



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**USO DA ICTIOFAUNA PARA AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE BIOLÓGICA EM  
ESTUÁRIOS DO BRASIL - REVISÃO DE LITERATURA**

**Apresentado por:**

**FELIPE ARI ARAÚJO BELFORT**

**Orientador: Profa. Dra. CRISTIANE DE PAULA FERREIRA**

---

**BELÉM - PARÁ**

**2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

---

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**USO DA ICTIOFAUNA PARA AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE BIOLÓGICA EM  
ESTUÁRIOS DO BRASIL - REVISÃO DE LITERATURA**

**Apresentado por:**

**FELIPE ARI ARAÚJO BELFORT**

**Orientador: Profa. Dra. CRISTIANE DE PAULA FERREIRA**

---

**BELÉM - PARÁ**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- 
- B425u Belfort, Felipe Ari Araújo.  
Uso da ictiofauna para avaliação da integridade biológica em estuários do Brasil - revisão de literatura / Felipe Ari Araújo Belfort. — 2023.  
ix, 18 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Cristiane de Paula Ferreira Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2023.
1. Estuários. 2. Peixes. 3. Impactos antrópicos. 4. IBI. I. Título.

CDD 551.4607

---



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

**USO DA ICTIOFAUNA PARA AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE BIOLÓGICA EM ESTUÁRIOS DA COSTA BRASILEIRA - REVISÃO DE LITERATURA**

**APRESENTADO POR:**

**FELIPE ARI ARAÚJO BELFORT**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia na área de Oceanografia Biológica**

**Data de aprovação: 11 /07 /2023**

Banca Examinadora:

Prof. Dra. Cristiane de Paula Ferreira - Orientadora (FAOC/IG – UFPA)

Prof. Dra. Solana Meneghel Boschilia (FAOC/IG – UFPA)

Prof. Dra. Sarita Nunes Loureiro (FAOC/IG – UFPA )

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Denise Araújo e Ariolando Belfort, e ao meu padrasto, Luiz Santana, que sempre me deram todo amor e suporte necessários para minha formação pessoal e profissional e apoiaram minhas decisões.

Ao meu avô David Araújo, que foi a pessoa que estimulou a minha curiosidade de estudar os ambientes aquáticos, me pesquisa científica e sempre apoiou meus estudos e meus sonhos.

Agradeço a toda a minha família. Especialmente ao Leonardo Araújo, Maira Belfort, Ayana Belfort, Ana Carolina Gomes, Juliana Belford, Pollyanna Belford, Selma Silva e Adria Oliveira, por todo suporte durante essa caminhada.

A minha orientadora Cristiane Ferreira pelo apoio, incentivo e compreensão diante todas as dificuldades que surgiram durante esses meses de construção do meu TCC, pela paciência com minhas ansiedades e dificuldades.

A todos os professores da Faculdade de Oceanografia pelos incentivos e ensinamentos passados. A minha turma de 2017, pelas histórias vividas, pelo companheirismo durante a graduação e por ter sido uma turma unida que sempre buscou ajudar um ao outro. Aos amigos que a graduação me proporcionou, especialmente Allyson Antunes, Isabella Menezes, João Victor Mescouto, Suzana Souza, Yasmim Trindade, Glenda Taborda, Caroline Tavares e Kethelem Costa que durante todos esses anos foram companheiros e me deram motivação para continuar a jornada acadêmica. A Sofia Furtado e Juan Damasceno pela amizade, suporte e paciência com meus surtos durante essa fase de finalização da graduação.

A todos os amigos que a vida me deu, que estiveram ao meu lado nos momentos bons e ruins. Especialmente aos meus melhores amigos, Matheus Henrique Costa, Carolina Alves, Giovana Alves, Aimée Castelo Branco, Marcelle Lima, Carlos Nylander, Pedro Brandão, Rafael Miyake, Jullyana Vago, Jayssa Leite, Aline Morisson e Vitória Carolina Tavares pelos conselhos, apoio e incentivos durante todos esses anos, sou extremamente grato por ter você na minha vida.

A todos que participaram desse caminho de formação, que me ajudaram de forma direta e indireta durante minha graduação.

Muito Obrigado!

## RESUMO

Os estuários são ecossistemas complexos de interseção entre o continente e o mar, e são utilizados por diversos animais para alimentação, reprodução e abrigo. A proximidade desses ambientes a grandes cidades os expõe a diversas interferências estruturais e ambientais de origem humana. O presente estudo tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre o uso das comunidades de peixes como ferramenta para avaliar a qualidade ambiental de estuários no Brasil e de que forma as atividades humanas afetam a biota aquática. Obteve-se trabalhos das 4 regiões que compõem a costa do Brasil, onde o Estado do Pará apresentou maior número de trabalhos, com um total de 4 estudos, e melhor classe de integridade, com índice de integridade bom. As demais regiões, Nordeste, Sudeste e Sul, apresentaram menores quantidades de estudo e uma baixa classe de integridade, com índices de integridade regular, pobre e muito pobre. A adaptação do índice requer o uso de métricas que melhor represente as características biológicas e ecológicas naturais da região. Dentre as métricas mais utilizadas para avaliar os estuários brasileiros estão fenologia, distribuição das espécies, ecologia trófica e maturação sexual das espécies coletadas. Os impactos ambientais mais recorrentes as regiões estuarinas foram o lançamento de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais), a presença de áreas portuárias, a pesca industrial e a fragmentação da mata ciliar. A revisão mostra que a ictiofauna, como ferramenta metodológica, foi capaz de avaliar a qualidade ambiental dos estuários do Brasil, porém a baixa quantidade de trabalhos acarreta o desconhecimento da atual condição desses ecossistemas na costa do Brasil, o que dificulta a formulação de planos para gestão e preservação desses ambientes.

**Palavras-chaves:** estuários; peixes; impactos antrópicos; IBI.

## ABSTRACT

Estuaries are complex ecosystems at the intersection between the continent and the sea and are inhabited by countless animals for feeding, reproduction, and shelter. The proximity of these environments to large cities exposes them to several structural and environmental interferences of human origin. The present study aims to carry out a bibliographic survey on the use of fish communities to evaluate the environmental quality of estuaries in Brazil and how human activities are affecting the aquatic biota. Studies were obtained from the four regions belong to the Brazilian coast, where the State of Pará presented the greatest number of studies, with a total of four studies, with the best class of integrity, with a good integrity index. The other regions, the Northeast, Southeast and South, had fewer studies and a low class of integrity, with regular, poor, and very poor results. The adaptation of the index requires the use of metrics that best represent the biological and ecological characteristics of the region. The metrics most used to evaluate the Brazilian estuaries were phenology, species distribution, trophic ecology, and sexual maturation of the collected species. The most recurrent environmental impacts in estuarine regions, were the discharge of liquid effluents (domestic and/or industrial), the presence of portuary, industrial fishing, and the fragmentation of the riparian forest. The review shows that the ichthyofauna, as IBI, was able to assess the environmental quality of estuaries in Brazil, but the low number of studies leads to a lack of knowledge about the quality of most estuaries in Brazil, which hinders the formulation of plans for management and preservation of these environments.

**Key-words:** estuaries; fish; anthropic impacts; IBI.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1- Porcentagem de publicações sobre organismos usados como índice de integridade biológica em estuários.....	5
Figura 2- Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI em áreas estuarinas por país.....	6
Figura 3- Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI nas regiões da costa do Brasil.....	7
Figura 4- Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI em estuários por ano no Brasil.....	7
Figura 5- Porcentagem das métricas observadas nos trabalhos da ictiofauna usada como IBI em estuários por ano no Brasil.....	10
Figura 6- Classe de integridade dos trabalhos levantados das 4 regiões da costa do Brasil.....	12
Figura 7- Porcentagem dos impactos ambientais nos estuários do Brasil.....	13

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Conceitos de métricas utilizadas em IBI. Fonte: De acordo com o trabalho de Branco <i>et al.</i> 2008.....	8
Tabela 2- Conceitos das classes de integridade biológicas, utilizando peixes para avaliar a qualidade ambiental de estuários, proposta por (Karr 1981) .....	10

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	vii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	viii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	4
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	5
4.1 MÉTRICAS.....	8
4.2 CLASSE DE INTEGRIDADE.....	10
4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	12
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	14
<b>RÊFERENCIA</b> .....	15
<b>ANEXO A- Tabela de informações extraídas dos trabalhos sobre a ictiofauna como IBI em estuários do Brasil</b> .....	17

## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, onde ocorre a mistura da água dos rios com o mar. Esses ecossistemas apresentam características hidrodinâmicas que promovem deposição de nutrientes oriundos do continente (Odum & Barret 2007), aumentando a produtividade primária, atraindo diversas espécies de peixes, crustáceos e moluscos, além de apresentar estruturas físicas que servem como abrigo e berçários para esses animais (Branco *et al.* 2011).

De acordo com Miranda (2002), cerca de 60% das grandes cidades se desenvolveram em torno de estuários, o que levou ao crescimento de atividades portuárias, industriais, pesqueiras e turísticas. Essas atividades também causaram a degradação desses ambientes, devido à deposição de poluentes sólidos e químicos, gerando efeitos nocivos para os organismos presentes nesses ecossistemas, bem como para a saúde humana, além de representar um obstáculo para as atividades marítimas e pesqueiras.

O desenvolvimento populacional e urbano no entorno das áreas estuarinas, acarretou no interesse no uso de indicadores de degradação dos ecossistemas que integram suas alterações estruturais e funcionais (Breine *et al.* 2010). No ano de 1969, nos Estados Unidos, foi criada a primeira legislação para avaliação de impactos ambientais, *Natural Environmental Policy Act* (NEPA), que culminou na geração da também primeira instituição legal de avaliação de impacto ambiental (Jay *et al.* 2007). Posteriormente, em 1972, foram produzidas leis federais de controle das zonas litorâneas, o qual proporcionou foruns de planejamento aos estados e exigiu que ações federais nessas áreas fossem consistentes com os programas estaduais determinados (Miranda 2002).

Devido a variabilidade de ações antrópicas que impactam os estuários, diversas metodologias foram desenvolvidas para avaliar diferentes impactos ocasionados. Trabalhos científicos como os de Koenig *et al.* (2002) e (Santos *et al.* 2007) apresentam a avaliação dos efeitos das construções de estruturas como barragens e portos nas regiões estuarinas. Durante muito tempo, os indicadores de estresse ambiental foram calculados a partir de variáveis físico-químicas que eram consideradas únicas e eficientes para determinar a integridade de um ambiente aquático (Moreira *et al.* 2002). No entanto, foi constatado que esta ferramenta apresentava uma baixa explicação da magnitude real das alterações (Bozzeti & Schulz 2004). A utilização de parâmetros do hábitat aquático deve ser levada em consideração para a avaliação

de um ecossistema pois está diretamente ligada a estrutura e composição das comunidades biológicas (Gorman & Karr 1978).

As comunidades de peixes são indicadores biológicos que reagem às alterações nas características físico-químicas e estruturais de um ecossistema aquático, o que reflete o presente estado do ambiente em questão. Essas mudanças ambientais geram respostas desses organismos que podem se manifestar em forma de estresse, composição e estruturação das comunidades e mudança de metabolismo (Albinati *et al.* 2007; Becker *et al.* 2009; Reid *et al.* 2008).

O uso de indicadores biológicos, como uma ferramenta para formulação de planos de gestão e monitoramento e para medir o conhecimento do estado de conservação dos ambientes, é promissor, pois incorpora condições que facilitam a detecção dos impactos (Bryce *et al.* 2002, Elliott & Whitfield 2011). Dessa forma, o índice de integridade biológica (IBI) proposta por Karr (1981), é uma metodologia para avaliar o estado de conservação dos riachos, primeiramente utilizada nos Estados Unidos. Esse método utiliza características observadas em comunidades de peixes e no meio ambiente em que vivem, a fim de avaliar a diversidade ecológica e os diferentes níveis de organização biológica presentes. Após essa análise, as condições são comparadas com referências que indicam um ambiente semelhante, com o menor grau possível de influência antrópica em uma determinada região (Hughes 1995). Após a proposição de Karr (1981), inúmeras adaptações já foram feitas para outras comunidades de outros ambientes, em que O'Connor *et al.* (1986) propôs o IBI para ambientes estuarinos.

O presente trabalho visa realizar um levantamento das informações sobre o índice de integridade biológica utilizando a assembleia de peixes, como grupo modelo, para avaliar as condições ecológicas dos estuários e principais impactos às comunidades de peixes na costa do Brasil, apresentando uma síntese geral do conhecimento.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Mapear os estudos a partir do uso de índice de integridade biológica (IBI) para avaliação das condições ecológicas dos estuários e principais impactos às comunidades de peixes na costa do Brasil.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento de estudos e publicações que utilizaram protocolos para Índice de Integridade Biológica com comunidades de peixes em regiões de estuários;
- Identificar as métricas mais utilizadas para avaliar comunidades ícticas em estuários por meio do IBI;
- Mapear o nível de degradação das regiões estuarinas de acordo com as classes de integridade biológica local;
- Relatar quais os impactos ambientais observados nos estuários e sobre a biota após o estudo do IBI nessas áreas.

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em artigos científicos (incluindo notas científicas e artigos de revisões) recuperados em qualquer idioma (português, inglês, espanhol), Literatura cinza (monografias, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's), dissertações e teses), bem como trabalhos publicados em anais de eventos científicos (p.ex., congressos e seminários). tendo como base portais online: Periódicos CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), Scielo (<https://www.scielo.org/>) e na base ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>). Os termos de busca utilizados foram: “estuários”, “estuarinos”, “índice de integridade biológica”, “índice de integridade biótica”, “costa”, “costeiro”, e todas essas associadas aos termos região costa leste da América do Sul, assim como suas versões em inglês. Os documentos foram selecionados a partir das palavras mencionadas no título, resumo e palavras-chave.

A estratégia utilizada foi com base na leitura do título e do resumo que abordassem o tema proposto. Foram considerados os trabalhos que correspondiam a utilização da ictiofauna para avaliação do índice de integridade biológica em estuários no Brasil. A partir da literatura recuperada foi realizado o preenchimento de uma planilha utilizando o software *Microsoft Excel*, tendo em vista catalogar os objetivos dos trabalhos, os formatos de publicação (artigos científicos, Dissertações, Teses de graduação), os principais temas pesquisados, os ambientes mais estudados, a periodicidade com que esses trabalhos vêm sendo publicados e as principais métricas utilizadas para medir a integridade ecológica dos estuários e os principais impactos gerados a esses ecossistemas citados na literatura. A partir dos resultados obtidos foram realizadas análises para avaliar a síntese do conhecimento sobre a ictiofauna para avaliação da integridade biológica em estuários da costa brasileira.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o levantamento bibliográfico concluído, obtivemos um total de 107 publicações para análise, filtragem e seleção das literaturas. Essa separação, primeiramente, foi feita pelo tipo de organismos utilizados para estudos de IBI. Os trabalhos encontrados foram em sua maioria sobre invertebrados bentônicos (n=56), em seguida da ictiofauna (n=41), plantas aquáticas (n=8) e aves (n=1) (Fig. 1).

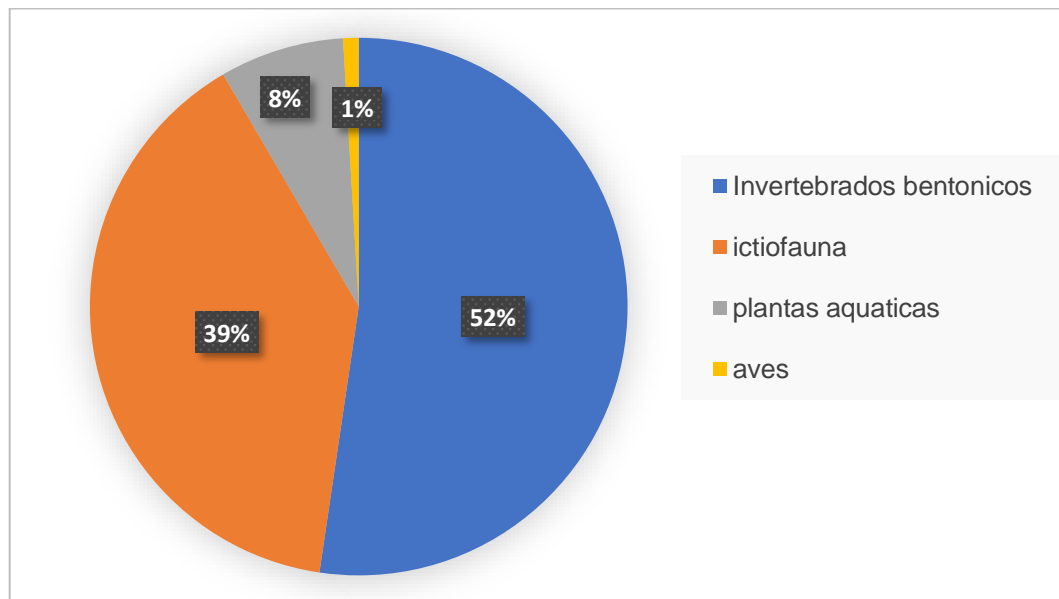


Figura 1- Porcentagem de publicações sobre organismos usados como índice de integridade biológica em estuários.

De acordo com Brind'Amour & Lobry (2009), a comunidade bentônica é bem documentada e são utilizados a mais tempo para medir a qualidade dos estuários. Os estudos desses organismos são vantajosos pois estão relacionados ao seu hábitat e seu hábito alimentar. Como são animais que vivem no fundo dos canais de maré, eles se alimentam dentro, sobre e próximo ao sedimento, onde os poluentes tendem a se acumular e apresentam grande diversidade de espécies que auxilia em obter uma maior variabilidade de respostas diante de diferentes tipos de impactos ambientais (Silveira 2004).

O estudo da ictiofauna possui a vantagem em relação aos organismos bentônicos pois eles apresentam espécies de vários níveis tróficos dentro da teia alimentar (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, piscívoros) e obtêm seus alimentos tanto de origem aquática como terrestre. São animais que possuem uma maior facilidade na sua coleta e identificação, e são mais presentes no consumo humano, o que os torna valiosos para avaliar os

riscos ecológicos e a saúde pública, além de apresentarem uma rápida recuperação a distúrbios naturais (Viana 2011).

O Brasil apresentou maior números de adaptações do IBI para avaliar a ictiofauna em áreas estuarinas, totalizando 11 estudos, seguido de Portugal com quatro estudos, Estados Unidos, Bélgica, Austrália e França cada um com três estudos, Coreia do Sul, África do Sul, Irlanda e China cada um com dois trabalhos, Londres, Itália, Índia, Grécia e Espanha cada um com um trabalho (Fig. 2).

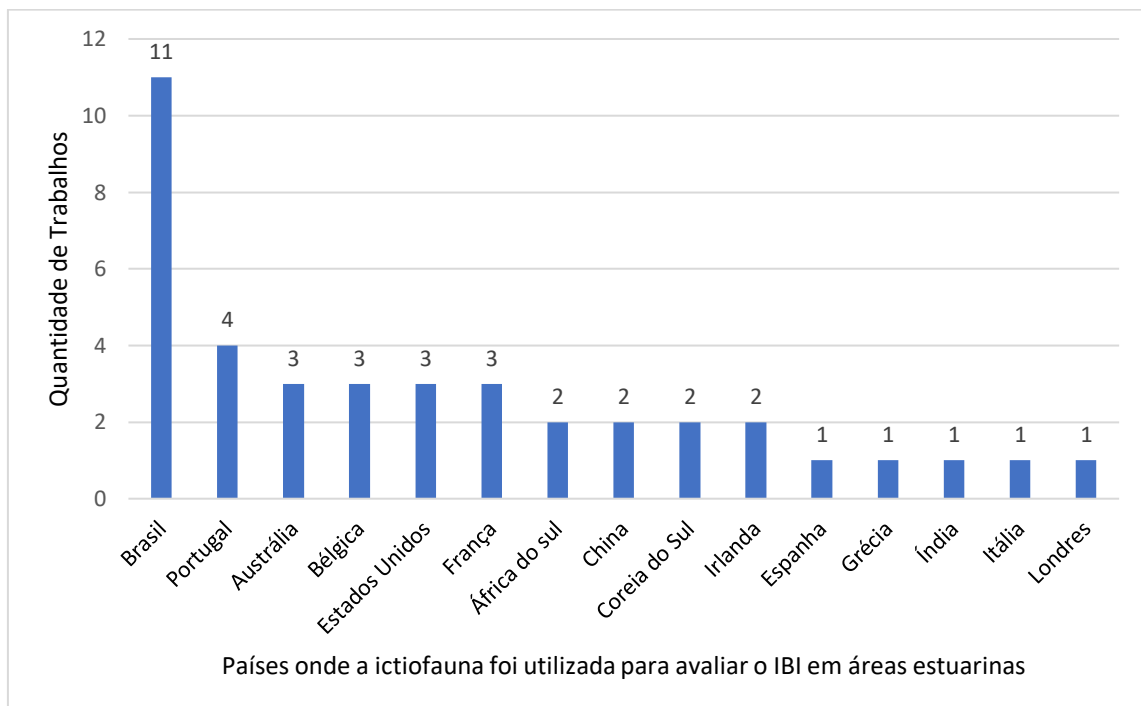


Figura 2- Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI em áreas estuarinas por país.

Após a identificação dos trabalhos sobre a ictiofauna para a avaliação do IBI, foram selecionados os que apresentavam dados nas áreas estuarinas da costa do Brasil. Dos 41 trabalhos encontrados, apenas nove apresentaram estudos sobre a qualidade ambiental dos estuários brasileiros e dois estudos com levantamentos bibliográficos. Pode-se obter dados de diferentes estuários presentes nas quatro regiões que compõem a costa do Brasil. Na região norte foram encontrados quatro estudos; nordeste com três estudos; sudeste e sul com um estudo (Fig. 3).

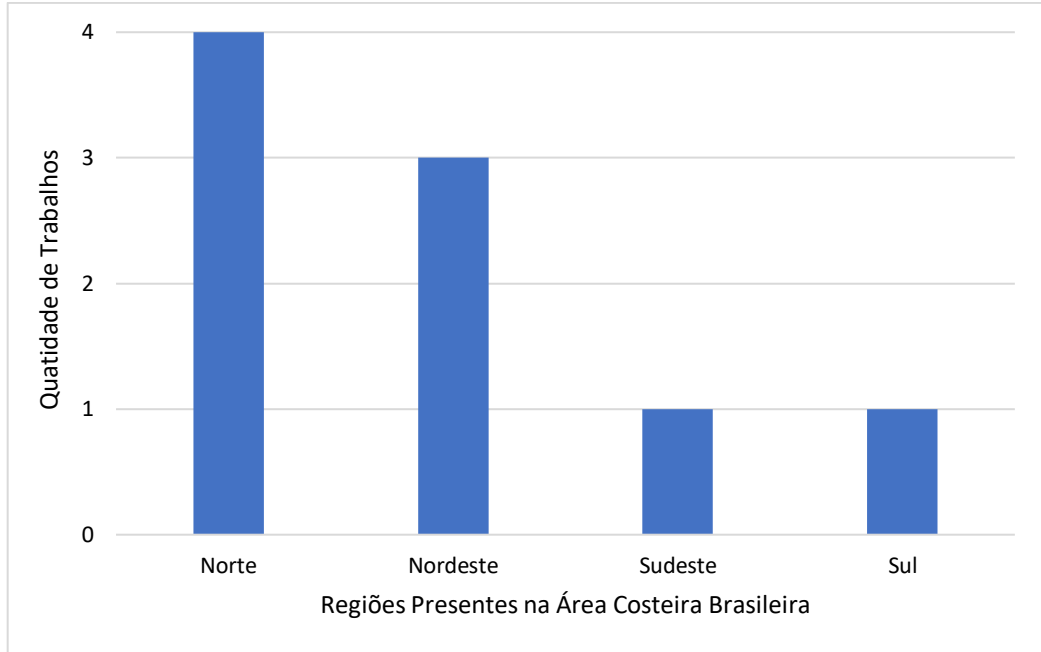


Figura 3: Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI nas regiões da costa do Brasil.

A maioria das publicações foram feitas no ano de 2011 ( $n=4$ ), seguido pelo ano de 2016 ( $n=2$ ), e os anos de 2012 e 2015 com um trabalho em cada, o que apresenta uma diminuição de estudos IBI para a avaliação da qualidade ambiental dos estuários do Brasil (Fig. 4).

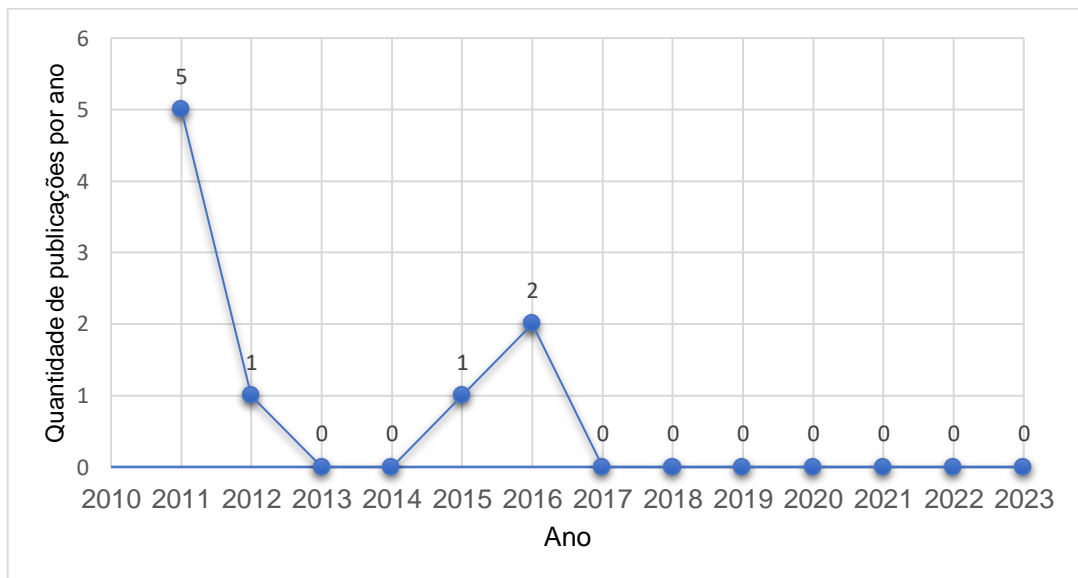


Figura 4- Quantidade de Trabalhos da ictiofauna usada como IBI em estuários por ano no Brasil.

#### 4.1 MÉTRICAS

Após a leitura dos trabalhos, pode-se observar que algumas métricas apresentaram nomes diferentes para um mesmo conceito, como fenologia ou abundância, ou então apresentavam uma subdivisão de uma métrica, como para calcular a quantidade de espécies separando-as de acordo com seu hábito alimentar. Os conceitos das métricas presentes no trabalho de Branco (2008) foram utilizados para padronizar o levantamento das métricas que mais se repetiam para avaliar a qualidade ambiental dos estuários (tabela 1).

Tabela 1- Conceitos de métricas utilizadas em IBI

(continua)

<b>MÉTRICA</b>	<b>TERMO</b>
Fenologia	Essa métrica baseia-se no padrão de ocupação temporal no estuário pelas espécies de peixes. Os maiores valores de conservação são atribuídos às espécies que utilizam a área estuarina por longos períodos, ou seja, as espécies residentes. A prioridade mais baixa é atribuída às espécies marinhas que apenas visitam o estuário brevemente para proteção ou alimentação. Nesse Contexto, uma espécie residente está sujeita a maiores riscos de sobrevivência do que as espécies que apenas utilizam o estuário durante uma parte do seu ciclo de vida (berçários ou espécies diádromas), ou aquelas espécies que apenas o utilizam como um incremento ao seu habitat habitual. habitat (espécies marinhas).
Ecologia trófica	Essa métrica baseia-se no nível trófico do peixe adulto e tem como princípio a disponibilidade de alimento e a energia necessária para capturar aquele alimento. Nesse contexto, as espécies que consomem menos formas de alimento disponíveis e se alimentam em um nível trófico mais alto têm uma pontuação maior do que as espécies cujos itens alimentares são abundantes. Piscívoros e parasitas têm o maior valor de pontuação, seguidos por espécies que são principalmente piscívoras, mas que possuem um importante componente invertívoro em sua dieta. Seguindo essas espécies na pontuação métrica estão as espécies principalmente invertívoras, então as espécies que se alimentam principalmente de invertebrados, mas a matéria vegetal é um item alimentar importante para elas. As duas classes métricas inferiores são compostas por herbívoros e pelos consumidores de plâncton e detritos

(conclusão)

<b>MÉTRICA</b>	<b>TERMO</b>
Quanto a distribuição regional, local e Intra-estuarina	Essas métricas baseiam-se no nível de distribuição de uma determinada espécie em uma região. A condição fundamental, nesse dado, é de que uma espécie de distribuição restrita tem que ter uma prioridade de conservação mais alta do que uma amplamente difundida nacionalmente.
Tamanho máximo	A pontuação métrica é baseada no tamanho do animal; animais grandes pontuam mais alto que os pequenos. Animais maiores precisam de mais recursos, bem como de maiores áreas de vida. Esta é uma forma simples de avaliar a extensão da área de vida, já que esta informação não estava disponível para muitas espécies.
Maturação sexual	As pontuações de classificação nesta métrica referem-se à probabilidade de uma reprodução bem-sucedida. Uma espécie com idade mais jovem na primeira maturidade tem maior probabilidade de sobrevivência e sucesso reprodutivo do que uma espécie que amadurece mais tarde no ciclo de vida, portanto, pontuando uma prioridade de conservação menor.
Relevância taxonômica	Esta métrica usa apenas a posição sistemática de uma determinada espécie. Uma espécie que é o único representante de sua família, ou gênero, tem maior valor de conservação do que uma espécie que compartilha seu nível taxonômico mais alto com mais espécies. A perda de uma família ou gênero é de maior importância para a biodiversidade do que a perda de uma espécie.

Fonte: De acordo com o trabalho de Branco (2008).

Para medir os índices de integridade das regiões estuarinas do Brasil foram utilizados quatro métricas conforme descritas na Tabela 1. As métricas referentes à distribuição das espécies e quanto à fenologia foram utilizadas em oito (35%) dos nove trabalhos revisados, onde o trabalho de Barros (2011) utilizou apenas a métrica de ecologia trófica para avaliação do IBI no estuário de Curuçá no estado do Pará. A métrica de ecologia trófica pode ser observada em seis trabalhos (26%) e seguida da métrica de maturação sexual que foi observada apenas no trabalho de Dias (2016) (Fig. 5). Após a análise das métricas, o trabalho Soares (2011) apontou a ordem dos Perciformes como um grupo de peixes que sinalizam que um ambiente estuarino está sofrendo impactos ambientais, pois as espécies que compõem o grupo são mais tolerantes.

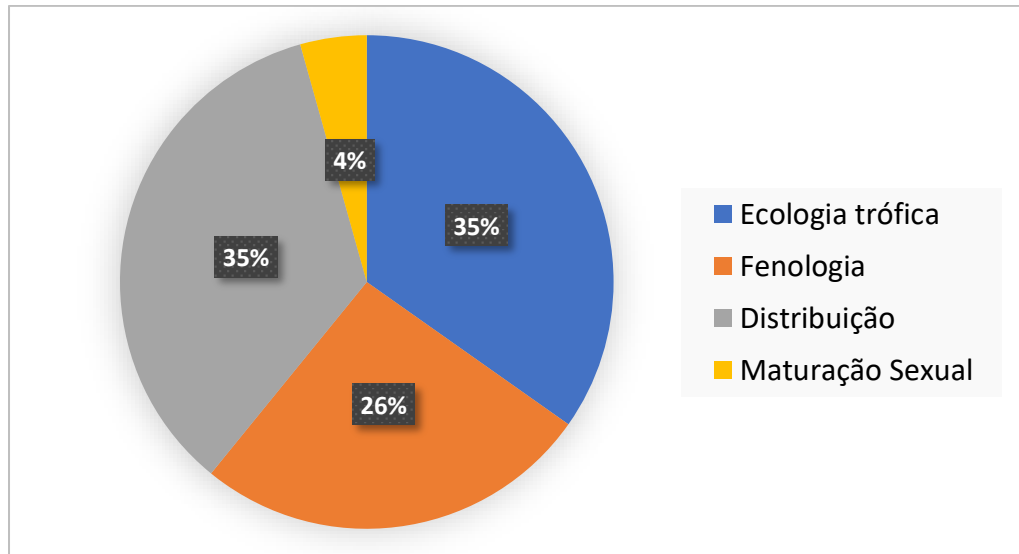


Figura 5- Porcentagem das métricas observadas nos trabalhos da ictiofauna usada como IBI em estuários por ano no Brasil.

#### 4.2 CLASSE DE INTEGRIDADE

Para avaliar a qualidade dos ambientes estuarinos da costa brasileira, foi utilizado conceitos de índice de integridade biótica (Karr 1981), para analisar os efeitos das possíveis alterações ambientais. O sistema descreve o ambiente em seis classes de qualidade de água (Excelente, Bom, Razoável, Pobre, Muito Pobre e Sem Peixe) (Tabela 2).

Tabela 2- Conceitos das classes de integridade biológicas, utilizando peixes para avaliar a qualidade ambiental de estuários, proposta por (Karr 1981).

(continua)

CLASSES DE INTEGRIDADE	TERMO
Excelente	Comparável às melhores situações sem a influência do homem; todas as espécies regionais esperadas para o habitat e tamanho do curso d'água presentes, incluindo as formas mais intolerantes, em todas as faixas de classes de idade e sexo; estrutura trófica balanceada.
Bom	Riqueza de espécies um tanto abaixo da expectativa, especialmente devido à perda das formas mais intolerantes; algumas espécies com distribuição de abundância ou de tamanho inferior ao ótimo; estrutura trófica mostra alguns sinais de estresse.

(conclusão)

<b>CLASSES DE INTEGRIDADE</b>	<b>TERMO</b>
Razoável	Sinais de deterioração adicionais com menos formas intolerantes, estrutura trófica mais alterada (por exemplo, aumento da frequência de onívoros); classes maiores de idade de predadores podem ser raras.
Pobre	Dominada por onívoros, espécies tolerantes à poluição e generalistas em habitat; poucos carnívoros; taxas de crescimento e fator de condição diminuída; espécies híbridas e/ou doentes sempre presentes.
Muito Pobre	Poucos peixes presentes, principalmente introduzidos ou espécies muito tolerantes; híbridos frequentes; doenças comuns, parasitas, nadadeiras feridas e outras anomalias.
Sem Peixes	Repetidas pescarias sem capturar qualquer peixe.

A região Norte foi a única que apresentou estudos com índice bom, localizados nas regiões estuarinas de Curuçá, baía do Marajó e a área no entorno do terminal portuário e do polo industrial da Vila do Conde, no Estuário do rio Pará, no entorno da Ilha do Capim e na Ilha das Onças. Os estudos de Lemos (2011) e Viana (2011) apresentaram coletas em diferentes zonas, próximas a áreas portuárias e industriais e em canais de maré distantes dessas áreas, pode-se observar que os resultados de integridade nas áreas próximas às zonas industriais apresentaram menor índice de integridade (Pobre e Razoável) do que nas zonas mais distantes que apresentaram índice Bom.

As regiões Nordeste, Sudeste e Sul apresentaram baixos índices de integridade (Razoável, Pobre e Muito Pobre). No trabalho de Silva (2016) foi apontado um estudo, na Ilha do Maranhão, que comprovou que o aumento dos índices pluviométricos interferiu negativamente na integridade biótica da região.

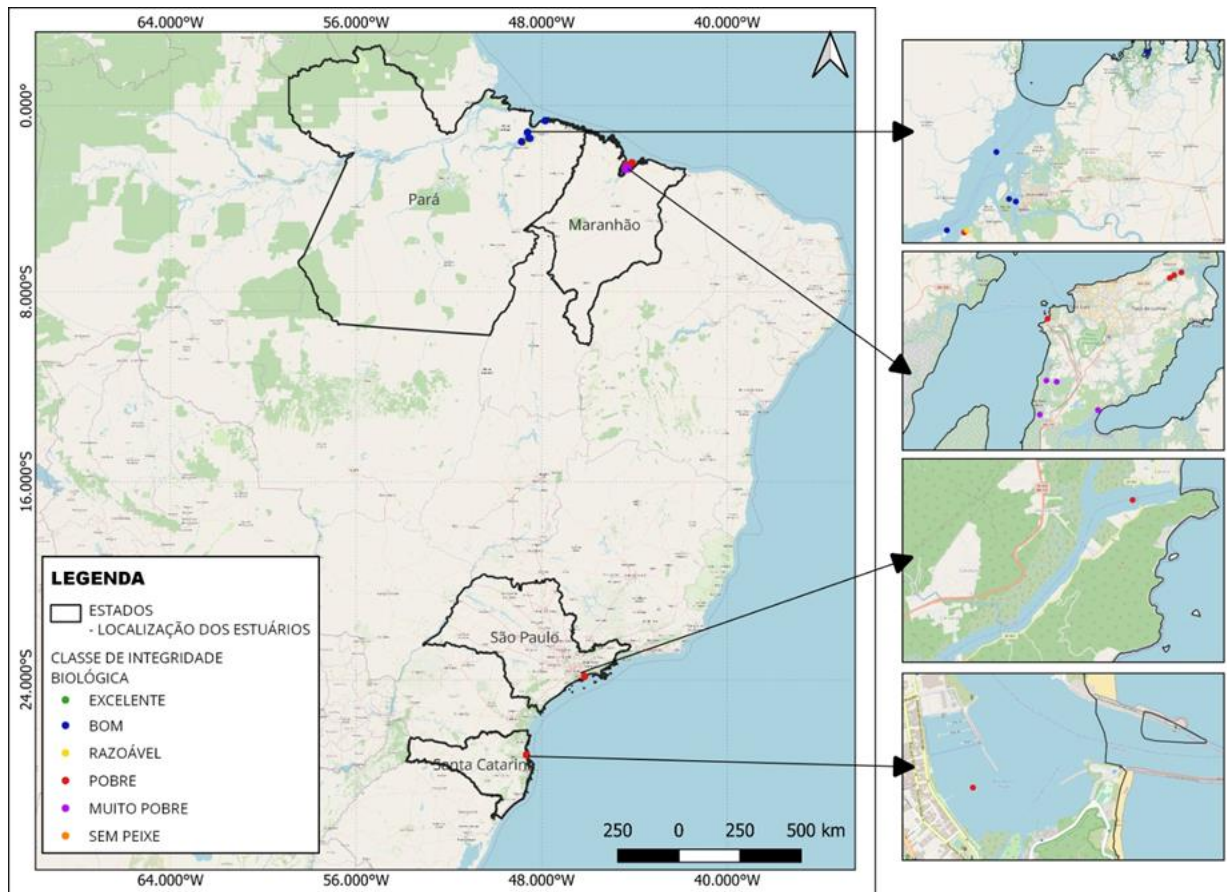


Figura 6- Classe de integridade dos trabalhos levantados das 4 regiões da costa do Brasil.

#### 4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

De acordo com os trabalhos levantados, foram observados 4 impactos ambientais nos estuários do Brasil (figura 7). O principal impacto observado nos estuários brasileiros, após a revisão do trabalho, foi a deposição de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais) somando 54%. Segundo levantamento da Agência Nacional das Águas (ANA) em 2017, apontou que 38,6% dos esgotos produzidos no Brasil não são coletados, nem tratados e outros 18,8% dos esgotos são coletados, porém são lançados nos corpos d'água sem tratamento. O aumento do índice pluviométrico promove uma maior entrada desses efluentes líquidos nos rios e canais de maré, atingindo a integridade biológica desses ecossistemas.

A presença de áreas portuárias foi apontada como outro fator de impacto nas áreas estuarinas, somando 23%. Esses portos geram elevados riscos as zonas costeiras, pois promovem uma série de atividades que potencialmente podem afetar os ambientes, seja pela sua principal função de carga e descarga de mercadorias, como pela expansão ou implantação de novos sítios (Oliveira & Asmus 2010).

A pesca industrial foi observada nos trabalhos de (Lemos 2011) e (Barros *et al.*2011), somando 15%. Essa categoria de pesca foi constatada em dois ambientes estuarinos da região norte (Estuário de Curuçá e Estuário do Marajó), porém nessas áreas ainda há o predomínio da pesca artesanal. A presença das duas artes de pesca nesses ambientes, foi apontada como um fator que pressiona as comunidades pesqueiras da região, e, porém, ainda não interfere na integridade destes estuários.

A fragmentação da mata ciliar foi apontada apenas no trabalho de (Soares *et al.* 2011), somando 8%. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA 2012) a exploração e falta de práticas agrícolas adequadas, atreladas às condições climáticas vigentes, promovem a degradação dessa vegetação de transição, ocasionando o assoreamento dos rios e canais de maré devido a erosão do solo.

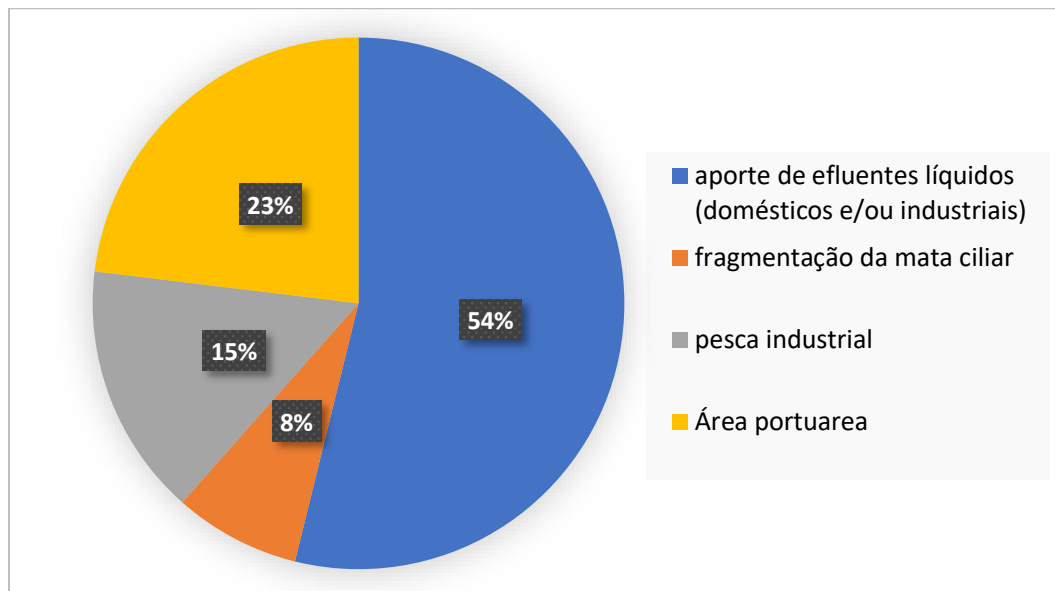


Figura 7- Porcentagem dos impactos ambientais nos estuários do Brasil.

A baixa quantidade de estudos de IBI nos estuários no Brasil, assim como no presente estudo, foi confirmada nos trabalhos de levantamento bibliográfico de Andrade & Freitas (2020) e Souza & Vianna (2020), influenciando diretamente na dificuldade de formulação de planos para gestão e medição de conhecimento do estado de conservação desses ambientes.

## 5 CONCLUSÃO

A partir desta revisão, concluiu-se que ictiofauna, como objeto de estudo para avaliar o índice de integridade biológica, foi eficaz para avaliar a qualidade ambiental dos estuários do Brasil. Apesar da Região Norte apresentar índice de integridade bom, não foram encontrados estudos que apresentem uma área estuarina que não tenha influência antrópica, o que dificulta a formulação de métricas para a comparação de um ambiente ideal e com melhor qualidade ambiental, para um ambiente estuarino degradado.

Devem ser encorajados mais estudos de IBI, a fim de diminuir o desconhecimento da qualidade dos estuários do Brasil, pois, conforme se pode observar na figura 6 deste trabalho, grande parte da costa está sem nenhum estudo.

## REFERÊNCIAS

- Albinati A.C.L., Moreira E.L.T., Albinati R.C.B., Carvalho J.V., Santos G.B., Lira A.D. 2007. Toxicidade aguda do herbicida Roundup® para piauçu (*Leporinus macrocephalus*). *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, **8**: 184-192.
- Andrade, B. S. & Freitas, C. E. C. 2020. Índice de integridade biótica utilizando assembleias de peixes da região Neotropical. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, **10**(1), 42-48.
- Barros B. *et al.* 2011. Artisanal Fisheries as Indicator of Productivity in an Amazonian Extractivist Reserve (Curuçá River Estuary, NE Amazonian Coast, Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI 64: 1950-1954.
- Becker V., Cardoso L.S., Huszar V.L.M. 2009. Diel variation of phytoplankton functional groups in a subtropical reservoir in southern Brazil during an autumnal stratification period. *Aquatic Ecology*, **43**: 285-293.
- Bozzetti, M. & Schulz, U.H. 2004. An index of biotic integrity based on fish assemblages for subtropical streams in southern Brazil. *Hydrobiologia*, **529**, 133-144.
- Branco J.O., Fracasso H.A.A., Freitas Jr. F., Barbieri E. 2011. Biodiversidade no estuário do Saco da Fazenda, Itajaí-SC. *O Mundo da Saúde*, **35**(1), 12-22.
- Branco P., Costa J. L., Almeida P. R. 2008. Conservation priority index for estuarine fish (COPIEF). Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, **80**(4): 581-588.
- Breine J., Van den Bergh E., Coeck J., Mattheus A., Ovidio M., Stevens M., Belpaire C. 2010. A zone-specific fish-based biotic index as a management tool for the Zeeschelde estuary (Belgium). *Marine Pollution Bulletin*, **60**(7): 1099-1112.
- Brind'Amour A. & Lobry J. 2009. Assessment of the ecological status of coastal areas and estuaries in France, using multiple fish-based indicators: a comparative analysis on the Vilaine estuary. *Aquatic Living Resources*, **22**(4): 559-572.
- Bryce S.A., Hughes R.M., Kaufmann P.R. 2002. Development of a Bird Integrity Index: Using Bird Assemblages as Indicators of Riparian Condition. *Environmental Management*, **30**(2), 294-310.
- Dias J. F. *et al.* 2017. Ichthyofauna as an environmental quality indicator of the Bertioiga Channel, São Paulo (Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, **65**, 29-43.
- Elliott M. & Whitfield A.K. 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. Estuarine, *Coastal and Shelf Science*, **94**(4), 306-314.
- Gorman O.T. & Karr J.R. 1978. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, **59**, 507-515.
- Hughes R. M. 1995. Defining acceptable biological status by comparing with reference conditions. *In*: Davis W. S. & Simon T. P. (eds.). *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and decision making*. USA, Lewis, Boca Raton (FL). p. 31-48.
- Karr J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, **6**, 21-27.

- Koenig M.L. *et al.* 2002. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, **16**, 407-420.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2000. *Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos*. Brasília, DF, MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF). 40 p. Disponível em: <http://programas.inema.ba.gov.br/>. Acesso em: 26 jun. de 2023.
- Moreira I., Ferreira M.T., Cortes R., Pinto P., Almeida P.R. (eds.). 2002. *Ecossistemas aquáticos e ribeirinhos: ecologia, gestão e conservação*. Lisboa, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Direcção de Serviços do Planeamento. Instituto da Água.
- O'Connor J.S., *et al.* 1986. Protection of natural resources through environmental indices. *Sea Technology*, **27**(9), 31-33.
- Odum E.P. & Barrett G.W. 2007. *Fundamentos de ecologia*. 5ª ed. Thomson Learning, São Paulo, Brasil. 612 p.
- Oliveira D.S. & Asmus M.L. 2010. Ecossistemas e evolução dos níveis de ocupação Antrópica da Margem Oeste do canal de navegação do Porto da Cidade do Rio Grande, RS. *Competência - Revista da Educação Superior do SENAC - RS*, **3**(1): 155-168, jul. ISSN 1984-2880.
- Reid H., Sahlen L., Stage J., MacGregor J. 2008. Climate change impacts on Namibia's natural resources and economy. *Climate Policy*, **8**, 452-466.
- Santos E.S. *et al.* 2007. *Aplicação de marcadores geoquímicos para a avaliação dos impactos das barragens nos sedimentos do estuário do Rio São Francisco (Al/Se)*. PhD Theses, Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, Niterói: [ ], 180p.
- Silva M. H. L. 2016. *Variabilidade de índices ecológicos da ictiofauna do complexo portuário da baía de São Marcos, Maranhão*. PhD Theses, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) São Luís, 85p.
- Silveira M. P. 2004. *Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios*. Jaguariúna, SP. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 36).
- Soares L.S. *et al.* 2011. Comunidade de peixes como Indicador de Qualidade Ambiental de alguns canais de maré do estuário do Rio Paciência, São Luís-MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, DOI: <https://doi.org/10.18764/>.
- Souza, G. B. G. & Vianna, M. 2020. Fish-based indices for assessing ecological quality and biotic integrity in transitional waters: A systematic review. *Ecological Indicators*, **109**, 105665.
- Viana A. P. *et al.* 2011. *A ictiofauna no monitoramento da qualidade ambiental em um distrito industrial do estuário amazônico*. PhD Theses, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011. 2011. 153pf.

**ANEXO A: Tabela de informações extraídas dos trabalhos sobre a ictiofauna como IBI em estuários do Brasil**

(continua)

Referência	Ano de publicação	País	Estado	Ambiente estuarino estudado	Métrica para avaliação do IBI	Classe de Integridade Biológica	Tipos de impactos
Barros B. <i>et al.</i> 2011.	2011	Brasil	Pará	Estuário de Curuçá	ecologia trófica	Bom	pesca industrial
Soares L.S. <i>et al.</i> 2011.	2011	Brasil	Maranhão	Estuário do rio Paciência	Ecologia trófica, quanto a Distribuição e Fenologia	Pobre a muito pobre no canal de maré Cristóvão (estuário inferior), pobre, no Grande (parte média do estuário), regular e pobre, no Iguaíba (estuário superior)	fragmentação da mata ciliar e aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais)
Sousa M.R.de J., Castro A.C.L.de, Silva M.H.L. 2014	2011	Brasil	Maranhão	sistema estuarino compreendido pelo Rio dos Cachorros e o Estreito de Coqueiro.	Ecologia trófica, quanto a Distribuição e Fenologia	Muito Pobre	aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais)
Dias, J. F. <i>et al.</i> 2017	2016	Brasil	São Paulo	desembocadura norte do Canal de Bertiooga	ecologia trófica, quanto a Distribuição e Fenologia e Maturação sexual	Pobre	Área portuária, aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais) e sobrepesca
Fisch F., Branco J.O., Menezes J.T.de 2016.	2015	Brasil	Santa Catarina	Corpo d'agua costeiro Saco da Fazenda, localizada no baixo estuário do rio Itajaí-Açu	Ecologia trófica, quanto a Distribuição e Fenologia	Pobre	aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais)

(conclusão)

Referência	Ano de publicação	País	Estado	Ambiente estuarino estudado	Métrica para avaliação do IBI	Classe de Integridade Biológica	Tipos de impactos
Viana A. P. <i>et al.</i> 2011.	2012	Brasil	Pará	margem direita do estuário do Pará, estuário do Amazonas	Ecologia trófica, quanto a Distribuição e Fenologia	Pobre nas proximidades do terminal de carga e distrito industrial (zona 1), e Bom nas ilhas do Crispim e ilha das Onças (zonas 2 e 3)	aporte de efluentes líquidos industriais
Lemos R.T.O. 2011.	2011	Brasil	Pará	Baía do Marajó	quanto a Distribuição e Fenologia	Bom	pesca industrial
Silva M. H. L. 2016.	2016	Brasil	Maranhão	Baía de São Marcos	quanto a Distribuição e Fenologia	Pobre	Área portuária, aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais)
Viana A. P. <i>et al.</i> 2011.	2011	Brasil	Pará	Área no entorno do terminal portuário e do polo industrial da Vila do Conde, no Estuário do rio Pará, no entorno da Ilha do Capim e na Ilha das Onças	quanto a Distribuição e Fenologia	Razoável na área no entorno do terminal portuário e do polo industrial da Vila do Conde (Zona 1), e Bom no Estuário do rio Pará, no entorno da Ilha do Capim e na Ilha das Onças	Área portuária, aporte de efluentes líquidos (domésticos e/ou industriais)