

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA**

Luísa Eduarda Fernandes dos Anjos

**Como características metodológicas afetam a estimativa da razão sexual em peixes
adultos?**

**Brasília
2023**

Luísa Eduarda Fernandes dos Anjos

Como características metodológicas afetam a estimativa da razão sexual em peixes adultos?

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a aprovação no Mestrado em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Bessa Pereira da Silva

**Brasília
2023**

Agradecimentos

Gostaria de agradecer especialmente ao professor Eduardo Bessa, por incentivar meu ingresso na pós-graduação e pela orientação durante todo este processo.

Agradecimento especial também ao Tamás Székely e ao Benjamin Geffroy pelas contribuições ao meu trabalho.

À minha família por todo apoio e suporte durante esta incrível e difícil missão.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPQ) pela bolsa concedida.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia pela oportunidade.

Resumo

Como características metodológicas afetam a estimativa da razão sexual em peixes adultos?

Anjos, L. E. F; Bessa, E.

A razão sexual nos adultos (RSA) é a proporção entre o sexo masculino e feminino em adultos em uma população. A RSA é resultado de processos específicos do sexo que afetam a proporção sexual ao longo da vida dos animais, bem como da diferença sexual na sobrevivência de juvenis e/ou adultos. Informações sobre a biologia reprodutiva de peixes marinhos coletados são cruciais para entender a dinâmica populacional e as mudanças na história de vida dos peixes. Além disso, informações precisas sobre o sexo da captura comercial e sobre a razão sexual são requisitos fundamentais para gestão pesqueira, para a conservação das espécies e para o manejo de diversos peixes. Pensando nisso, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma abordagem meta-analítica para investigar as variações da razão sexual de peixes adultos usando um conjunto de dados obtidos na literatura. Avaliamos se existe viés de proporção de sexo adulto levando em consideração como os diferentes métodos de captura de indivíduos e coleta de dados, as famílias de peixes, o tamanho amostral e aspectos gerais da biologia podem influenciar a razão sexual de peixes adultos. Os resultados encontrados não mostraram efeitos significativos do tamanho amostral, mas observamos efeitos significativos nas metodologias e famílias sobre a variação da RSA. Encontramos muitas variações nos estudos da RSA, especialmente quanto aos tamanhos amostrais e as metodologias usadas. A padronização dos estudos possibilitaria melhores análises e comparações. Ademais, nossa meta-análise é importante para avaliar os protocolos metodológicos no estudo da RSA e entender como as estimativas da RSA são afetadas. Sugerimos que mais estudos sejam realizados para entender as causas de sua variação e explorar as implicações da variação da RSA para a reprodução e a dinâmica populacional em peixes.

Palavras-chave: Meta-análise, tamanho amostral, metodologias de estudo, GLMM e viés de proporção.

Abstract

How methodological characteristics affect the sex ratio estimation in adult fish?

Anjos, L. E. F; Bessa, E.

The adult sex ratio (ASR) is the ratio of adult males to adult females in a population. ASR is the result of sex-specific processes that affect the sex ratio throughout the lives of animals, as well as the sex difference in the survival of juveniles and/or adults. Information about the reproductive biology of captured marine fish is crucial to understanding population dynamics and changes in fish life history. In addition, accurate information on the sex of the commercial catch and on the sex ratio are fundamental requirements for fisheries, for the conservation of species and for the management of various fish populations. With that in mind, the present study aims to carry out a meta-analytical approach to investigate variations in the sex ratio of adult fish using a set of data obtained from the literature. We evaluated whether there is adult sex ratio bias taking into account how different methods of capturing individuals and collecting data, fish families, sample size and general aspects of biology can influence the sex ratio of adult fish. Our results did not show significant effects of the sample size, but we observed significant effects in the methods and families on the ASR variation. We found many variations in ASR studies, especially regarding sample sizes and methodologies used. The standardization of studies would allow for better analyses and comparisons. Furthermore, our meta-analysis is important to evaluate methodological protocols in the study of ASR and to understand how ASR estimates are affected. We suggest that further studies to understand the causes of its variation and explore the implications of ASR for reproduction and population dynamics in fish.

Keywords: Meta-analysis, sample size, study methodologies, GLMM and proportion bias.

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama PRISMA. Processo de triagem e seleção dos estudos inseridos na meta-análise.

Figura 2. Razão sexual de adultos pelas famílias mais comuns no levantamento bibliográfico. O traço horizontal central indica a mediana, o quartil inferior corresponde a 25% das menores medidas, o quartil superior corresponde a 75% das menores medidas e a reta vertical indica a variabilidade fora desses quartis.

Figura 3. Proporção sexual de peixes adultos pelo log do tamanho amostral. Os pontos na imagem representam os estudos analisados e mostram ausência de viés de publicação por estarem dentro das linhas diagonais.

Lista de Tabelas

Tabela 1. ANOVA da razão sexual de adultos pelos métodos de coleta de peixes por captura. Os valores de p indicam se a variável influencia (valor significativo) ou não (valor não significativo) a RSA.

Tabela 2. ANOVA da razão sexual de adultos pelas famílias mais comuns. Os valores de p indicam se a variável influencia (valor significativo) ou não (valor não significativo) a RSA.

Tabela Suplementar 1. Principais informações coletadas nos trabalhos analisados. Na última coluna inserimos a forma como as capturas foram feitas, sempre que a informação foi disponibilizada pelos artigos.

Sumário

I. Introdução.....	9
II. Material e métodos	13
i. Levantamento bibliográfico e seleção dos estudos	13
ii. Extração dos dados.....	13
iii. Análises.....	14
III. Resultados.....	15
IV. Discussão.....	18
Referências bibliográficas	24
Material Suplementar	30

I. Introdução

A razão sexual é a proporção de machos e fêmeas em uma população, variável fundamental para a biologia populacional, podendo influenciar diversos aspectos, incluindo os papéis sexuais (LIKER; FRECKLETON; SZÉKELY, 2013; KOKKO; JENNIONS, 2008), a escolha de parceiros (SZÉKELY *et al.*, 2014), o cuidado parental entre os animais (MCNAMARA *et al.*, 2000; KOKKO; JENNIONS, 2008) e o efeito Allee induzido pelo sistema de acasalamento (BESSA-GOMES; LEGENDRE; CLOBERT, 2004).

Já a razão sexual nos adultos (RSA) consiste na proporção entre o sexo masculino e feminino em adultos de uma população (SZÉKELY *et al.*, 2014). A razão sexual pode variar ao longo da vida das populações. E isso ocorre porque pode haver mudanças de sexo ou mortalidade diferencial entre indivíduos de um dos sexos modulada por processos ecológicos e de história de vida (SZÉKELY; WEISSING; KOMDEUR, 2014). Dessa forma, a razão sexual em adultos é resultado de processos específicos do sexo que afetam a proporção sexual ao longo da vida dos animais, bem como da diferença sexual na sobrevivência de juvenis e/ou adultos (SZÉKELY *et al.*, 2014). Um desses processos específicos do sexo pode ser a mudança de sexo em não hermafroditas, na qual indivíduos machos se tornam fêmeas ou vice-versa (PANDIAN; SHEELA, 1995; SHELTON; RODRIGUEZ-GUERRERO; LOPEZ-MACIAS, 1981). Este processo ocorre, por exemplo, em moluscos (COE, 1943), anfíbios (ALHO; MATSUBA; MERILÄ, 2010) e répteis (HOLLELEY *et al.*, 2016). A mudança de sexo é bastante comum em peixes (AVISE; MANK, 2009) e responde a diversos fatores ambientais, como temperatura, estrutura social, patógenos e pH (DEVLIN; NAGAHAMA, 2002). Inclusive, os ecossistemas aquáticos têm sido cada vez mais depositários de poluentes e como o sistema endócrino é sensível até mesmo a níveis mais baixos de poluição isso pode acarretar em diversos problemas para os peixes, como apresentar produção de menos gametas, diminuição da sobrevivência das larvas e diminuição da capacidade de responder ao estresse (KIME, 1998), além de afetar a diferenciação sexual e o desempenho reprodutivo, como ocorre em *Clarias batrachus* (CHAKRAVORTY; LAL; SINGH, 1992), impactando diretamente a proporção sexual das populações.

O desenvolvimento gonadal nos peixes é resultado da diferenciação gonadal e da determinação do sexo, que por sua vez é determinado por fatores genéticos ou ambientais (ULLER; HELANTERÄ, 2011). O sexo pode ser determinado na fecundação (GSD), ocorrendo diferenças genéticas entre machos e fêmeas (WOOTTON; SMITH, 2014), ou após

a fecundação, o qual é determinado por condições ambientais (ABUCAY *et al.*, 1999), por exemplo TSD. Algumas espécies dependem da temperatura, como *Menidia menidia* (BAROILLER; D’COTTA; SAILLANT, 2009), *Paralichthys olivaceus* (LUCKENBACH *et al.*, 2009) e *Dicentrarchus labrax* L. (NAVARRO-MARTÍN *et al.*, 2011), caso onde observou-se que a temperatura estava associada à produção de populações com razão sexual tendenciosa para machos. Outras dependem do pH, como no *Xiphophorus helleri* (RUBIN, 1985), caso em que se observou uma razão sexual tendenciosa para machos em águas ácidas. Também observamos variações em relação aos sistemas de determinação de sexo, que são muito diversos, incluindo determinação genética, evidências citogenéticas, influências autossômicas e cruzamento envolvendo indivíduos com mudança de sexo (DEVLIN; NAGAHAMA, 2002). A determinação genética inclui sistemas simples com os principais cromossomos sexuais, como XX-XY em *Poecilia reticulata* e ZZ-ZW em *Poecilia sphenops*, e também os sistemas polifatoriais, como nos poeciliídeos do gênero *Xiphophorus* (VOLFF; SCHARTL, 2001). O sistema de determinação do sexo pode contribuir para uma razão sexual diferente de um para um (DEVLIN; NAGAHAMA, 2002), portanto pode influenciar a razão sexual nos adultos.

Além dessa plasticidade observada, inúmeros peixes apresentam atraso no desenvolvimento de marcadores de identificação do sexo (LUCKENBACH *et al.*, 2003), e isso, juntamente com a determinação sexual mais tardia, impede a identificação do sexo e conseqüentemente afetam a manutenção da razão sexual no nascimento. Diversas espécies de peixes são hermafroditas sequenciais, como *Sparus aurata* (BRUSLÉ-SICARD; FOURCAULT, 1997), *Thalassoma bifasciatum* (SHAPIRO; RASOTTO, 1993) e *Coris Julis* (REINBOTH; BRUSLE-SICARDI, 1997). Nessas espécies de peixes ocorre a produção de um tipo de gameta, depois invertem o sexo e produzem o outro tipo e a diferenciação sexual abrange uma gama de possibilidades (DEVLIN; NAGAHAMA, 2002). Com isso, o indivíduo muda de sexo e a razão sexual nos hermafroditas tende a ser diferente de um para um, sendo geralmente tendenciosa para o sexo que ocorre primeiro na história de vida do animal (LEONARD, 2006), portanto, essa distorção tenderia a estimular a competição por acesso aos indivíduos do sexo raro na população (GHISELIN, 1969), ocasionando em forte seleção sexual. A mortalidade diferencial dos sexos também pode afetar a RSA e fazer com que um sexo seja mais comum que o outro na população. Quando adultos, machos e fêmeas podem ser o sexo raro na população devido a essa mortalidade diferencial (SZÉKELY; WEISSING; KOMDEUR, 2014), sendo comum as fêmeas morrerem mais pelos custos energéticos da reprodução (CLUTTON-BROCK; ALBON; GUINNESS, 1989) e os machos pela competição por parceiras (LODÉ *et al.*, 2004). Apesar

dessas causas de mortalidade diferencial serem distribuídas assim entre a maioria dos animais, peculiaridades da biologia de diferentes espécies e especificidades dos peixes fazem com que esta não seja necessariamente a regra sempre.

No estudo da razão sexual os peixes podem ser coletados de diversas formas, incluindo eletrochoque e redes de mão (WAKIYA; ITAKURA; KAIFU, 2019), anzóis, chumbo leve, vara de bambu e fio de náilon (BESSA; DIAS; DE SOUZA, 2007), linha de mão (DE MARTINI; EVERSON; NICHOLS, 2011), sendo grande parte dos espécimes capturados por pesca comercial (ZAMORA-GARCIA *et al.*, 2020; EBISAWA; KANASHIRO; KIYAN, 2010; HOSSAIN *et al.*, 2016). As artes de pesca permitem selecionar os peixes de interesse comercial, geralmente aqueles com maior tamanho, e como muitas espécies apresentam dimorfismo sexual, o sexo com maior biomassa ou maior capturabilidade (altura) acaba sendo mais selecionado pelas artes de pesca (LEWIN; ARLINGHAUS; MEHNER, 2006), enviesando a percepção da razão sexual, ou seja, metodologicamente a contabilização de tal sexo foi artificialmente favorecida. Da mesma maneira, as artes de pesca passivas permitem selecionar contra crescimento rápido e comportamentos ativos e ousados (*bold*) (BIRO; SAMPSON, 2015; ARLINGHAUS *et al.*, 2017). Isso sugere que a pesca pode capturar mais de um determinado sexo devido a seu comportamento, independentemente do tamanho do corpo, se estas características de história de vida (crescimento rápido) e comportamentais (atividade e ousadia) que afetam a probabilidade de captura diferirem entre os sexos (HALVORSEN *et al.*, 2017). Ao selecionar tamanho comercial mínimo ou determinado sexo, as diferentes formas de captura levam à expectativa de uma composição sexual enviesada nas capturas comerciais e afetam a percepção da razão sexual, trazendo impactos para a conservação e gestão dos estoques pesqueiros.

A identificação do sexo nos peixes costuma ocorrer por observação das gônadas, seja por observação microscópica das gônadas (HOSSAIN *et al.*, 2016) ou pela avaliação da aparência externa da gônada (EBISAWA; KANASHIRO; KIYAN, 2010; WAKIYA; ITAKURA; KAIFU, 2019). Além das dificuldades de diferenciar machos e fêmeas nos primeiros estádios de maturação, os ovários são maiores e mais fáceis de identificar quando maduros, podendo ser facilmente sexados a olho nu, como em *Oreochromis niloticus* (SILVA, 2019), influenciando uma contagem preferencial de fêmeas em espécies menores e menos conhecidas e consequentemente as estimativas de razão sexual da população. Na identificação do sexo também é importante considerar os caracteres sexuais secundários, como secreção de muco pelos túbulos renais (WAI; HOAR, 1963), as escamas e as nadadeiras (XU; ZHAO, 2016) e a

cor das nadadeiras (Z AHL; DAVIS, 1932). Entretanto, muitos critérios anatômicos secundários não estão bem caracterizados, levando a erros por falta de critérios de sexagem morfológica confiáveis, embora haja mecanismos de histologia gonadal (DIAS *et al.*, 1998) e dosagem hormonal (CRAIG *et al.*, 2009) mais confiáveis e ainda dependendo do estágio de desenvolvimento dos peixes os caracteres secundários não estão totalmente desenvolvidos, como em *Osphronemus goramy* (SLEMBROUCK *et al.*, 2019), o que diminui a confiabilidade da sexagem utilizada nos estudos e enviesam a razão sexual.

Informações sobre a biologia reprodutiva de peixes marinhos capturados, especialmente de pescarias comerciais, são cruciais para entender a dinâmica populacional e as mudanças na história de vida que podem ocorrer com estoques pesqueiros, e com isso é possível elaborar diretrizes de manejo para a pesca sustentável (MORGAN, 2008). Informações precisas sobre o sexo da captura comercial e sobre a razão sexual são requisitos fundamentais para gestão pesqueira, conservação das espécies e dos estoques pesqueiros, além de sua relevância no manejo de diversos peixes, como o *Hippoglossus stenolepis* (LOHER *et al.*, 2016). Nas pescarias, é comum observarmos peixes grandes sendo mais valorizados e preferidos em relação aos peixes pequenos (LEWIN; ARLINGHAUS; MEHNER, 2006). Na espécie *Oncorhynchus nerka*, por exemplo, os machos são maiores e mais vulneráveis à pesca em relação às fêmeas (KENDALL; QUINN, 2013). Além do tamanho, pode-se observar preferência por outros fatores ligados ao sexo, como a captura seletiva de machos em nidificação em *Symphodus melos* (HALVORSEN *et al.*, 2017) e em *Abudefduf saxatilis* (BESSA; DIAS; SOUZA, 2007). Essas preferências na captura enviesam as estimativas de razão sexual e fazem com que seja ainda mais crucial a obtenção de dados precisos sobre a proporção sexual da biomassa explorável, só assim será possível definir taxas de exploração mais realistas e com precisão.

Dito isso, objetivamos avaliar como as variáveis tamanho amostral, família, métodos e ambiente influenciam a razão sexual de peixes adultos. Esperávamos que o tamanho amostral dos estudos apresentasse efeitos significativos na RSA e principalmente que os estudos com menor tamanho amostral exibissem maiores imprecisões na RSA, que as metodologias sem captura, como observação com snorkel, apresentassem mais imprecisão, e ainda, que as famílias de peixes com diferentes sistemas de determinação sexual e de fecundação apresentassem influência na variação da RSA.

II. Material e métodos

i. Levantamento bibliográfico e seleção dos estudos

Coletamos dados de razão sexual em adultos na literatura primária pela base *Web of Science* no dia 2 de agosto de 2021, por meio do Acesso remoto via CAFE – Comunidade Acadêmica Federada. A busca foi realizada utilizando o termo “sex ratio” AND fish*, bem como filtros para selecionar apenas artigos. Não restringimos a pesquisa com certos táxons ou demos preferência a algum táxon específico para expandir os dados. Buscamos usar um termo mais amplo na busca para não deixarmos muitos estudos de fora da meta-análise.

Em seguida, os artigos encontrados foram todos exportados como planilha eletrônica excel para realizar uma seleção pela leitura de título e resumo (Fig. 1). Na primeira etapa foi realizada uma triagem pelo título, apenas excluindo aqueles artigos que se referiam a espécies que não eram de peixes, eliminando 505 artigos. Depois foi realizada uma triagem pelos resumos, excluindo também os que se referiam a outras espécies, os que traziam apenas uma razão sexual geral ou razão operacional e aqueles que não mencionavam razão sexual e indivíduos adultos simultaneamente. Nessa etapa, o objetivo foi deixar os artigos que traziam qualquer informação sobre peixes adultos relacionada com uma proporção sexual, mesmo que não fosse diretamente uma RSA, eliminando então 1822 artigos. Após isso, os 141 artigos restantes seguiram para a leitura de texto completo, buscando apenas aqueles que realmente apresentassem a proporção sexual de peixes adultos e demais dados necessários para o estudo, como tamanho amostral e método de coleta de dados, ficando apenas 58 estudos a serem incluídos nas análises (Tab. S1). O critério de inclusão usado foi que os estudos precisavam ter a quantidade de machos e fêmeas adultos na população ou a proporção de machos/fêmeas adultos e o tamanho amostral, pois são os principais dados para estimar um valor de RSA para cada estudo e conseguir padronizar os resultados.

ii. Tomada dos dados

Com os artigos selecionados extraímos os seguintes dados: espécie, família, local de coleta, RSA, Método de estimativa de RSA, se captura (técnica usada) e tamanho da amostra. Posteriormente, expressamos a razão sexual como sendo a proporção de machos adultos na população, o número de machos adultos / (número de machos adultos + número de fêmeas adultas), para utilizarmos nas análises estatísticas. Alguns artigos apresentavam dados apenas como gráficos e foi necessário o uso do programa GetData Graph (ZEIN *et al.*, 2020) para ter acesso aos valores usados.

iii. Análises

Todos os modelos estatísticos foram implementados usando RStudio (R CORE TEAM, 2022). Para analisar nossos dados proporcionais aplicamos o modelo linear misto generalizado (GLMM) com a estrutura de erro quasi-binomial, assim como Wehi et al. (2011). Ajustamos GLMM usando a função `MCMCglmm` no pacote `MCMCglmm` (HADFIELD, 2010). O GLMM foi realizado utilizando uma árvore filogenética gerada a partir do pacote `rotl` do R. Realizamos também outros dois modelos, o primeiro com tamanho amostral, métodos e família como variáveis explicativas e o segundo modelo usando tamanho amostral e métodos como variáveis explicativas.

Fizemos o teste de Levene para testar igualdade de variância. Também realizamos ANOVA, usando Shapiro-Wilk (SW) para normalidade (RAZALI; WAH, 2011), visando avaliar a igualdade de variâncias das famílias mais comuns.

Analisamos nossos dados também com uma meta-análise de proporção usando o pacote `meta` do R. O pacote inclui funções para ajustar os modelos meta-analíticos de efeitos fixos e aleatórios, além de fornecer funções para gráfico de floresta e funil. A meta-análise foi realizada com log do tamanho amostral e com as transformações de proporções como sendo Freeman-Tukey Transformação de arco seno duplo (`sm = "PFT"`).

III. Resultados

Ao realizar a busca na base de dados *Web of Science* encontramos 2468 artigos, dos quais 58 resultaram da triagem e abordam a razão sexual de peixes adultos (Fig. 1).

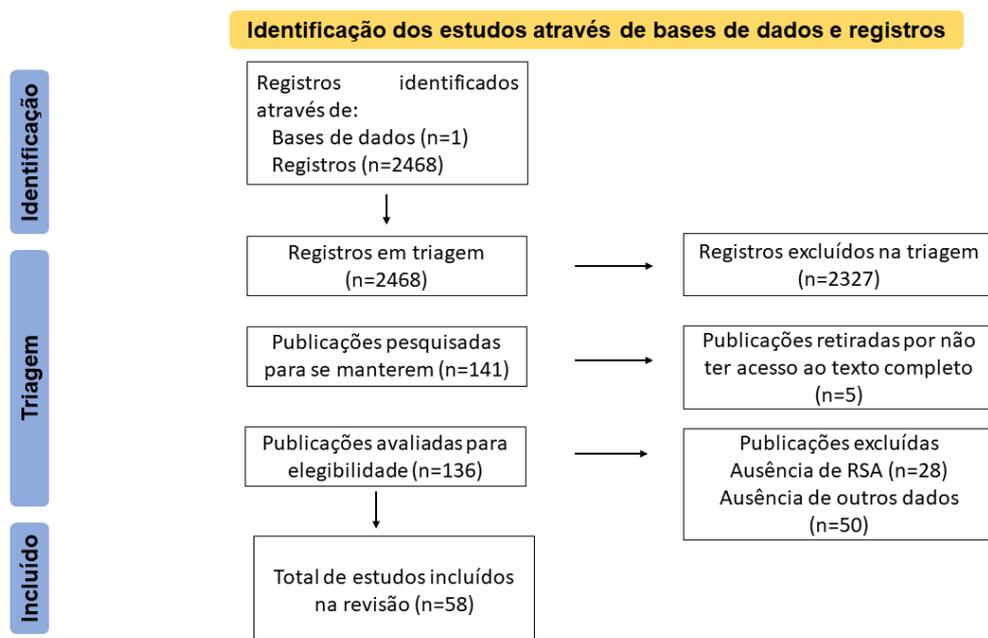


Figura 1. Diagrama PRISMA. Processo de triagem e seleção dos estudos inseridos na meta-análise.

Nos trabalhos estudados foram observadas 61 espécies de peixes e 35 famílias (Tab. S1).

Nossas análises MCMCglmm mostraram que o ambiente dulcícola ($p = 0.551$) ou marinho ($p = 0.821$) não apresentam efeitos significativos na razão sexual dos adultos. O método de observação baseada na morfologia externa realizada por mergulho com snorkel apresentou efeito marginalmente significativo ($p = 0.04951$) quando usamos tamanho amostral, métodos e família como variáveis explicativas e o método de marcação-recaptura ($p = 0.046153$) apresentou efeitos significativos quando usamos tamanho amostral e métodos como variáveis explicativas. As famílias Carcharhinidae ($p = 0.04084$) e Serranidae ($p = 0.00231$) apresentaram efeitos significativos sobre a RSA. O efeito do tamanho da amostra no resultado da RSA não apresentou resultados significativos ($p = 0.27500$).

Realizamos ANOVA para avaliar a RSA pelos métodos de coleta e obtivemos que rede de arrasto de praia, rede de arrasto de fundo, puçá, rede de emalhar, pesca de linha, caça submarina e armadilha não enviesaram a razão sexual (Tab. 1). Da mesma forma, a ANOVA para avaliar a RSA pelas famílias mais comuns, não mostraram viés na razão sexual em

Cyprinidae, Hypopomidae, Percidae, Poeciliidae, Salmonidae e Sparidae, mas indicaram viéses em Serranidae, Syngnathidae e Lotidae (Tab. 2).

Tabela 1. ANOVA da razão sexual de adultos pelos métodos de coleta de peixes por captura. Os valores de p indicam se a variável influencia (valor significativo) ou não (valor não significativo) a RSA.

Métodos de coleta	p	n
Rede de arrasto de praia	0,06	2
Rede de arrasto de fundo	0,49	6
Puçá	0,27	9
Rede de emalhar	0,53	36
Pesca de linha	0,06	7
Caça submarina	0,85	3
Armadilha	0,94	5

Tabela 2 ANOVA da razão sexual de adultos pelas famílias mais comuns. Os valores de p indicam se a variável influencia (valor significativo) ou não (valor não significativo) a RSA.

Famílias	p	n
Cyprinidae	0,73	8
Hypopomidae	0,24	5
Lotidae	2.19e-07***	2
Percidae	0,92	9
Poeciliidae	0,34	9
Salmonidae	0,23	12
Serranidae	0,0007***	2
Sparidae	0,68	5
Syngnathidae	0,02*	3

Observamos também que a RSA variou entre as famílias mais comuns e as principais diferenças foram entre Serranidae e Cyprinidae, Serranidae e Hypopomidae, Poeciliidae e Lotidae, Serranidae e Lotidae, Serranidae e Percidae, Serranidae e Poeciliidae, Sparidae e Poeciliidae, Serranidae e Salmonidae, Sparidae e Serranidae, Syngnathidae e Serranidae. No entanto, os Serranidae presentes nos artigos estudados são hermafroditas, então realizamos ANOVA excluindo os hermafroditas (DEVLIN; NAGAHAMA, 2002) e obtivemos diferenças significativas exclusivamente entre as famílias Poeciliidae e Lotidae, com $F = 4.967$, $DF = 5$ e $p = 0.0007$ (Fig. 3).

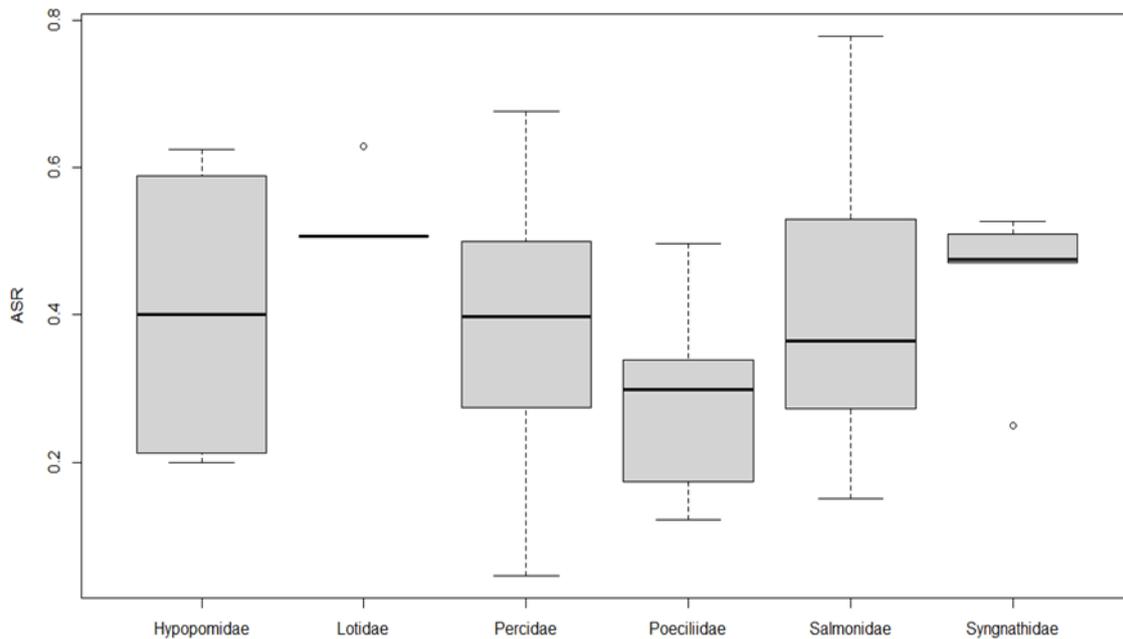


Figura 2. Razão sexual de adultos pelas famílias mais comuns no levantamento bibliográfico. O traço horizontal central indica a mediana, o quartil inferior corresponde a 25% das menores medidas, o quartil superior corresponde a 75% das menores medidas e a reta vertical indica a variabilidade fora desses quartis.

Fizemos também uma meta-análise para avaliar o viés de publicação nesses artigos e observamos que não há uma tendência nas publicações científicas de estudos com RSA enviesada, uma vez que todos os dados estão dentro do triângulo de proporções (Fig. 3).

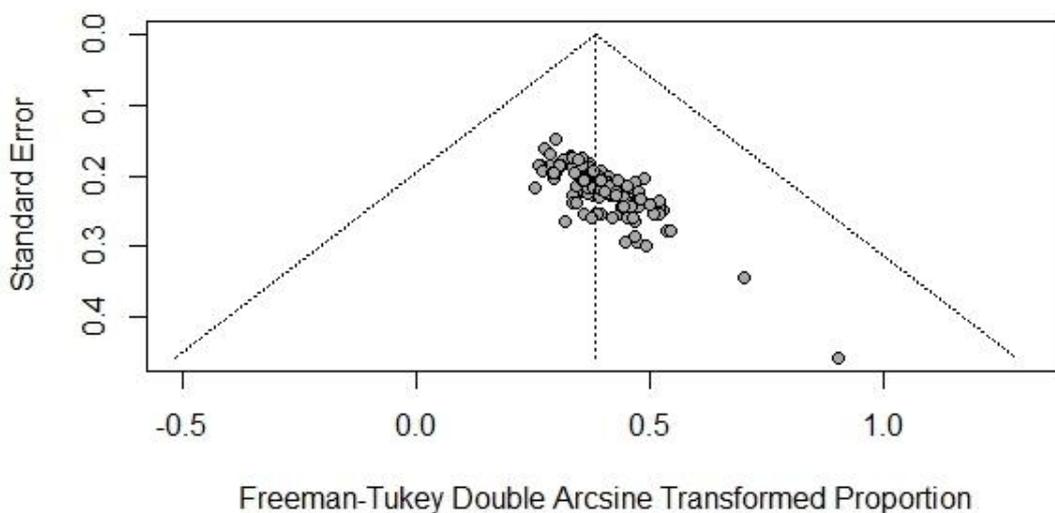


Figura 3. Proporção sexual de peixes adultos pelo log do tamanho amostral. Os pontos na imagem representam os estudos analisados e mostram ausência de viés de publicação por estarem dentro das linhas diagonais.

IV. Discussão

Fizemos uma abordagem meta-analítica usando GLMM para comparar a variação da RSA nos peixes adultos. Nós investigamos a proporção do sexo dos adultos nessas espécies para determinar quanta variação pode ser explicada pelo tamanho amostral, famílias, métodos e ambientes dulcícola ou marinho. Encontramos a RSA sendo afetada pelos métodos de observação por snorkel e marcação-recaptura e pelas famílias Carcharhinidae e Serranidae. Ao contrário do que esperávamos, o tamanho amostral não apresentou influência sobre a RSA.

O tamanho amostral dos estudos não influenciou na RSA estimada. Esperávamos que o tamanho amostral tivesse efeitos significativos sobre a variação da RSA, especialmente que os estudos com baixo tamanho amostral apresentassem maiores variações. Os estudos apresentaram uma margem muito grande nos tamanhos amostrais, tivemos estudos com 2 indivíduos adultos, enquanto outros usaram até milhares de peixes adultos. Diversos fatores podem influenciar na quantidade de peixes capturados, como as realidades do trabalho de campo, regulamentos de pesca, movimento espacial de peixes em relação ao programa de amostragem (PETERSON; BANISH; THUROW, 2005) e seletividade da pescaria (LEWIN; ARLINGHAUS; MEHNER, 2006), portanto é comum observarmos tamanha variação no tamanho da amostra entre os estudos. O tamanho amostral se mostrou importante em muitos trabalhos. Coggins, Gwinn e Allen (2013), por exemplo, observaram, em modelagem, que as contribuições de captura das idades mais antigas foram enviesadas positivamente com tamanhos de amostra pequenos e que tamanhos totais de amostras de 500 a 1.000 e 10 peixes envelhecidos por compartimento de comprimento forneceram desempenho quase ideal em exatidão e precisão. Nessler et al. (2022) examinaram amplamente o impacto do número de classes de idade e tamanho amostral na interpretação do diagnóstico de erro de envelhecimento em comparação de idades pareadas, por simulações, e observaram o tamanho amostral afetando o coeficiente médio de variação usado em estudos de erro de envelhecimento de peixes, com tamanhos amostrais de 25, 100 e 250. E uma importante meta-análise realizada encontrou proporções tendenciosas de adultos podendo ser falsas devido ao pequeno tamanho da amostra (WEHI *et al.*, 2011). Entretanto, nossos resultados mostram que os tamanhos amostrais usados nos estudos de RSA parecem ser representativos e suficientes para os efeitos estimados. Cada trabalho possui seus objetivos e seu desenho amostral e nossos resultados indicam que os tamanhos amostrais usados suprem as necessidades de cada estudo. Mas é possível que, por acaso, nossos estudos com tamanhos amostrais menores não tenham diferido consideravelmente da RSA estimada com amostras maiores, já que não consideramos que a

amostra seja irrelevante para a determinação precisa da razão sexual. Ainda assim, é essencial estabelecer uma faixa de tamanho amostral padronizada nos estudos de RSA para possibilitar análises e comparações mais precisas e reduzir cada vez mais os possíveis vieses na razão sexual.

Não houve diferenças significativas entre os estudos realizados em ambientes dulcícolas e ambientes marinhos. Esperávamos que a RSA fosse alterada pelo ambiente. Houde (1994) mostrou que peixes marinhos morrem mais que os dulcícolas na fase larval, porque as larvas de peixes marinhos, em média, são menores ao eclodir, sofrem taxas de mortalidade mais altas, têm taxas de respiração específicas de peso mais altas do que as larvas dulcícolas. Se o que foi proposto (HOUDE, 1994) de fato ocorre, essa mortalidade larval não ocorre de forma diferencial entre os sexos, atingindo tanto machos quanto fêmeas. Assim, obtemos na fase adulta uma razão sexual inalterada pelo ambiente.

Esperávamos observar as metodologias de pesquisa influenciando a RSA. A grande maioria dos estudos capturaram os peixes para realizarem as pesquisas, mas a forma como os peixes foram capturados variaram bastante entre si. Foi observado por Wehi et al. (2011) que as razões sexuais tendenciosas de adultos podem ser falsas devido ao viés de amostragem. Dentre os métodos usadas, a sexagem visual por mergulho livre apresentou efeitos significativos na RSA. Orell e Erkinaro (2007) identificaram a precisão da contagem por snorkeling, incluindo número de machos e fêmeas, e observaram que em rios médios a precisão é menor em relação a rios pequenos. Portanto, dependendo do local de amostragem, a sexagem por snorkeling tem precisão de contagem reduzida, podendo enviesar as amostras e afetar as estimativas da RSA. Peterson, Banish e Thurow (2005) avaliaram os movimentos de curto prazo de *Salvelinus confluentus* e de *Oncorhynchus mykiss* e observaram que o movimento dos peixes para fora dos locais de amostragem durante a amostragem pode influenciar negativamente os dados da amostra, nesses casos as observações são enviesadas e não representam a população. Avaliações visuais podem ter alto grau de imprecisão, especialmente num ambiente dinâmico e ocasionalmente turvo como o meio aquático. Concordamos que métodos por observação e que não envolvam a dissecação dos indivíduos são mais práticos, econômicos e melhores para a conservação das espécies, entretanto métodos mais diretos de sexagem apresentam maior precisão. Por isso, ainda assim, recomendamos métodos mais diretos de sexagem, envolvendo captura e dissecação dos organismos sempre que o status de conservação da espécie permitir e que a sutileza dos caracteres sexuais secundários exigir.

Os métodos de captura não influenciaram a variação da RSA, o que é o oposto do esperado, pois as capturas de peixes podem ser enviesadas por outros fatores ligados à biologia dos peixes, como a captura preferencial de um dos sexos (HALVORSEN *et al.*, 2017) e a presença de dimorfismo sexual (KENDALL; QUINN, 2013). No entanto, a marcação e recaptura apresentou efeitos significativos na variação da RSA. Os estudos usaram diferentes métodos de marcação nos peixes, cada marcação possui suas taxas de eficiência, algumas mais do que outras, e provavelmente por isso nossos resultados foram significativos. Sabidamente, peixes são um grupo difícil de marcar de forma eficiente e duradoura (SABINO, 1999; JUNGWIRTH *et al.*, 2019). A abordagem de marcação e recaptura possui dificuldades em recapturar peixes individuais e exige uma ampla amostragem para fornecer recapturas suficientes (HAMEL *et al.*, 2014), podendo inclusive apresentar amostragens não representativas das populações estudadas e conseqüentemente enviesar as estimativas de RSA. É importante estabelecer metodologias de coleta de dados que são mais confiáveis para serem usadas nos estudos de RSA, mais representativas e com menos interferências nas amostragens, bem como estabelecer técnicas de sexagem mais precisas visando reduzir possíveis vieses nas estimativas de RSA.

O GLMM mostrou que a variável família apresentou efeitos significativos na variação da razão sexual, observado em Carcharhinidae e Serranidae. A presença de hermafroditismo é uma causa potencial para a variação da RSA observada em Serranidae. Observamos *Mycteroperca microlepis* como uma das espécies representantes dos serranídeos, na qual já foi observada a presença de hermafroditismo sequencial (COLLINS *et al.*, 1987). Young e Martin (1985) avaliaram 13 espécies de nemipterídeos e observaram que os desvios significativos na proporção sexual resultaram do hermafroditismo protogínico. Portanto, consideramos o hermafroditismo como principal contribuinte para esses resultados significativos. Em relação à família Carcharhinidae, nós observamos *Carcharhinus melanopterus* com razão sexual nos adultos altamente favorecida para as fêmeas. Na literatura podemos observar espécies de carcharhinídeos com diferentes razões sexuais, *Carcharhinus falciformes* por exemplo apresentou razão sexual com predominância de fêmeas (HOYOS-PADILLA; CEBALLOS-VÁZQUEZ; GALVÁN-MAGAÑA, 2012), enquanto que *Prionace glauca* apresentou razão sexual com predominância dos machos (VÖGLER *et al.*, 2012). A família Carcharhinidae apresentou efeitos significativos provavelmente pela baixa capacidade reprodutiva e taxas de crescimento lentas na família, (CHIN *et al.*, 2013), pois foi demonstrado recentemente que a razão sexual pode ser muito afetada pela existência de peixes de crescimento mais lento dentro da população (TABATA, 1995). Já a ANOVA nos mostrou as variações existentes entre as

famílias mais comuns, especialmente em Serranidae, Lotidae, Poeciliidae e Sparidae. A família Serranidae apresenta hermafroditismo (SMITH, 1965), assim como Sparidae (BUXTON, 1989), portanto o hermafroditismo aumentou a variação da RSA entre as famílias e aparenta ser a principal causa das variações observadas. Sabe-se que Família é uma unidade taxonômica alta e que pode existir alguma diversidade dentro de cada Família, mas esta abordagem permitiu observar alguns padrões interessantes.

Retiramos o hermafroditismo das análises de variância para avaliar se existiriam diferenças entre os resultados e observamos uma redução na variação da RSA entre as famílias, estando presente apenas em Poeciliidae e Lotidae. Na família Poeciliidae é comum observarmos alta mortalidade masculina pela intensa competição entre os machos por acesso a parceiras. Os machos podem inclusive se tornar sexualmente ativos antes da maturação, por conta da intensa competição intrasexual, quando atingem um tamanho que permite acessar a fêmea (BISAZZA *et al.*, 1996). Os machos grandes têm vantagem nas competições macho-macho e atratividade para as fêmeas (SMITH, 2014). A competição intensa aumenta a mortalidade dos machos e influencia a razão sexual da população, explicando as variações significativas na proporção sexual presente nos estudos analisados. Também é possível que a presença de fecundação interna, característica presente nos poeciliídeos (MAGURRANE, 2005) tenha influência nessas variações. O desenvolvimento da fecundação interna abriu a possibilidade de modificações na anatomia e no sistema reprodutivo nos peixes (THIBAUT; SCHULTZ, 1978). A fecundação pode estar relacionada ao cuidado parental exercido pelos peixes. Foi observado por Gross e Shine (1981) que o cuidado parental fornecido na fertilização interna é oferecido, em sua grande maioria, pelas fêmeas. O cuidado parental prevê mortalidade mais alta para o sexo que cuida (LIKER; SZÉKELY, 2005), portanto, nesse cenário, as fêmeas são mais afetadas por esse maior investimento na reprodução. A fertilização interna também deve promover a competição entre os machos para acasalar (MANK; PROMISLOW; AVISE, 2005). O cuidado parental exercido pelas fêmeas e a competição entre os machos por acesso a parceiras estão ligados a um aumento na mortalidade, que por sua vez está diretamente relacionada à razão sexual da população. Enquanto na fecundação interna há o predomínio do cuidado materno (GILBERT; MANICA, 2015), na fecundação externa temos o predomínio do cuidado paterno, principalmente nos peixes e anfíbios (GROSS; SHINE, 1981). Nos peixes, podemos observar a guarda de prole como exemplo de cuidado paterno associado à fecundação externa, presente por exemplo em *Hypsypops rubicundus* (CLARKE *et al.*, 1970) e em *Chromis dispilus* (RUSSEL, 1971). Além da fecundação externa aumentar o potencial para o cuidado paterno (BENUN; WILSON, 2019),

Blumer (1979) relatou que peixes machos com fecundação externa tem mais garantia de parentesco com a prole. Nesse cenário, os machos estão mais vulneráveis e mais suscetíveis à alta mortalidade por conta desse maior investimento nos cuidados com a prole e isso impacta diretamente na razão sexual das populações. Já em relação a Lotidae, os dados dessa família vieram de um único estudo, com a espécie *Lota lota*, que inclusive não apresentou variação na RSA, impossibilitando melhores comparações.

Ao estudar RSA é importante considerar se as formas de coleta estão adequadas, evitar capturas tendenciosas para determinado sexo, seja por tamanho, altura, comportamento ou qualquer outro fator específico do sexo, e utilizar metodologias de sexagem confiáveis na identificação do sexo, preferencialmente embasadas microscopicamente (DIAS *et al.*, 1998). Observamos também inúmeras formas de expressar a RSA, sem nenhuma padronização entre os estudos, como porcentagem de machos ou de fêmeas, proporção de machos ou de fêmeas, quantidade de machos e fêmeas. É necessário uniformizar essas informações para possibilitar comparações e possivelmente evitar vieses na RSA, e para isso sugerimos que a RSA seja expressa como sendo a proporção de machos adultos na população, o número de machos adultos / (número de machos adultos + número de fêmeas adultas) (SZÉKELY *et al.*, 2014). Além disso, os estudos precisam reportar os critérios que confirmam os peixes como indivíduos adultos, como idade e comprimento de primeira maturação gonadal. Tivemos dificuldades em encontrar diversas informações importantes nos artigos, como dados do tamanho amostral e o valor da RSA em si. Muitos artigos traziam RSA e a RS e não informavam quantos indivíduos foram usados para cada estimativa, especialmente quantos eram fêmeas e quantos eram machos adultos. Outros apresentavam apenas gráficos sem nenhum valor específico, ou se referiam apenas como sendo enviesada (ou não) para fêmeas/machos através de teste estatístico como o qui-quadrado. E ainda, alguns trabalhos não mencionam como a RSA foi expressa. Essas questões dificultam as comparações necessárias para se entender a variação da RSA e consequentemente influenciam na compreensão da dinâmica populacional e das mudanças na história de vida dos peixes, além da conservação das espécies. Por isso, é relevante uniformizar as metodologias usadas para estudar a RSA, além de definir possíveis regulamentações nos estudos, que podem incluir medidas técnicas, visando aumentar a confiabilidade dos resultados.

Para realizar uma meta-análise ainda melhor gostaríamos de ter acesso às informações de história de vida das espécies, como cuidado parental, mortalidade e sistema de determinação genética, mas infelizmente ainda são informações escassas na literatura e a maioria das espécies analisadas não possuem informações para todas essas características. Além disso, o presente

estudo possui algumas limitações, por exemplo usamos apenas uma base de dados, a *Web of Science*. Ao passo que isso padroniza os mecanismos de busca e reduz o trabalho com referências duplicadas, é possível que alguns estudos mais difíceis de encontrar tenham ficado de fora das nossas análises, e sem isso provavelmente teríamos uma meta-análise mais completa. Outra limitação importante a ser mencionada é que não avaliamos a possibilidade de haver agregações reprodutivas influenciando as razões sexuais estimadas. Ao longo do ano as proporções sexuais das populações podem variar, especialmente em estações reprodutivas, possibilitando que algumas proporções sexuais estimadas reflitam apenas o período em que foram realizadas as coletas e não as proporções sexuais anuais daquela população. Algo interessante a ser considerado e inserido em estudos futuros.

Em suma, avaliamos se famílias, tamanho amostral e metodologias de estudos causariam efeitos significativos na razão sexual. Encontramos resultados significativos para apoiar as famílias e as metodologias de estudo como variáveis influentes na variação da razão sexual dos peixes adultos. Nossa meta-análise é importantíssima para avaliar protocolos metodológicos no estudo da RSA, pois se trata de um conceito central na demografia populacional, além de ter implicações na viabilidade populacional e na conservação da biodiversidade. Sugerimos que mais estudos sejam realizados para entender as causas da variação da RSA e explorar as implicações da variação da RSA para a reprodução e a dinâmica populacional em peixes. Identificar o padrão sexual dos peixes é fundamental também para o manejo das espécies.

Referências bibliográficas

- ABUCAY, Jose S. *et al.* Environmental sex determination: The effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, [s. l.], v. 173, n. 1–4, p. 219–234, 1999.
- ALHO, Jussi S.; MATSUBA, Chikako; MERILÄ, Juha. Sex reversal and primary sex ratios in the common frog (*Rana temporaria*). **Molecular Ecology**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 1763–1773, 2010.
- ARLINGHAUS, Robert *et al.* Passive gear-induced timidity syndrome in wild fish populations and its potential ecological and managerial implications. **Fish and Fisheries**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 360–373, 2017.
- AVISE, J. C.; MANK, J. E. Evolutionary perspectives on hermaphroditism in fishes. **Sexual Development**, [s. l.], v. 3, n. 2–3, p. 152–163, 2009.
- BAROILLER, J. F.; D’COTTA, H.; SAILLANT, E. Environmental effects on fish sex determination and differentiation. **Sexual Development**, [s. l.], v. 3, n. 2–3, p. 118–135, 2009.
- BENUN, Sutton Frieda; WILSON, Anthony B. Where are all the moms? External fertilization predicts the rise of male parental care in bony fishes. **Evolution**, [s. l.], v. 73, n. 12, p. 2451–2460, 2019.
- BESSA-GOMES, Carmen; LEGENDRE, Stéphane; CLOBERT, Jean. Allee effects, mating systems and the extinction risk in populations with two sexes. **Ecology Letters**, [s. l.], v. 7, n. 9, p. 802–812, 2004.
- BESSA, Eduardo; DIAS, June Ferraz; DE SOUZA, Ana Maria. Rare Data on a Rocky Shore Fish Reproductive Biology: Sex Ratio, Length of First Maturation and Spawning Period of *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758) With Notes on *Stegastes Variabilis* Spawning Period (Perciformes: Pomacentridae) in São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, [s. l.], v. 55, n. 3, p. 199–206, 2007.
- BIRO, Peter A.; SAMPSON, Portia. Fishing directly selects on growth rate via behaviour: Implications of growthselection that is independent of size. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 282, n. 1802, p. 726–737, 2015.
- BISAZZA, A. *et al.* Sexual behaviour of immature male eastern mosquitofish: A way to measure intensity of intra-sexual selection?. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 48, p. 726–737, 1996.
- BLUMER, Lawrence S. Male Parental Care in the Bony Fishes. **The Quarterly Review of Biology**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 149–161, 1979.
- BRUSLÉ-SICARD, S.; FOURCAULT, B. Recognition of sex-inverting protandric *Sparus aurata*: Ultrastructural aspects. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 50, n. 5, p. 1094–1103, 1997.
- BUXTON, C D. Protogynous hermaphroditism in *Chrysoblephus laticeps* (Cuvier) and *C. cristiceps* (Teleostei: Sparidae). **South African Journal of Zoology**, [s. l.], v. 24, n. 9, p. 212–216, 1989.
- CHAKRAVORTY, Sharmistha; LAL, B.; SINGH, T. P. Effect of endosulfan (thiodan) on vitellogenesis and its modulation by different hormones in the vitellogenic catfish *Clarias batrachus*. **Toxicology**, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 191–198, 1992.

CHIN, Andrew *et al.* Validated age, growth and reproductive biology of *Carcharhinus melanopterus*, a widely distributed and exploited reef shark. **Marine and Freshwater Research**, [s. l.], v. 64, n. 10, p. 965–975, 2013.

CLARKE, Thomas A *et al.* Territorial Behavior and Population Dynamics of a Pomacentrid Fish, the Garibaldi, *Hypsypops rubicunda* Published by : Ecological Society of America All use subject to JSTOR Terms and Conditions TERRITORIAL BEHAVIOR AND POPULATION DYNAMICS OF A POMACENTR. **Ecological Society of America**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 189–212, 1970.

CLUTTON-BROCK, T. H.; ALBON, S. D.; GUINNESS, F. E. **Fitness costs of gestation and lactation in wild mammals**. [S. l.: s. n.], 1989.

COE, W. R. Sexual Differentiation in Mollusks. I. Pelecypods. **The Quarterly Review of Biology**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 154–164, 1943.

COGGINS, Lewis G.; GWINN, Daniel C.; ALLEN, Micheal S. Evaluation of age-length key sample sizes required to estimate fish total mortality and growth. **Transactions of the American Fisheries Society**, [s. l.], v. 142, n. 3, p. 832–840, 2013.

COLLINS, Mark R *et al.* Contribution to the life history and reproductive biology of gag, *Mycteroperca microlepis* (Serranidae) in the South Atlantic Bight. **Fishery Bulletin**, [s. l.], 1987.

CRAIG, J. M. *et al.* Sex assignment of lake sturgeon (*Acipenser fluvescens*) based on plasma sex hormone and vitellogenin levels. **Journal of Applied Ichthyology**, [s. l.], v. 25, n. SUPPL. 2, p. 60–67, 2009.

DE MARTINI, Edward E.; EVERSON, Alan R.; NICHOLS, Ryan S. Estimates of body sizes at maturation and at sex change, and the spawning seasonality and sex ratio of the endemic Hawaiian grouper (*Hyporthodus quernus*, F. Epinephelidae). **Fishery Bulletin**, [s. l.], v. 109, n. 1, p. 123–134, 2011.

DEVLIN, R. H.; NAGAHAMA, Y. Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. **Aquaculture**, [s. l.], v. 208, n. 3–4, p. 191–364, 2002.

DIAS, June Ferraz *et al.* Análise Macrsocópica dos Ovários de Teleósteos: problemas de classificação e recomendações de procedimentos. **Revista Brasileira de Biologia**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 55–69, 1998.

EBISAWA, Akihiko; KANASHIRO, Kiyooki; KIYAN, Toshihiko. Growth, sex ratio, and maturation rate with age in the blackspot tuskfish *Choerodon schoenleinii* in waters off Okinawa Island, southwestern Japan. **Fisheries Science**, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 577–583, 2010.

GHISELIN, M. T. The evolution of hermaphroditism among animals. **The Quarterly review of biology**, [s. l.], v. 44, n. 2, p. 189–208, 1969.

GILBERT, James D.J.; MANICA, Andrea. The evolution of parental care in insects: A test of current hypotheses. **Evolution**, [s. l.], v. 69, n. 5, p. 1255–1270, 2015.

GROSS, Mart R.; SHINE, Richard. Parental Care and Mode of Fertilization in Ectothermic Vertebrates. **Evolution**, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 775, 1981.

HALVORSEN, Kim Tallaksen *et al.* Sex- and size-selective harvesting of corkwing wrasse (*Symphodus melops*)—a cleaner fish used in salmonid aquaculture. **ICES Journal of Marine**

Science, [s. l.], v. 74, n. 3, p. 660–669, 2017.

HAMEL, Martin J *et al.* Using mark – recapture information to validate and assess age and growth of long-lived fish species. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s. l.], v. 71, n. 4, p. 559–566, 2014.

HOLLELEY, Clare E. *et al.* Sex Reversal in Reptiles: Reproductive Oddity or Powerful Driver of Evolutionary Change?. **Sexual Development**, [s. l.], v. 10, n. 5–6, p. 279–287, 2016.

HOSSAIN, Md Yeamin *et al.* Temporal variations of sex ratio, length-weight relationships and condition factor of *Cabdio morar* (Cyprinidae) in the Jamuna (Brahmaputra River Distributary) River, Northern Bangladesh. **Pakistan Journal of Zoology**, [s. l.], v. 48, n. 4, 2016.

HOUDE, E. D. **Differences between marine and freshwater fish larvae: Implications for recruitment**. [S. l.: s. n.], 1994.

HOYOS-PADILLA; CEBALLOS-VÁZQUEZ; GALVÁN-MAGAÑA. Reproductive Biology of the Silky Shark *Carcharhinus falciformis* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) off the west coast of Baja California Sur, Mexico. **aqua, International Journal of Ichthyology**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 1–15, 2012.

JUNGWIRTH, Arne *et al.* Long-term individual marking of small freshwater fish: the utility of Visual Implant Elastomer tags. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [s. l.], v. 73, p. 1–11, 2019.

KENDALL, Neala W.; QUINN, Thomas P. Size-selective fishing affects sex ratios and the opportunity for sexual selection in Alaskan sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. **Oikos**, [s. l.], v. 122, n. 3, p. 411–420, 2013.

KIME, David E. **Endocrine disruption in fish**. [S. l.]: Springer Science & Business Media, 1998.

KOKKO, Hanna; JENNIONS, Michael D. Parental investment, sexual selection and sex ratios. **Journal of Evolutionary Biology**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 919–948, 2008.

LEONARD, Janet L. Sexual selection: Lessons from hermaphrodite mating systems. **Integrative and Comparative Biology**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 349–367, 2006.

LEWIN, Wolf Christian; ARLINGHAUS, Robert; MEHNER, Thomas. **Documented and potential biological impacts of recreational fishing: Insights for management and conservation**. [S. l.: s. n.], 2006-. ISSN 10641262.v. 14

LIKER, András; FRECKLETON, Robert P.; SZÉKELY, Tamás. The evolution of sex roles in birds is related to adult sex ratio. **Nature Communications**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1587, 2013.

LIKER, András; SZÉKELY, Tamás. Mortality costs of sexual selection and parental care in natural populations of birds. **Evolution**, [s. l.], v. 59, n. 4, p. 890–897, 2005.

LODÉ, Thierry *et al.* Sex-biased predation by polecats influences the mating system of frogs. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 271, n. SUPPL. 6, p. 399–401, 2004.

LOHER, Timothy *et al.* Variance in age-specific sex composition of Pacific halibut catches, and comparison of statistical and genetic methods for reconstructing sex ratios. **Journal of**

Sea Research, [s. l.], v. 107, p. 90–99, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2015.06.004>.

LUCKENBACH, J. Adam *et al.* Gonadal differentiation and effects of temperature on sex determination in southern flounder (*Paralichthys lethostigma*). **Aquaculture**, [s. l.], v. 216, n. 1–4, p. 315–327, 2003.

LUCKENBACH, J. Adam *et al.* Sex determination in flatfishes: Mechanisms and environmental influences. **Seminars in Cell and Developmental Biology**. Academic Press, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 256–263, 2009.

MAGURRANE, Anne E. **Evolutionary ecology: the Trinidadian guppy**. [S. l.]: Oxford University Press on Demand, 2005. *E-book*. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=8uXcIb_E6TMC&oi=fnd&pg=PR9&dq=Evolutionary+ecology:+the+Trinidadian+guppy&ots=eDFa1FdSQp&sig=aNkCSlwANdEBCXtYmKfc-wamCOI#v=onepage&q=internal&f=false.

MANK, Judith E; PROMISLOW, Daniel E L; AVISE, John C. Phylogenetic perspectives on the evolution of parental care in fishes. **Evolution**, [s. l.], v. 59, n. 7, p. 1570–1578, 2005.

MCNAMARA, John M. *et al.* A dynamic game-theoretic model of parental care. **Journal of Theoretical Biology**, [s. l.], v. 205, n. 4, p. 605–623, 2000.

MORGAN, M. Joanne. Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management. **Journal of Northwest Atlantic Fishery Science**, [s. l.], v. 41, 2008.

NAVARRO-MARTÍN, Laia *et al.* DNA methylation of the gonadal aromatase (*cyp19a*) promoter is involved in temperature-dependent sex ratio shifts in the European sea bass. **PLoS Genetics**, [s. l.], v. 7, n. 12, 2011.

NESSLAGE, Geneviève *et al.* Influence of sample size and number of age classes on characterization of ageing error in paired-age comparisons. **Fisheries Research**, [s. l.], v. 249, 2022.

ORELL, Panu; ERKINARO, J. Snorkelling as a method for assessing spawning stock of Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Fisheries Management and Ecology**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 199–208, 2007.

PANDIAN, T. J.; SHEELA, S. G. Hormonal induction of sex reversal in fish. **Aquaculture**, [s. l.], v. 138, n. 1–4, p. 1–22, 1995.

PETERSON, James T.; BANISH, Nolan P.; THUROW, Russell F. Are Block Nets Necessary?: Movement of Stream-Dwelling Salmonids in Response to Three Common Survey Methods. **North American Journal of Fisheries Management**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 732–743, 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Versão 4.2.1. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RAZALI, Nornadiah Mohd; WAH, Yap Bee. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 21–33, 2011.

REINBOTH, R; BRUSLE-SICARDI, S. Histological and ultrastructural studies on the effects

of hCG on sex inversion in the protogynous teleost *Coris julis*. [s. l.], v. 51, n. 4, p. 738–749, 1997.

RUBIN, David A. Effect of ph on Sex Ratio in Cichlids and a Poeciliid (Teleostei) Author (s): David A. Rubin Published by : American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH) Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1444818> . **Copeia**, [s. l.], v. 1985, n. 1, p. 233–235, 1985.

RUSSEL, B. C. Underwater observations on the reproductive activity of the demoiselle *Chromis dispilus* (Pisces : Pomacentridae). **Marine**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 22–29, 1971.

SABINO, José. Comportamento De Peixes Em Riachos. **Oecologia Brasiliensis**, [s. l.], v. 6, n. 1, 1999.

SHAPIRO, D. Y.; RASOTTO, Maria B. Sex differentiation and gonadal development in the diandric, protogynous wrasse, *Thalassoma bifasciatum* (Pisces, Labridae). **Journal of Zoology**, [s. l.], v. 230, n. 2, p. 231–245, 1993.

SHELTON, William L.; RODRIGUEZ-GUERRERO, Daniel; LOPEZ-MACIAS, Jorge. Factors affecting androgen sex reversal of *Tilapia aurea*. **Aquaculture**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 59–65, 1981.

SILVA, RENATA OLIVEIRA DA. **DESCRIÇÃO DAS DIFERENÇAS ANATÔMICAS, EXTERNAS E INTERNAS, OBSERVADAS ENTRE MACHOS E FÊMEAS DA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*)**. [S. l.: s. n.], 2019.

SLEMBROUCK, Jacques *et al.* Gender identification in farmed giant gourami (*Osphronemus goramy*): A methodology for better broodstock management. **Aquaculture**, [s. l.], v. 498, p. 388–395, 2019.

SMITH, Chad C. Polyandry and paternity in a wild population of the swordtail *Xiphophorus nigrensis*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [s. l.], v. 68, n. 3, p. 415–424, 2014.

SMITH, B Y C Lavett. The Patterns of Sexuality and the Classification of Serranid Fishes. **American Museum Novitates**, [s. l.], 1965.

SZÉKELY, Tamás *et al.* Sex-biased survival predicts adult sex ratio variation in wild birds. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 281, n. 1788, 2014.

SZÉKELY, T.; WEISSING, F. J.; KOMDEUR, J. Adult sex ratio variation: Implications for breeding system evolution. **Journal of Evolutionary Biology**, [s. l.], v. 27, n. 8, p. 1500–1512, 2014.

TABATA, Kazuo. Reduction of Female Proportion in Lower Growing Fish Separated from Normal and Feminized Seedlings of *Hirame Paralichthys olivaceus*. **Fisheries science**, [s. l.], v. 61, n. 2, p. 199–201, 1995.

THIBAULT, ROGER E.; SCHULTZ, R. JACK. REPRODUCTIVE ADAPTATIONS AMONG VIVIPAROUS FISHES (CYPRINODONTIFORMES: POECILIIDAE). **Evolution**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 320–333, 1978.

ULLER, Tobias; HELANTERÄ, Heikki. FROM THE ORIGIN OF SEX-DETERMINING FACTORS TO THE EVOLUTION OF SEX-DETERMINING SYSTEMS. **The Quarterly review of biology**, [s. l.], v. 86, n. 3, p. 163–180, 2011.

VÖGLER, Rodolfo *et al.* Ecological patterns, distribution and population structure of

- Prionace glauca (Chondrichthyes: Carcharhinidae) in the tropical-subtropical transition zone of the north-eastern Pacific. **Marine Environmental Research**, [s. l.], v. 73, p. 37–52, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2011.10.009>.
- VOLFF, J. N.; SCHARTL, M. Variability of genetic sex determination in poeciliid fishes. **Genetica**, [s. l.], v. 111, n. 1, p. 101–110, 2001.
- WAI, Evelyn Hui; HOAR, William S. The Secondary Sex Characters and Reproductive Behavior of Gonadectomized Sticklebacks Treated With Methyl Testosterone. **Canadian Journal of Zoology**, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 611–628, 1963.
- WAKIYA, Ryoshiro; ITAKURA, Hikaru; KAIFU, Kenzo. Age, growth, and sex ratios of the giant mottled eel, *Anguilla marmorata*, in freshwater habitats near its northern geographic limit: a comparison to tropical regions. **Zoological Studies**, [s. l.], v. 58, 2019.
- WEHI, P. M. *et al.* Does predation result in adult sex ratio skew in a sexually dimorphic insect genus?. **Journal of Evolutionary Biology**, [s. l.], v. 24, n. 11, p. 2321–2328, 2011.
- WOOTTON, ROBERT J; SMITH, CARL. **Reproductive biology of teleost fishes**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2014. *E-book*. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=RTCtCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=wootton+AND+fish&ots=KSRvXupxs1&sig=oySqI36cGntGR2WIBBx0_ycEBXA&redir_esc=y#v=onepage&q=wootton AND fish&f=false.
- XU, Guang Hui; ZHAO, Li Jun. A Middle Triassic stem-neopterygian fish from China shows remarkable secondary sexual characteristics. **Science Bulletin**, [s. l.], v. 61, n. 4, p. 338–344, 2016.
- YOUNG, P. C.; MARTIN, R. B. Sex ratios and hermaphroditism in nemipterid fish from northern Australia. **Journal of Fish Biology**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 273–287, 1985.
- ZAHL, PAUL A.; DAVIS, D. Dwight. EFFECTS OF GONADECTOMY ON THE SECONDARY SEXUAL CHARACTERS IN THE GANOID FISH, *AMIA CALVA LINNAEUS*. **Journal of Experimental Zoology**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. 291–307, 1932.
- ZAMORA-GARCIA, Oscar G. *et al.* Catch rate, length, and sex ratio of Pacific hake (*Merluccius productus*) in the northern Gulf of California. **Fishery Bulletin**, [s. l.], v. 118, n. 4, p. 365–380, 2020.
- ZEIN, Hossam *et al.* How to Extract Data from Graphs using Plot Digitizer or Getdata Graph Digitizer. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://java.com/en/download/>.

Material Suplementar

Tabela Suplementar 1. Principais informações coletadas nos trabalhos analisados. Na última coluna inserimos a forma como as capturas foram feitas, sempre que a informação foi disponibilizada pelos artigos.

Referência	Espécies	Ambiente	RSA	Métodos	Se captura
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,4244	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,2441	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,343	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,407	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,4302	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,6802	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,6046	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,2616	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,4651	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,1686	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Pettersson et al 2000	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,436	captura	redes de mergulho e redes de cerco
Jennions & Kelly, 2002	<i>Brachyrhaphis episcopi</i>	dulcícola	0,297619	captura	puçá
Jennions & Kelly, 2002	<i>Brachyrhaphis episcopi</i>	dulcícola	0,331126	captura	puçá
Brown et al 2005	<i>Cyprinus carpio</i>	dulcícola	0,61	captura	armadilha
Jaroensutasinee e Jaroensutasinee, 2001	<i>Betta splendens</i>	dulcícola	0,48	captura	
Moreau e Vincent, 2004	<i>Hippocampus breviceps</i>	marinho	0,476	censu	

Moreau e Vincent, 2004	<i>Hippocampus breviceps</i>	marinho	0,471	censu	
Mann e Buxton, 1998	<i>Diplodus sargus capensis</i>	marinho	0,336	captura	caça submarina e pesca de linha
Mann e Buxton, 1998	<i>Diplodus cervinus hettentotus</i>	marinho	0,552	captura	caça submarina e pesca de linha
Reichard et al 2014	<i>Nothobranchius furzeri</i>	dulcícola	0,32	captura	puçá
Reichard et al 2014	<i>Nothobranchius kadleci</i>	dulcícola	0,49	captura	puçá
Reichard et al 2014	<i>Nothobranchius orthonotus</i>	dulcícola	0,38	captura	puçá
Reichard et al 2014	<i>Nothobranchius rachovii</i>	dulcícola	0,33	captura	puçá
Arendt et al 2014	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,31	marcação-recaptura	
Arendt et al 2014	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,3	marcação-recaptura	
Arendt et al 2014	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,32	marcação-recaptura	
Arendt et al 2014	<i>Poecilia reticulata</i>	dulcícola	0,36	marcação-recaptura	
Chin et al 2013	<i>Carcharhinus melanotus</i>	marinho	0,137255	marcação-recaptura	
Bunnell et al 2006	<i>Coregonus hoyi</i>	dulcícola	0,15	captura	rede de arrasto de fundo
Bunnell et al 2006	<i>Coregonus hoyi</i>	dulcícola	0,53	captura	rede de arrasto de fundo
Bunnell et al 2006	<i>Coregonus hoyi</i>	dulcícola	0,2	captura	rede de arrasto de fundo
Heinen et al 2013	<i>Gambusia hubbsi</i>	dulcícola	0,222717	censu	
Heinen et al 2013	<i>Gambusia hubbsi</i>	dulcícola	0,208333	censu	
Heinen et al 2013	<i>Gambusia hubbsi</i>	dulcícola	0,338983	censu	
Heinen et al 2013	<i>Gambusia hubbsi</i>	dulcícola	0,137363	censu	
Weyl e Booth, 1999	<i>Labeo cylindricus</i>	dulcícola	0,38	captura	rede de emalhar e rede de cerco
Cole, 2002	<i>Dascyllus aruanus</i>	marinho	0,5	captura	
Chen et al 2010	<i>Thunnus alalunga</i>	marinho	0,952	captura	pesca de linha
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,637681	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,467213	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,319728	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,246377	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,333333	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Rutilus rutilus</i>	dulcícola	0,148936	captura	rede de emalhar

Jamet e Desmolles, 1994	<i>Perca fluviatilis</i>	dulcícola	0,676471	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Perca fluviatilis</i>	dulcícola	0,380952	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Perca fluviatilis</i>	dulcícola	0,272727	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Perca fluviatilis</i>	dulcícola	0,6	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	dulcícola	0,414634	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	dulcícola	0,27381	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	dulcícola	0,045455	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	dulcícola	0,3	captura	rede de emalhar
Jamet e Desmolles, 1994	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	dulcícola	0,5	captura	rede de emalhar
Kokita e Nakazono, 1998	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	marinho	0,328125	marcação-recaptura	
Watanabe et al 2001	<i>Paralichthys lethostigma</i>	marinho	0,285714	captura	rede comercial por pescadores
Heppell e Sullivan, 2000	<i>Mycteroperca microlepis</i>	marinho	0,0312	captura	pescaria de linha
Van der Walt e Mann, 1998	<i>Sarpa salpa</i>	marinho	0,615054	captura	amostragem de capturas de pescadores em terra
Acolas et al 2006	<i>Alosa alosa</i>	marinho	0,479983	captura	armadilha
Goto, 1998	<i>Cottus nozawae</i>	dulcícola	0,37	marcação-recaptura	
Goto, 1998	<i>Cottus nozawae</i>	dulcícola	0,6	marcação-recaptura	
Goto, 1998	<i>Cottus nozawae</i>	dulcícola	0,34	marcação-recaptura	
DeMartini et al 2011	<i>Hyporthodus quernus</i>	marinho	0,142857	captura	pescaria de linha
Rowe et al 2002	<i>Galaxias brevipinnis</i>	marinho	0,68	captura	armadilha
Rowe et al 2002	<i>Galaxias brevipinnis</i>	marinho	0,21	captura	armadilha
McBride et al 2010	<i>Alosa aestivalis</i>	dulcícola	0,5	captura	eletropesca
Copeland et al 2017	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	dulcícola	0,308	marcação-recaptura	
Copeland et al 2017	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	dulcícola	0,392	marcação-recaptura	
Guo et al 2013	<i>Rhinogobius cliffordpopei</i>	dulcícola	0,381679	captura	
Guo et al 2013	<i>Rhinogobius giurinus</i>	dulcícola	0,505051	captura	
Oliveira et al 2011	<i>Anableps anableps</i>	dulcícola	0,287861	captura	rede de emalhar
Schalk et al 2014	<i>Austrolebias vanderbergi</i>	dulcícola	0,552632	captura	rede de cerco
Schalk et al 2014	<i>Neofundulus ornatipinnis</i>	dulcícola	0,645714	captura	rede de cerco
Gavasa et al 2012	<i>Brachyhypopomus gauderio</i>	dulcícola	0,2	captura	
Gavasa et al 2012	<i>Brachyhypopomus gauderio</i>	dulcícola	0,212766	captura	
Gavasa et al 2012	<i>Brachyhypopomus gauderio</i>	dulcícola	0,625	captura	

Gavasa et al 2012	<i>Brachyhyppopomus gauderio</i>	dulcícola	0,588235	captura	
Gavasa et al 2012	<i>Brachyhyppopomus gauderio</i>	dulcícola	0,4	captura	
Jonsson et al 2018	<i>Salmo trutta</i>	dulcícola	0,558974	marcação-recaptura	
Bohlen et al 2008	<i>Cobitis elongatoides</i>	dulcícola	0,50495	captura	puçá
Bohlen et al 2008	<i>Sabanejewia balcanica</i>	dulcícola	0,77193	captura	puçá
Johnson et al 2017	<i>Petromyzon marinus</i>	marinho	0,79	marcação-recaptura	
Johnson et al 2017	<i>Petromyzon marinus</i>	marinho	0,66	marcação-recaptura	
Johnson et al 2017	<i>Petromyzon marinus</i>	marinho	0,59	captura	armadilha
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,211726	marcação-recaptura	
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,496462	marcação-recaptura	
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,151786	marcação-recaptura	
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,14086	marcação-recaptura	
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,122449	marcação-recaptura	
Zuniga-Veja et al 2012	<i>Poeciliopsis baenschi</i>	dulcícola	0,174129	marcação-recaptura	
Booth e Walmsley-Hart, 2000	<i>Cynoglossus zanzibarensis</i>	marinho	0,291545	captura	rede de arrasto de fundo
Booth e Walmsley-Hart, 2000	<i>Cynoglossus zanzibarensis</i>	marinho	0,290698	captura	rede de arrasto de fundo
Huang et al 2020	<i>Gambusia affinis</i>	dulcícola	0,342	captura	eletropesca
Thompson et al 2015	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ambos	0,36	marcação-recaptura	
Thompson et al 2015	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	ambos	0,37	marcação-recaptura	
Santos et al 2007	<i>Anchoa januaria</i>	marinho	0,481481	captura	rede de arrasto de praia
Santos et al 2007	<i>Anchoa januaria</i>	marinho	0,488189	captura	rede de arrasto de praia
Jamet, 1995	<i>Salvelinus alpinus</i>	ambos	0,27248	captura	rede de emalhar
Jamet, 1995	<i>Salvelinus alpinus</i>	ambos	0,359712	captura	rede de emalhar
Jamet, 1995	<i>Salvelinus alpinus</i>	ambos	0,159664	captura	rede de emalhar
Jamet, 1995	<i>Salvelinus alpinus</i>	ambos	0,4	captura	rede de emalhar
de Araujo et al 2016	<i>Leporinus piau</i>	dulcícola	0,356522	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar

Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,507614	captura	rede de emalhar
Stapanian et al 2013	<i>Lota lota</i>	dulcícola	0,628931	captura	rede de emalhar
Watanabe, 1994	<i>Pseudobagrus ichikawa</i>	dulcícola	0,357143	marcação-recaptura	
de Villiers et al 2019	<i>Hippocampus capensis</i>	marinho	0,527352	captura	puçá
Ziadi-Kunzli e Tachihara, 2016	<i>Rhinecanthus aculeatus</i>	marinho	0,328358	observação-fotos	
Winkler et al 2014	<i>Diplodus cervinus hottentotus</i>	marinho	0,458333	captura	caça submarina
Wacker et al 2017	<i>Chrysiptera cyanea</i>	marinho	0,35	observação-snorkeling	
Wacker et al 2017	<i>Chrysiptera cyanea</i>	marinho	0,4	observação-snorkeling	
Solomon-Lane et al 2016	<i>Lythrypnus dalli</i>	marinho	0,191874	observação-snorkeling	
Schloesser e Quinlan, 2019	<i>Acipenser fulvescens</i>	dulcícola	0,615385	captura	
Caussy et al 2019	<i>Polysteganus baissaci</i>	marinho	0,537037	captura	pesca de linha
Fazli et al 2019	<i>Alburnus mossulensis</i>	dulcícola	0,671141	captura	eletropesca
Vaz-Dos-Santos et al 2014	<i>Zenopsis conchifer</i>	marinho	0,5	captura	rede de arrasto de fundo
Naderi et al 2014	<i>Danio rerio</i>	dulcícola	0,537	captura	
Baker et al 2014	<i>Danio rerio</i>	dulcícola	0,71	criados em laboratório	
Chikae et al 2004	<i>Oryzias latipes</i>	dulcícola	0,525	criados em laboratório	
Jin et al 2012	<i>Gobiocypris rarus</i>	dulcícola	0,47	criados em laboratório	
Santos et al 2006	<i>Danio rerio</i>	dulcícola	0,62	criados em laboratório	
Liao et al 2009	<i>Gobiocypris rarus</i>	dulcícola	0,42	criados em laboratório	
Bessa, E; Dias, JF; de Souza, AM	<i>Abudefduf saxatilis</i>	marinho	0,622951	captura	pesca de linha
Teigeler et al 2021	<i>Danio rerio</i>	dulcícola	0,42	criados em laboratório	