



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA  
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOÃO VITOR SÁ DOS SANTOS

**AUTENTICAÇÃO DE BAGRES DO GÊNERO *BRACHYPLATYSTOMA* REVELA  
SUBSTITUIÇÃO FRAUDULENTE NO COMÉRCIO DE PESCADO NO ESTADO  
DO PARÁ**

BRAGANÇA- PA

2026

JOÃO VITOR SÁ DOS SANTOS

**AUTENTICAÇÃO DE BAGRES DO GÊNERO *BRACHYPLATYSTOMA* REVELA  
SUBSTITUIÇÃO FRAUDULENTA NO COMÉRCIO DE PESCADO NO ESTADO  
DO PARÁ**

Trabalho de Curso submetido à Faculdade de Ciências Biológicas do Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado Pleno em Ciências Biológicas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Simoni Santos da Silva

BRAGANÇA-PA

2026

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

S111a Sá dos Santos, João Vitor.  
AUTENTICAÇÃO DE BAGRES DO GÊNERO  
BRACHYPLATYSTOMA REVELA SUBSTITUIÇÃO  
FRAUDULENTA NO COMÉRCIO DE PESCADO NO ESTADO  
DO PARÁ / João Vitor Sá dos Santos. — 2026.  
vi,17 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Simoni Santos da Silva  
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,  
Campus Universitário de Bragança, Faculdade de Ciências  
Biológicas, Bragança, 2026.

1. Pescado. 2. Autenticação molecular. 3. PCR multiplex.  
4. Bagres Amazônicos. 5. Fraude comercial. I. Título.

CDD 576.5

---

JOÃO VITOR SÁ DOS SANTOS

**AUTENTICAÇÃO DE BAGRES DO GÊNERO *BRACHYPLATYSTOMA* REVELA  
SUBSTITUIÇÃO FRAUDULENTA NO COMÉRCIO DE PESCADO NO ESTADO  
DO PARÁ**

Trabalho de Curso submetido à Faculdade de Ciências Biológicas do Instituto de Estudos Costeiros da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado Pleno em Ciências Biológicas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Simoni Santos da Silva

Data de Aprovação: 23/02/2026

**Banca examinadora:**

*Simoni Santos da Silva*

---

Profa. Dra. Simoni Santos da Silva (Orientadora)

Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará

*Leilane de Freitas Brito*

---

M.Sc. Leilane de Freitas Brito

Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará

*Bianca Assis do Vale*

---

M.Sc. Bianca Assis do Vale

Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus.  
À minha família, pelo amor, apoio e incentivo  
ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios ao longo de toda a minha trajetória acadêmica.

Agradeço ao Instituto de Estudos Costeiros (IECOS) pela infraestrutura oferecida, a qual possibilitou a realização deste trabalho de conclusão de curso.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo amor, apoio, incentivo e por estarem sempre presentes em cada etapa dessa caminhada.

À minha tia Adria e à minha avó Maria, pelo cuidado, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha trajetória, sendo fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora, Profa. Dra. Simoni Santos da Silva, pela orientação, disponibilidade, confiança e ensinamentos compartilhados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia do Pescado (LAMIP), especialmente à Ana Claudia Carvalho da Silva, à Bianca Assis do Vale e à Leilane de Freitas Brito, que sempre estiveram comigo, me auxiliando e apoiando de forma constante, contribuindo significativamente para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e companheiros de trajetória acadêmica Adrielly, Dayane Cunha, Willame Diego, Lívia Borges e Thiago Santos. Obrigado pela amizade, apoio, parceria e pelas trocas de conhecimentos ao longo de toda a caminhada universitária.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho e para a minha formação acadêmica e pessoal.

**SUMÁRIO**

<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>SUMÁRIO .....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS E TABELAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. OBJETIVO GERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>5</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>14</b>

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

- Figura 1.** Espécime de *B. vaillantii* - piramutaba (a), *B. rousseauxii* - dourada (b) e *B. filamentosum* – filhote (c). Fonte: Carvalho (2018); Pérez & Henry (2017).....1
- Figura 2.** Frequência relativa de produtos autênticos e substituídos entre as 122 amostras de pescado congelado (a) e entre as 62 amostras de pescado congelado comercializado como dourada (b).....8
- Figura 3.** Representação do padrão de bandeamento obtido a partir da PCR multiplex da Região Controle para amostras comercializadas congeladas. L. Ladder (100 bp, Sinapse Inc.); 1 a 3. Padrões de bandeamento controle para filhote (*B. filamentosum* – 290 pb), piramutaba (*B. vaillantii* – 451 pb) e dourada (*B. rousseauxii* – 580 pb), respectivamente; 4 a 7. Amostras rotuladas corretamente como piramutaba; 8 a 11. Amostras rotuladas corretamente como dourada; 12 a 14. Substituições em dourada com padrão de bandas de piramutaba; 15 a 17. Substituições em dourada sem padrão de bandas das espécies alvo. O fragmento de 160 pb em todas as amostras corresponde à banda controle do 16S rDNA..... 8
- Figura 4.** Frequência relativa de produtos autênticos e substituídos entre as 84 amostras de pescado de restaurantes (a); entre as 39 amostras de pratos vendidos como filhote (b) e entre as 45 amostras de pratos vendidos como dourada..... 9
- Figura 5.** Representação do padrão de bandeamento obtido a partir da PCR multiplex mini-barcode para amostras comercializadas em restaurantes paraenses. L. Ladder (50 bp, Sigma); 1 a 3. Padrões de bandeamento controle para dourada (*B. rousseauxii* – 88 pb), piramutaba (*B. vaillantii* – 254 pb) e filhote (*B. filamentosum* – 300 pb), respectivamente; 4 a 6. Amostras rotuladas como filhote com padrão de dourada; 7 a 9. Amostras rotuladas como dourada com padrão de banda de piramutaba; 10 a 13. Amostras rotuladas como filhote sem padrão de bandas das espécies alvo; 14 a 17. Amostras rotuladas como filhote e identificadas como piramutaba. A banda de 160pb presente em todas as amostras corresponde à banda controle do 16S rDNA.  
..10
- Tabela 1-** Identificação, por DNA barcoding, dos 19 produtos rotulados como filhote que apresentaram apenas perfil de banda controle na PCR..... 10

## RESUMO

A autenticidade de produtos pesqueiros comercializados é uma questão de grande relevância para a conservação dos recursos naturais, de modo a garantir transparência nas relações de consumo e a segurança alimentar. Portanto, o presente estudo teve como objetivo autenticar produtos rotulados como dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*), filhote (*B. filamentosum*) e piramutaba (*B. vaillantii*) comercializados em supermercados e restaurantes do estado do Pará, bem como avaliar a ocorrência de substituições e a possível motivação dessas práticas. Foram analisadas 122 amostras de produtos congelados adquiridos em grandes redes de supermercados, sendo 62 rotulados como dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) e 60 como piramutaba (*B. vaillantii*). Também, foram analisadas 84 amostras de pratos prontos comercializados em restaurantes, das quais 45 eram à base de dourada e 39 de filhote. Para as amostras provenientes de supermercados, a identificação ao nível específico foi realizada através de PCR multiplex da Região Controle do DNA mitocondrial e os resultados revelaram que 100% dos produtos rotulados como piramutaba foram autênticos, pois apresentaram padrão de banda característicos de *Brachyplatystoma vaillantii* (451 pb e 160 pb da banda controle). Por outro lado, apenas 58,1% dos produtos rotulados como dourada foram autênticos, apresentando padrões de bandeamento característicos de *B. rousseauxii* (580 pb e 160 pb), enquanto 41,9% (N = 26/62) das amostras foram substituídas e 23 identificadas como piramutaba (451 pb e 160 pb) e três sendo identificadas, por sequenciamento, como *Sciades proops*. Para os produtos de restaurantes utilizamos um protocolo de PCR multiplex mini-barcode da COI e registramos substituição em 100% (N = 39) dos pratos comercializados como filhote, sendo possível identificar 17 amostras como dourada (88pb e 160 pb) e três como piramutaba (254 pb e 160 pb). Outras 19 amostras vendidas como filhote só apresentaram a banda controle de 160 pb e foram identificadas, por sequenciamento, como *Brachyplatystoma platynemum* (N = 18) e *Brachyplatystoma juruense* (N = 1). Dos pratos vendidos como dourada 55,6% (N = 25) foram autênticos apresentando padrão de bandas de 88 pb e 160 pb, enquanto 44,4% (N = 20/45) foram substituídos por piramutaba pois apresentaram padrão de bandas de 254 pb e 160 pb. Um padrão comum em supermercados e restaurantes é que as espécies alvo foram substituídas por peixes de menor valor comercial, indicando que as trocas tinham motivação econômica, o que caracteriza fraude comercial. Os resultados demonstram que os protocolos de PCR multiplex são eficientes, rápidos e de baixo custo, podendo ser aplicados para identificação de dourada, piramutaba e filhote em rotinas de fiscalização e certificação. Também é evidente a necessidade de elaboração de políticas públicas efetivas para a prevenção de fraudes no comércio do pescado.

**Palavras-chave:** Pescado; Bagres Amazônicos, Autenticação molecular; PCR multiplex; Fraude comercial.

## ABSTRACT

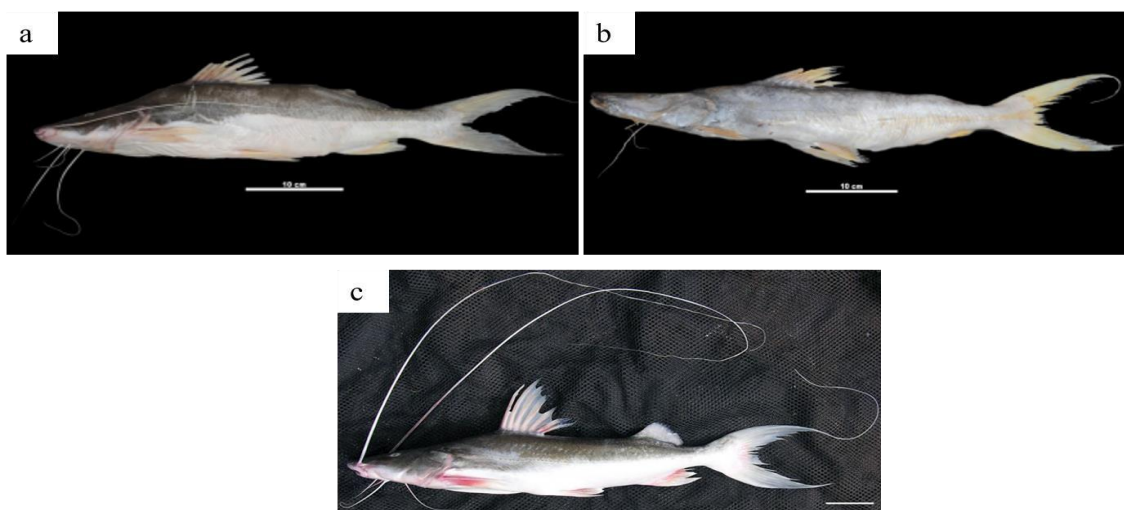
The authenticity of seafood products is a critical issue for the conservation of natural resources, consumer transparency, and food safety. Therefore, this study aimed to authenticate products labeled as dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*), filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), and piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) commercialized in supermarkets and restaurants in the state of Para, Brazil, as well as to assess the occurrence and potential motivations of species substitutions. A total of 122 frozen samples were collected from supermarket chains (62 labeled as dourada and 60 as piramutaba), and 84 ready-to-eat dishes were obtained from restaurants (45 marketed as dourada and 39 as filhote). Supermarket samples were identified at the species level using multiplex PCR targeting the mitochondrial Control Region. The results showed that 100% of the products labeled as piramutaba were authentic, as they exhibited banding patterns characteristic of *B. vaillantii* (451 bp and the 160 bp control band). In contrast, only 58.1% of the products labeled as dourada were authentic, displaying banding patterns characteristic of *B. rousseauxii* (580 bp and 160 bp), whereas 41.9% (N = 26/62) of the samples were substituted. Among the substituted samples, 23 were identified as piramutaba (451 bp and 160 bp), and three were identified by sequencing as *Sciades proops*. For restaurant samples, a multiplex PCR mini-barcode protocol targeting the COI gene was applied. Substitution was detected in 100% (N = 39) of the dishes marketed as filhote. Among these, 17 samples were identified as dourada (88 bp and 160 bp), and three as piramutaba (254 bp and 160 bp). The remaining 19 samples sold as filhote showed only the 160 bp control band and were subsequently identified by sequencing as *Brachyplatystoma platynemum* (N = 18) and *Brachyplatystoma juruense* (N = 1). Among dishes sold as dourada, 55.6% (N = 25) were authentic, exhibiting the expected banding pattern of 88 bp and 160 bp, whereas 44.4% (N = 20/45) were substituted with piramutaba, as indicated by the presence of banding patterns of 254 bp and 160 bp. A common pattern observed in both supermarkets and restaurants was the replacement of higher-value target species with lower-value fish, indicating economically motivated commercial fraud. The results demonstrate that multiplex PCR protocols are efficient, rapid, and cost-effective tools for species authentication and can be applied in routine monitoring and certification programs. Furthermore, the findings highlight the urgent need for effective public policies to prevent fraud in the fish trade.

**Keywords:** Fish products; Amazonian catfishes; Molecular authentication; Multiplex PCR

## 1.INTRODUÇÃO

Os bagres do gênero *Brachyplatystoma* pertencem à ordem Siluriformes e à família Pimelodidae, um dos grupos mais representativos de bagres Neotropicais. A família Pimelodidae compreende aproximadamente 100 espécies distribuídas em cerca de 30 gêneros, amplamente distribuídas nas bacias hidrográficas da América do Sul e América Central (Lundberg & Littmann, 2003; Nelson et al., 2016). O gênero *Brachyplatystoma* destaca-se dentro da família por incluir espécies de grande porte, muitas delas migratórias e de elevada importância econômica e ecológica na bacia Amazônica. Entre as espécies do gênero estão *Brachyplatystoma rousseauxii* - dourada, *B. filamentosum* - filhote e *B. vaillantii* – piramutaba (Figura 1), que figuram entre os principais recursos pesqueiros da região Norte do Brasil (IBAMA, 2001 a 2007; MPA, 2012, 2014).

Estas espécies são importantes recursos pesqueiros comercializados no Brasil, e o Pará é um dos principais produtores destes. Estas espécies são importantes recursos pesqueiros comercializados no Brasil, e o Pará é um dos principais produtores destes pescados (IBAMA, 2007; MPA, 2012, 2014). Entre os anos de 2000 e 2011 a produção nacional destes bagres foi de 280.099,70 toneladas (t.) de piramutaba, 178.716,00 t. de dourada e 39.090,50 t. de filhote (IBAMA, 2001 a 2007; MPA 2012, 2014). A partir de 2011 houve uma lacuna nas informações sobre produção de pescado brasileiro e somente em 2025 o Ministério da Pesca e Aquicultura divulgou dados de captura do ano de 2024, onde a produção de dourada foi de 19,55 t. e de filhote foi de 13,66 t. (MAPA, 2025).



**Figura 1.** Espécime de *B. vaillantii* - piramutaba (a), *B. rousseauxii* - dourada (b) e *B. filamentosum* – filhote (c).  
Fonte: Carvalho (2018); Pérez & Henry (2017).

A maior parte da produção desses bagres é comercializada *in natura*, no entanto uma parcela destes produtos é vendida como postas e filés congelados em grandes redes de supermercados paraenses. Essas espécies, com exceção da piramutaba, também são comuns no cardápio de restaurantes paraenses, onde são a base de variados pratos com valores distintos a depender da espécie comercializada, sendo o filhote o mais valorizado, com média de preço de R\$ 72,13/kg do produto congelado e R\$ 100,00 o prato em restaurantes, considerando que os preços foram registrados no período de coleta das amostras. A segunda espécie com maior valor de mercado é a dourada, que custava em média R\$ 27,75/kg do produto congelado e R\$ 55,00 o prato em restaurante, com valores igualmente registrados no período de coleta. A espécie de menor valor comercial foi a piramutaba, comercializada congelada pelo preço médio de R\$ 17,53/kg.

O processamento é uma alternativa lucrativa na cadeia produtiva do pescado, pois aumenta o tempo de prateleira e agrega valor ao produto. Esse produto também tem a preferência de muitos consumidores, devido a maior durabilidade, qualidade microbiológica e praticidade no preparo. Por outro lado, o pescado processado, comercializado congelado ou como prato pronto em restaurantes são suscetíveis à substituições, pois a remoção de caracteres morfológicos dificulta a identificação inequívoca, favorecendo a troca de espécies (Barbosa et al., 2021; Do et al., 2019). Em alguns casos estas trocas ocorrem por acidente, pois há espécies que são difíceis de serem diferenciadas por morfologia e que têm pesca conjunta devido a fauna acompanhante presente (Pazartzi et al., 2019). Por outro lado, as substituições podem ser intencionais, especialmente quando há intenção de vender peixes mais baratos por preços mais elevados, caracterizando fraude comercial (Barbosa et al., 2020; Barbosa et al., 2021; Carvalho et al., 2020).

As substituições são prejudiciais ao consumidor, tanto sob aspectos econômicos, quando espécies mais valiosas comercialmente são substituídas por aquelas mais baratas, quanto de saúde pública, quando a substituição envolve o comércio de espécies com conteúdo alergênico ou substâncias tóxicas (Grbin et al., 2025; Rounghun et al., 2022). Adicionalmente, as substituições podem gerar danos ecológicos, quando envolve espécies com estoque de captura excedido, sobreexploradas ou ameaçadas de extinção (Barbosa et al., 2020; Barbosa et al., 2021; Brito et al., 2015; Carvalho et al., 2020; Hu et al., 2018; Freitas et al., 2023). Portanto, é imprescindível o desenvolvimento de leis e programas de fiscalização para prevenção de tais práticas no comércio do pescado.

No Brasil, não há legislação eficiente para prevenir e/ou coibir substituições e fraudes no mercado de pescado processado. Há apenas a portaria N° 570/2023 e a instrução normativa N°

53/2020, ambas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), correlacionando nomes comuns e científicos das espécies comerciais e exigindo apenas que o nome comum seja incluso no rótulo dos produtos processados na indústria e destinados ao comércio nacional (Brasil, 2025). Há também um guia de identificação de espécies (Brasil, 2016), que foi publicado para que as empresas possam identificar os táxons comercializados e evitem substituições. No entanto, não são realizadas fiscalizações sistemáticas e efetivas para prevenir a prática de substituições nas empresas, tampouco nos restaurantes onde estes produtos são comercializados.

Como consequência, é comum o registro de substituições fraudulentas no mercado de pescado processado no Brasil (Barbosa et al., 2020; Barbosa et al., 2021; Brito et al., 2015; Carvalho et al., 2020; Da Silva et al., 2024; Gomes et al., 2019; Staffen et al., 2017; Vale et al., 2022;). Substituições também já foram registradas para as espécies alvo deste estudo, onde foi identificado taxas de substituição de 29% para o filhote, 26% para a dourada e 9% para a piramutaba comercializadas congeladas em supermercados paraenses (Carvalho, 2018; Carvalho et al., 2020). Por outro lado, nenhum estudo avaliou se há substituição nos pratos prontos a base destes peixes vendidos em restaurantes. Uma revisão sobre o tema demonstrou que a maior parte das substituições são registradas em restaurantes (Pardo et al., 2016), embora outra metanálise não tenha encontrado diferenças entre taxas de substituição ao longo da cadeia produtiva do pescado (Luque & Donlan, 2019).

Todos os estudos acima citados, utilizaram o sequenciamento do DNA *barcode* para a autenticação do pescado. Este método é sensível, eficiente e acurado para fins de identificação específica. Por outro lado, o sequenciamento de DNA é um procedimento de alto custo, demanda tempo e requer laboratório com infraestrutura sofisticada, o que dificulta seu uso rotineiro na autenticação de pescado. No entanto, há métodos baseados em DNA, como a PCR multiplex, onde múltiplos primers são utilizados em uma reação de PCR para amplificar fragmentos de DNA de diferentes espécies simultaneamente (Böhme et al., 2019). Quando selecionados adequadamente, os primers podem amplificar fragmentos de DNA de tamanhos distintos, capazes de diferenciar as espécies pelo padrão de bandeamento em gel de agarose. Portanto, essa metodologia é acurada, rápida e requer menos equipamentos para a identificação inequívoca de espécies, podendo ser uma alternativa custo efetiva para avaliação da autenticidade de produtos pesqueiros (Barbosa et al., 2021; Böhme et al., 2019; Freitas et al., 2023).

Portanto, considerando que as espécies de *Brachyplatystoma* têm grande importância comercial, têm distintos valores de mercado, e que substituições já foram detectadas neste

grupo, mas ainda não foram avaliados produtos vendidos em restaurantes, o presente trabalho teve como objetivo autenticar produtos congelados e pratos prontos comercializados em restaurantes paraenses utilizando a PCR multiplex.

## 2. JUSTIFICATIVA

Na categoria de pescados, observa-se um crescimento expressivo da oferta de produtos processados (FAO, 2024). Essa alternativa tem se mostrado atraente ao consumidor por proporcionar maior praticidade, qualidade e durabilidade. Entretanto, o processamento elimina características morfológicas diagnósticas, dificultando a identificação das espécies e favorecendo a ocorrência de substituições e erros de rotulagem (Kroetz et al., 2020).

Em escala global, métodos baseados em DNA vêm sendo amplamente empregados para a autenticação de produtos pesqueiros, evidenciando que as substituições são frequentes e, em grande parte, associadas a práticas fraudulentas no âmbito comercial (Barbosa et al., 2021; Helgoe et al., 2020; Luque & Donlan, 2019; Pardo et al., 2016; Vale et al., 2022). Nesse contexto, substituições envolvendo bagres do gênero *Brachyplatystoma* já foram identificadas em produtos comercializados em supermercados, por meio da análise de sequências do gene COI mitocondrial (Carvalho, 2018; Carvalho et al., 2020), mas até o momento, nenhum trabalho, a autenticidade dos *Brachyplatystoma* em restaurantes.

Apesar da elevada confiabilidade, as metodologias baseadas no sequenciamento de DNA apresentam custos elevados e maior complexidade operacional, o que limita sua aplicação em rotinas de fiscalização. Como alternativa, protocolos de autenticação baseados em PCR multiplex têm sido desenvolvidos e demonstram elevada sensibilidade, acurácia, rapidez e custo reduzido para a identificação de espécies comercializadas (Freitas et al., 2023).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo autenticar produtos comercializados em supermercados e restaurantes paraenses, rotulados como filhote, dourada e piramutaba, utilizando protocolos de PCR multiplex. Assim, pretende-se contribuir para o avanço metodológico na autenticação de pescado e fornecer subsídios para a elaboração de políticas públicas voltadas para a fiscalização e controle de qualidade dos recursos pesqueiros.

### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GERAL**

Autenticar produtos processados rotulados como dourada (*B. rousseauxii*), filhote (*B. filamentosum*) e piramutaba (*B. vaillantii*) comercializados em supermercados e restaurantes paraenses, utilizando protocolos baseados em PCR multiplex.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Identificar os produtos comercializados como dourada, filhote e piramutaba em nível específico.
- b) Avaliar se há substituição entre os produtos comercializados sob estas designações comerciais.
- c) Em casos de substituição estimar a taxa de substituição e comparar se há diferenças significativas entre produtos comercializados em supermercados e restaurantes.
- d) Avaliar a motivação das substituições.

### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Ao longo do desenvolvimento do trabalho foram realizadas coletas com foco em produtos congelados, vendidos em supermercados, e pratos prontos, vendidos em restaurantes. Foram realizadas coletas bimestrais, entre outubro de 2021 a maio de 2022 para produtos congelados. Já para produtos de restaurante foi durante setembro de 2023 a março de 2024.

Foram amostrados produtos comercializados como filés ou postas congelados em grandes redes de supermercados das cidades de Belém, Castanhal e Bragança. Assim, foram coletadas 62 amostras de dourada (sendo 21 postas e 41 filés) e 60 de piramutaba (sendo 5 postas e 55 filés). O filhote não foi coletado devido a pouca disponibilidade deste pescado na forma processada nos supermercados.

Também, amostramos pratos prontos em restaurantes de Belém, Bragança, Ananindeua e Capanema, que tinham como base os peixes alvo. Para esta avaliação foram coletados 45 produtos comercializados como dourada e 39 vendidos como filhote. Os produtos estavam presentes em diferentes apresentações, tais como: grelhados, caldeiradas e empanados. Ao longo do período de coleta não houve amostragem de piramutaba, pois este produto raramente estava disponível para venda nos restaurantes.

De cada amostra, a porção mais interna do músculo foi conservada em etanol absoluto e mantido em freezer no Laboratório de Microbiologia do Pescado (LAMIP), do Instituto de Estudos Costeiros, da Universidade Federal do Pará (UFPA).

O DNA genômico foi extraído a partir de tecido muscular, utilizando-se o kit *Wizard Genomics DNA Purification* (Promega), seguindo o protocolo fornecido pelo fabricante. Em seguida, a concentração e pureza dos DNAs foram avaliados no espectrofotômetro Nanodrop 2000 (Thermo Scientific). Todos os DNAs foram diluídos para a concentração de 10 ng/μL para a realização das reações em cadeia da polimerase (PCRs).

A PCR multiplex da região controle foi utilizada para autenticação de peixes congelados, utilizando-se iniciadores diretos espécie específicos, descritos em Freitas et al. (2023). As reações de PCR foram realizadas em um mix com volume final de 15 μL, contendo 2 μL de dNTPs (1,25 mM), 1,6 μL de solução tampão (10x) contendo MgCl<sub>2</sub> (25 mM), 0,35 μL de MgCl<sub>2</sub> (25 mM), 0,6 μL de BSA (5mg/ml), 1 μL de DNA total (10 ng/μL), mix de primers diretos, Bro421 (0,1 μM), Bva577 (0,13 μM) e Bfi742 (0,1 μM) e o reverso universal F12R (0,1 μM) (Sivasundar et al., 2001), além dos primers controle 16S L2949 (0,06 μM) e 16S H3058 (0,06 μM) (Kartavtsev et al., 2007), 0,2 μL de JumpStart Taq DNA polimerase (2,5 U/μL) e água pura para completar o volume total. O programa de amplificação consistiu em uma desnaturação inicial a 94 °C por 4 minutos, seguido de 35 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, hibridização a 60,5 °C por 30 segundos, extensão a 72 °C por 1 minuto e extensão final a 72 °C por 7 minutos.

Para a autenticação dos produtos de restaurantes utilizamos um protocolo multiplex mini-barcode da COI, desenvolvido por Freitas, L. [comunicação pessoal]. Nesta reação foi utilizado um mix com um volume final de 15 μL, contendo 2 μL de dNTPs (1,25mM), 1,6 μL de solução tampão (10x), 0,7 μL de MgCl<sub>2</sub> (50mM), 0,6 μL de BSA (5mg/ml), os primers diretos Bro385 (0,15 μM), Bva234 (0,1 μM), Bfi173 (0,03 μM), e o primer universal COI-449R (0,1 μM), 0,05 μL de cada primer controle (16S L2949 - 10 pmol/μl e 16S H3058 - 10pmol/μl), 1,0 μL de DNA genômico total (10 ng/μl), 0,2 μL de Platinum Taq DNA Polimerase (5U/μL) e água pura para completar o volume final. As condições de amplificação consistiram em desnaturação a 94 °C por 4 minutos, seguido de 35 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, hibridização a 61 °C por 30 segundos, extensão a 72 °C por 45 segundos e extensão final a 72 °C por 7 minutos.

O padrão de bandeamento dos fragmentos amplificados foi avaliado através de eletroforese em gel de agarose a 2%, onde 3 μL de PCR foi misturado a 3 μL de *blue juice* contendo GelRed e submetidos a eletroforese por 80 minutos a 110V. Em todas as eletroforeses,

foi incluído 6  $\mu$ L de *Ladder* para estimativa dos tamanhos de fragmentos amplificados. Por fim os resultados foram fotodocumentados no sistema MicroDOC com câmera Canon 24 MP para análise visual dos padrões de bandeamentos e identificação dos táxons.

Para os casos em que não foi possível fazer a identificação das espécies por meio do padrão de bandeamento da PCR multiplex foi realizado o sequenciamento da região barcode da COI utilizando-se o protocolo de PCR, purificação dos fragmentos amplificados e sequenciamento descritos em Carvalho et al. (2020).

A associação entre o tipo de estabelecimento e a taxa de substituição foi avaliada através do teste do qui-quadrado de independência. O nível de significância adotado foi de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), e os resultados foram expressos pelo valor do qui-quadrado ( $\chi^2$ ), graus de liberdade (gl) e valor de p.

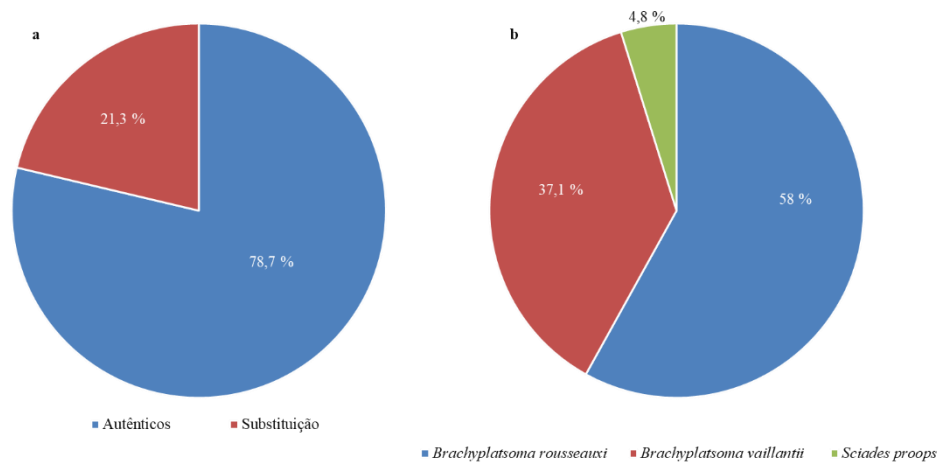
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho utilizou protocolos forenses baseados em PCR multiplex para autenticar produtos rotulados como filhote (*B. filamentosum*), dourada (*B. rousseauxii*) e piramutaba (*B. vaillantii*), vendidos congelados em supermercados e como pratos prontos em restaurantes paraenses. Para produtos de supermercados utilizou-se um protocolo que amplifica fragmentos espécie específico que variam de 290 a 580 pares de base (pb), enquanto para produtos de restaurantes o protocolo amplificou fragmentos espécie específico que variaram de 88 a 300 pb. O uso de protocolos distintos foi necessário porque amostras de restaurantes passam por cocção o que degrada o DNA, dificultando a amplificação de fragmentos longos.

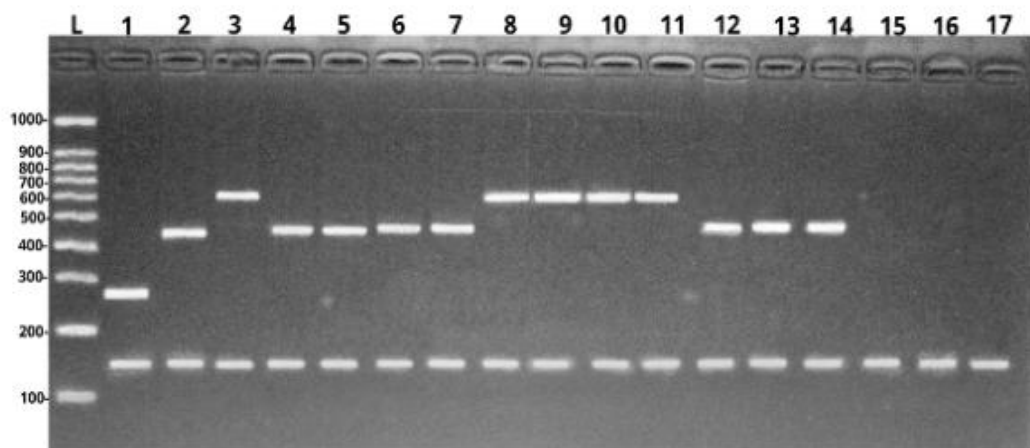
Para os produtos de supermercado, as reações de PCR multiplex da Região Controle do DNA mitocondrial geraram padrões de bandas específicos para filhote (290 pb), piramutaba (451 pb) e dourada (580 pb), além de uma banda controle de 160 pb comum em todas as reações (Figura 2). Por outro lado, no protocolo de *minibarcodes* foram identificados padrões específicos de 88 pb para a dourada, 239 pb para a piramutaba e 300 pb para o filhote, além de um fragmento de 160 pb comum a todos os táxons (Figura 3). Nos dois protocolos a banda de 160 pb correspondeu a um fragmento do 16S rDNA, o qual foi utilizado como banda controle, indicando a presença de DNA e a ausência de contaminantes nas reações de PCR.

Foram analisados 122 produtos congelados, destes 62 foram rotulados como dourada e 60 como piramutaba. Os padrões de bandeamento espécie-específicos revelaram que 78,7% (N = 96/122) dos produtos analisados foram autênticos, enquanto 21,3% (N = 26/122) foram substituídos (Figura 2). Um aspecto relevante é que todas as substituições foram observadas

nos produtos rotulados como dourada, o que corresponde a 41,9% (26/62) de erros de rotulagem para esta espécie alvo. Dentre os padrões de bandeamento nas substituintes de dourada, 23 amplificaram o fragmento de 451 pb e 160 pb, sendo identificadas como piramutaba, enquanto três só amplificaram a banda controle de 160 pb (Figura 3). Estas últimas tiveram a região *barcode* da COI sequenciadas e foram comparadas com as sequências do GenBank (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), revelando uma similaridade entre 99,8% e 100% com *Sciades proops* (Códigos de acesso GenBank: OR646803; OR459566; OR459568), um bagre marinho da família Ariidae.

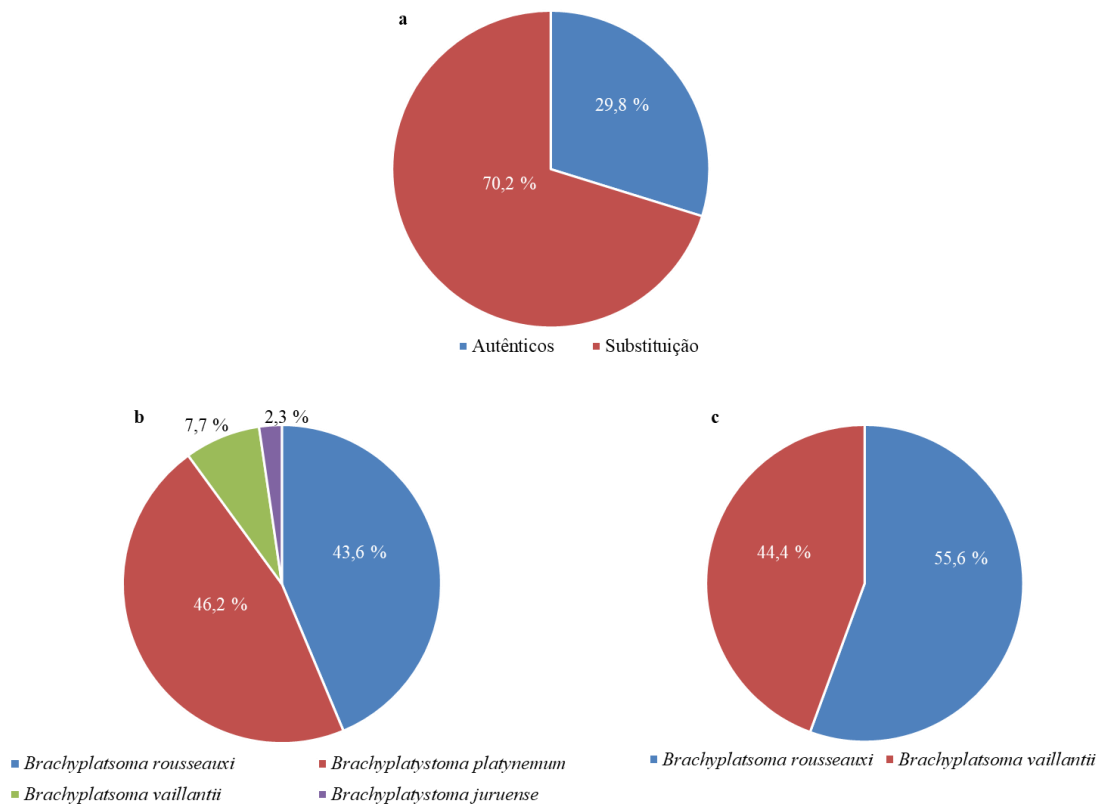


**Figura 2.** Frequência relativa de produtos autênticos e substituídos entre as 122 amostras de pescado congelado (a) e entre as 62 amostras de pescado congelado comercializado como dourada (b).

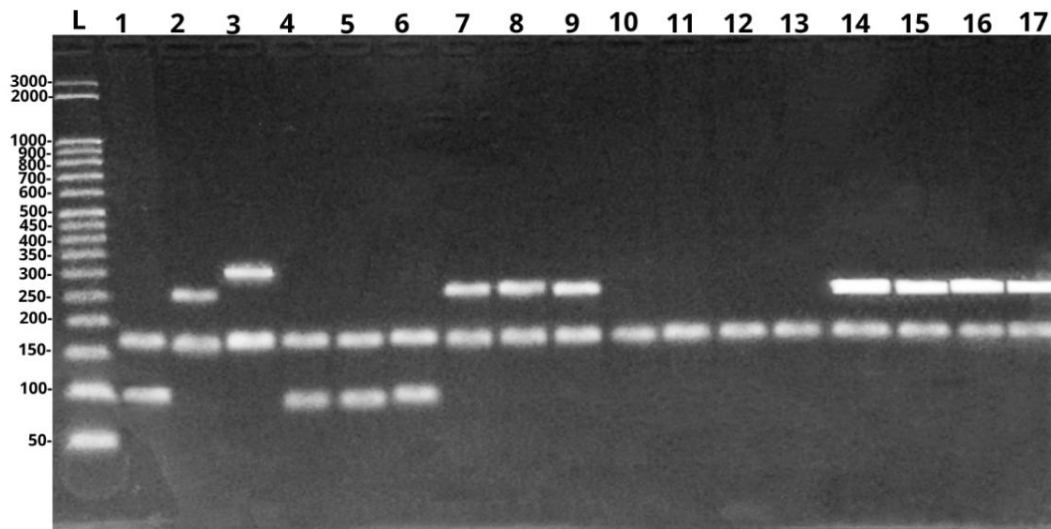


**Figura 3.** Representação do padrão de bandeamento obtido a partir da PCR multiplex da Região Controle para amostras comercializadas congeladas. L. Ladder (100 bp, Sinapse Inc.); 1 a 3. Padrões de bandeamento controle para filhote (*B. filamentosum* – 290 pb), piramutaba (*B. vaillantii* – 451 pb) e dourada (*B. roussaeuxii* – 580 pb), respectivamente; 4 a 7. Amostras rotuladas corretamente como piramutaba; 8 a 11. Amostras rotuladas corretamente como dourada; 12 a 14. Substituições em dourada com padrão de bandas de piramutaba; 15 a 17. Substituições em dourada sem padrão de bandas das espécies alvo. O fragmento de 160 pb em todas as amostras corresponde à banda controle do 16S rDNA.

No que se refere às 84 amostras de peixes comercializadas em restaurantes, 29,8% (N = 25/84) estavam de acordo com o nome descrito no cardápio, enquanto 70,2% (N = 59/84) foram substituídas (Figura 4). É importante ressaltar que 100% (N = 39) dos produtos vendidos como filhote foram substituídos, sendo que o padrão de bandeamento da PCR multiplex foi eficiente para identificar inequivocamente 17 amostras como dourada (88 e 160 pb) e três como piramutaba (254 e 160 pb) (Figura 3). As 19 amostras restantes só apresentaram a banda controle de 160 pb, e foram identificadas por meio de sequenciamento da COI e comparação com o GenBank como, *Brachyplatystoma platynemum* – barbado (N = 18) e *Brachyplatystoma juruense* – dourada-zebra (N = 1) (Tabela 1). Finalmente, para os 45 pratos vendidos como dourada 55,6% (N = 25) foram autênticos, enquanto 44,4% (N = 20) apresentaram padrão de bandas condizentes com a piramutaba (Figura 5).



**Figura 4.** Frequência relativa de produtos autênticos e substituídos entre as 84 amostras de pescado de restaurantes (a); entre as 39 amostras de pratos vendidos como filhote (b) e entre as 45 amostras de pratos vendidos como dourada.



**Figura 5.** Representação do padrão de bandejamento obtido a partir da PCR multiplex mini-barcode para amostras comercializadas em restaurantes paraenses. L. Ladder (50 bp, Sigma); 1 a 3. Padrões de bandejamento controle para dourada (*B. rousseauxii* – 88 pb), piramutaba (*B. vaillantii* – 254 pb) e filhote (*B. filamentosum* – 300 pb), respectivamente; 4 a 6. Amostras rotuladas como filhote com padrão de dourada; 7 a 9. Amostras rotuladas como dourada com padrão de banda de piramutaba; 10 a 13. Amostras rotuladas como filhote sem padrão de bandas das espécies alvo; 14 a 17. Amostras rotuladas como filhote e identificadas como piramutaba. A banda de 160pb presente em todas as amostras corresponde à banda controle do 16S rDNA.

**Tabela 1-** Identificação, por DNA barcoding, dos 19 produtos rotulados como filhote que apresentaram apenas perfil de banda controle na PCR. **H.** Haplótipos observados entre as sequências. **N.** Número de amostras que compartilharam o mesmo haplótipo.

H	N	Rótulo	Identificação Molecular NCBI		Espécie/Nome comum
			Similaridade (%)	Código de Acesso	
H1	1	Filhote	100	KT952405	<i>Brachyplatystoma juruense</i> /dourada-zebra
H2	15	Filhote	100	KT952406	<i>Brachyplatystoma platynemum</i> /barbado
H3	2	Filhote	100	OQ576135	<i>Brachyplatystoma platynemum</i> /barbado
H4	1	Filhote	99,21	MG911880	<i>Brachyplatystoma platynemum</i> /barbado

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Para os produtos congelados e para aqueles comercializados em restaurantes foi possível identificar inequivocamente as espécies alvo para as quais os protocolos foram desenvolvidos (dourada, piramutaba e filhote). Por outro lado, quando outras espécies foram substituintes os resultados das reações multiplex apresentaram apenas a banda controle. Portanto, nossos resultados indicam que os protocolos utilizados foram sensíveis, específicos e acurados no

processo de autenticação de produtos vendidos em supermercados e restaurantes. Como estes protocolos requerem apenas extração de DNA, PCR e eletroforese, eles são mais rápidos e baratos, quando comparados ao sequenciamento do DNA *barcode* para a autenticação de bagres *Brachyplatystoma*. Assim, os protocolos de PCR multiplex são alternativas viáveis para uso em rotinas de fiscalização de órgãos públicos e para controle de qualidade da indústria.

A taxa global de substituição nos produtos congelados (21,3%) foi maior que aquela observada em Carvalho et al. (2020), de 17%, que também autenticou dourada e piramutaba comercializados em supermercados paraenses. Quando comparado por espécie alvo, os resultados do presente trabalho também diferem daqueles de Carvalho et al. (2020), para a dourada que foi 41,9% neste estudo e 26% em Carvalho et al. (2020), e com maior discrepância para a piramutaba que não houve registro de substituição neste estudo e foi de 9% em Carvalho et al. (2020). Estas diferenças podem estar associadas ao fato de que diferentes empresas processadoras podem ter sido amostradas nos dois estudos.

As substituições observadas neste estudo demonstram uma taxa menor se comparado com peixes comercializados congelados no Pará, tal como: *Cynoscion acoupa* - 45,4% (Barbosa et al., 2020) e *Plagioscion squamosissimus* - entre 30% e 86,11% (Brito et al., 2015; Barbosa et al., 2021; Vale et al., 2022; Oliveira, 2025). Por outro lado, as taxas de substituição foram superiores à registrada para *Macrodon ancylodon* 5,26% (Vale et al., 2022).

Quando comparadas as taxas de substituição deste estudo com os dados globais de substituição de pescados destaca-se que a taxa de 21,3% encontrada em pescados congelados, é inferior à média de substituição global de 30% (Pardo et al., 2016), por outro lado, superior aos 20% estimadas por meta análises em Luque & Donlan (2019).

O teste do qui-quadrado de independência revelou associação significativa entre o tipo de estabelecimento e a categoria do produto ( $\chi^2 = 48,6$ ; gl = 1;  $p < 0,0001$ ), com maior proporção de substituição observada em restaurantes (70,2%) quando comparados a supermercados (14,8%). Substituições em restaurantes são comumente identificadas em análises globais de substituição em pescado (Pardo et al., 2016).

Estudos recentes demonstram que a substituição de espécies no comércio de pescado ocorre em diferentes grupos taxonômicos e categorias de produtos, com taxas variáveis conforme o tipo de organismo e o nível de processamento. Uma meta-análise conduzida nos Estados Unidos identificou substituição de espécies em 26,2% das amostras avaliadas, incluindo peixes ósseos e mariscos, evidenciando que a fraude no comércio de pescado é um fenômeno generalizado e não restrito a um único grupo (Ahles et al., 2025). Quando comparamos o padrão de substituição por produto avaliado os 100% de substituição observados

em filhotes são idênticos aos resultados obtidos para o red snaper – *Lutjanus purpureus* – nos Estados Unidos (Khaksar et al., 2015; Warner et al., 2013), para os tubarões spinarolo - *Squalus acanthias* ou *Squalus blainville* - vendidos na Itália (Giusti et al., 2023) e para sushis de anchova - *Pomatomus saltatrix* – comercializados no Brasil (Santa Brígida et al., 2024). Em todos estes estudos, o padrão comum é a venda de espécies mais baratas no lugar daquelas que tem alto valor de mercado.

Nos produtos vendidos em supermercados, as substituições de dourada por piramutaba podem ter ocorrido por acidente, pois estas espécies são simpátricas, podem ter pesca conjunta e apresentam similaridade morfológica, podendo ser confundida por profissionais não treinados. Por outro lado, a troca de dourada por *S. proops*, não deve ter sido acidental, uma vez que a substituinte é marinha enquanto a dourada é peixe de água doce e ambas são bem diferenciadas por morfologia.

Nos produtos vendidos em restaurantes, as substituições de filhote e dourada podem ter ocorrido em diferentes momentos ao longo da cadeia produtiva. As substituintes da dourada (*B. vaillantii*) e filhote (*B. vaillantii*, *B. rousseauxii*, *B. platynemum* e *B. juruense*) são espécies congêneres que tem pesca conjunta e similaridade morfológica, então, a troca dos produtos pode ter ocorrido de forma acidental nas peixarias e/ou supermercados, quando os restaurantes adquiriram os produtos, já que não é obrigatória a inclusão do nome científico das espécies nos rótulos. No caso da troca de filhote por dourada é possível que tenha ocorrido por acidente nos restaurantes pois, geralmente, as duas espécies são comercializadas nestes estabelecimentos. Por outro lado, nenhum dos restaurantes continha nos cardápios pratos à base de piramutaba, barbado ou dourada-zebra, então esta troca não foi acidental nestes estabelecimentos. Em todos os casos de troca o padrão comum é que peixes mais baratos substituíram espécies mais caras.

Ao analisar o valor de mercado das substitutas de dourada, destaca-se que a maioria pertence a grupos com menor valor econômico, especial para amostras de peixes congelados. O preço da dourada congelada variou entre R\$ 22,00 e R\$ 33,49/kg, enquanto a piramutaba congelada foi vendida entre R\$ 14,00 e R\$ 21,05/kg. No caso das amostras oriundas de restaurante, o preço dos pratos de dourada variou entre R\$ 33,99 e R\$ 47,80/kg, enquanto o filhote foi comercializado por preços mais altos, entre R\$ 49,00 e R\$ 69,00. Portanto, embora possa ter ocorrido substituição acidental as evidências sugerem que a motivação econômica foi a causa mais provável das trocas ocorridas nos supermercados e restaurantes, o que caracteriza fraude comercial, onde a principal motivação é o lucro do produtor em detrimento do consumidor. Nossos resultados corroboram as hipóteses de vários estudos que sugerem como principal causa das substituições a fraude comercial, onde espécies mais caras são trocadas por

aquelas de baixo ou nenhum valor de mercado (Barbosa et al., 2020; Barbosa et al., 2021; Cermakova et al., 2023; Giusti et al., 2023; Rounghun et al., 2022; Vale et al., 2022; Xing et al., 2021).

Outro aspecto relevante a ser considerado é que as substituições podem obscurecer a estimativas de exploração dos recursos pesqueiros, ocasionando danos significativos à biodiversidade. Quando há substituições, a espécie substituída terá suas taxas de exploração superestimadas, enquanto as substituintes não são computadas nas estatísticas. Isso compromete o desenvolvimento de políticas públicas para conservação dos recursos pesqueiros (Kroetz et al., 2020).

Finalmente, os resultados deste estudo mostram que se faz necessário o desenvolvimento de políticas públicas para coibir, bem como mitigar os impactos das substituições na cadeia produtiva do pescado. O Brasil deve adotar programas permanentes de fiscalização e as empresas processadoras, bem como os estabelecimentos que vendem produtos à base do pescado devem ser obrigados a utilizar o nome científico das espécies nos rótulos e cardápios, o que facilita a rastreabilidade das espécies e reduz as taxas de substituição. Também, as agências fiscalizadoras podem adotar a metodologia multiplex para autenticação dos produtos, pois ela é eficiente, acurada, custo efetiva e de fácil aplicação. Por fim, as empresas processadoras podem utilizar a metodologia baseada em PCR multiplex para certificar a originalidade de seus produtos, o que poderá agregar valor e aumentar a competitividade destes ao longo da cadeia produtiva do pescado.

## 6. CONCLUSÃO

Em síntese, a PCR Multiplex revelou-se uma técnica eficiente, rápida e econômica, podendo ser considerada uma ferramenta precisa para a autenticação de produtos processados de bagres do gênero *Brachyplatystoma*. Os resultados deste estudo mostraram evidências claras de motivações econômicas por trás das substituições identificadas, sugerindo a ocorrência de fraude comercial. Nesse contexto, torna-se necessário o estabelecimento de políticas mais rígidas de rotulagem, monitoramento e fiscalização no comércio de produtos na cadeia produtiva do pescado, visando diminuir os impactos adversos decorrentes das práticas de substituição neste setor. Esta abordagem, centrada na implementação de medidas eficazes de controle, não apenas protege os interesses dos consumidores, mas também contribui para a preservação da integridade dos recursos pesqueiros e sustentabilidade da indústria.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahles, S., Mireles DeWitt, C. A. & Hellberg, R. S. (2025). A meta-analysis of seafood species mislabeling in the United States. *Food Control*, 171, 111110.
- Barbosa, A. J., Sampaio, I., da Silva, E. M., Alcântara, J. V. L. & Santos, S. (2020). Molecular authentication by DNA barcoding and multiplex PCR assay reveals mislabeling and commercial fraud of the Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*), an economically important sciaenid marketed in Brazil. *Food Control*, 117, 107351.
- Barbosa, A. J., Sampaio, I. & Santos, S. (2021). Re-visiting the occurrence of mislabeling in frozen “pescada-branca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus* –Sciaenidae) sold in Brazil using DNA barcoding and octaplex PCR assay. *Food Research International*, 143, 110308.
- Böhme, K., Calo-Mata, P., Barros-Velázquez, J. & Ortea, I. (2019). Review of recent DNA-based methods for main food-authentication topics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 3854-3864.
- Brito, M. A., Schneider, H., Sampaio, I., & Santos, S. (2015). DNA barcoding reveals high substitution rate and mislabeling in croaker fillets (Sciaenidae) marketed in Brazil: The case of “pescada branca” (*Cynoscion leiarchus* and *Plagioscion squamosissimus*). *Food Research International*, 70, 40–46.
- Carvalho, S.C., Sampaio, I. & Santos, S. (2020). 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*, 6(9), e04888.
- Carvalho, S. C. (2018). *Autenticação molecular dos filés de bagres amazônicos do gênero Brachyplatystoma com o auxílio do DNA barcode*. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará]
- Cermakova, E., Lencova, S., Mukherjee, S., Horka, P., Vobruba, S., Demnerova, K., & Zdenkova, K. (2023). Identification of fish species and targeted genetic modifications based on DNA analysis: State of the art. *Foods*, 12(1), 228.
- da Silva, H. F. G., da Silva, V. M. F., de Souza, I. D. S., de Souza Picaluga, A., Valdevino, G. D. C. M., Bisi, T. L., ... & Cunha, H. A. (2024). Violation of the Brazilian moratorium on the catfish piracatinga (*Calophysus macropterus*): Genetic evidence of mislabeling and toxicological hazard to deceived consumers. *Food Control*, 171, 111058.

- Do, T.D., Choi, T-J., Kim, J-I., An, H-E., Park, Y-J., Karagozlu, M.Z. & Kim, C-B. (2019). Assessment of marine fish mislabeling in South Korea's markets by DNA barcoding. *Food Control*, 100, 53–57.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024, July 19). *Lançamento do Relatório “O Estado da Segurança Alimentar e Nutrição no Mundo 2024” (SOFI)*. FAO no Brasil.
- Freitas, L., Barbosa, A. J., Vale, B. A., Sampaio, I. & Santos, S. (2023). Development of rapid and cost-effective multiplex PCR assays to differentiate catfish of the genus *Brachyplatystoma* (Pimelodidae–Siluriformes) sold in Brazil. *PeerJ*, 11, e15364.
- Giusti A, Castigliero L, Rubino R, Gianfaldoni D, Guidi A, Armani A. (2016). A conventional multiplex PCR assay for the detection of toxic gemfish species (*Ruvettus pretiosus* and *Lepidocybium flavobrunneum*): A simple method to combat health frauds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 960–968.
- Giusti, A., Malloggi, C., Tinacci, L., Nucera, D., & Armani, A. (2023). Mislabeling in seafood products sold on the Italian market: A systematic review and meta-analysis. *Food Control*, 145, 109395.
- Gomes, G., Correa, R., Veneza, I., da Silva, R., da Silva, D., Miranda, J. & Sampaio, I. (2019). Forensic analysis reveals fraud in fillets from the “Gurijuba” *Sciades parkeri* (Ariidae–Siluriformes): a vulnerable fish in brazilian coastal Amazon. *Mitochondrial DNA Part A*, 30, 721-729.
- Grbin, D., Zrnčić, S., Oraić, D., Alfier, M., Cindrić, M., Jović, L., Sućec, I., & Zupičić, I. G. (2025). Seafood labeling in Croatia: Molecular evidence and regulatory insights. *Foods*, 14(6), 917.
- Helgoe, J., Oswald, K. J., & Quattro, J. M. (2020). A comprehensive analysis of the mislabeling of Atlantic cod (*Gadus morhua*) products in Spain. *Fisheries Research*, 222, 105400.
- Hu, Y., Huang, S.Y., Hanner, R., Levin, J. & Lu, X. (2018). Study of fish products in Metro Vancouver using DNA barcoding methods reveals fraudulent labeling. *Food Control*, 94, 38–47.
- IBAMA. 2000-2007. *Estatística da pesca no Brasil: Grandes regiões e unidades da federação*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília. <https://www.ibama.gov.br/biodiversidade-aquatica/gestao-pesqueira/estatistica-pesqueira>.
- Kartavtsev, Y. P., Jung, S. O., Lee, Y. M., Byeon, H. K., & Lee, J. S. (2007). Complete mitochondrial genome of the bullhead torrent catfish, *Liobagrus obesus* (Siluriformes,

- Amblycipididae): Genome description and phylogenetic considerations inferred from the Cyt b and 16S rRNA genes. *Gene*, 396(1), 13-27.
- Khaksar, R., Carlson, T., Schaffner, D. W., Ghorashi, M., Best, D., Jandhyala, S., ... & Amini, S. (2015). Unmasking seafood mislabeling in US markets: DNA barcoding as a unique technology for food authentication and quality control. *Food Control*, 56, 71-76.
- Kroetz, K., Luque, G.M., Gephart, J.A., Jardine, S.L., Lee, P., Moore, K.C., Cole, C., Steinkruger, A. & Donlan, C.J. (2020). Consequences of seafood mislabeling for marine populations and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117, 30318-30323.
- Lundberg, J.G., & Littmann, M.W. (2003). Family Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). In: Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris, Jr., C. J. (Eds.), *Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, pp. 432–446.
- Luque, G.M., & Donlan, C.J. (2019). The characterization of seafood mislabeling: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 236, 556–570.
- MPA (Ministério da Pesca e Aquicultura) (2010). *Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2008-2009*. 99p
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2016). *Manual de inspeção para identificação de espécies de peixes e valores indicativos de substituição em produtos da pesca e aquicultura*.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2023). *Portaria MAPA nº 570, de 7 de março de 2023: Altera a Instrução Normativa nº 53, de 1º de setembro de 2020, que define o nome comum e os nomes científicos para as principais espécies de peixes de interesse comercial destinados ao comércio nacional*. *Diário Oficial da União*, Seção 1, p. 7.
- Ministério da Pesca e Aquicultura. (2025). *Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2023–2024* (Vol. 2). MPA.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.
- Oliveira, W. C. de. (2025). *Análise forense de filés de pescada-branca (Plagioscion squamosissimus) e pescada-gó (Macrodon ancylodon) sugere fraude comercial em Tucuruí (PA)* [Monografia de graduação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará].
- Pardo, M. Á., Jiménez, E., & Pérez-Villarreal, B. (2016). Misdescription incidents in seafood sector. *Food Control*, 62, 277-283.
- Pazartzi, T., Siaperopoulou, S., Gubili, C., Maradidou, S., Loukovitis, D., Chatzisprou, A., Griffiths, A. M., Minos, G., & Imsiridou, A. (2019). High levels of mislabeling in shark meat:

- Investigating patterns of species utilization with DNA barcoding in Greek retailers. *Food Control*, 98, 179–186.
- Roungchun, J. B., Tabb, A. M., & Hellberg, R. S. (2022). Identification of tuna species in raw and processed products using DNA mini-barcoding of the mitochondrial control region. *Food Control*, 134, 108752.
- Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74(12), 5463–5467.
- Santa Brígida, N., Lutz, I., Martins, T., Santana, P., Barbosa, A., Sampaio, I., Vallinoto, M. & Evangelista-Gomes, G. (2024). Authentication of sushi and sashimi products from northeastern Pará, coastal Amazon, by DNA barcoding reveals commercial frauds and potential threats to human health and environment. *Food Control*, 166, 110724.
- Staffen, C.F., Staffen, M.D., Becker, M.L., Löfgren, S.E., Muniz, Y.C.N., Freitas, R.H. A. & Marrero, A.R. (2017). DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil. *PeerJ*, 5, e4006.
- Sivasundar, A., Bermingham, E., & Ortí, G. (2001). Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology*, 10(2), 407–417.
- Vale, B. A., Barbosa, A. J., Sampaio, I., & Santos, S. (2022). Substituições fraudulentas e economicamente motivadas de pescadas da família Sciaenidae na região metropolitana de Belém, Pará. *Research, Society and Development*, 11(9), e43811931983-e43811931983.
- Xing, R. R., Hu, R. R., Wang, N., Zhang, J. K., Ge, Y. Q., & Chen, Y. (2021). Authentication of sea cucumber products using NGS-based DNA mini-barcoding. *Food Control*, 129, 108199.
- Warner, K., Timme, W., Lowell, B., & Hirschfield, M. (2013). *Oceana study reveals seafood fraud nationwide*. Washington, DC: Oceana.