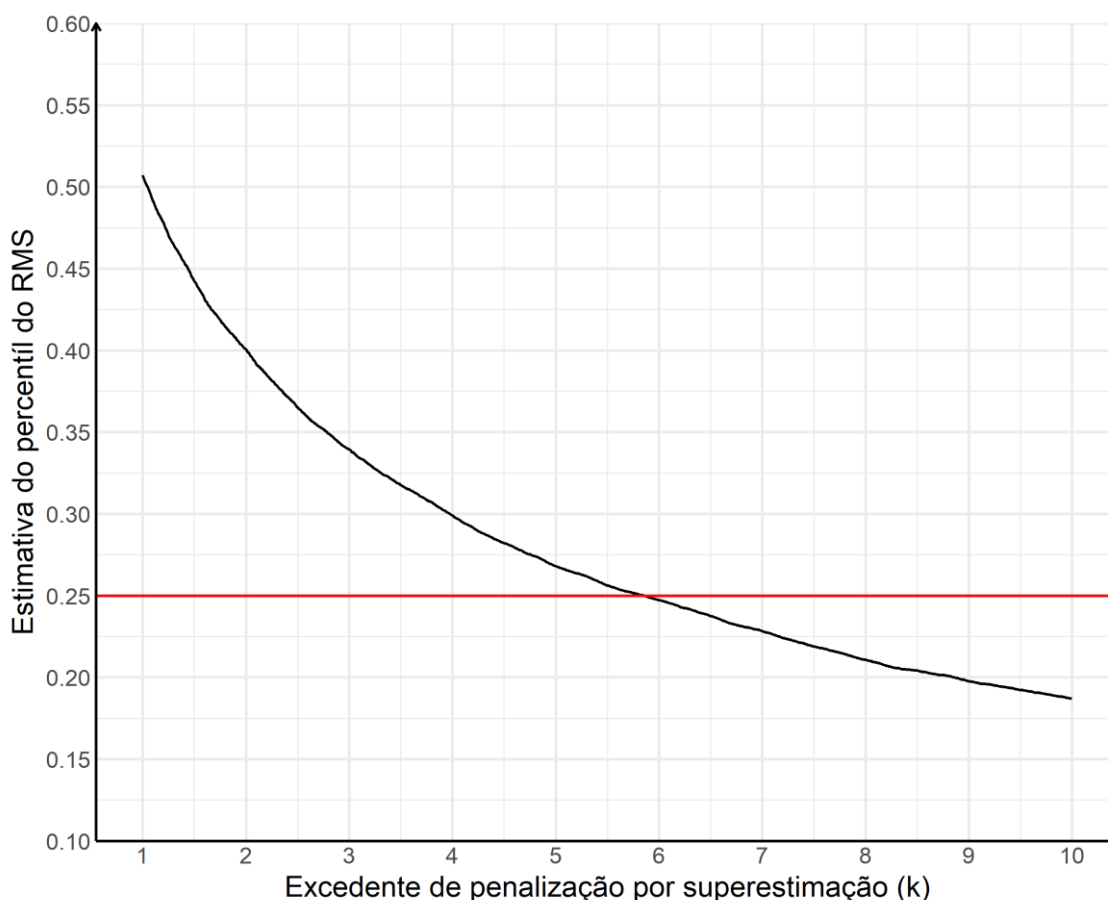


Figura 11. Decaimento da estimativa do percentil do MSY em função do excedente de penalização por superestimação do K proposto.

6. CONCLUSÃO

- A condição atual do estoque de tainha continua definida como sobrepescada (biomassa de 2024 menor do que a biomassa que geraria o rendimento máximo sustentável) com evidências de que o estoque vem sofrendo sobrepesca (mortalidade por pesca em 2024 maior do que a mortalidade por pesca que resultaria no rendimento máximo);

- O rendimento máximo sustentável (MSY) estimado para o estoque foi de 9.625 t. O rendimento possível para o estado atual da biomassa, $MSY_{98\%}$ foi de 9.391 t;
- O Limite Biologicamente Aceitável LBA foi de 8.168 t e o Limite de Captura Anual LCA estimado foi de 6.126 t.

7. REFERÊNCIAS

- FURG/MPA. (2023). *Relatório técnico de avaliação do estoque da tainha (Mugil liza) no Sudeste e Sul do Brasil* (56 p.). https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/cadastro-registro-e-monitoramento/pesquisa/relatorios-tecnicos-e-consultorias/tainha-1/tainha-2023/produto_02_relatorio-de-avaliacao-de-estoque-da-tainha-2023_final.pdf
- Garbin, T., Castello, J. P., & Kinas, P. G. (2014). Age, growth, and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. *Fisheries Research*, 149, 61–68.
- González-Castro, M. G., Abachian, V., & Perrotta, R. G. (2009). Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* (Actinopterygii: Mugilidae), in a southwestern Atlantic coastal lagoon (37°32' S–57°19' W): A proposal for a life-history model. *Journal of Applied Ichthyology*, 25, 61–66. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01170.x>
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1992). *Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall.
- King, M. (2013). *Fisheries biology, assessment and management*. John Wiley & Sons.
- Lemos, V. M., Varela Jr., A. S., Schwingel, P. R., Muelbert, J. H., & Vieira, J. P. (2014). Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. *Journal of Fish Biology*, 85, 671–687.
- Mai, A. C. G., Miño, C. I., Marins, L. F. F., et al. (2014). Microsatellite variation and genetic structuring in *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) populations from Argentina and Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 149, 80–86.
- Maunder, M. N., & Punt, A. E. (2013). A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. *Fisheries Research*, 142, 61–74.
- Mello, V. S. (2025). *Reestimação dos parâmetros de crescimento e seu impacto na avaliação do estoque da tainha Mugil liza (Teleostei: Mugilidae) no sul do Brasil* [Dissertação de mestrado, IO-FURG].
- Mertz, G., & Myers, R. A. (1996). Influence of fecundity on recruitment variability of marine fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 1618–1625.

- Methot, R. D. Jr., Wetzel, C. R., Taylor, I. G., & Doering, K. (2020). *Stock Synthesis user manual version 3.30.15* (NOAA Processed Report NMFS-NWFSC-PR-2020-05). <https://doi.org/10.25923/5wpn-qt71>
- Methot, R. D. Jr., & Wetzel, C. R. (2013). Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142, 86–99.
- Miranda, L. V., Mendonça, J. T., & Cergole, M. C. (2006). Diagnóstico do estoque e orientações para o ordenamento da pesca de *Mugil platanus* (Günther, 1880). *Série Documentos REVIZEE – Score Sul*. Instituto Oceanográfico, USP.
- Pina, J. V., & Chaves, P. T. (2005). A pesca da tainha e parati na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. *Acta Biológica Paranaense*, 34, 103–113.
- Punt, A. E. (1994). Assessments of the stocks of Cape hakes *Merluccius* spp. off South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 14, 159–186.
- Punt, A. E., & Japp, D. W. (1994). Stock assessment of the kingklip *Genypterus capensis* off South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 14, 133–149.
- Punt, A. E., Butterworth, D. S., & Penney, A. J. (1995). Stock assessment and risk analysis for the South Atlantic population of albacore *Thunnus alalunga* using an age-structured production model. *South African Journal of Marine Science*, 16, 287–310.
- Restrepo, V. R. (1997). An implementation of the age-structured production model with application to West Atlantic bluefin tuna fisheries. *Collective Volume of Scientific Papers, ICCAT*, 46, 348–356.
- Rose, K. A., Cowan, J. H., Winemiller, K. O., Myers, R. A., & Hilborn, R. (2001). Compensatory density dependence in fish populations: Importance, controversy, understanding and prognosis. *Fish and Fisheries*, 2, 293–327.
- Sant’Ana, R., & Kinas, P. G. (2016). *Avaliação do estoque de tainha (Mugil liza): Ampliação dos modelos Bayesianos de dinâmica de biomassa para múltiplas séries de CPUE, com adição de temperatura superficial do mar e capturabilidade autocorrelacionada* [Relatório de pesquisa]. Oceana Brasil. https://brasil.oceana.org/sites/default/files/avaliacao_de_estoque_tainha_oceana_-_integra.pdf
- Sant’Ana, R., & Kinas, P. G. (2018). *Avaliação do estoque da tainha (Mugil liza): Atualização do status do estoque sul* [Relatório de pesquisa]. Oceana Brasil.
- Sant’Ana, R., Kinas, P. G., Miranda, L. V., Schwingel, P. R., Castello, J. P., & Vieira, J. P. (2017). Bayesian state-space models with multiple CPUE data: The case of a mullet fishery. *Scientia Marina*, 81(3), 361–370.
- Then, A. Y., Hoenig, J. M., Hall, N. G., & Hewitt, D. A. (2015). Evaluating the predictive performance of empirical estimators of natural mortality rate using

information on over 200 fish species. *ICES Journal of Marine Science*, 72, 82–92.

- Thorson, J. T., Jensen, O. P., & Zipkin, E. F. (2014). How variable is recruitment for exploited marine fishes? A hierarchical model for testing life history theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71, 973–983.
- Thorson, J. T., Rudd, M. B., & Winker, H. (2019). The case for estimating recruitment variation in data-moderate and data-poor age-structured models. *Fisheries Research*, 217, 87–97.
- Thorson, J. T., Maureaud, A. A., Frelat, R., Mérigot, B., Bigman, J. S., Friedman, S. T., Palomares, M. L. D., Pinsky, M. L., Price, S. A., & Wainwright, P. (2023). Identifying direct and indirect associations among traits by merging phylogenetic comparative methods and structural equation models. *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 1259–1275.
- Vieira, J. P., & Scalabrin, C. (1991). Migração reprodutiva da tainha (*Mugil platanus* Günther, 1880) no Sul do Brasil. *Atlântica*, 13(1), 131–141.