

Importância da Técnica de DNA Barcoding na Detecção de Fraudes em Pescados

Importance of DNA Barcoding Technique in Fish Fraud Detection

DOI:10.34117/bjdv7n6-533

Recebimento dos originais: 07/05/2021

Aceitação para publicação: 22/06/2021

Juliano Musetti Jacyntho

Graduado em Medicina Veterinária
Universidade Paulista – UNIP - Campinas – SP, Brasil
Av. Comendador Enzo Ferrari, 280 - Swift, Campinas - SP, 13045-770
E-mail: julianomjacyntho11@gmail.com

Maria Eleonora Feracin da Silva Picoli

Doutora em Biologia Funcional e Molecular
Universidade Paulista – UNIP - Campinas – SP, Brasil
Av. Comendador Enzo Ferrari, 280 - Swift, Campinas - SP, 13045-770
E-mail: maria.picoli@docente.unip.br

Cláudia Kiyomi Minazaki

Doutora em Reprodução Animal e Biotecnologia
Universidade Paulista – UNIP - Campinas – SP, Brasil
Av. Comendador Enzo Ferrari, 280 - Swift, Campinas - SP, 13045-770
E-mail: claudia.minazaki@docente.unip.br

Fernando Ananias

Doutor em Biologia Celular e Estrutural
Universidade Paulista – UNIP - Campinas – SP, Brasil
Av. Comendador Enzo Ferrari, 280 - Swift, Campinas - SP, 13045-770
E-mail: fernando.ananias@docente.unip.br

RESUMO

Estudos recentes mostram que os pescados são uma das principais fontes de alimento consumidas mundialmente. Estes possuem alto valor biológico e nutricional, sendo uma das principais fontes de proteína disponíveis e acessíveis para a alimentação humana. Além de serem um alimento altamente nutritivo, toda cadeia produtiva dos pescados contribui para movimentar a economia mundial sendo responsável pela geração e manutenção de diversos empregos. A correta identificação dos pescados representa uma prioridade em nível mundial para que os governos evitem fraudes e validem produtos e subprodutos provenientes dos pescados, principalmente aqueles que já foram processados. Desta maneira, evitam-se perdas econômicas, danos à saúde dos consumidores e impactos ambientais resultantes da substituição dos pescados por espécies em risco. Neste contexto, a técnica de DNA barcoding é aplicada como um dos principais métodos para identificar espécies e evitar fraudes em pescados. Objetivo:

Realizar uma revisão sistemática, a fim de avaliar e comparar a taxa de fraudes em pescados em diversos países. Métodos: Revisão integrativa de literatura realizada através das bases de dados Science Direct, Google Acadêmico, SciELO, PubMed entre outras plataformas obedecendo aos critérios de inclusão e exclusão. Foram selecionados os artigos completos disponíveis nos idiomas português, inglês ou espanhol, sem recorte temporal, excluindo-se os duplicados e os que não responderam diretamente à pergunta norteadora. Resultados: As taxas médias de fraudes apresentam grande variação entre os países, sendo que países com leis sanitárias mais rígidas, como por exemplo França e Coreia do Sul, apresentam taxas muito baixas comparadas com a média mundial. Já o Brasil possui uma taxa de fraude duas vezes maior que a média mundial. Conclusão: Através da revisão foi possível concluir que a técnica de DNA barcoding representa atualmente um dos principais métodos padronizados para a identificação de fraudes em pescados, sendo utilizada em diversos países, auxiliando na identificação e posterior penalidade em casos de fraudes. O Brasil promove constantemente mudanças na legislação para diminuir e controlar as fraudes porém, ainda está acima da média mundial. Provavelmente, a discrepância nas taxas de fraudes entre os países está relacionada ao sistema de vigilância sanitária e as leis vigentes.

Palavras-chave: Pescados, Fraudes, DNA Barcoding.

ABSTRACT

Recent studies show that fish are one of the main sources of food consumed worldwide. These have high biological and nutritional value, being one of the main sources of protein available and accessible for human consumption. In addition to being a highly nutritious food, the entire fish production chain contributes to the movement of the world economy, being responsible for the generation and maintenance of several jobs. The correct identification of fish represents a world-wide priority for governments to prevent fraud and validate products and by-products from fish, especially those that have already been processed. In this way, economic losses, damage to the health of consumers and environmental impacts resulting from the replacement of fish by species at risk are avoided. In this context, the DNA barcoding technique is applied as one of the main methods to identify species and prevent fraud in fish. Objective: To perform a systematic review in order to assess and compare the fraud rate in fish in several countries. Methods: Integrative literature review conducted using the Science Direct, Google Academic, SciELO, PubMed databases, among other platforms, according to the inclusion and exclusion criteria. Full articles available in Portuguese, English or Spanish language were selected, without a time cut, excluding duplicates and those that did not directly answer the guiding question. Results: The average fraud rates show great variation among countries, with countries with stricter sanitary laws, such as France and South Korea, presenting very low rates compared to the world average. Brazil has a fraud rate twice as high as the world average. Conclusion: Through the review it was possible to conclude that the DNA barcoding technique is currently one of the main standardized methods for identifying fraud in fish, being used in several countries, helping in the identification and subsequent penalties in cases of fraud. Brazil constantly promotes changes in legislation to reduce and control fraud; however, it is still above the world average. Probably, the discrepancy in fraud rates between countries is related to the sanitary surveillance system and the laws in effect

Keywords: Fish. Fraud. DNA Barcoding.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Art. 205 presente no Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) mais recente, entende-se por pescado os peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis, equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (RIISPOA, 2017). O consumo de pescados representa atualmente uma grande e considerável parcela da alimentação mundial, o pescado possui alta digestibilidade e alto valor biológico, sendo uma das principais fontes de proteína disponíveis para a alimentação humana (SOARES; GONÇALVES, 2012). Diversos fatores podem influenciar no consumo dos pescados como padrões de consumo alimentar, fatores socioeconômicos, características pessoais, estado de saúde e dimensões atitudinais (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Além de ser um alimento de alto valor nutricional, o relatório SOFIA (FAO, 2020) informa que em 2018, cerca de 88% dos 179 milhões de toneladas da produção total de pescados foram utilizados para consumo humano direto, sendo apenas 12% usados para fins não alimentares. Em 2018, o peixe vivo, fresco ou resfriado ainda representava a maior parte dos pescados utilizados para consumo humano direto (44%). Ainda segundo o relatório, 3,3 bilhões de pessoas utilizaram os pescados como fonte de proteínas, representando quase 20% da ingestão média per capita de toda proteína animal. Em 2017, os pescados representaram cerca de 17% do total de proteína animal e 7% de toda proteína consumida globalmente. Segundo Pontes, 2020, o consumo de pescados per capita no Brasil cresceu de 10 para 14 kg por ano segundo valores analisados por ele presentes em relatórios da FAO em 2018.

Os pescados se destacam nutricionalmente pois apresentam grandes quantidades de vitaminas lipossolúveis A e D principalmente em peixes considerados gordurosos, como por exemplo na sardinha, salmão e cavala. Também são uma boa fonte de vitaminas do complexo B quando comparável com a quantidade encontrada em outras carnes de mamíferos (SARTORI; AMANCIO, 2012). Além de possuírem grandes quantidades de minerais como cálcio, fósforo, ferro, cobre e selênio (MARTINS et al, 2016). No caso de peixes de água salgada, também apresentam quantidades consideráveis de iodo e os pescados são ótimos alimentos para dietas restritivas de sódio, já que possuem teor relativamente baixo deste mineral (SARTORI; AMANCIO, 2012).

Os pescados são considerados como alimentos ricos em proteínas de alto valor nutricional, também possuem maior teor de proteína quando comparado à outros tipos de carne, além disso, a proteína é altamente digerível e rica em peptídeos e aminoácidos

essenciais como por exemplo a metionina e lisina, que estão presentes em quantidade limitada em outros tipos de carne (TILAMI; SAMPELS, 2018).

O baixo nível de colesterol e a alta taxa de ácidos graxos poli-insaturados, características dos pescados, são importantes para reduzir os riscos de doenças coronarianas. Os efeitos cardioprotetores dos ácidos graxos poli-insaturados do grupo ômega-3 estão relacionados às ações fisiológicas dos lipídios, como na pressão sanguínea, na função vascular e na manutenção da eurritmia cardiológica (ELAGIZI et al, 2021).

Levando em consideração que a captura e comércio dos pescados ocorre em âmbito global, é extremamente importante realizar a correta identificação destes para evitar fraudes na indústria e comércio. A utilização de nomes genéricos utilizados na comercialização dos pescados pode comprometer a habilidade dos consumidores de realizar escolhas conscientes na hora de comprar o produto (CHUANG et al., 2016). Além deste fato, muitas vezes o produto já passou por alterações industriais e/ou não está inteiro, o que dificulta a identificação da espécie correta, portanto é imprescindível o uso de técnicas funcionais e eficazes como o DNA barcoding para identificar fraudes e adulterações.

Como projeção realizada pela SOFIA (FAO, 2020) espera-se que a produção, o consumo e o comércio mundiais de pescados aumentem, mas com uma taxa de crescimento que diminuirá com o tempo. A produção total de pescados deverá crescer de 179 milhões de toneladas em 2018 para 204 milhões de toneladas em 2030. A produção da aquicultura está projetada para atingir 109 milhões de toneladas em 2030, representando um aumento de 32% (26 milhões de toneladas) em relação a 2018. A Ásia continuará a dominar o setor de aquicultura e será responsável por mais de 89% do aumento da produção até 2030. O setor deve se expandir mais na África (até 48%) impulsionado pela capacidade de criação implementada nos últimos anos.

No Brasil, o comércio de pescados tem grande importância econômica no mercado interno e também internacional. De acordo com o Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior (Aliceweb), a exportação de pescado no período de 2006 a 2016 contribuiu, em média, com 0,1% ao ano do total de todos os produtos exportados pelo Brasil (*como por exemplo a soja, combustíveis, minério de ferro, açúcar e café*), o que correspondeu a aproximadamente 220 milhões de dólares/ano e exportação de 38 mil toneladas/ano. No contexto mundial, as exportações brasileiras participaram com 0,3% do total de pescado exportado (FARIAS; FARIAS, 2018). Em relação às importações; em 2015 por exemplo, a importação foi de 1,1 bilhão de dólares, principalmente de

produtos que não são produzidos no Brasil, como o bacalhau, o salmão e a merluza (FARIAS; FARIAS, 2018).

A correta identificação dos produtos comercializados é importante e nesse sentido, a técnica de DNA barcoding (código de barras de DNA) vem sendo utilizada com base nas sequências de DNA mitocondrial dos genes citocromo, DNA ribossômico 16S ou 12S e o citocromo oxidase I (COI) (BÉNARD-CAPELLE et al, 2015). Segundo Carvalho e colaboradores (2017), na identificação de pescados, utiliza-se primers que amplificam cerca de 650 pares de bases nitrogenadas que formam o gene mitocondrial do citocromo oxidase I. Além do DNA mitocondrial, o DNA nuclear também pode ser utilizado, mas o DNA mitocondrial é mais utilizado pois geralmente é menor, origem materna e o número de cópias do DNA mitocondrial na célula geralmente é várias vezes maior do que as cópias de DNA nuclear (XIONG et al, 2019).

No Brasil, a técnica de DNA barcoding já é adotada como metodologia padrão para identificar fraudes em pescados sendo utilizada periodicamente em programas nacionais para regulamentação sistêmica e de rotina dos pescados e seus produtos. As amostras são conservadas seguindo procedimentos padrões (conservadas em etanol 70% e temperatura igual ou inferior a 4°C). Nos programas realizados, as amostras são encaminhadas ao Laboratório Federal de Defesa Agropecuária em Goiânia (LFDA – GO) para identificação molecular, sendo este o laboratório oficial do MAPA, referência internacional em DNA de peixes (CARVALHO et al, 2017).

Segundo o artigo Art. 495 presente no RIISPOA, 2017, caso haja evidência ou suspeita de que um produto de origem animal represente risco à saúde pública ou tenha sido alterado, adulterado ou falsificado, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento deverá adotar, isolada ou cumulativamente: a apreensão do produto; a suspensão provisória do processo de fabricação ou de suas etapas e/ou a coleta de amostras do produto para realização de análises laboratoriais.

Caso confirmada a infração (configurada por diversas atitudes, dentre elas as fraudes por rotulagem incorreta), posteriormente, serão estipuladas penalidades para a pessoa física ou jurídica, de acordo com a gravidade da infração cometida. As penalidades podem ser: advertências, quando o infrator for primário e não tiver agido com dolo ou má-fé; multa, tendo como valor máximo o correspondente ao valor fixado em legislação específica, de acordo com as gradações (leve, moderada, grave e gravíssima); apreensão ou condenação das matérias-primas e dos produtos de origem animal, quando não apresentarem condições higiênico-sanitárias adequadas ao fim a que se destinam, ou

forem adulterados; suspensão de atividade, quando causar risco ou ameaça de natureza higiênico-sanitária ou quando causar embaraço à ação fiscalizadora; interdição total ou parcial do estabelecimento, quando a infração consistir na adulteração ou na falsificação habitual do produto ou quando se verificar, mediante inspeção técnica realizada pela autoridade competente, a inexistência de condições higiênico-sanitárias adequadas e finalmente; a cassação de registro ou do relacionamento do estabelecimento (RIISPOA, 2017).

A figura 1 a seguir mostra uma linha do tempo com as principais alterações na legislação do RIISPOA em relação aos pescados, desde o surgimento deste regulamento até suas modificações mais recentes.

Desta maneira, esta pesquisa tem como principal objetivo apresentar através de uma revisão sistemática, estudos de 10 países que utilizaram a técnica de DNA barcoding para identificar fraudes em pescados e comparar as diferentes taxas encontradas nos países com a finalidade de encontrar possíveis relações, divergências ou justificativas para explicar os resultados encontrados.

Figura 1. Linha do tempo com as principais alterações no RIISPOA em relação aos pescados.

29 de março de 1952

Aprovado o novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), consolidando este como o primeiro código higiênico-sanitário do Brasil.

- Tornava obrigatória a inspeção de pescados e seus derivados.
- Definição e classificação por lei dos tipos de pescados e seus derivados, além dos diversos tipos de estabelecimentos.

23 de fevereiro de 2007 / 17 de junho de 2010

Revisões abordando os temas de carnes (bovino, suínos, aves e conservas) pescado, leite, mel, ovos, rotulagem e a parte legal do RIISPOA, coordenadas pelo Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), junto à Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA).

- Revisões das medidas de inspeção higiênico-sanitárias.
- Regulamento técnico sobre as condições higiênico-sanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal.
- Requisitos higiênicos e sanitários de instalações, equipamentos, utensílios, pessoal, produção etc.

29 de março de 2017

Decreto do novo RIISPOA

- Em 2016, iniciou-se uma revisão completa do Regulamento. Como resultado final deste trabalho, surgiu o novo RIISPOA de 2017.
- Obrigatoriedade de que o desembarque do pescado oriundo de produção primária, seja realizado em um local intermediário sob controle higiênico-sanitário do estabelecimento, quando não for realizado diretamente no estabelecimento registrado.
- Permitida a realização de operações de sangria, evisceração e descabeçamento de determinados tipos de pescado a bordo, desde que o procedimento esteja previsto nos programas de autocontrole do estabelecimento.

23 de março de 2021

- Fica estabelecido, em todo território nacional, o Regulamento para o enquadramento do pescado e produtos derivados do pescado em artesanais, necessários a conceção do Selo ARTE.

30 de abril de 1956 / 25 de junho de 1962

Decretos alterando e reformulando artigos de 1952.

- Extensa reformulação e adição de definições dos tipos de pescados e seus derivados.
- Ajustes na legislação de inspeção de pescados e derivados para atender acordos de mercado, como no caso das negociações com países do Mercosul.

2012 a 2016

Compatibilização do RIISPOA com as legislações vigentes, como o Código de Defesa do Consumidor e o Decreto que institui o Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA).

- Revisão ortográfica e técnica do documento, atualizando terminologias e promovendo um reordenamento dos assuntos. Também foi sincronizado com as normativas internacionais, para a manutenção dos acordos sanitários firmados com os países que comercializam com o Brasil.
- **Janeiro de 2015:** Técnica de DNA barcoding é legitimada pelo MAPA como padrão para identificação de fraudes em pescados.
- De 2012 até o ano de 2016, o documento passou por duas alterações pontuais bastante significativas: a modificação no regime de inspeção e a alteração no sistema de registro de produtos.

Fonte: O autor, 2020.

18 de agosto de 2020

Altera e complementa o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017 (novo RIISPOA).

- Classificação de Abatedouro frigorífico de pescado: abate de anfíbios e répteis – inspeção em caráter permanente.
- É permitida a destinação industrial do pescado que se apresenta injuriado, mutilado, deformado, com alterações de cor, com presença de parasitas localizados ou com outras anormalidades que não o tornem impróprio para o consumo humano na forma em que se apresenta; nos termos do disposto em normas complementares ou, na sua ausência, em recomendações internacionais (Art.214).
- Os estabelecimentos de abate, de pescados de ovos e de mel são responsáveis por garantir a identidade, a qualidade e a rastreabilidade dos produtos, desde sua obtenção na produção primária até a recepção no estabelecimento, incluindo o cadastro de produtos, programas de melhoria da qualidade da matéria-prima e de educação continuada.
- Art.209: os controles do pescado e de seus produtos devem ser realizados pelo estabelecimento (análises sensoriais, controle de toxinas/parasitas, indicadores de frescor etc).

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado a partir de uma revisão sistemática da literatura, utilizando artigos científicos que mostram o uso da técnica de DNA barcoding na detecção de fraudes em pescados e as taxas de fraudes encontradas nestes estudos. Os artigos foram selecionados através do título ou resumo, pesquisados utilizando os termos “fish mislabeling”, “dna barcoding fish”, “fish fraud” entre outros relacionados com fraudes em pescados, publicados em inglês ou português nos últimos 6 anos (entre 2014 e 2020). Artigos que não utilizaram a técnica de DNA barcoding como padrão para identificar fraudes, não foram incluídos na pesquisa. Os artigos selecionados foram escolhidos por meio de busca digital nas bases de dados Science Direct, Google Acadêmico, SciELO, PubMed e outras plataformas contendo dados em relação à detecção de fraudes em pescado utilizando a técnica de DNA Barcoding.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram selecionados 10 artigos de diferentes países, escolhidos de acordo com sua relevância, sendo incluídos os estudos que apresentaram maior abrangência de pesquisa ou artigos referentes aos países de grande importância no comércio de pescados.

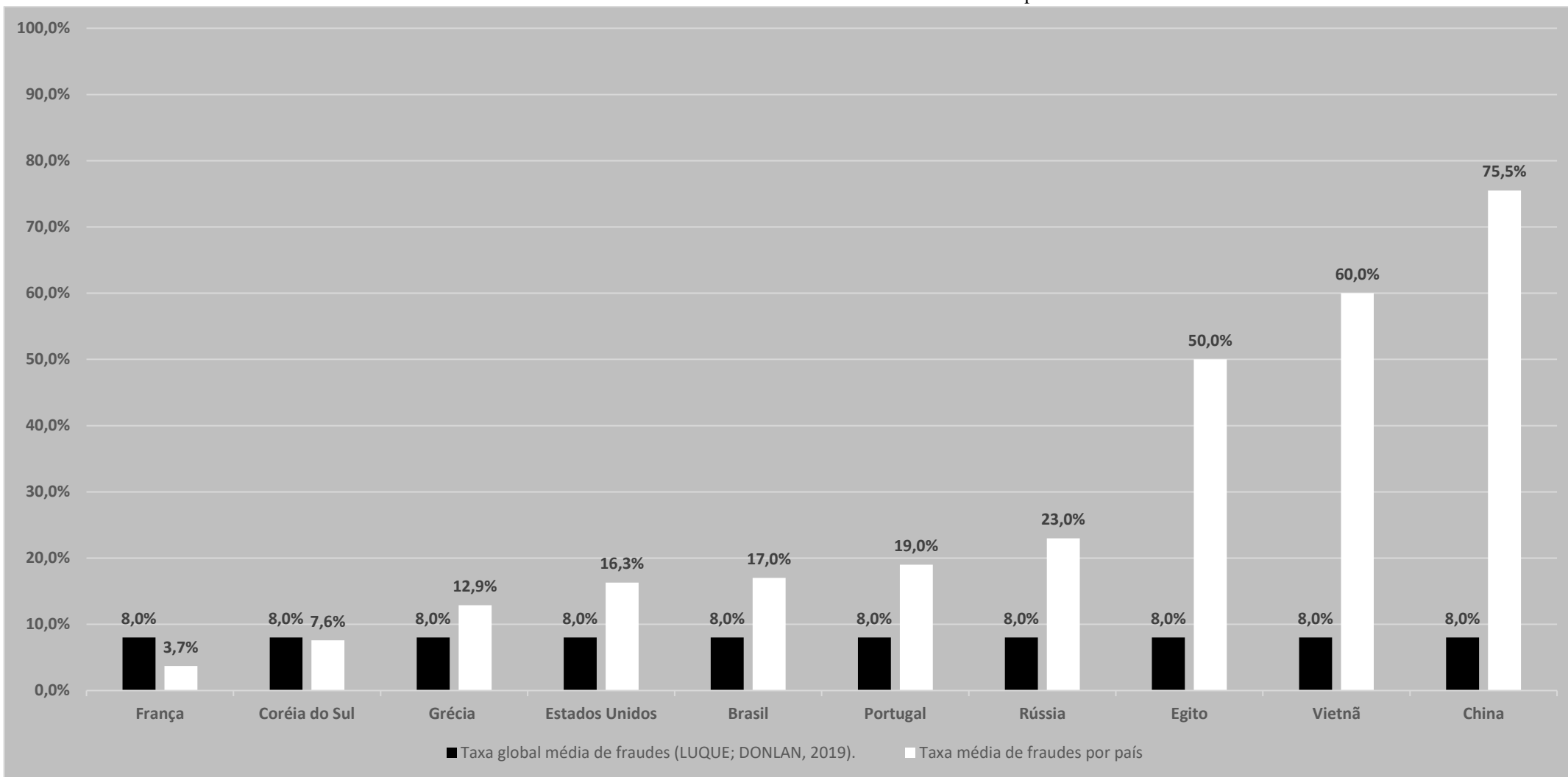
A tabela 1 mostra os procedimentos de análise através da técnica de DNA barcoding dos pescados estudados nos diferentes países, as taxas médias de fraudes encontradas assim como os bancos de dados genéticos utilizados para a obtenção dos resultados. Todos os estudos utilizados tiveram como objetivo encontrar as taxas de fraudes em pescados com o uso da técnica de DNA barcoding, sendo que todos utilizaram fragmentos do gene COI como método de análise padrão. Além disto, todos estudos utilizaram pelo menos a plataforma BOLD para realizar a correta identificação das espécies de forma padronizada. Como parâmetro para a taxa de fraudes, foram utilizados os resultados da meta-análise mais recente de fraudes em pescados, mostrando que a taxa global média é de 8% (LUQUE; DONLAN, 2019). Em sequência, o gráfico 1, mostra as taxas médias de fraudes em ordem crescente de acordo com o resultado de cada país em comparação com a média mundial de fraudes da meta-análise realizada por Luque; Donlan, 2019 utilizada como referência.

Tabela 1. Descrição dos procedimentos de análise através da técnica de DNA barcoding, banco de dados genético utilizado para identificação e taxa de fraudes encontradas nos diferentes estudos selecionados.

Autor	País onde ocorreu o estudo	Procedimento de análise através da técnica de DNA barcoding	Banco de dados genético utilizado para identificação	Taxa média de fraudes encontradas
Galal-Khallaf et al, 2014	Egito	Análise de 90 amostras de filés de peixe rotulados como perca do Nilo, panga e tilápia que foram coletadas, entre setembro e novembro de 2013 em mercados locais em três províncias egípcias; Cairo, Monufia e Qalyubia.	BOLD e Genbank	50%
Khaksar et al, 2015	Estados Unidos	Análise de 228 amostras de pescados coletadas ao longo de um período de quatro meses em três locais nos EUA: de Nova York (NY), Austin (TX) e a área da Baía de São Francisco (CA).	BOLD e Genbank	16,3%
Bénard-Capelle et al, 2015	França	Análise de 371 amostras com 55 nomes de espécies comerciais, coletadas em peixarias, supermercados e restaurantes entre abril e dezembro de 2013. A amostragem incluiu filés de peixe, frescos e congelados e refeições preparadas.	BOLD	3,7%
Harris; Rosado; Xavier, 2016	Portugal	Análise de 66 amostras provenientes de 26 espécies de pescados, das quais 12 eram peixes, coletadas em julho e agosto de 2014.	BOLD e Genbank	19%
Carvalho et al, 2017	Brasil	Análise de 255 amostras de pescados e produtos derivados constituídos por 29 nomes comerciais de peixes, confiscados de peixarias, mercados e supermercados localizados em 14 estados brasileiros por funcionários oficiais do governo.	BOLD	17%
Nedunoori; Turanov; Kartavtsev, 2017	Rússia	Análise de 22 amostras de peixe inteiro congelado, em pedaços ou em filetes coletados em dois supermercados russos, Parus e Rybnyi Ostrovok.	BOLD e Genbank	23%
Ha et al, 2018	Vietnã	Análise de 20 amostras de 10 produtos processados de peixes coletados de 2 grandes supermercados do Vietnã.	BOLD e Genbank	60%
Xiong et al, 2019	China	Análise de 64 amostras de produtos de filés de peixes assados pré-embalados, coletados em todo o mercado chinês. Quando possível, de 1 a 5 amostras de cada produto foram separadas aleatoriamente, totalizando 202 amostras.	BOLD	75,5%
Do et al, 2019	Coréia do Sul	Análise de 245 amostras de pescados, coletados em diferentes localidades da Coréia do Sul em 2018. Coletados em supermercados, mercados online, mercados de peixes e restaurantes enquanto amostras de referência foram capturadas no mar.	BOLD e FishBase	7,6%
Minoudi et al, 2020	Grécia	Análise de 285 amostras de pescados, coletadas entre 2015 e 2018 nas seis principais cidades gregas pela Autoridade Alimentar Helênica (EFET).	BOLD e Genbank	12,9%

Fonte: O autor, 2020.

Gráfico 1. Taxas médias de fraudes em ordem crescente de acordo com o resultado de cada país e média mundial de fraudes.



Fonte: O autor, 2020.

Devido à alta incidência de fraudes em pescados observadas nos diversos países analisados no presente estudo, fica nítida a necessidade de se adotar uma identificação precisa dos pescados, utilizando nomes comuns padronizados associados às penalidades financeiras para as empresas não conformes. Galal-Khallaf et al, 2014, assim como Carvalho et al, 2017 e Nedunoori; Turanov; Kartavtsev, 2017 defendem a necessidade de identificação precisa dos pescados, através da criação de programas forenses sistemáticos, que permitam instituir penalidades financeiras, como o DNA barcoding, desta maneira, contribuindo para uma atividade pesqueira mais sustentável e confiável e permitindo que os consumidores façam escolhas conscientes ao comprar os pescados. Em contrapartida, para Xiong et al, 2019 a correta identificação dos pescados utilizando a técnica de DNA barcoding, pode ter sua eficácia comprometida por diversos fatores, como a vulnerabilidade dos bancos de dados (abrangência incompleta das sequências registradas) e a possível identificação incorreta das espécies (inclusão o uso de sequências espécies em fase larval e jovem).

Bénard-Capelle et al, 2015 assim como Minoudi et al, 2020 afirmam que as taxas de fraudes encontradas em seus respectivos trabalhos são baixas em comparação com as taxas relatadas na maioria dos outros países, afirmação esta que pode ser comprovada através da análise dos resultados encontrados neste estudo. Segundo estes autores, a diferença nas taxas de fraudes entre países pode ser resultado de diversos fatores sociais e econômicos, como por exemplo a rigidez no controle das taxas de fraudes, realizado por agências governamentais ou como é feita a gestão da cadeia logística, o que explicaria a tendência de baixas taxas de fraudes nos países pertencentes à União Europeia. Resultados encontrados por Do et al, 2019, mostrando baixa taxa de fraudes em comparação com os resultados dos outros países analisados no presente estudo, também corroboram com a ideia de que a rigidez no controle das taxas de fraudes contribuem para a diminuição das mesmas, já que as baixas taxas podem ser resultado das rigorosas leis da Coreia do Sul e a consciência dos consumidores coreanos. Por outro lado, resultados encontrados no estudo de Harris; Rosado; Xavier, 2016 mostram uma taxa de fraude consideravelmente alta em Portugal, dado o tamanho do mercado de pescados deste país.

Resultados do presente estudo também reiteram que a maior parte das fraudes são propositais e as substituições tem como principal motivação fatores econômicos, como observado nos trabalhos de Galal-Khallaf et al, 2014, Khaksar et al, 2015, Carvalho et al, 2017 e Nedunoori; Turanov; Kartavtsev, 2017, onde espécies de menor preço eram vendidas como espécies de maior qualidade e a um preço mais caro, muitas vezes

apresentando rotulagem e identificação incorretas das espécies, fatores que caracterizam uma fraude comercial.

Contrário a isto, Ha et al, 2018, descarta a ocorrência de fraudes propositais, sendo que as rotulagens incorretas encontradas em seu trabalho, foram segundo o autor, resultado de uma confusão de nomes por parte dos produtores, já que estes podem não checar os nomes científicos corretos dos pescados antes de processá-los e, portanto, confundir os nomes. Harris; Rosado; Xavier, 2016, afirmam que segundo seus resultados, todos os tipos de pescados examinados, incluindo bivalves, crustáceos e peixes estão sujeitos a rotulagem incorreta e que os rótulos incorretos são normalmente de espécies semelhantes, não configurando uma fraude para ganho comercial. Isso pode significar que uma grande porcentagem de fraudes ocorre simplesmente devido à falta de cuidado para rotular os produtos.

Estudo desenvolvido por Lea-Charris, Castro, Villamizar, 2021 segue na direção contrária da proposta por Ha et al, 2018. Ao comparar 59 amostras de filé de robalo de marcas comerciais recolhidas em grandes redes de supermercado em Santa Maria (Colômbia) durante três meses, foi constatada fraude em 98% dos grandes estabelecimentos comerciais, contra 7% dos mercados de peixe. Os autores sugerem que a prática, além de amplamente utilizada, também segue um padrão constante de incidência. Cenário semelhante foi encontrado em estudo conduzido por Calegari et al., 2020 ao pesquisar fraude no comércio de bacalhau em Porto Alegre (Brasil) e, neste caso, os autores explicam que a fraude está relacionada tanto ao fator financeiro, visto que o preço do bacalhau chega a ser três vezes mais quando comparado à espécies semelhantes, como também ao declínio dramático dos estoques no Atlântico devido à pesca intensiva a que esta espécie foi exposta. A falta de transparência no comércio de pescado tanto pela indústria como também pelas grandes redes de atacado é um problema que afeta tanto a cadeia de produção como também a distribuição deste produto para os restaurantes e para os consumidores; além de prejudicar os programas de preservação e pesca sustentável de diversas espécies. No caso do Brasil, os autores atribuem esta alta taxa de fraude à não adoção do DNA barcoding como procedimento padrão em inspeções de rotina uma vez que esta tecnologia tem se tornado cada vez mais sofisticada e acessível para identificar precisamente as substituições e práticas de etiquetagem incorreta.

Carvalho, Sampaio, Santos, 2020, atribuem as substituições acidentais à situações onde as espécies são morfologicamente similares ou à ambiguidades aos nomes popular. Porém a substituição intencional por espécies de maior valor comercial está associada aos

produtos derivados de pescado de baixo valor comercial ou ainda às espécies pouco aceitas pelos consumidores. Neste trabalho, além de verificarem a eficácia da técnica de DNA barcoding, os autores também observaram que 17% das 305 amostras analisadas tinham sido substituídas por uma espécie distinta daquele descrito no rótulo. O valor verificado pelo grupo está acima da taxa global de fraudes, como pode ser observado no gráfico 1. Em todos os casos de substituição, a espécie descrita no rótulo tinha maior valor comercial e popularidade do que o produto original.

De forma quase unânime, os autores afirmam que as fraudes não afetam apenas a economia do país, mas também geram impactos sociais, ambientais e no consumo dos pescados. O presente trabalho identificou alguns destes fatores, como ressaltado por Galal-Khallaf et al, 2014, Khaksar et al, 2015 e Minoudi et al, 2020 que respectivamente, citam a substituição de espécies adquiridas de rios poluídos, a rotulagem incorreta causando impactos sociais entre consumidores e produtores e a substituição por espécies que estão incluídas na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN (União Internacional para a conservação da natureza) como as principais fraudes em pescados. Outro ponto importante a ser levantado é que, na maioria das substituições observadas por Carvalho, Sampaio, Santos, 2020, o valor nutricional da espécie embalada é diferente daquele que está descrito no rótulo.

Levando-se em consideração todas as informações e resultados obtidos através da análise das taxas de fraudes deste estudo, conclui-se que a técnica de DNA barcoding atualmente é adotada globalmente como uma das principais técnicas para identificação de fraudes, porém, as taxas de fraudes variam de acordo com o país e têm relação direta com a rigidez das políticas sanitárias em questão. Países com leis mais incisivas para identificar e punir casos de fraudes tendem a ter as taxas mais baixas, o que justifica os baixíssimos níveis de fraudes observados nos países europeus, regidos por rigorosas leis sanitárias da União Europeia. Vale ressaltar também que independente do país em análise, as fraudes de ordem econômica com substituição de pescados mais caros por espécies mais baratas é uma prática recorrente. E por fim, neste trabalho os maiores produtores e exportadores de pescados do mundo (China e Vietnã) também são os países com as maiores taxas de fraudes em pescados, podendo ter relação direta com fatores sociais, atitudinais, socioeconômicos, legislação vigente e como é feita a inspeção e segurança alimentar de cada país; sendo necessário estudos futuros para determinar tais relações que são complexas e irão variar de acordo com o país em análise.

REFERÊNCIAS

BÉNARD-CAPELLE, J. ; GUILLONNEAU, V.; NOUVIAN, C.; FOURNIER, N.; LE LOËT, K.; DETTAI A. Fish mislabelling in France: substitution rates and retail types. *The Journal of Life & Environmental Sciences (PeerJ)*, v. 2, p. e714, 2015.

CALEGARI, B.B.; AVILA, E.F.; REIS, R.E.; ALHO, C.S. DNA barcode authentication reveals highly fraudulent Cod commerce in Porto Alegre, Brazil, *Forensic Science International: Reports*, Volume 2, 2020, 100072, ISSN 2665-9107, <https://doi.org/10.1016/j.fsir.2020.100072>.

CARVALHO, D.C.; GUEDES, D.; TRINDADE, M.G.; COELHO, R.M.S.; ARAUJO, P.H.L. Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding, *Fisheries Research*, v. 191, p. 30-35, 2017, ISSN 0165-7836, <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.021>.

CARVALHO, S.C.; SAMPAIO, I; SANTOS, S. DNA barcoding reveals mislabeling and commercial fraud in the marketing of fillets of the genus *Brachyplatystoma* Bleeker, 1862, the Amazonian freshwater catfishes economically important in Brazil, *Heliyon*, Volume 6, Issue 9, 2020, e04888, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04888>.

CHUANG, P.S.; HUNG, T.C.; CHANG, H.A.; HUANG, C.K.; SHIAO, J.C. The Species and Origin of Shark Fins in Taiwan's Fishing Ports, Markets, and Customs Detention: A DNA Barcoding Analysis. *PLoS ONE* 11(1): e0147290, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147290>

DO, T.D.; CHOI, T.J.; KIM, J.; AN, H.E.; PARK, Y.J.; KARAGOZLU, M.Z.; KIM, C.B. Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding. *Food Control*, v. 100, p. 53-57, 2019. ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.002>.

FAO. Sustainability in action. Rome. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. disponível em: <<http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>> Acesso em: 20 de setembro de 2020.

FARIAS, A.C.S.; FARIAS, R.B.A. Desempenho Comparativo entre Países Exportadores de Pescado no Comércio Internacional: Brasil eficiente? *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 56, n. 3, p. 451-466, 2018.

GALAL-KHALLAF, A.; ARDURA, A.; MOHAMMED-GEBA, K.; BORRELL, Y.J.; GARCIA-VAZQUEZ, E. DNA barcoding reveals a high level of mislabeling in Egyptian fish fillets. *Food control*, v. 46, p. 441-445, 2014. ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.016>. GALAL-KHALLAF,

HÁ. T.T.T.; HUONG, N.T.; HUNG, N.P.; GUIGUEN, Y. Species identification using DNA barcoding on processed pangasid catfish products in Viet Nam revealed important mislabeling. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v. 18, n. 3, p. 457-462, 2018. DOI : 10.4194/1303-2712-

HARRIS, D.J.; ROSADO, D.; XAVIER, R. DNA barcoding reveals extensive mislabeling in seafood sold in Portuguese supermarkets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, v. 25, n. 8, p. 1375-1380, 2016.

KHAKSAR, R.; CARLSON, T.; SCHAFFNER, D.W.; GHORASHI, M.; BEST, D.; JANDHYALA, S.; TRAVERSO, J.; AMINI, S. Unmasking seafood mislabeling in US markets: DNA barcoding as a unique technology for food authentication and quality control. *Food Control*, v. 56, p. 71-76, 2015. ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.007>.

LEA-CHARRIS, E.; CASTRO, L.R.; VILLAMIZAR, N. DNA barcoding reveals fraud in commercial common snook (*Centropomus undecimalis*) products in Santa Marta, Colombia, *Heliyon*, v. 7, 2021, e07095, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07095>.

ELAGIZI, A.; LAVIE, C.J.; O'KEEFE, E.; MARSHALL, K.; O'KEEFE, J.H.; MILANI, R.V. An Update on Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Cardiovascular Health. *Nutrients* 2021, 13, 204. <https://doi.org/10.3390/nu13010204>

LUQUE, G.M.; DONLAN, C.J. The characterization of seafood mislabeling: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, v. 236, p. 556-570, 2019.

MARTINS, A.M.D.; CAPPATO, L.P.; PACHECO, S.; GODOY, R.L.O. Sardinhas: importância nutricional e econômica para o Brasil. *Semioses*, v. 10, n. 2, p. 51-59, 2016.

MINOUDI, S.; KARAIKOU, N.; AVGERIS, M.; GKAGKAVOUZIS, K.; TARANTILI, P.; TRIANTAFYLLIDOU, D.; PALILIS, L.; AVRAMOPOULOU, V.; TSIKLIRAS, A.; BARMPERIS, K.; TRIANTAFYLLIDIS, A. Seafood mislabeling in Greek market using DNA barcoding. *Food Control*, v. 113, p.107213, 2020,ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107213>.

NEDUNOORI, A.; TURANOV, S.V.; KARTAVTSEV, Y. Fish product mislabeling identified in the Russian far east using DNA barcoding. *Gene Reports*, v. 8, p. 144-149, 2017.

PONTES, W.P.; PONTUSCHKA, R.B.; FILHO, J.V.D.; SANTOS, A.M.; CAVALI, J. Cadeia do pescado: *Salmonella* spp. como agente contaminante. *Revista Ciência e Saúde Animal*, v. 2, p. 48-68, 2020.

RIISPOA. Decreto 9.013, 29 de março de 2017. Secretaria Geral da Presidência da República. Disponível em: <http://abrafrigo.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Decreto-n%C2%BA-9.013_29_03_17_NOVO-REGULAMENTO-RIISPOA.pdf> Acesso em: 20 de setembro de 2020

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

TILAMI, S.K.; SAMPELS, S. Nutritional Value of Fish:Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v. 26, n. 2, p. 243-253, 2018. DOI:10.1080/23308249.2017.1399104

XIONG, X; YUAN, F.; HUANG, M; LU, L; XIONG, X; WEN, J. DNA barcoding revealed mislabeling and potential health concerns wit