



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA

EDUARDA TÔRRES MAIA

QUANTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS PRODUTORAS DE HISTAMINA (BPH)
EM ESPÉCIES DE PEIXE SERRA (*Scomberomorus brasilienses*)

FORTALEZA

2022

EDUARDA TÔRRES MAIA

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Orientadora: Profa. Dra. Francisca Gleire Rodrigues de Menezes

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M185q Maia, Eduarda Torres.
Quantificação de bactérias produtoras de histamina (Bph) em espécies de peixe serra (*Scomberomorus Brasilienses*) / Eduarda Torres Maia. – 2022.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profa. Dra. Francisca Gleire Rodrigues de Menezes.

1. L-histidina. 2. Escombrototoxicose. 3. Peixe. I. Título.

CDD 639.2

EDUARDA TÔRRES MAIA

QUANTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS PRODUTORAS DE HISTAMINA (BPH) EM
ESPÉCIES DE PEIXE SERRA (*Scomberomorus brasilienses*)

Peixe

Monografia apresenta ao curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Pesca.

Orientadora: Profa. Dra. Francisca Gleire Rodrigues de Menezes

Aprovado em: 15/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Francisca Gleire Rodrigues de Menezes (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa
Instituto de Ciências do Mar -LABOMAR -Universidade Federal do Ceará

M Sc. Alexandra Sampaio De Almeida
Universidade Federal do Ceará

Dra. Jéssica Lucinda Saldanha Da Silva
Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FUNCAP

Por Deus, Jesus Cristo.

Aos meus pais, Fabiana Martins, Roberval
Ferreira, minha irmã, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus pelo dom da vida, por ter traçado esse caminho, com desafios, conquistas, cheio de aprendizado, de descobertas e lições que levarei por toda minha vida.

Ao Jesus Cristo meu salvador, pai e amigo, muito obrigada por todas as obras criadas em minha história, por todas as pessoas que estão e que passaram em minha vida, pela família escolhida e a qual pertença.

Aos meus pais, vos agradeço eternamente pelo apoio, motivação, exemplo, força, cuidado, zelo e coragem que deram nessa jornada e todo o investimento financeiro, vocês são o propósito dessa conquista e são os pilares fundamentais em cada etapa dessa jornada.

A minha irmã, Nicole Tôrres pelo amor e companheirismo e a todos os meus familiares.

As minhas avós Sonya Maria, Lucia Maria, Heloisa Ferreira, e meus avôs, José Zito e Ayron Cabral, pelo cuidado, amor, zelo e fé.

As minhas tias Daniely Tôrres, Suianny Martins, Roberta Maria e Michele Maia, pelas orações que recebi.

A Profa. Dra. Francisca Gleire Rodrigues de Menezes pela ética, fibra moral, dedicação, companheirismo, comprometimento e sua eximia orientação não apenas neste trabalho, mas em toda nossa trajetória acadêmica.

A Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa, Dra. Fátima Cristiane Teles, Dra. Marina Torres, Dra. Jessica Lucinda Saldanha, pelos ensinamentos diários em bancada no laboratório, além da destreza e persistência em passar todo o conhecimento possível para que o extraordinário acontecesse. Agradeço imensamente todo carinho, amizade e dedicação em todos os momentos.

Aos amigos, Larissa dos Santos pela indicação, tem minha eterna gratidão, Doutoranda Anna Luiza Carvalho, Doutorando Robério Freitas, Mestrando Ivis Coutinho pelos ensinamentos e trabalhos de bancada, Igor Dantas e Thereza Martins pela paciência, dedicação, esforço, humildade e companheirismo durante todo o trabalho.

Aos professores, colegas e amigos de laboratório, Maria Ariele Cunha, Ana Vládila Oliveira, Alexandra Sampaio, Raquel Cavalcante, Yasmin Girão, Ana Paula, Daniel Borges, Jhones Vieira, João Pedro, Matheus Dantas, Janaína Silva, pela paciência e esforço em desempenhar esse trabalho durante todos esses anos de pesquisa.

Aos meus amigos de graduação, Giovanna Marinho, Andressa Maia, Andressa Leite, Cynthia Maria, Wellington Nascimento, Lowhanna Kellen, Leonardo Araújo, Rafael Araújo.

Aos amigos, familiares e companheiros de vida, infância, colegial, academias e elencos, Ismael Eduardo, Ayrton Cabral, Marília Calixto, Paulo Eduardo Calixto, Lorena Alencar, Vítor Alencar, Vitória Maia, José Ricardo, Lília Eduarda, Ligya Abrel, Ana Letícia, Igor Rocha, Mario Filho, Auricélio Mendes, Wallison Sousa, Adriana Pires, Ana Patrícia Albuquerque, Marcos Paulo, José Laert, Jeferson dos Santos, Welyda Maia, Weslei da Silva, Matheus Aquino, Barbara Nayanna, Edcardo Martins, Marcelo Falcão.

A todos os pesquisadores, escritores, diretores, cineastas, muito obrigada.

Ao departamento de Engenharia de Pesca, pelo corpo docente, funcionários técnicos e administrativos.

Ao laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (Lamap), pelo suporte, infraestrutura e todos os profissionais que o compõem.

A Universidade Federal do Ceará pelo aparato educacional, cultural, esportivo e tecnológico que trabalhei durante toda trajetória acadêmica.

A todos que estiveram e me apoiaram de todas as formas humanamente possíveis, agradeço imensamente pela força e energia recebida e que a mesma propague por toda eternidade!

“Embora venhamos de lugares diferentes, falemos línguas diferentes, nossos corações batem como um só.” (J. K. Rowling).

RESUMO

Dentre os desafios enfrentados pelos agentes de saúde pública, destacam-se na indústria as contaminações por bactérias. No setor alimentício, a qualidade do produto deve ser preservada, bem como todas as suas propriedades organolépticas e a segurança do consumidor. O pescado é um alimento de alta perecibilidade e degradação rápida, ocasionada por: atividade enzimática, degradação microbológica, *rigor mortis* e produção de muco. Com base nos fatores mencionados anteriormente, a produção de aminas biogênicas merece destaque, com ênfase na histamina, oriunda da descarboxilação da molécula L-histidina, que pode ter produção acelerada por falhas no processamento, como altas temperaturas, podendo estar presente em várias espécies de peixe, como *Scomberomorus brasiliensis* (Peixe Serra), conhecido por ser um pescado importante para a economia e o consumo interno. A contaminação por produção da toxina histamínica pode causar envenenamento (escombrotóxico) através do consumo do pescado. O objetivo desse estudo foi analisar peixes da espécie *Scomberomorus brasiliensis* (Peixe Serra) para verificar a presença de bactérias produtoras de histamina e bactérias heterotróficas cultiváveis. As amostras foram obtidas em uma feira livre na cidade de Fortaleza. Foram realizadas quatro coletas, com análises das brânquias e superfície do pescado, com isolamento de 80 cepas de cada coleta, onde 40 foram bactérias produtoras de histamina e 40 bactérias heterotróficas cultiváveis, perfazendo um total de 320 cepas. Dessas, 197 foram confirmadas como Gram negativas (124 BPH e 73 BHC), 71 Gram positivas (23 BPH e 48 BHC). Para o teste da descarboxilação dos aminoácidos foram testadas 98 cepas BHC e 40 cepas BPH positivas (brânquias). Diante do exposto, é importante resaltar a necessidade de se investigar e identificar bactérias capazes de produzir aminas biogênicas, como as produtoras de histamina, que causem danos à saúde pública. Com intuito de reduzir o risco de intoxicação alimentar.

Palavras chaves: L-histidina, Escombrotóxico, Peixe.

ABSTRACT

Among the challenges faced by public health agents, contamination by bacteria stands out in the industry. In the food sector, the quality of the product must be preserved, as well as all its organoleptic properties and consumer safety. Fish is a food of high perishability and rapid degradation and its responsible are: enzymatic activity, microbiological degradation, rigor mortis and mucus production. Based on the factors mentioned above, the production of biogenic amines stands out, having as one of these amines, histamine, which comes from the decarboxylation of the L-histidine molecule, measured by bacteria present in the fish mucosa and produced by processing failures and can be present in the species *Scomberomorus brasiliensis* (Peixe Serra). This species is relevant to the economy and with high domestic consumption. Contamination by histamine toxin production can cause poisoning (scombrototoxicosis). The present research aimed to analyze fish of the aforementioned species to verify the presence of histamine-producing bacteria and cultivable heterotrophic bacteria. The samples were obtained at an open market in the city of Fortaleza and sent to the Laboratory of Environmental and Fish Microbiology (LAMAP) located at the Institute of Marine Sciences (LABOMAR) at the Federal University of Ceará - UFC. The analysis of the gill and surface samples obtained isolates from 320 strains (Cultivable Heterotrophic Bacteria - BHC and Histamine-Producing Bacteria -BPH). Of these, 197 were confirmed as Gram negative (124 BPH and 73 BHC), 71 Gram positive (23 BPH and 48 BHC). The amino acid decarboxylation test resulted in 98 BHC strains and 40 BPH positive strains (gills). The above shows the importance of investigating and identifying bacteria capable of producing biogenic amines that are dangerous to public health, since high concentrations of histamine, when ingested, can pose a risk to the health of consumers.

Keywords: L-histidine, Scombrototoxicosis, Fish.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Medidas do *Scomberomorus brasiliensis*; TL - TL' = comprimento total; HL - HL' = comprimento da cabeça; BH - BH' = altura do corpo; BT - BT' = espessura do corpo; FL - FL' = comprimento do filete..... 18
- Figura 2- Peixe Serra demarcado com medida de quadrante de 5cm² para identificar a área estudada..... 22
- Figura 3- Reação do teste de Catalase em uma cepa bacteriana..... 24
- Figura 4- Descarboxilação dos aminoácidos, Arginina, Lisina, Ornitina..... 25

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Resultado das coletas referente ao peso em gramas, comprimento total e furcal em centímetros de cada espécime analisada..... 26
- Tabela 2- Contagem Padrão em Placas (CPP) em Log UFC de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC) e de Bactérias Produtoras de Histamina (BPH) das brânquias da Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) amostrados da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará..... 27
- Tabela 3- Contagem Padrão em Placas (CPP) em Log UFC de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC) e de Bactérias Produtoras de Histamina (BPH) das superfícies da Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) amostrados da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará..... 28
- Tabela 4- Resultados de testes fenotípicos das estirpes de Bactérias Produtoras de Histamina (BPH) e Bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC), isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará..... 29
- Tabela 5- Resultados de produção de amins biogênicas das quatro coletas, conforme a parte do corpo analisada em 288 cepas de bactérias heterotróficas cultiváveis, isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará..... 31
- Tabela 6- Resultados de produção de amins biogênicas das 4 coletas, conforme a parte do corpo analisada em 173 cepas de bactérias produtoras de histamina, isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará..... 32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Analysis of variance
BHC	Bactérias Heterotróficas Cultiváveis
BPH	Bactérias Produtoras de Histamina
CaCO ₃	Carbonato de Cálcio
CPP	Contagem Padrão em Placa
DTAs	Doenças Transmitidas por Alimentos
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food and Drug Administration
HCL	Ácido Clorídrico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
NaCL	Cloreto de Sódio
UFC	Unidade Formadora de Colônia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Produção pesqueira mundial e brasileira.....	17
2.2	Serra (<i>Scomberomorus brasiliensis</i>)	18
2.3	Aminas em peixes e intoxicações alimentares em humanos.....	19
2.4	Bactérias produtoras de histamina.....	20
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
3.1	Área de estudo.....	21
3.2	Coleta das amostras	21
3.3	Análise microbiológica	21
3.4	Quantificação e caracterização das colônias presuntivas.....	22
3.5	Isolamento de colônias.....	23
3.6	Análise estatística.....	23
3.7	Caracterização fenotípica.....	23
3.7.1	Coloração morfotintorial (GRAM).....	23
3.7.2	Teste de oxidase.....	24
3.7.3	Teste da catalase.....	24
3.7.4	Teste da descarboxilação de aminoácidos.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1	Análise microbiológica do pescado.....	27
4.1.1	Quantificação.....	27
4.1.2	Fenotípagem.....	29
5	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

A pesca é uma das atividades econômicas mais antigas no mundo, com isso, ao longo dos anos, a produção pesqueira se desenvolveu de duas maneiras, pesca extrativista, que corresponde à aquisição de pescado a qual retira o recurso pesqueiro do ambiente, e o cultivo aquícola, relacionado a produção de organismos em ambiente confinado (CARDOSO, 2021).

Todavia, a atividade pesqueira se ramifica em setores de produção e comercialização industrial de alimentos, dentre eles estão, o peixe fresco, enlatado, congelado e seco. Segundo a Organização Mundial das Nações Unidas para Alimentos e Agricultura (FAO, 2019), os produtos oriundos da pesca e aquicultura atingiram cerca de 171 milhões de toneladas, tendo um percentual de consumo de quase 88% (SCHREIBER; ZUCATTO; LAZZARI, 2021).

O pescado tem sido utilizado fortemente e seu crescimento é exponencial, tendo por base o consumo mundial em torno de 16 quilos por indivíduo, e quando comparado com o Brasil, essa média se sobressai, com valor de 7 quilos por pessoa ao ano, o que convertido em porcentagem prescreve 5% da parcela total de carnes utilizados no país (SOARES; GONÇALVES, 2012).

Baseando-se pela demanda de consumo *per capita* do pescado, por ser um alimento de grande valor nutricional, configura a indústria uma necessidade de grande empenho para manter a qualidade do mesmo, como também, o monitoramento do frescor deve ser praticado no processo para garantir a manutenção das propriedades organolépticas e parâmetros sanitários e de higiene estabelecidos pela legislação para a comercialização do produto final (SOUZA *et al.*, 2015).

O pescado é referência em alimento perecível e de rápida degradação, tendo em sua composição alta concentração de água, lipídios, proteínas e vitaminas, o qual necessita de cuidados específicos que resguardem sua inocuidade e conservação das suas propriedades físicas, químicas, sensoriais e microbiológicas (SILVA, CARVALHO, 2006).

Em vista de todo esse cenário, os desafios da saúde pública são crescentes, uma vez que os devidos cuidados têm sido voltados às contaminações dos alimentos de origem microbiológica, além de apresentarem vários riscos de origem química que podem estar presentes nos alimentos, sendo estes discriminados como inerentes aos processos de transformação de matéria-prima em produto final, como é o caso das aminas biogênicas (FILHO *et al.*, 2019).

Os requisitos de higiene e manipulação vão desde a instalação, ferramentas, uso de gelo e maquinário, até os funcionários, ressaltando o monitoramento do tempo e temperatura, transporte e conserva (CODEX, 2003).

A razão para tal nível de assepsia e limpeza decorre da presença dos microrganismos no pescado, em especial, bactérias psicrófilas e psicrotróficas Gram-negativas, que podem ser deteriorantes do pescado, destacando-se: *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Moraxella*, *Acinetobacter* e *Flavobacterium*. É importante ressaltar que os organismos capturados em regiões tropicais podem transportar uma quantidade relevante de microrganismos gram-positivos e bactérias entéricas (FILHO *et al.*, 2019).

Outro fato importante, é a existência de doenças ocasionadas pela proliferação bacteriana conhecidas como escombroides ou escombrotóxicose, promovidas a partir do envenenamento por peixe, distúrbios particulares de frutos do mar. Apesar de ser uma intoxicação comum, é pouco diagnosticada (ARIES, 2017), podendo ser correlacionadas ao percentual de histamina ingerida, ressaltando que a sensibilidade individual e capacidade de desintoxicação do organismo, podem decorrer após o consumo em torno de duas horas (CORDEIRO *et al.*, 2020).

A molécula de histamina é um produto bioquímico formado a partir da descarboxilação do aminoácido L-histidina na musculatura de peixes (ARIES, 2017). Esta amina biogênica é decorrente da má condição de armazenamento e manipulação, dando condições para que as bactérias presentes no pescado se proliferem (SOUZA, 2015).

Os países do Mercosul permitem uma quantidade de histamina, presente na musculatura do pescado, de no máximo 100 ppm. Segundo FDA (Food and Drug Administration), o pescado de qualidade revela grau da toxina menores a 50 ppm em pescado fresco e 100 ppm para pescado em conserva (FILHO *et al.*, 2019).

A Amina Biogênica (Histamina) tem ação em estruturas denominada receptores, responsáveis por muitos processos vitais que vão desde o controle de secreção até a neurotransmissão do sistema nervoso central (ARIES, 2017).

Em vista disso, o presente trabalho objetivou quantificar, isolar, e fazer a caracterização morfológica de bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC) e bactérias produtoras de histamina (BPH) presentes na superfície da pele e nas brânquias do peixe Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) capturados na costa do Ceará.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Produção pesqueira mundial e brasileira

Segundo dados do SOPHIA (FAO-SOPHIA, 2020) foram alcançados um recorde de 214 milhões de toneladas no ano de 2020, de produção total da pesca e aquicultura, 178 milhões de toneladas de organismos aquáticos, além de 36 milhões de toneladas de algas, fato observado devido ao crescimento da aquicultura, principalmente no continente Asiático.

Dentre os produtos pesqueiros destinados ao consumo humano, foi estimado em 20,2 kg *per capita*, se comparado com o ano de 1960, ocorrendo assim, um aumento maior que a média constatado de 9,9 kg *per capita* (FAO-SOPHIA, 2020).

A produção pesqueira teve seu crescimento exponencial atrelado ao aumento de trabalhadores no mesmo setor. Foi verificado que no cultivo de organismos aquáticos, em 2006, ocorreu uma média de 520 milhões de pessoas que contribuíram com a produção de animais aquáticos (FAO, 2008), enquanto no ano de 2017 foi obtido uma produção de 53,4 milhões de toneladas (FAO, 2019).

No Brasil, a atividade extrativista do pescado de destaque é a pesca artesanal, com ênfase na região norte do país, que apresenta 30 mil embarcações cadastradas no PREPS (Programa Nacional de Rastreamento de Embarcações Pesqueiras por Satélite) (WAGNER; SILVA, 2021).

A produção de pescado brasileiro no ano de 2020 rendeu 1.339.000 toneladas, com projeção para o ano de 2030 de uma produção de 1.527.000 toneladas, um crescimento de 14,1% (SOPHIA, 2020).

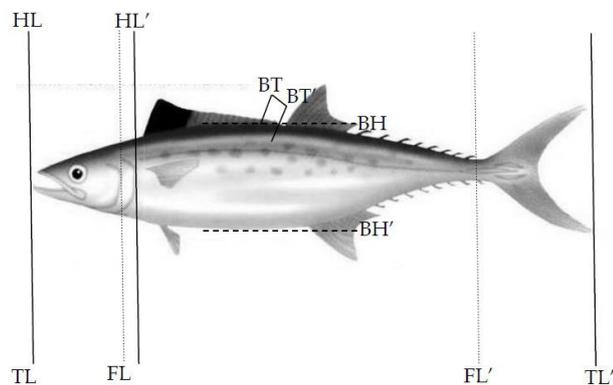
Dentre os organismos que merecem visibilidade na produção pesqueira brasileira estão: peixes, camarão, salmão, moluscos e algas, os quais se destacam não apenas pela carne, como também por seus subprodutos gerados, que são bem comercializados, como farinha e óleo de peixe (NAYLOR *et al.*, 2000).

Dos peixes, a espécie *Scomberomorus brasilienses* também conhecido como peixe Serra, é objeto de grande atividade pesqueira (SILVA *et al.*, 2005), destinado ao consumo, este é oriundo da costa Atlântica da América Central e América do Sul (MAIA *et al.*, 2015).

2.2 Serra (*Scomberomorus brasilienses*)

A espécie *Scomberomorus brasilienses* apresenta uma coloração verde azulada na região do dorso, com a região medial inferior branca prateada, região dos flancos possuindo manchas arredondadas e com cores de amarelo e dourado, possui ainda na região anterior do dorso, morfologia espinhosa negra, com linha lateral com forma gradual de declive e sem curva grosseira (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2005), representado na figura 01.

Figura 1 - Medidas do *Scomberomorus brasiliensis*; TL - TL' = comprimento total; HL - HL' = comprimento da cabeça; BH - BH' = altura do corpo; BT - BT' = espessura do corpo; FL - FL' = comprimento do filete.



Fonte: Quadros, 2015.

Apresenta um valor comercial relevante, habitando uma parcela da região do litoral brasileiro, no entanto, não são encontrados nos limites das regiões norte e sul (ZAVALLA-CAMIN, 1983).

Tal organismo apresenta hábitos alimentares carnívoros, onde sua principal fonte de alimento são peixes pertencentes a família Clupeidae (*Opisthonema oglium*), Carangidae, crustáceos e moluscos, porém, em segundo plano, também consomem algumas espécies de algas e outros vegetais da família Gramineae (MENEZES, 1970).

Em alguns estudos podemos encontrar, a variação em que essa espécie tem com relação a quantidade de alimento consumido, tendo entre os meses de junho a setembro, as épocas de maior consumo alimentar (BATISTA, 2001).

Apresenta ainda, a capacidade de desenvolvimento de acordo com as variações sazonais do ambiente, como por exemplo, estruturas, tamanho, cores, período de reprodução,

alimentação, maturidade gonadal, sendo estes correlacionados ao seu desenvolvimento (SILVA; CASTRO; GUBIANI, 2005).

2.3 Aminas em peixes e intoxicação alimentar em humanos

A indústria de comercialização e distribuição do pescado alimentício tem grande preocupação no que se refere à conservação desse produto, uma vez que em estado de degradação, podem ocasionar perdas na produção/produto, além de comprometer a saúde do consumidor e acarretar doenças aos seres humanos (MUSTAFA *et al.*, 2001).

A fonte de várias doenças transmitidas por alimentos (DTAs) tem como principais precursores, bactérias, vírus, parasitas, fungos e outros agentes contaminantes sendo eles, metais, pesticidas e toxinas naturais (RUIZ-CAPILLAS; HERRERO, 2019).

As perdas no setor econômico pesqueiro que impactam negativamente o desenvolvimento são acometidas por degradação microbiológica, contaminações, e por doenças que em geral são oriundas do crescimento/desenvolvimento bacteriano (SAHOO *et al.*, 2013).

Dentre os microrganismos responsáveis pela degradação e contaminação no pescado, podem ser citados: Bactérias Gram negativas: *Aeromonas*, *Flavobacterium* e *Pseudomonas* (BEAZ-HIDALGO; FIGUERAS, 2012), e Gram positivas, como *Streptococcus* e *Lactococcus* (VENDRELL *et al.* 2006).

Compostos nitrogenados, criados a partir de aminoácido livres, como as aminas biogênicas (ABs) são oriundas da proliferação bacteriana, que estando em maior quantidade no pescado gera a descarboxilação de estruturas orgânicas. Essas estruturas possuem o radical carbonila, precursoras das atividades orgânicas de determinados microrganismos (ZHONG *et al.*, 2018).

Como exemplo de compostos nitrogenados, citam-se as aminas: espermina, espermidina, histamina, triptamina, feniletilamina, tiramina, e em especial as aminas putrecina e cadaverina por conferirem ao pescado um odor muito forte, indicando que o alimento está estragado (GOMES *et al.*, 2014).

2.4 Bactérias produtoras de Histamina

Os animais aquáticos naturalmente possuem uma carga bacteriana em seu organismo que fazem parte da sua microbiota, distribuídos de maneira interna e externa de seu corpo (VISCIANO, 2020).

Conforme é realizada a manipulação do pescado, a microbiota presente pode encontrar condições que permitam a proliferação de microrganismos, e assim, bactérias podem acelerar a decomposição dos tecidos, sendo possível ocasionar a produção de aminas biogênicas (VISCIANO, 2020).

A amina biogênica, Histamina, é produzida a partir da descaboxilação do aminoácido L-histidina. Os organismos aquáticos em estado de deterioração dão condições para o aumento da toxina histamínica que é responsável por acometer sérios danos ao organismo humano (ZHONG *et al.*, 2018).

A Histamina pode estar presente no pescado de maneira geral sendo produzida desde o estado de pós-morte do animal, seguido de má higienização, armazenamento inadequado e em temperaturas não recomendadas (VISCIANO, 2020).

A legislação com base na seriedade dos riscos que a toxina pode causar ao consumidor, determina um nível de 100 ppm da histamina no pescado fresco e juntamente com o FDA e o EFSA regulam de maneira mais ríspida a tolerância da toxina histamínica, que está presente na maioria dos alimentos de origem pesqueira, e a mesma é responsável por ocasionar o chamado envenenamento por histamina, fortemente relacionada a ingestão de peixes pertencentes a família Scombridae e Scomberesocidae (RUIZ-CAPILLAS; HERRERO, 2019).

A histamina é comumente associada a inflamações orgânicas e reações alérgicas de acordo com a quantidade ingerida desse composto em pessoas (DURAK-DADOS; MICHALSKI; OSEK, 2020).

A intoxicação pode ser observada, no corpo dos indivíduos, como o aparecimento de urticária, depleção arterial, taquicardia, vômitos, diarreia, convulsões e náuseas, que podem ocorrer em poucas horas após o consumo do alimento contaminado com a toxina (CZERNIEJEWSKA-SURMA, 2006).

Devido essas eventualidades, a presença de aminas biogênicas em alimentos também indica má qualidade no processamento alimentício, além disso, é válido ressaltar que as aminas em quantidades normais realizam funções importante nos organismos, no entanto, seu excesso ocasiona efeitos colaterais, podendo em casos extremos afetarem o sistema nervoso dos seres humanos (SHALABY, 1993).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O presente trabalho consistiu em coletas que foram realizadas no Mercado dos Peixes, situado no município de Fortaleza-CE. O pescado foi transportado até o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC) para o processamento das análises microbiológicas.

3.2 Coleta das amostras

As duas primeiras coletas foram realizadas no período de estiagem (outubro de 2018 e janeiro de 2019) e as duas últimas no período chuvoso (março e junho de 2019). Em cada uma delas, foi adquirido um espécime de peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*).

3.3. Análise microbiológica

As coletas do material foram realizadas nos dois lados do animal, separadamente, na superfície foi colhido o muco em uma restrita região, com área de 5 cm² da pele do pescado (Figura 02), com um *swab* imergido em solução salina 0,85%, outro *swab* foi utilizado para colher o material das brânquias do lado direito e esquerdo. Foram realizadas diluições seriadas em 9 mL de solução salina 1%, da diluição 10⁻¹ até 10⁻⁵. Para as brânquias, foram realizados os mesmos procedimentos descritos na superfície, com a distinção que não foi utilizada nenhuma área delimitando, o *swab* foi passado em toda brânquia do peixe.

Figura 2 - Peixe Serra demarcado com medida de quadrante de 5cm² para identificar a área estudada.



Fonte: Gabriela Cristina Chagas Moura, 2019

3.4 Quantificação e caracterização das colônias presuntivas

Para o estudo da quantificação e isolamento das bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC), foi utilizado o meio de cultura Ágar de Contagem em Placas (PCA) (Difco®) com a técnica de *spread plate* em duplicata.

Para as bactérias produtoras de histamina (BPH), divididas em bactérias produtoras de histamina total (BPH total) e bactérias produtoras de histamina com halo roxo (BPH halo) foi seguido a metodologia adotada por Niven, Jeffrey e Corlett (1981), utilizando o seguinte meio de cultura composto por: 0,5% de extrato de levedura, 0,5% caldo triptona, 0,1% de CaCO₃, 0,5% de NaCl, 3,0% Agar, 2% L-histidina 2HCl e 0,006% de púrpura de bromocresol, com pH em torno de 5,3.

Após a incubação por 48 horas a 35 °C foi realizada a contagem de bactérias observando-se o intervalo de 25 a 250 colônias (DOWNES; ITO, 2001). Os resultados foram expressos em Unidades Formadoras de Colônias (UFC), a partir da fórmula seguinte (MOURA, 2019):

$$C = (Xnd \times 20) \div A$$

Onde:

C = Número de unidades formadoras de colônias

n = Contagem de unidades formadoras de colônias nas placas

d = Diluição das placas

20 = Constante de correção

A= Área do quadrante utilizado

3.5 Isolamento de colônias

A partir do crescimento foram selecionadas e isoladas dez colônias que apresentaram resultado positivo: indicando a presença de uma coloração roxa com halo, produto do aumento do pH do meio após a formação de histamina, seguindo para identificação fenotípica.

3.6 Análise Estatística

As análises para as contagens das placas foram realizadas a partir da Análise de Variância (ANOVA), em seguida foram submetidas ao teste de Tukey, levando em consideração um nível de confiança entre diferenças significativas de 5%.

Para o devido teste, foram submetidas as médias do lado esquerdo e direito da superfície do pescado coletado, quanto os valores obtidos das brânquias esquerda e direita.

3.7 Caracterização Fenotípica

Para a identificação fenotípica, foram realizados os testes preliminares: coloração de Gram, oxidase, catalase e descarboxilação dos aminoácidos (arginina, lisina e ornitina).

3.7.1 Coloração morfotintorial (GRAM)

A técnica de coloração de Gram foi utilizada para a identificação de características estruturais e morfológicas pertinentes a parede celular das bactérias. Esta atividade possibilita a divisão e visualização das bactérias em dois grandes grupos: Gram negativas ou Gram positivas, de acordo com sua reação ao corante (MADIGAN *et al.*, 2016).

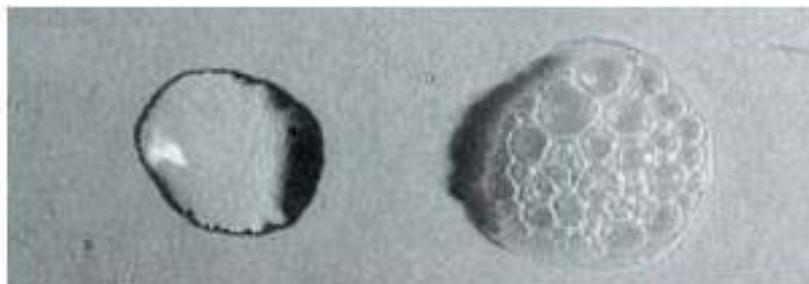
3.7.2 Teste da Oxidase

Foi realizado o teste da Oxidase, realizado a partir do esfregão de uma parte de cada estirpe utilizando uma fita comercializada, específica. Este ensaio detecta a presença da enzima citocromo c oxidase, presente na maioria das bactérias que possuem metabolismo respiratório (MADIGAN *et al.*, 2016).

3.7.3 Teste da Catalase

Nesse teste é possível identificar a enzima catalase, que detoxifica o peróxido de hidrogênio (MADIGAN *et al.*, 2016). Com um esfregão foi retirado uma fração de cada estirpe e colocada em uma lâmina de vidro, cada estirpe foi submetido ao produto peróxido de hidrogênio (Figura 03), conforme a seguinte reação:

Figura 3 – Reação do teste de Catalase em uma cepa bacteriana



1° – Catalase negativa, 2° – Catalase positiva

Fonte: Madigan *et al.* (2016).

3.7.4. Teste da descarboxilação de aminoácidos

De acordo com Faddin (1980) esse teste demonstra a capacidade de um organismo descarboxilar um aminoácido, dentre eles: Arginina, lisina e Ornitina, formando uma amina, o resultado observado indica uma variação no pH, o qual sai do estado alcalino para o estado ácido, sendo o resultado positivo visível a aparição da cor amarela e resultado negativo a cor

rosa. Em cada ensaio foi introduzido um controle positivo para a comparação dos resultados (Figura 04).

Figura 4 – Descarboxilação dos aminoácidos, Arginina, Lisina, Ornitina



Fonte: Gabriela Cristina Chagas Moura, 2019

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizadas quatro coletas, sendo analisados quatro exemplares de peixes serra (*Scomberomorus brasiliensis*), com uma média de peso de 1.054 gramas, de comprimento total 57,75cm e comprimento furcal de 51,37 cm (TABELA 01). A partir do processamento, foram isoladas 80 cepas de cada coleta, onde 40 foram bactérias produtoras de histamina e 40 bactérias heterotróficas cultiváveis, perfazendo um total de 320 cepas isoladas.

Tabela 1 – Resultado das coletas referente ao peso em gramas, comprimento total e furcal em centímetros de cada espécime analisada.

COLETA	PESO (g)	COMP. TOTAL (cm)	COMP. FURCAL (cm)
1	716	50	43,5
2	783	54	48,5
3	1.600	67	61,5
4	1.120	60	52,0

Fonte: O Autor

(Coletas: 1 (Outubro) e 2 (Janeiro) – Estiagem; 3 (Março) e 4 (Junho) – Chuvoso)

De acordo com os resultados obtidos de peso (g), comprimento total e furcal (cm) dos organismos nas quatro respectivas coletas, foi observado uma variação crescente de peso conforme a ordem das coletas, isso é possível devido a variações climáticas e parâmetros físico-químicos de acordo com a época a qual foi realizada a coleta (BATISTA, 2001; MAIA *et al.*, 2015).

Em comparação com outros trabalhos, o peixe serra pode apresentar variações de peso de 768.1g até 1900.4g (QUADROS; BOLINI, 2015). É importante lembrar que esse peixe é muito consumido nos países, Espanha e Brasil, nos estados da região Nordeste do Brasil, esse pescado se destaca, apresentando um peso médio de 2.000g, com variação de 700 a 3.800 g (QUADROS; BOLINI, 2015; COSTA; LACERDA, 2009).

A espécie *Scomberomorus brasiliensis* pertence a ordem Perciformes da família Scombridae, e é considerado um pescado de grande importância no Brasil, por ser abundante geograficamente e apresentar um elevado valor comercial (EIRAS *et al.*, 2014).

4.1 Análise microbiológica do pescado

4.1.1 Quantificação

Após análise de variância e teste Tukey com 5% de significância feita a partir da Contagem Padrão em Placas (CPP), não foi observado diferença significativa entre os lados direito e esquerdo da brânquia e do muco superficial da pele do peixe analisado, nem entre as médias das contagens de bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC), bactérias produtoras de histamina total (BPH total) e bactérias produtoras de histamina com halo roxo (BPH halo) das brânquias e do muco da superfície da pele do peixe nas quatro coletas (TABELAS 02 e 03).

Tabela 2 - Contagem Padrão em Placas (CPP) em Log UFC de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC) e de Bactérias Produtoras de Histamina Total (BPHt) e Bactérias Produtoras de Histamina com Halo roxo (BPHh) das brânquias do Peixe Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) amostrados da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará

Coletas	BHC		BPH Total		BPH Halo	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
1	2,22	3,83	2,66	3,30	2,48	2,29
2	3,05	2,90	2,74	2,94	2,59	2,73
3	4,00	3,25	5,53	5,53	5,18	2,85
4	6,72	6,59	6,47	6,73	5,68	6,35
Média	4 ^A	4,14 ^A	4,35 ^A	4,63 ^A	3,98 ^A	3,56 ^A

Fonte: O Autor. Letras maiúsculas (A) diferentes em colunas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O espécime da quarta coleta foi o que apresentou valores mais elevados de BHC, BPH Total e BPH halo. Segundo a FAO (2018) o estudo de BHC em amostras de peixes é importante para ajudar a estimar o padrão sanitário desse pescado, medindo assim a qualidade da matéria-prima.

Diferente da presente pesquisa, um estudo realizado com o pescado Cavala (*Scomberomorus cavalla*) relatou a diferença significativa para resultados positivos de BPH nas brânquias, resultado positivo tanto para Bactérias Produtoras de Histamina total (BPHt) como

também para Bactérias Produtoras de Histamina (BPHh), com isso o nível de significância foi respectivamente superior de 22,96% e 12,12% ao número de BHC (CARNEIRO *et al.*, 2021).

Fato reforçado pela Comissão Internacional de Especificações Microbiológicas para Alimentos (ICMSF, 1986), que afirma que valores maiores que 7,0 log UFC/g é indicativo de que o peixe apresenta pontos críticos no grau de frescor do pescado.

Tabela 3 - Contagem Padrão em Placas (CPP) em Log UFC de Bactérias Heterotróficas Cultiváveis (BHC) e de Bactérias Produtoras de Histamina (BPH) da superfície do Peixe Serra (*Scomberomorus brasiliensis*) amostrados da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará.

Coletas	BHC		BPH Total		BPH Halo	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
1	3,23	3,03	3,03	2,53	2,39	2,11
2	3,93	3,73	2,84	2,95	2,47	2,65
3	4,03	3,34	4,08	3,25	3,63	2,94
4	5,70	6,73	4,51	5,87	3,64	5,03
Média	4,22 ^A	4,20 ^A	6,61 ^A	3,65 ^A	3,03 ^A	3,18 ^A

Letras maiúsculas (A) diferentes em colunas diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao analisarmos a proporção da quantificação dos resultados a partir da superfície do pescado, BPH Total e com Halo, observamos pequenas variações nos valores de UFC, as quais não diferem significativamente das BHC.

Diferente da presente pesquisa, outro estudo feito a partir de organismos pertencentes à família Scombridae utilizando albacoras da costa de Óregon, também analisou a Produção de Bactérias Histamínicas, tendo como resultado o valor de 10^7 UFC/g (KIM *et al.*, 2001a).

Em comparação com outra análise, o quantitativo de Bactérias Produtoras de Histamina quando realizados em meio diferencial, tem produção menor, dado esse resultado é inferido que algumas bactérias podem crescer no referido meio para Bactérias Histamínicas (NIVEN; JEFFREY; CORLETT, 1981).

As análises feitas para identificação de Bactérias Heterotróficas Mesófilas em Peixe Serra abrangendo também a superfície do pescado, em meio PCA, revelaram variações de $3,3 \times 10^3$ a $8,5 \times 10^3$ UFC/g (FERREIRA *et al.*, 2020). Com isso, segundo a Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde, regula o pescado, cru, congelado,

fresco e refrigerado com cotação máxima de 10^6 UFC/g para bactérias mesofílicas (FERREIRA *et al.*, 2020; BORDIGNON *et al.*, 2010).

4.1.2 Fenotípagem

Podem ser observados na TABELA 04 os resultados das provas fenotípicas de Gram, oxidação e catalase, para BHC e BPH.

Tabela 4 – Resultados de testes fenotípicos das estirpes de Bactérias Produtoras de Histamina (BPH) e Bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC), isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará.

	Gram				Oxidase				Catalase			
	BHC		BPH		BHC		BPH		BHC		BPH	
Coleta	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
1	22	6	24	11	25	13	28	8	0	38	0	34
2	22	13	33	6	24	10	31	8	2	32	2	37
3	16	18	34	3	21	6	15	4	1	33	0	19
4	13	11	33	3	21	9	5	6	9	21	0	10
TOTAL	73	48	124	23	91	38	79	26	12	124	2	100

BPH- Bactérias Produtoras de Histamina, BHC - Bactérias heterotróficas cultiváveis
Fonte: O Autor.

Das 320 cepas isoladas, 268 seguiram para os testes de fenotípicos, as demais não apresentaram crescimento favorável para o estudo. Para esse teste, foram submetidas a análise morfotintorial, através da coloração de Gram, identificadas: 197 (73,5%) cepas Gram negativas – 124 produtoras de histamina e 73 heterotróficas cultiváveis, 71 (26,5%) cepas Gram positivas – 23 produtoras de histaminas e 48 heterotróficas cultiváveis.

As bactérias que apresentaram produção de Histamina (BPH) revelaram quantidades maiores de cepas Gram negativas do que as bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC). Para as cepas Gram positivas, as que mostram maior evidência foram as BHC seguidas das BPH.

A grande maioria das pesquisas as quais estudam à presença de histamina no pescado se prende a espécies do ambiente marinho e lugares temperados ou de temperaturas baixas (SILVEIRA, 2002).

A microbiota natural do pescado de ambientes frios e temperados, apresenta predominância de bactérias Gram negativas, como no caso do presente estudo, diferindo da microbiota natural do pescado de águas tropicais, que é composta tanto por bactérias Gram negativas como por espécies de bactérias Gram positivas (JAY, 2005; VIEIRA, 2004). Seguindo esse pensamento, a pesquisa de Hu, Huang e Chen (2014), afirma que muitos gêneros bacterianos, Gram negativos ou Gram positivos, habitam organismos aquáticos, e são produtores de histamina.

A produção e quantificação de bactérias Gram positivas e negativas tem correlação com a estrutura do organismo do animal o qual poderá produzir o referido composto tóxico, além de ser específica para cada organismo, e irá depender também dos hábitos do organismo, podendo ocorrer variações de acordo com sua distribuição geográfica, ambiente aquático (parâmetros físico-químicos), estação do ano, temperatura das águas oceânicas e sua alimentação (FAO/WHO, 2013; FENG; TEUBER; GERSHWIN, 2016).

De acordo com os resultados da etapa da análise morfotintorial (GRAM), o percentual maior encontrado foi de bactérias Gram negativas, com total de 197, e um total de 71 cepas Gram positivas. É possível recorrer a literatura, à frequência de bactérias do tipo Gram negativas produtoras de histamina no pescado (BJORNSDÓTTIR-BUTLER; GREN, 2010), visto também que isso ocorre especialmente em organismos marinhos (FDA, 2011, KIM *et al.*, 2001), podendo também ser observado em bactérias Gram positivas (FAO/WHO, 2013).

É importante ressaltar que as bactérias identificadas na presente pesquisa são naturais das brânquias e abdômen do pescado. Algumas espécies que podem ser destacadas pela literatura como produtoras de histamina Gram negativas são: *Morganella morganii* seguida por *Proteus vulgaris*, *Hafnia alvei*, *Salmonella* spp. e *Escheria coli* (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Segundo análises feitas para a identificação de bactérias do tipo Gram Negativas em peixes como *Coryphaena hippurus* (Dourado do mar) e *Scomberomorus maculatus* (Cavala) e a produção de histamina, revela a presença de bactérias *Morganella morganii*, *Enterobacter aerogenes*, *Raoultella planticola/ornithinolytica* e *Photobacterium damsela* como responsáveis pela produção dessa toxina (BUTLER *et al.*, 2011).

Com base nos resultados na tabela 04 observa-se um valor diferenciado para a atividade de catalase, a qual tem resultado positivo no total de 124 cepas de Bactérias Heterotróficas cultiváveis, e 100 cepas para Bactérias Produtoras de Histamina.

Esse resultado é importante, por ter sido comprovado que bactérias responsáveis por produzirem histamina, tem como grande maioria a atividade simultânea em apresentar oxidase negativa e catalase positiva (SILVA *et al.*, 2010).

Tabela 5 – Resultados de produção de amins biogênicas das quatro coletas, conforme a parte do corpo analisada em 288 cepas de bactérias heterotróficas cultiváveis, isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará.

Parte do Corpo	Ornitina		Lisina		Arginina		Total
	+	-	+	-	+	-	
SD	4	20	9	15	7	17	72
BD	8	20	10	18	12	16	84
SE	7	19	9	16	12	12	75
BE	6	13	6	13	8	11	57
Total	25	72	34	62	39	56	288

SD: Superfície direita; BD: Brânquia Direita; SE: Superfície Esquerda; BE: Brânquia Esquerda.

Fonte: O Autor.

Nas bactérias heterotróficas cultiváveis, foi possível observar valores mais altos para o teste de arginina, tendo 39 (41%) cepas, acompanhadas de 34 (35,4%) para lisina e 25 (25,77%) para ornitina (TABELA 05). Da análise morfológica e anatômica, a brânquia direita revelou maior número de isolados com resultados positivos.

De acordo com os resultados obtidos para a descarboxilação positiva de aminoácido é notado que os maiores resultados foram em maior quantidade, aminoácidos Arginina e Lisina. Na literatura é visto que espécies de bactérias podem apresentar capacidade simultânea de descarboxilação de diferentes aminoácidos resultando em outras amins além da histamina como cadaverina, amina de odor repulsivo (SILLA-SANTOS, 1996).

Desse modo, existem estudos que avaliam a necessidade de estudar as atividades e presenças dos microrganismos na microbiota do pescado e suas respectivas atividades de aumentar a atividade tóxica da histamina, como no exemplo da cadaverina (SILLA-SANTOS, 1996). É importante lembrar que ocorre a ingestão da histamina as mesmas bactérias inibem a enzima DAO (diaminoxidases), acabando por interromper a desintoxicação (TAYLOR, 1985).

Dentre as bactérias produtoras de histamina (BPH): 15 (26,31%) cepas tiveram resultado positivo para arginina, seguidas de 9 (15,51%) para lisina e 6 (10,71%) para ornitina. Dos 143 (82,65%) isolados, foi possível observar valores negativos para todos os aminoácidos testados. No que se refere ao local do corpo analisado, a superfície direita foi a que apresentou a maior parte de resultados positivos (TABELA 06).

Tabela 6- Resultados de produção de aminas biogênicas das 4 coletas, conforme a parte do corpo analisada em 173 cepas de bactérias produtoras de histamina, isoladas do peixe serra (*Scomberomorus brasiliensis*) oriundos da Feira do Mucuripe, Fortaleza Ceará.

Parte do Corpo	Ornitina		Lisina		Arginina		Total
	+	-	+	-	+	-	
SD	4	12	5	11	6	10	48
BD	2	8	3	7	2	7	29
SE	0	18	0	18	5	13	54
BE	0	14	1	13	2	12	42
Total	6	52	9	49	15	42	173

SD: Superfície direita; BD: Brânquia Direita; SE: Superfície Esquerda; BE: Brânquia Esquerda.

Fonte: O Autor.

Como base nos dados apresentados na tabela acima se tratando da produção de aminas biogênicas, a arginina foi encontrada em maior quantidade, seguida da lisina e por último ornitina.

Diferente desses resultados, pesquisas relacionadas a produção de histamina e a identificação de aminoácidos revelam maiores resultados na produção da toxina histamínica dos aminoácidos, lisina e arginina (SILLA-SANTOS, 1996).

O fato da maior parte das bactérias que produzem histamina também serem capazes de originar outras aminas biogênicas, é relatado por Feng, Teuber e Gershwin (2016). Ademais, a identificação de bactérias como *Pseudomonas* (18%), *Proteus* (160,7%) e *Vibrio* (6,7%) utilizado 150 exemplares, dentre eles, tilápia, sardinha e cavala, se mostraram precursoras na produção de aminas biogênicas e da toxina histamínica (REFAI *et al.*, 2020)

Com base nas suas características, a histamina não apresenta volatilidade, oriunda da atividade de descarboxilação do aminoácido L-histidina o qual sofre ação da enzima histidina descarboxilase. O surgimento desse composto pode ser sucedido pela autólise bacteriana, em especial nas famílias das enterobactérias (SOUSA *et al.*, 2015, RODRIGUES, 2007).

A espécie escolhida para o estudo em questão é pertencente à família Scombridae, que tem pré-disposição para a formação de amins biogênicas, por apresentar maior concentração do composto histidina livre (ARAÚJO, 2013)

Com base na Portaria de nº 185 pertencente ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1997), as espécies de peixes que são produtoras de histamina são as pertencentes as famílias: Scombridae, Scombresocidae, Clupeidae, Coryphaenidae e Pomatomidae, conhecidas por apresentarem elevadas concentrações de histamina na musculatura do organismo que podem acometer intoxicação alimentar (SOUZA *et al.*, JAY, 2005).

Levando em consideração os períodos de coleta, é respaldado que no Estado do Ceará ocorrem dois fenômenos naturais, sendo eles o período chuvoso (de março a maio) e no período de estio (estação seca – entre os meses de agosto e novembro) (GUEDES *et al.*, 2005).

Sabe-se que as condições de armazenamento do pescado seguem um padrão de acondicionamento. Não se pode falar de conservação sem que seja citado o trinômio tempo-temperatura-higiene, esse conjunto é fundamental para um produto final de qualidade, mas, uma vez que apenas um desses termos não seja seguido, a fisiologia do animal dará condições para a microbiota do organismo se proliferar, decorrendo a formação de amins biogênicas, no caso a histamina (TAYLOR, 1986).

Visando analisar os fatos narrados anteriormente, se faz de extrema importância a averiguação e identificação de bactérias presentes na microbiota do pescado as quais possam ser capazes de produzir amina biogênica, isso em diferentes estações do ano devido a variação de temperatura, além desse quesito ter revelado discrepância na variação da concentração de histamina (EVANGELISTA, 2010, HUSS, 1997). Esses resultados são divergentes da presente pesquisa.

As análises de identificação de aminoácidos apresentaram, positividade para arginina (39 cepas nas BHC e 15 nas BPH), seguido por lisina (34 nas BHC e 9 nas BPH) e ornitina (25 nas BHC e 6 nas BPH). Em outros estudos é observado que a ação da toxina da histamina é intensificada pela presença de amins biogênicas, dentre elas: putrescina, cadaverina, espermina e tiramina. Estas possuem correlação de simultaneidade com a histamina, devido a descarboxilação dos aminoácidos presentes de forma livre, como: Arginina, Lisina e Ornitina (SOUZA *et al.*, 2015)

O presente estudo ressalta a importância da realização de mais pesquisas sobre produção de amins biogênicas e microrganismos no pescado, em águas tropicais com uma contribuição ao setor de beneficiamento e comercialização de pescado de forma a estabelecer estratégias

eficientes para o controle dessas substâncias no pescado comercializado (CORDEIRO *et al.*, 2020, TAKEMOTO *et al.*, 2019, SOUZA *et al.*, 2015, TAKEMOTO *et al.*, 2014, RODRIGUES *et al.*, 2012, OLIVEIRA *et al.*, 2004, CARMO *et al.*, 2010).

5 CONCLUSÃO

As contagens de bactérias produtoras de histamina (BPH) em espécimes de peixe Serra nas brânquias variaram de 2,48 à 6,47 no lado direito, 2,29 à 6,53 no lado esquerdo e na superfície variaram de 2,39 à 4,51 no lado direito e 2,11 à 5,87 no lado esquerdo.

De acordo com a caracterização morfotintorial, a maioria dos isolados com capacidade de descarboxilar a histidina no peixe Serra foram Gram negativas, com total de 124 cepas isoladas, e minoria Gram positivas, no total de 23 cepas isoladas.

Além da descarboxilação de histidina, 121 dos isolados bacterianos foram capazes de produzir outras aminas como cadaverina e putrecina. Desse total, caracterizados como bactérias heterotróficas cultiváveis (BHC), 73 cepas Gram negativas e 48 Gram positivas.

Como uma contribuição ao setor de beneficiamento de pescado e de segurança alimentar da população mais pesquisas devem ser conduzidas para identificar as espécies em águas tropicais com potencial para produção de histamina.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. H. P. **Determinação de histamina e outras aminas bioativas e perfil de ácidos graxos de peixes da região amazônica. 2013.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Instituto De Tecnologia, Universidade Federal Do Pará. 2013.
- ARIES, J. L. C.; OLIVER, B. C.; DELGADO, P. G. **Escombroidosis. Un tipo de intoxicación alimentaria, no una alergia;** ISSN 1134-2072. v. 24, n. 5, p.:240-246. 2017.
- Associação Brasileira da Piscicultura, **PEIXE BR 2021.**
- BATISTA, V. da S.; FABRÉ, N. N. Padrões espaciais e temporais na captura da serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Teleostei, Scombridae), na pesca efetuada na costa do Maranhão, Brasil. Received March 14, 2000. *Brazilian Journal Biology*, v. 61, n.4, p.:541-546, 2001.
- BEAZ-HIDALGO, R.; FIGUERAS, M. J. Molecular Detection and Characterization of Furunculosis and Other Aeromonas Fish Infections. *In: Carvalho, E., Ed., Health and Environment in Aquaculture, In Tech Open Access Publisher*, v. 97, p. 132, 2012.
- BORDIGNON, A. C. *et al.* Preparation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) croquettes from CMS and trimmings from the 'V' cut of the fillet and its physical-chemical, microbiological and sensory evaluation. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.32, n.1, p. 109-116, 2010.
- BJÖRNSDÓTTIR-BUTLER, K.; GREEN, D. P. Detection of histamine-producing bacteria in fish. **Global aquaculture advocate**, 2010.
- BOEKER, E. A.; SNELL, E. E. 7 Amino Acid Decarboxylases. **The Enzymes**, 217–253, 1972.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura.** Brasil, p. 60, 2011.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento.** Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. Institui o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Peixe Fresco (Inteiro ou Eviscerado). Diário Oficial da União, Brasília, 19 de maio de 1997.
- BUTLER, K. B. *et al.* Quantification of total and specific gram-negative histamine-producing bacteria species in fish using an MPN real-time PCR method. **Food Microbiology**, v. 28, p. 1284-1292, 2011.
- CALIXTO, E. S. *et al.* Aquaculture in Brazil and world wide: overview and perspectives. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 05, n. 01, p. 098-107, 2020.
- CARDOSO, E. S. Pesca extrativa e piscicultura no “centro-norte” do país. **Revista Produção Acadêmica-Núcleo de estudos urbanos regionais e agrários/NURBA.** v. 7, n. 1, 2021.

CARNEIRO, A. P. C. *et al.* Microbiota cultivável produtora de histamina associada com a superfície e brânquias de cavalas frescas (*Scomberomorus cavalla*). **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 54, n. 2, p. 181 – 189, 2021.

CASIMIRO, A. C. R. *et al.* Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. **Short Communication. ZOOLOGIA** 35: e14638 | DOI: 10.3897/zoologia. 35. e14638, 2018.

CARMO, F.B.T. *et al.* Histamina em conservas de sardinha. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia. v. 11, n. 1, p. 174-180, 2010

CODEX, **Código de prácticas para el pescado y los productos pesqueros, CAC/RCP 52**, p. 146 2003.

FDA. **Food and Drug Administration**. Fish and Fishery Products Hazard and Controls Guidance, 4th ed. Department of Health and Human Services, Office of Seafood, Washington, DC, p 468, 2011.

CORDEIRO, K. S. *et al.* Occurrence of pathogenic and spoilage bacteria in salmon sashimi: histamine and antimicrobial susceptibility evaluation. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas. v. 23, p.1-15, 2020.

COSTA, B. G.; LACERDA, L. D. Total mercury concentration in mackerel, *Scomberomorus cavalla*, and serra, *Scomberomorus brasiliensis*, sold in the fish stalls of Mucuripe, Fortaleza, Ceará. **Arquivos Ciências do Mar**, Fortaleza-CE, v.42, n.1, p.22-29, 2009.

CZERNIEJEWSKA-SURMA B. The influence of selected factors of biological and technological processes for histamine content in foodstuffs. Agricultural University in Szczecin, **Szczecin**, p. 92, 2006.

DASH, S. S. *et al.* Biochemical and Serological Characterization of Flavobacterium columnare from Freshwater Fishes of Eastern India. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 40, p. 236-247, 2009.

De QUADROS, D. A.; BOLINI, H. M. A. Biometric characterization, proximate composition, and fillet yield and waste of serra spanish mackarel (*Scomberomorus brasiliensis*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 41, n.4, p.877 – 888, 2015.

De QUADROS, D. A.; BOLINI, H. M. A. Caracterização Biométrica, Composição Centesimal e Rendimento do Filé e Resíduos da Sororoca (*Scomberomorus brasiliensis*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 4, p. 877-888, 2018.

DOWNES, F. P.; ITO, K. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4.ed. **Washington: American Public Health Association**, p. 676, 2001.

DURAK-DADOS, A.; MICHALSKI, M.; OSEK, J. Histamine and biogenic in food. Review Article. **Journal Veterinary Research**, v.64, p. 281-288, 2020.

EIRAS, J. C. *et al.* A note on the infection of *Scomberomorus brasiliensis* (Osteichthyes, Scombridae) by *Kudoa* sp. (Myxozoa: Multivalvulida). **Brazilian Journal of Biology**. v. 74, n. 3, p. 164-166, 2014.

ESPIRITO-SANTO, R. V.; ISAAC, V. J. **Peixes e camarões do bragantino, PARÁ-BRASIL**. 2005.

EVANGELISTA, W. P. **Prevalência de histamina em peixes escombrídeos e intoxicação histamínica no Brasil de 2007 á 2009**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FADDIN, J. F. M. Biochemical tests for identification of medical bacteria. **2 ed. Baltimore, Md, U.S.A. Williams & Wilkins**. 1980. **Journal of Clinical Pathology** vol. 29,n.10,, p. 958, 1976.

FAO, Food And Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Social and Economic Performance of Tilapia Farming in Brazil. **Aquaculture Circular**, No. 1181. Rome, FAO. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FERREIRA, E. M. *et al.* Sensory, microbiological and chemical changes in the yellow hake (*Cynoscion acoupa*) and fish saw (*Scomberomorus brasiliensis*) disembarked in ports in Maranhão. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n. 5, p. 26662-26676, 2020.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. **Rome, FAO**.<https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FAO, **Food and Aquaculture Organization**. The state of world fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable goals. 2018.

FAO, Global Fishery and Aquaculture Production Statistics 1950–2017 v, 2019.1.0, 2019a. **published through FishStatJ**. Disponível em: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en, March 2019.

FAO. Top 10 species groups in global aquaculture 2017. **WAPI factsheet**. Rome. (also available at <http://www.fao.org/3/ca5224en/ca5224en.pdf>, June 2019

FAO AQUACULTURE NEWS – Nº. 63. Maio 2021.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization / World Health Organization. Public Health. Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products. **Meeting Report**. p. 126, 2013.

FAO/WHO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations/World Health Organization. Public Health Risks of Histamine and other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products. **Meeting report**. Rome, 2013.

FAO, **Food and Agricultural Organization**. Aquaculture Production Statistics 1988–1997 (Food and Agri - Organização cultural, Roma, 1999, 1990).

FAO, **Food and Agricultural Organization**. O Estado da Pesca e Aquicultura Mundial 2008. Rome. Italy, 2009.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018. **Meeting the sustainable development goals. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO**, 2018.

FAO - United Nations Food and Agriculture Organization. The state of world fisheries and aquaculture 2006. Rome: FAO, p. 3 e 41, 2007.

FDA. Food And Drug Administration. *Fish and fishery products hazards and controls guidance*. 4 ed. Washington: **Office of Seafood**; Chap. 7. p.113-152, 2011.

FAO - Food And Drug Administration. World Review of Fisheries and Aquaculture, 2010.

FENG, C.; TEUBER, S.; GERSHWIN, M. E. Histamine (Scombroid) fish poisoning: a comprehensive review. **Clinic Rev. Allerg. Immunol.** v. 50, p. 64-69, 2016.

FILHO, I. L. V.; MESQUITA, E. F. M. Biogenic amines in fish. Occurrence, Relevance and Detection. View discussions, statistics, and author profiles for this publication at:<https://www.researchgate.net/publication/327948038>. Fevereiro 2019.

FONTELES FILHO, A. A. Síntese sobre a distribuição, abundância, potencial pesqueiro e biologia da cavala *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) e a Serra *Scomberomorus brasiliensi* Collete, Russo e Zavala - Camin da região Nordeste do Brasil. Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva MMA – **REVIZEE**, p. 10, 2000.

FONTELES-FILHO, A. A. Sinopse de informações sobre a cavala, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier) e a Serra, *Scomberomorus brasiliensis* Collette, Russo and Zavala- Camin (Pisces, Scombridae), no Estado do Ceará, Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 27, p. 21-48, 1988.

GOMES, M. B., PIRES, B. A. D., FRACALANZZA, S. A. P., & MARIN, V. A. O risco das aminas biogênicas nos alimentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 4, n.19, p. 1123–1134, 2014.

GUEDES, R. L. *et al.* Série temporal de precipitação mensal de Fortaleza, Brasil: comparação entre observações e dados de reanálise do NCEP/NCAR. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n.1, p. 83-92, 2005.

HARDMAN J.G.; LIMBIRD L .E. Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 10 ed, **New York**, 2001.

HILLIS, C. M.; MABLE, B. K. Molecular Systematics, — David M. **Systematic Biology**. v. 45, n. 4, p. 607-609, 1996.

HUSS, H. H. Garantia da qualidade dos produtos da pesca. FAO. **Documento Técnico sobre as Pescas No. 334**. Roma: FAO; 176p, 1997.

HU, Y.; HUANG, Z.; CHEN, X. Histamine-Producing Bacteria In Blue Scad (*Decapterus maruadsi*) And Their Abilities To Produce Histamine And Other Biogenic Amines. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, p. 2213-2221, 2014.

IBAMA - Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina no Nordeste do Brasil – 2002. Tamandaré, Ministério do Meio Ambiente, **IBAMA, CEPENE**, p. 209, 2003.

IBRAHIM, H. K., ALMAYAH, A. A., ISSA, A. H. Molecular Detection of Environmental *Morganella morganii*s Histamine Producing Bacteria. **Donnish Journal of Medicine and Medical Sciences**, v. 4, n. 2, p. 008-013, 2017.

JANDA, J. M.; ABBOTT, S.L. 16S rRNA Gene Sequencing for Bacterial Identification in the Diagnostic Laboratory: Pluses, Perils, and Pitfalls. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 45, p. 2761-2764, 2007.

JAY, J.M. Microbiologia de Alimentos. 6 ed. São Paulo: **Artmed**; p. 706, 2005.

JAY, J. M. Microbiologia de Alimentos. 6. ed. Porto Alegre: **Artme**; p. 711, 2005.

JIANG, Q. Q. *et al.* Histamine Production And Bacterial Growth In Mackerel (*Pneumatophorus Japonicus*) During Storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 33, p. 246–253, 2013.

KIM, S. H. *et al.* Identification Of The Main Bacteria Contributing To Histamine Formation In Seafood To Ensure Product Safety. **Food Science Biotechnology**, v. 12, p. 451–460, 2003.

KIM, S. H. *et al.* Source and Identification Of Histamine-Producing Bacteria From Fresh And Temperature-Abused Albacore. **Journal of Food Protection**, v. 64, n. 7, p. 1035-1044, 2001a.

KIM, S.H. *et al.* Histamine And Biogenic Amine Production By *Morganella Morganii* Isolated From Temperature-Abused Albacore. **Journal of Food Protection**, v.63, n.2, p. 244-51, 2001.

LOPES, I., G.; OLIVEIRA, E., G.; RAMOS, F., M. Perfil do Consumo De Peixes Pela População Brasileira. *Biota Amazônia*. **Open Journal System**. 2016.

MAIA, R. C. N. *et al.* Pesca Comercial E Estrutura Populacional Da Serra, *Scomberomorus brasiliensis* (Collette, Russo & Zavala, 1978), Desembarcada em um Pólo Pesqueiro na Costa Norte do Brasil. **Biota Amazônia ISSN 2179-5746**. Macapá, v. 5, n. 2, p. 99-106, 2015

DE SOUZA MEDINA, L. *et al.* Sistema De Recirculação Aquícola: Relações Peso-Comprimento e Fatores de Condição de Quatro Espécies de Peixes Tropicais. **Research, Society and Development**. 2022.

MADIGAN, M. T. *et al.* Brock Biology Of Microorganisms. 14. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, Porto Alegre: **Artmed**, p. 987. 2016.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boletim Aquicultura em Àguas da União 2020: **MAPA/SAP**, 2021

MENEZES, M. F. Alimentação da serra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill, em Águas Costeiras do Estado do Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 10, p.171-176, 1970

Ministério da Pesca e Aquicultura — MPA (2013). Censo aquícola nacional: ano 2008. **Brasília**, p. 32, 2013

MIYOSHI, T.; IWATSUKI, T.; NAGANUMA, T. Phylogenetic Characterization Of 16S Rrna Gene Clones From Deep- Ground Water Microorganisms That Pass Through 0.2- Micrometer- Pore – Size Filters- APP- **Environment Microbiology**, v.71, n. 2, p. 1084-1088, 2005.

MUSTAFA, A.; RANKADUWA, W.; CAMPBELL, P. Estimating the cost of sea lice to salmon aquaculture in eastern Canada. **Can Veterinary Journal**. v. 41, n. 1, p. 54-56, 2001.

NAYLOR, R. L. *et al.* Effect of Aquaculture on Wold Fish Supplies. **Article Review**. Natures, Vol. 405. 2000.

NIVEN, C. F. J.; JEFFREY, M. B.; CORLETT, D. A J. Differential Plating Medium for Quantitative Detection of Histamine - Producing Bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, p. 321-322, 1981.

NÓBREGA, M. F.; LESSA, R. P. Age and Growth of Spanish Mackerel (*Scomberomorus brasiliensis*) off the Northeastern Coast of Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 7 n. 4, p. 667-676, 2009.

OLIVEIRA, H. A. C. *et al.* Determinação de Histamina por Cromatografia líquida de Alta Eficiência de Fase Reversa em Atum e Sardinha Enlatados. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, p. 179 – 188, 2004.

PEREIRA M. C. S. *et al.* Seasonal Variations in the Diversity and Abundance of Diazotrophic Communities Across Soils. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 77, n. 1, p. 57–68, 2011.

PETTERSEN J. M. *et al.* The Economic Benefits of Disease Triggered Early Harvest: A Case Study of Pancreas Disease in Farmed Atlantic Salmon from Norway. **Prev Veterinary Medical**. v. 121, p. 314–324. 2015.

PORCHAS, M. M.; CORDOVA, L. R. M. World Aquaculture: Enviromental Impacts and Troubleshooting Alternatives. **The Scientific World Journal**. Volume 2012, Article ID 389623, 9 pages. doi:10.1100/2012/389623. April 2012.

REFAI, M. A. E. *et al.* Histamine Producing Bacteria in Fish. **Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries**. Zoology Department. Faculty of Science, v. 24, n. 7, p. 1 – 11, 2020.

RODRIGUES, L. B. *et al.* Qualidade Físico-Química do Pescado Utilizado na Elaboração de Sushis e Sashimis de Atum e Salmão Comercializados no Município do Rio de Janeiro, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1847-1854, 2012.

RODRIGUES, K. B. **Histamina x Pescado: Revisão Bibliográfica. 2007. 24 f.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, 2007.

RUIZ-CAPILLAS, C.; HERRERO, A. M. Impact of Biogenic Amines on Food Quality and Safety. **Foods** 2019, 8, 62; doi:10.3390/foods8020062. 2019.

RIBEIRO, M. E. A. Caracterização de *Aeromonas* spp. Isoladas de Águas não Tratadas para Consumo Humano. 2008.

SAHOO, P. K. *et al.* Estimation of Loss Due to Argulosis in Carp Culture Ponds in India. **Indian Journal Fish.** v. 60, p. 99–102, 2013.

SCHREIBER, F. H. R.; ZUCATTO, L. C.; LAZZARI, R. Canais de comercialização do pescado de água doce: Um estudo em municípios da mesorregião Noroeste do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development.** v. 10, n. 5, 2021.

SILVA, G. C.; CASTRO, A.C.L.; GUBIANI, E.A. Estrutura populacional e indicadores reprodutivos de *Scomberomorus brasiliensis* COLLETTE, RUSSO E ZAVALA-CAMIN, 1978 (Perciformes: Scombridae) no litoral ocidental maranhense. **Acta Scienci Biology Sci.** , v. 27, n. 4, p. 383-389, 2005.

SILVA, T. M. **Otimização e Validação de Método para Determinação de Histamina em Pescado.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

SOUZA, A. L. M. *et al.* Histamina e Rastreamento de Pescado: Revisão de Literatura. **Arquivos do Instituto Biologia,** São Paulo, v. 82, p.1-11, 2015.

SOARES K. M. P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Rev Inst Adolfo Lutz.** São Paulo; v. 71 n. 1, p, 1-10, 2012.

SOUZA, A. L. M. *et al.* Histamine and Traceability of fish: literature review. Food Safety. **Article Review.** DOI: 10.1590/1808-1657000382013. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.82, p. 1-11, 2015.

SILVA, E. M. M.; CARVALHO, L. M. J. Armazenamento de Pescado: Exigências da Padronização, Cuidados e Técnicas de Adequação para Restaurantes. **Revista Higiene Alimentar,** São Paulo, v. 20, n. 141, p. 50-54, 2006.

SMITH, M. D. *et al.*, "Sustainability and global seafood," **Ciência,** v. 327, n. 5967, pp. 784–786, 2010.

SILVEIRA, N. F. A. **Bactérias Produtoras de Histamina e Potencial para sua Formação em Peixes de Origem Fluvial ou Lacustre.** 2002. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILLA-SANTOS, M. H. Biogenic amines: Their Importance in Foods. **International Journal of Food Microbiology,** v. 29, p. 213-231, 1996.

SILVA N, et al. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 4. ed., São Paulo: Ed. **Varela;** 2010.

SILVA, R. M. L. *et al.* *Aeromonas spp.* em água de piscicultura da região da baixada ocidental maranhense. **Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo**, v. 36, n. 3, p. 245-249, 2010.

SHALABY A. R. Survey on Biogenic Amines in Egyptian Foods: Sausage. **Journal Science Food Agriculture**, v. 62, p. 291–293, 1993.

TAKAHASHI, H. *et al.* Cloning and Sequencing of the Histidine Decarboxylase Genes of GRAM-Negative, Histamine Producing Bacteria and their Application in Detection and Identification of These Organisms in Fish. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, p. 2568–2579, 2003.

TAKEMOTO, E. *et al.* Peixe Bonito Assado: um Caso de Surto de Intoxicação por Histamina. **BEPA**, v. 16, n 185, p:1-10, 2019.

TAKEMOTO, E. *et al.* Surto de Intoxicação por Histamina Associado ao Consumo de Atum em Conserva no Estado de São Paulo, Brasil, **BEPA** v. 11, n 126, p:25-28, 2014

TAYLOR, S. L.; EITENMILLER, R. R. Histamine Food Poisoning: Toxicology and Clinical Aspects. **CRC Critical Reviews in Toxicology**, v.17, n. 2, p. 91–128, 1986.

TAYLOR, S. L. Histamine Poisoning Associated with Fish, Cheese, and other Foods. **World Health Organization**, Genebra, p. 1-45, 1985.

TSAI, Y. H. *et al.* Occurrence of Histamine and Histamine-Forming Bacteria in Salted Mackerel in Taiwan. **Food Microbiology**, Fortaleza, 22, 461–467, 2005.

VENDRELL, D. *et al.* Lactococcus Garvieae in Fish: A Review. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v.29, p. 177-198, 2006.

VISCIANO, P.; SCHIRONE, M.; PAPARELLA, A.; An Overview of Histamine and Other Biogenic Amines in Fish and Fish Products. **Foods**, v. 9, p. 1795, 2020.

VIEIRA, R. H. S. F. Microbiologia, Higiene e Qualidade do Pescado: Teoria e Prática. São Paulo: **Varela**, 2004.

VITULE, J. R. S. D. P. *et al.* Ecology: Preserve Brazil's aquatic biodiversity. **Nature** 485: 309. 2012. <https://doi.org/10.1038/485309c>.

XIMENES, M.O. C. Idade e Crescimento da Serra *Scomberomorus brasiliensis* no estado do Ceará, Brasil. **Arquivos Ciências do Mar**, v. 21, n ½, p. 47-54. 1981.

WAGNER, G. P.; SILVA, L. A. “Outros pesqueiros”: apontamentos sobre a pesca, os pescadores e os ambientes do Sul do Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Hum.** Belém, v. 16, n. 1, e20200024, 2021.

ZAVALA-CAMIN, L. A. Caracterização das Espécies Brasileiras da Família Scombridae (Osteichthyes – Perciforme). **Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo**, v.10, n. 1, p. 73-93. 1983.

ZHANG, T.; FANG, H. Phylogenetic Diversity of a SRB-rich Marine Biofilm. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 57, n. 3, p. 437–440, 2001.

ZHONG, X. *et al.* Rapid and Ultrasensitive Detection of Biogenic Amines with Colorimetric Sensor Array. **Sens. Actuators B Chemical**, v. 274, p. 464–471. 2018.