



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA AMBIENTAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Avaliação da Frescura e Contaminação por Metais
Pesados em Camarões de Superfície comercializados
nos Mercados da Cidade de Maputo**



Autor: Moisés Rui António

Maputo, Outubro de 2025



FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA AMBIENTAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Avaliação da Frescura e Contaminação por Metais
Pesados em Camarões de Superfície comercializados
nos Mercados da Cidade de Maputo**

Autor:

Moisés Rui António

Supervisora: Prof^ª. Doutora Tatiana Kuleshova

Co-supervisor: Mestre Silvestre Lucas Muiambo

Maputo, Outubro de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e serenidade concedidas ao longo desta jornada académica e pela oportunidade de concluir esta formação;

À minha supervisora, Professora Doutora Tatiana Kuleshova, e ao co-supervisor, Mestre Silvestre Lucas Muiambo, expresso minha profunda gratidão pela orientação dedicada, paciência e apoio constante durante todas as etapas da elaboração deste estudo;

Às Lic. Nelda Comé e Verónica Bevane, pela disponibilidade, atenção e paciência demonstradas durante a realização da parte experimental, contribuindo significativamente para o desenvolvimento deste estudo;

À dr. Santos Covane, investigador do Departamento de Ciências Biológicas (DCB), pelo valioso auxílio na identificação das espécies de camarão, cuja colaboração foi essencial para a qualidade científica deste estudo;

Ao Instituto Nacional de Investigação Pesqueira (INIP), pela autorização para a realização do estágio que serviu de inspiração para este estudo, e aos funcionários do Laboratório de Inspeção do Pescado (LIP), pelo apoio técnico, pelo conhecimento transmitido e pela disponibilização de materiais que enriqueceram não apenas este estudo, mas também a minha formação profissional. Em especial, agradeço ao Mestre Mauro Uqueio, Eng. Zandamela, Eng. Sualei, dra. Dulce, dra. Josefa, dra. Maria Celeste, dra. Rosângela, dra. Priscila e o Senhor Zefanias;

Aos professores do curso de Licenciatura em Química Ambiental, pelos ensinamentos que fundamentaram minha formação académica, e aos funcionários do Departamento de Química da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), pelo acolhimento e suporte ao longo de todo percurso universitário;

Aos meus pais, Rui António e Maria Angélica Monjane e irmã Dra. Frância Rui António, por serem minha base, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais desafiadores.

À minha namorada, Nina, pela força, e amor que me serviram de pilares fundamentais no apoio e que juntos celebramos cada conquista;

Aos colegas da Turma 2019 e amigos do Departamento de Química, da AIESEC e do Programa CHePEA, nomeadamente Lic. Alexandre Muchanga, Lic. Eugénio Tembe, Lic. Chilengue, Nilsa Vicente, Lic. Carla Cuinica, Chelsea Salmina, Eng. Edson Matsimbe, Holly Leaune, Eugenio Pambe, Marly Mucache, Manuel Mabote, José Freire, Alves Manuel, Lic. Regino Comar, Lic. Zaira Valgi, Engenheira Mary D. Shirima e Dr. Frank Johnson, pela amizade, companheirismo e pelas trocas de experiências que tornaram esta caminhada mais leve e enriquecedora;

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui o meu sincero agradecimento.

ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

%RSD – Desvio padrão relativo

ATSDR – Agência de Registo de Doenças e Substâncias Tóxicas

BDML – Limite Inferior da Dose de Referência Associada a um Efeito Adverso

EC/UE – Comissão Europeia

EFSA – Autoridade Europeia para Segurança Alimentar

ICP-OES – Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente

L.vannamei – *Litopenaeus vannamei*

LD – Limite de detecção

LIP – Laboratório de Inspeção de Pescado

LQ – Limite de Quantificação

M.jelskii – *Macrobrachium jelskii*

MIMAIP – Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas

ML – Limite máximo

P.indicus – *Penaeus indicus*

P.monodon – *Penaeus monodon*

P.semissulcatus – *Penaeus semissulcatus*

P.subtilis – *Penaeus subtilis*

SD – Desvio padrão

TDI – Ingestão Tolerável Diária

TWI – Ingestão Tolerável Semanal

TVB-N - Nitrogénio das Bases Voláteis Totais

UL – Limite Máximo de Ingestão Tolerável

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Moisés Rui António declaro que este trabalho de culminação do curso é o resultado da minha investigação teórica e prática e nunca foi apresentado em nenhuma instituição para obtenção de qualquer grau académico e que foi elaborado com base na bibliografia a que se faz referência ao longo deste relatório e experiências realizadas.

Maputo, Outubro de 2025

O autor

(Moisés Rui António)

DEDICATÓRIA

À minha própria jornada, marcada por esforço, persistência e fé. Cada página aqui escrita carrega um pedaço da minha história, dos meus sonhos e das noites em claro que me trouxeram até este momento;

Aos meus pais, Rui António e Maria Angélica Monjane pilares da minha vida, que com amor, sacrifício e sabedoria ensinam-me a nunca desistir das batalhas. Sem vocês, este caminho teria sido muito mais árduo;

À minha irmã, Dra. Frôncia Rui António companheira de risos, desafios e aprendizados. Sua presença é minha inspiração diária;

E, com o coração cheio de saudades, dedico também *in memoriam* aos meus queridos avós (Vovó Helena, Vovó Mondlane) e tios (Tio Eusébio, Tio Vírgílio) que partiram antes de ver este capítulo se concretizar. Suas memórias vivem em mim. Esta conquista é também de vocês.

RESUMO

O presente trabalho teve como objectivo, avaliar a frescura e contaminação por metais pesados em camarões de superfície comercializado nos mercados da Cidade de Maputo. A análise de frescura foi realizada através da análise sensorial para a textura, cor e cheiro em amostras de camarão superfície, os teores de humidade e cinzas foram determinados por secagem em estufa e calcinação em mufla respectivamente. A quantificação dos metais pesados As, Cd, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Se, Sr, e Zn na casca e músculo do camarão foi feita a partir da digestão ácida em placa eléctrica e determinação em ICP-OES.

Os resultados da avaliação de frescura mostram que o camarão era vendido num bom estado, aceitável para o consumo. Os teores de humidade para a casca são menores comparativamente com os do músculo mostrando uma necessidade de conservação sob congelação para aumentar a vida na prateleira. Os teores de cinzas são maiores para a casca em relação com os do músculo. As concentrações de metais pesados como Cd e Pb, em todas as amostras foram superiores aos limites recomendados pelos regulamentos da UE [Cd] e [Pb] > 0,5 mg/kg (w/w) mostrando uma contaminação do camarão por estes poluentes. E as concentrações de Cu, Cr, Co, Fe, Ni, Zn, Se, Sr e As precisam de comparação com a sua ingestão máxima tolerável (mg/dia) para se assumir a sua presença como tóxica. Dentre os mercados em estudo, o Mercado Xipamanine apresentou maiores concentrações de metais pesados.

Estes resultados mostram que apesar do grau de frescura aceitável, o consumo de camarão vendido nos mercados da Cidade de Maputo representa um potencial risco a saúde pública.

Palavras – chave: Poluentes, Consumo, Limites.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - materiais, reagentes e equipamentos usados durante os procedimentos analíticos.....	18
Tabela 2 - Equipamentos utilizados durante os procedimentos analíticos.	18
Tabela 3 - Resultados da avaliação da frescura do camarão comercializado nos mercados da cidade de Maputo.....	23
Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de metais no músculo de camarão.	29
Tabela 5 - Fórmulas para o cálculo em ANOVA unimodal.	39
Tabela 6 - Classificação do estado de frescura no camarão de superfície colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo.	41
Tabela 7 - Valores do teor de Cd em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Cd na UE e a sua conformidade.	46
Tabela 8 - Valores do teor de Pb em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Pb na UE e a sua conformidade.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo per capita de pescado em Moçambique.....	6
Figura 2 - Diagrama de um espectrómetro típico de emissão por ICP.....	10
Figura 3 - Localização geográfica do Mercado Xipamanine.	16
Figura 4 - Localização geográfica do Mercado Central.	16
Figura 5 - Localização geográfica do Mercado Xiquelene.....	17
Figura 6 - Amostra na leitura do ICP-OES.....	22
Figura 7 - Teor de humidade das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.....	26
Figura 8 - Teor de humidade das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.....	26
Figura 9 - Teor de cinzas das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.....	26
Figura 10 - Teor de cinzas das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.....	27
Figura 11 – Teor de As nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	30
Figura 12 – Teor de As nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	30
Figura 13– Teor de Cd nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	31
Figura 14 – Teor de Cd nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	31
Figura 15 - Teor de Co nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e central para o mês de Setembro.	31
Figura 16 – Teor de Co nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	32
Figura 17 – Teor de Cr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	32
Figura 18 - Teor de Cr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.....	32
Figura 19 – Teor de Cu nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	33

Figura 20 – Teor de Cu nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	33
Figura 21 – Teor de Fe nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	33
Figura 22 – Teor de Fe nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	34
Figura 23 – Teor de Ni nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	34
Figura 24 – Teor de Ni nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	34
Figura 25 – Teor de Pb nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	35
Figura 26 – Teor de Pb nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	35
Figura 27 – Teor de Se nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	35
Figura 28 – Teor de Se nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	36
Figura 29 – Teor de Sr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	36
Figura 30 – Teor de Sr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	36
Figura 31 – Teor de Zn nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.	37
Figura 32 – Teor de Zn nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A– Quadro resumo de teores de humidade, cinzas, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança	A
Anexo B – Condições de leitura em ICP-OES	B
Anexo C– Limites de detecção e quantificação do ICP-OES para os metais presentes na amostra	B
Anexo D - Teores dos metais, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança.....	C
Anexo E– Valores da concentração de Cd e Pb no tecido muscular convertido para mg/kg (base húmida)	H
Anexo F – Resultados estatísticos da comparação da concentração de metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular do camarão.....	I
Anexo G – Resultados estatísticos da comparação da concentração dos metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular em diferentes mercados durante o mês de Setembro e Outubro usando ANOVA	J
Anexo H – Resultados estatísticos da comparação da concentração dos metais entre os diferentes mercados	K
Anexo I– Painel de avaliação de frescura de camarão utilizado no LIP	L
Anexo J – Curvas de calibração normal obtidas pelo ICP-OES	M
Anexo K– Descrição das espécies estudadas	U
Anexo L– Fotos de comercialização de pescado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central	W

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	i
ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS	iii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iv
DEDICATÓRIA.....	v
RESUMO	vi
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Problematização.....	2
1.3. Objectivos	2
1.3.1. Objectivo geral:	2
1.3.2. Objectivos Específicos:	3
1.4. Perguntas de Pesquisa	3
1.5. Justificativa	4
2. METODOLOGIA	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1. Consumo de Pescado em Moçambique	6
3.2. Importância de económica do camarão.....	6
3.3. Valor nutritivo do camarão	7
3.4. Resíduos do processamento de camarão.....	8
3.5. Composição química do camarão	8
3.6. Métodos de avaliação da frescura e determinação de metais em amostras de camarão	8
3.6.1. Análise Sensorial	9
3.6.2. Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES)	9
3.6.3. Validação metodológica para determinação de metais pesados por ICP-OES	
11	
3.6.3.1. Avaliação da precisão	12
3.6.3.2. Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).....	12
3.7. Formas e fontes de contaminação do pescado	12
3.8. Metais Pesados.....	13

3.9. Bioacumulação nos camarões	13
4. PARTE EXPERIMENTAL.....	15
4.1. Amostragem.....	15
4.2. Descrição do local de amostragem	15
4.3. Procedimentos analíticos	17
4.3.1. Materiais e reagentes	17
4.3.2. Equipamentos	18
4.3.3. Métodos de análise	19
4.3.3.1. Avaliação de frescura.....	19
4.3.3.2. Determinação de metais pesados	19
5. APRESENTAÇÃO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS ...	23
5.1. Avaliação da frescura.....	23
5.2. Análise de humidade e cinzas em amostras de camarão.....	23
5.3. Determinação de metais pesados por ICP-OES.....	27
5.4. Comparação da concentração de metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular do camarão	37
5.5. Comparação da concentração de metais pesados entre os mercados.....	38
6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
6.1. Avaliação da frescura.....	41
6.2. Análise de humidade e cinzas	42
6.3. Determinação de metais por ICP-OES	43
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	56
7.1. Conclusões	56
7.2. Recomendações	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	A

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

A pesca em Moçambique é uma actividade que desempenha um papel crucial na economia nacional e como um dos meios de subsistência familiar. Segundo o relatório do Banco Mundial (2019), o sector pesqueiro representa uma importante fonte de alimentação e sustento para a população do país, além de ser um mercado de trabalho vital que gera rendas significativas para muitas famílias. A costa moçambicana é rica em habitats e biodiversidade marinha, com espécies endémicas e em vias de extinção, além de diversos recursos - incluindo os camarões penaeídeos. No entanto, em locais de crescimento ou abundância destes camarões, como a Baía de Maputo nota-se a contaminação marinha causada pela crescente urbanização, industrialização na área adjacente - zona metropolitana da Cidade de Maputo que intensificou a importância económica e social desta região afectando a saúde desse ecossistema aquático costeiro (Honguane, 2007).

Em Moçambique, as explorações de recursos pesqueiros como camarões, caranguejos, peixes de água doce, entre outros é feitos por pescadores artesanais e contribuem com, pelo menos, mais da metade de toda produção nacional. Portanto a segurança e a qualidade destes recursos cruciais no sustento das comunidades são temas de crescente preocupação, impulsionadas pelo aumento da contaminação marinha e outros recursos hídricos (Campaina, 2021).

A frescura do camarão é um indicador-chave da sua qualidade, influenciando directamente o seu sabor, textura e, mais importante, a sua sanidade. Com o tempo, processos de degradação naturais, como a acção enzimática e a proliferação microbiana, levam à deterioração do produto. A avaliação da frescura é, por isso, essencial para garantir que o camarão chegue ao consumidor em condições óptimas, prevenindo a ocorrência de doenças de origem alimentar (Munguambe, 2014).

Os metais pesados são poluentes persistentes que podem acumular-se nos tecidos dos organismos marinhos, incluindo o camarão de superfície. A bioacumulação de metais pesados na cadeia alimentar representa um risco significativo para a saúde humana, podendo causar uma série de problemas neurológicos, renais e outros (Bandeira e Scarlet, 2014).

Desse modo a combinação da avaliação da frescura com a monitoramento dos poluentes como metais pesados em camarões de superfície constitui, portanto, um tema de investigação de grande relevância. Por isso foi desenhado o presente estudo irá fornecer dados sobre a qualidade do camarão de superfície comercializado nos mercados da Cidade de Maputo, contribuindo para a protecção da saúde pública.

1.2. Problematização

A qualidade dos alimentos comercializados, especialmente os produtos do mar, tem um impacto directo na saúde pública. Em muitas cidades costeiras, como a Cidade de Maputo, o camarão de superfície é um dos principais produtos consumidos pela população, sendo também uma importante fonte de renda para os pescadores e comerciantes locais. No entanto, a qualidade do camarão disponível nos mercados da Cidade de Maputo é muitas vezes afectada por diversos factores como a falta de condições de conservação eficientes no local da venda, para além do desconhecido grau de contaminação por potenciais poluentes como metais pesados, uma vez que estes produtos são vendidos em mercados informais sem certificação sanitária.

Alguns metais pesados como arsênio (As), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e zinco (Zn) são frequentemente acumulados no tecido gorduroso de organismos aquáticos e seus efeitos tóxicos no organismo humano são conhecidos e a sua acção vai desde de danos neurológicos até problemas renais e hepáticos (Rainbow, 2002). O consumo de alimentos contaminados com esses metais pesados, mesmo em pequenas quantidades, pode representar um risco significativo para a saúde, especialmente em populações que consomem regularmente produtos pesqueiros que crescem em ambiente de maior risco de ocorrência destes poluentes.

A determinação destes poluentes é crucial na avaliação da qualidade do camarão comercializado na Cidade de Maputo de forma a identificação dos potenciais riscos à saúde pública e propor medidas de controle e regulamentação para garantir o consumo de alimentos seguros.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo geral:

- Avaliar a frescura e contaminação por metais pesados em camarões de superfície comercializados nos mercados da Cidade de Maputo.

1.3.2. Objectivos Específicos:

- Determinar o estado de frescura do camarão de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo;
- Determinar o teor de humidade e cinzas na casca e músculo do camarão de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da cidade de Maputo;
- Determinar as concentrações dos metais pesados como As, Cd, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Se, Sr e Zn presente na casca e músculo do camarão de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo por ICP-OES;
- Descrever a distribuição dos metais pesados na casca (exoesqueleto), e no músculo (tecido muscular) do camarão de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo;
- Descrever os riscos para a saúde humana fazendo-se comparação entre os teores de metais pesados determinados experimentalmente nos tecidos de camarão e os limites recomendados pelas instituições de controlo de saúde (“EC/UE”, “EFSA”, “ATSDR”).

1.4. Perguntas de Pesquisa

1. Qual é o nível de frescura do camarão superfície comercializado nos mercados Xiquelene, Xipamanine e Central da Cidade de Maputo?
2. Quais são as concentrações dos metais pesados As, Cd, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Se, Sr e Zn no casca e músculo do camarão?
3. Qual dos tecidos de camarão (casca e músculo) apresenta maior concentração de metais pesados?
4. Qual dos três mercados apresenta maior concentração de metais nos tecidos de camarão?
5. A qualidade do camarão de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da cidade de Maputo atende aos padrões de qualidade estabelecidos pela EFSA, EC/EU, ATSDR?

1.5. Justificativa

De acordo com relatórios do Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas (MIMAIP), a comercialização do camarão em Moçambique representa uma importante fonte de proteína e renda para muitas comunidades. Na cidade de Maputo, ele é amplamente comercializado nos mercados locais em condições precárias de conservação. Desta forma, é essencial a realização de análises periódicas para avaliar o nível de qualidade para servir como indicadores do consumo de alimentos seguros.

A análise de frescura de camarão à semelhança dos metais pesados é uma ferramenta importante no controlo de qualidade pois o camarão é um alimento altamente perecível que quando mal conservado sofre uma rápida deterioração apresentando riscos de intoxicações alimentares aos consumidores. Dessa forma, a frescura e a ausência de contaminação por metais pesados são factores essenciais para a garantia de segurança alimentar e da saúde dos consumidores.

Foi neste ponto de vista que foi desenhado o presente estudo que visa a contribuir para o conhecimento sobre a qualidade do camarão disponível nos mercados da Cidade de Maputo, fornecendo dados que possam embasar políticas de controlo e fiscalização de qualidade deste precioso alimento. Ainda irá promover a consciencialização dos comerciantes e consumidores sobre a importância de fornecer e consumir alimento seguro, incentivando boas práticas de manuseio, armazenamento e conservação dos mariscos.

2. METODOLOGIA

Na elaboração deste trabalho seguiu-se a seguinte sequência:

i. Revisão bibliográfica

Foi baseada na busca e análise de artigos científicos, livros, relatórios técnicos e outras fontes confiáveis sobre qualidade de camarão: métodos de avaliação sensorial, físico-química e microbiológica; metais pesados em camarões: métodos de análise e padrões de qualidade.

ii. Trabalho de campo

O trabalho de campo consistiu na colheita de amostras de camarão durante os meses de Setembro e Outubro em três locais nomeadamente mercados Xiquelene, de Xipamanine e Central da Cidade de Maputo que são áreas maioritariamente caracterizadas pela alta actividades de venda de diversos produtos pesqueiros.

iii. Trabalho Laboratorial

O trabalho laboratorial consistiu em realização de análises sensoriais para a avaliação organolépticas; químicas para determinação de humidade, cinzas e dos metais pesados As, Cd, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Se, Sr e Zn.

iv. Interpretação, análise estatística e discussão dos resultados

Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística, discutidos e comparados com os padrões estabelecidos pela EC/UE e EFSA.

v. Elaboração do relatório final

A elaboração do relatório final consistiu na compilação da informação bibliográfica, das metodologias analíticas, dos resultados laboratoriais desde a interpretação, discussão de dados e conclusões obedecendo o modelo em vigor na Faculdade de Ciências.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Consumo de Pescado em Moçambique

Os dados publicados por (MIMAIP, 2020) indicam que a produção nacional disponível para o consumo de pescado cresceu de 157 981 toneladas, em 2010, para 406 449 toneladas, em 2019, a uma taxa média anual de 11,1%. Em termos *per capita*, o consumo de pescado aumentou de 9,8 kg, em 2010, para 18,1 kg, em 2019, a uma taxa média anual de aproximadamente 7,2% (Figura 1). Estes dados mostram um aumento significativo da oferta nacional de pescado, e reafirma a necessidade de pesquisa, revisão sobre a qualidade dos produtos pesqueiros como camarão, lulas, peixes, entre outros., buscando apresentar o seu estado no que diz respeito ao seu consumo (Campaina, 2021).

O consumo *per capita* de pescado varia de forma significativa dentro do país, devido à influência de factores culturais, económicos e até geográficos. O consumo é maior na zona costeira e de águas interiores, e é menor nas regiões do interior, onde não existem rios e com uma acessibilidade limitada. Para além da disponibilidade, questões económicas são limitantes na escolha do tipo de pescado, dada a diferença de preços (Campaina, 2021).

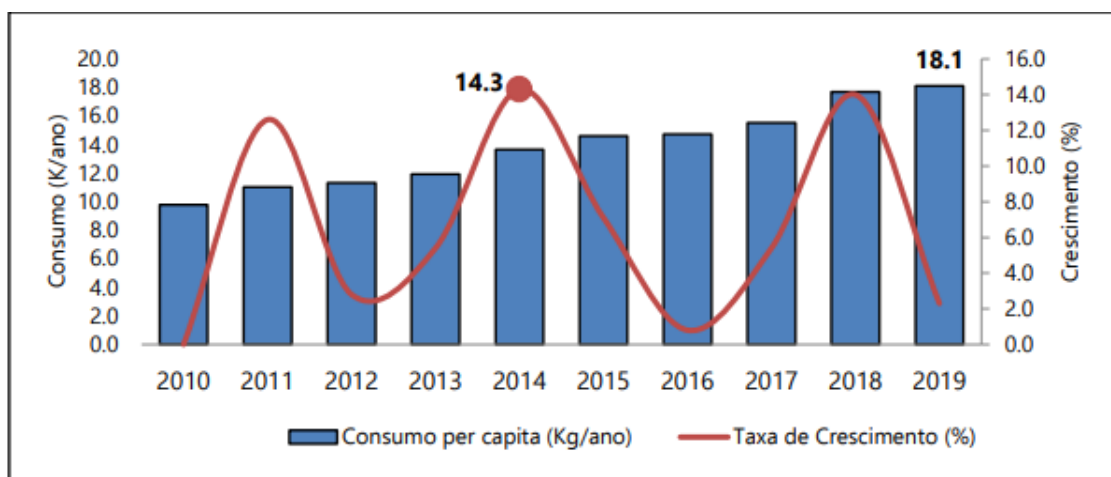


Figura 1 - Consumo per capita de pescado em Moçambique: período 2010-2019.

Fonte: MIMAIP (2020) citado por Campaina (2021).

3.2. Importância de econômica do camarão

Em Moçambique, o camarão de superfície é capturado para fins comerciais pelos operadores industriais e semi-industriais e pelos pescadores artesanais. O subsector da pesca artesanal é particularmente importante contribuindo para a dieta alimentar e fonte

de rendimento familiar. Em 2012, gerou 355,000 empregos (este número poderá ter aumentado com o aumento populacional e a valorização do camarão no mercado global). A característica peculiar da pesca artesanal é de empregar mais mulheres na cadeia de comercialização contribuindo para a emancipação do género (Nhatumbo *et al.*, 2020).

À semelhança de outros recursos naturais, se gerido de forma sustentável, o camarão de superfície pode contribuir para um desenvolvimento inclusivo e sustentável. Contudo, as pescarias em Moçambique estão ameaçadas pela sobrepesca por operadores industriais, aliada a rápida e descontrolada expansão da pesca artesanal, destruição do habitat, poluição e o uso contínuo de artes nocivas comprometeram as reservas, com a maioria das pescarias a mostrar sinais de sobre-exploração (Nhatumbo *et al.*, 2020).

3.3. Valor nutritivo do camarão

Os produtos pesqueiros e, especialmente o camarão, são uma importante fonte de alimento para grande parte da população mundial. Possuem sabor e aroma agradáveis para além de serem considerados uma boa fonte de renda nacional devido aos seus altos preços e maior procura nos mercados.

A sua carne, é a porção comestível mais importante contém grande quantidade de proteína e baixo teor de gordura. Além disso, é considerada boa fonte de vitamina B12 e minerais como ferro, selênio e cálcio. Contudo a composição química da carne do camarão depende de muitas variáveis, entre as quais destacam idade, estado fisiológico, época e região de captura (Ibrahim, 2022).

Por isso na produção industrial durante o seu processamento, geralmente são removidas a cabeça (cefalotórax), a cauda (télson) e em certos casos as cascas (exoesqueleto). O cefalotórax corresponde entre 30 e 40% da matéria-prima e o exoesqueleto representa 37%. Juntos chegam a integrar em torno de 70% do peso da matéria-prima. A casca e a cabeça do camarão são compostas por 15 a 40% de quitina, de 20 a 40% de proteínas e de 20 a 50% de carbonato de cálcio, podendo ser utilizados como aditivos alimentares ou consumidos em alguns caso (especialmente a cabeça) devido o benefício nutricional (Nascimento, 2023).

3.4. Resíduos do processamento de camarão

Os resíduos do processamento de camarão consistem em vários compostos que têm potenciais usos em uma variedade de indústrias. Dentre os componentes que compõem os resíduos do camarão, o que tem despertado maior interesse comercial é a quitina, o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza, após a celulose, um importante componente orgânico dos artrópodes. Através da conversão do seu subproduto mais importante, a quitosana, é possível obter um biopolímero com ampla aplicação na área biomédica e na engenharia. No entanto, as etapas de extração química da quitina revelam-se prejudiciais para o meio ambiente (Nascimento, 2023).

A quitosana, possui maior valor comercial e propriedades mais interessantes para âmbito industrial e fins de pesquisa, podendo ser utilizada para costura cirúrgica, controlo de colesterol, actuar como agente conservante, floculante, coagulante, compor biofertilizantes entre outros (Carvalho, 2006).

3.5. Composição química do camarão

O camarão é um produto bastante perecível devido ao seu elevado teor de proteínas, compostos nitrogenados não proteico, aminoácidos livres e elevada actividade de água. Por ser rico em proteínas, é susceptível a acção autolítica das enzimas proteolíticas musculares e/ou a deterioração microbiana. As enzimas proteolíticas presentes no suco gástrico e nos tecidos do camarão provocam a decomposição, propiciando a disseminação de microrganismos endógenos. A composição centesimal média do camarão aproxima-se à de qualquer pescado: 78-84% de água e 18-20% de proteínas dependendo da espécie, estado sexual, muda, entre outros factores, e um baixo conteúdo de gordura (em média 2%) (Nunes, 2013).

3.6. Métodos de avaliação da frescura e determinação de metais em amostras de camarão

A frescura dos produtos de pesca representa um atributo de qualidade muito especial, pois determina a sua aceitabilidade pelo consumidor e também o seu valor comercial. Os métodos sensoriais são as ferramentas mais completas na avaliação da frescura do pescado e são resultantes de estímulos que geram a interpretação das propriedades organolépticas dos produtos. Contudo por ser difícil identificar a origem dos sabores e cheiros desagradáveis, devem-se realizar estudos comparando a análise sensorial com as

análises físico-químicas e microbiológicas de forma a conhecer o ponto de rejeição do produto (Fonseca, 2022).

No contexto do camarão de superfície comercializado nos mercados da Cidade de Maputo, a avaliação da sua qualidade é relevante devido o défice de certificação sanitária antes do mesmo entrar no mercado. Por outro lado, a higiene sanitária - nesses mercados pode ser um factor importante na contaminação dos diversos produtos pesqueiros – incluindo o camarão. Segundo Germano (2003) o termo qualidade de pescado refere-se à aparência e frescura, ou ao grau de deterioração, como também as propriedades de um produto que lhe conferem condições de satisfazer às necessidades do consumidor, sem causar danos à sua saúde e que pode ser avaliada por análises sensoriais, físico-químicas e microbiológicas.

3.6.1. Análise Sensorial

As análises sensoriais têm papel fundamental em qualquer programa de controle de qualidade de alimentos, visto ser um factor determinante da aceitação do produto. Este tipo de análise utiliza os sentidos humanos – visão, olfato (cheiro), sabor (gosto) e tato (textura) – para avaliar as características organolépticas dos alimentos. A análise das características organolépticas pode ser utilizada para controlo de qualidade do produto, determinar o tempo de prateleira, avaliar o perfil do produto, ganhar vantagem competitiva através de comparações com outras marcas, e identificar as preferências e expectativas dos consumidores (Nunes, 2013).

Para avaliar a frescura do camarão comercializado nos mercados da Cidade de Maputo empregando a análise sensorial com base no painel de avaliação de frescura do camarão utilizado no Laboratório de Inspeção de Pescado (vide o anexo I), um camarão fresco, por exemplo, deve apresentar boa uma aparência, cheiro característico a maresia, ausência de desidratação, melanose, matéria estranha e danos físicos. Em contraste, um camarão em deterioração apresenta aparência duvidosa, presença de matéria estranha como folhas, algas, ocasionalmente semi-descabeçados, danificados ou aspecto repugnante, e cheiro desagradável.

3.6.2. Espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES)

O ICP-OES é uma técnica analítica que se baseia na medição da emissão de radiação electromagnética das regiões visíveis e ultravioletas do espectro electromagnético por

átomos excitados neutros ou ionizados. Esta técnica é utilizada em múltiplos tipos de análises elementares de alta sensibilidade e precisão como por exemplo análises ambientais ou análises de materiais (Hou e Jones, 2000).

3.6.2.1. Princípio do método

Nesta técnica a solução amostra é nebulizada continuamente em uma descarga de plasma de gás argon indutivamente acoplada, onde os anólitos de interesse são convertidos para o estado excitado, conforme os átomos ou iões de estado excitado retornam ao seu estado fundamental, eles emitem energia na forma de luz em comprimentos de onda que são característicos de cada elemento. A intensidade da energia emitida no comprimento de específico é proporcional à concentração de cada elemento na amostra analisada. Para resultados precisos, a análise direta de ICP-OES deve ser conduzida apenas em matrizes aquosas relativamente limpas. Outras amostras aquosas e/ou sólidas mais complexas precisam de ser digeridas antes de serem analisadas. A figura 2 que se segue mostra o diagrama esquemático da emissão óptica típica de um espectrómetro de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado.

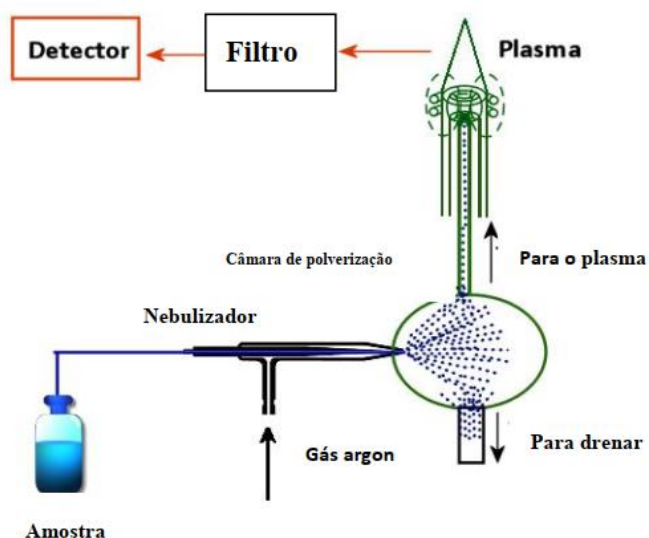


Figura 2 - Diagrama de um espectrómetro típico de emissão por ICP.

Fonte: Adaptado do Skoog, (2003).

A amostra em solução, é introduzida no plasma em forma de aerossol por meio de um sistema nebulizador. A primeira função da alta temperatura do plasma é remover o solvente através da evaporação, deixando partículas microscópicas sólidas que são os sais dos elementos constituintes da amostra. Na etapa seguinte ocorre a volatilização-

dissociação, com a produção de vapores iónicos, que são excitados na forma de iões (José e Santos, 2007).

O mecanismo de excitação é por colisão, onde a energia cinética das espécies que colidem transforma-se em todo ou em uma parte da energia de excitação e haverá passagem dos iões da amostra, de um nível fundamental ou de menor energia, para um nível de maior energia, formando assim as espécies excitadas. Por sua vez os electrões retornam ao estado fundamental, e devolve a energia na forma de emissão de radiação eletromagnética, na qual o comprimento de onda é característico para cada elemento e a intensidade da linha do espectro de emissão é proporcional à concentração do elemento sob análise (José e Santos, 2007).

3.6.2.2. Vantagens e desvantagens

O ICP-OES tem-se tornado como técnica espectroscópica de emissão mais utilizada, devido a sua alta estabilidade, baixo ruído, baixa intensidade de emissão de fundo e imunidade a muitos tipos de interferências. É um equipamento com uma alta velocidade de leitura o que possibilita a determinação de um maior número de elementos a partir de um volume de amostra reduzido. Tem alta capacidade de determinar em uma análise diversos elementos em uma faixa ampla de concentração em uma mesma amostra. É amplamente empregado na determinação de elementos traços em amostras ambientais, como em água potável, águas residuais, produtos de petróleo, em alimentos, em amostras geológicas, em materiais biológicos e no controle de qualidade industrial (Skoog, 2003).

3.6.3. Validação metodológica para determinação de metais pesados por ICP-OES

A validação é uma das etapas do processo analítico capaz de garantir a qualidade e aplicabilidade de um método, através da estimativa das figuras de mérito. Para que o método atenda às exigências das suas aplicações analíticas, este deve apresentar precisão, exatidão, linearidade, sensibilidade, faixa de aplicação, especificidade, reprodutibilidade e estabilidade adequados à análise (INMETRO, 2007).

Alguns parâmetros neste trabalho foram utilizados no processo de validação, no intuito de comprovar a confiabilidade analítica dos resultados obtidos pelo método de ICP-OES. Para o efeito foram avaliadas a precisão (%RSD), limites de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ).

3.6.3.1. Avaliação da precisão

A precisão representa a concordância entre os resultados do teste analítico aplicado às réplicas da mesma amostra. Geralmente, a precisão é expressa por meio da repetibilidade e reprodutibilidade do método analítico sob condições normais de operação. Com os valores dos resultados obtidos, são calculados a média, o desvio padrão (SD), determinando-se o coeficiente de variação relativo (CV ou % RSD) para cada anólito de interesse presente na amostra (INMETRO, 2007).

Neste estudo, a precisão das análises foi determinada pela repetibilidade, tendo três (3) repetições para a determinação de humidade, cinzas e de metais pesados.

3.6.3.2. Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ)

O limite de detecção (LD) corresponde a menor quantidade do anólito presente numa amostra passível de ser detectada embora não necessariamente quantificado nas condições de trabalho estabelecidas. O limite de quantificação (LQ) corresponde à menor quantidade do anólito presente na amostra que pode ser determinada com precisão e exatidão aceitáveis sob as condições experimentais estabelecidas. Estes parâmetros são importantes na avaliação e garantia da confiabilidade do resultado em termos de sensibilidade e precisão (Ribeiro *et al.*, 2002).

3.7. Formas e fontes de contaminação do pescado

O pescado é um alimento de elevado valor nutricional, amplamente consumido no mundo inteiro, mas também é altamente susceptível a diferentes formas de contaminação. A contaminação pode ter origem tanto em falhas de manejo pós-captura e durante a comercialização, como também em factores ambientais relacionados à contaminação marinha que inclui a presença de metais pesados e outros poluentes químicos.

A contaminação por poluentes químicos nos ecossistemas aquáticos, especialmente os metais pesados - decorre de descargas industriais, actividades de mineração, uso de fertilizantes e escoamento urbano. O cádmio, por exemplo é frequentemente associado a efluentes industriais e fertilizantes fosfatados e, tende a se acumular em moluscos e crustáceos, podendo provocar efeitos adversos nos rins e nos ossos (Liu *et al.*, 2022). Já o chumbo, cuja presença está relacionada a resíduos industriais e sistemas de encanamento antigos, apresenta toxicidade neurológica e cardiovascular (Bhattacharya *et al.*, 2016). O arsénio também merece destaque, visto que sua forma inorgânica é altamente tóxica e pode estar presente em águas contaminadas (Matos *et al.*, 2022).

Outra fonte de contaminação importante é o manejo do pescado, desde o momento da captura, ainda nos barcos pesqueiros até a sua destinação final, após passar por inúmeras fases de processamento e transporte. A quantidade e os tipos de microrganismos encontrados no pescado fresco além de serem influenciados pelo local e método da captura, também dependem da estação do ano e reflectem a população microbiana das águas de onde foram capturados (Gomes, 2009).

3.8. Metais Pesados

Em termos biológicos, os metais pesados são sempre associados à toxicidade. Porém, esses elementos químicos podem ser classificados como metais essenciais e não essenciais. Contudo os metais essenciais são requeridos em baixas quantidades pelos seres vivos, participando de atividades metabólicas com as suas concentrações controladas visando a homeostase. Por outro lado, a deficiência de metais essenciais (Fe, Cu, Zn, Mn, Co e Se) pode resultar no comprometimento das funções vitais do organismo. No entanto, quando em excesso, os metais essenciais são potencialmente tóxicos aos seres vivos (Afonso, 2009).

Outro grupo são os metais pesados não essenciais, também classificados como metais pesados não essenciais não-tóxicos e não-essenciais tóxicos. Os metais não-essenciais não-tóxicos são aqueles elementos inofensivos abaixo de seu nível limite, mas quando eles o excedem, tornam-se tóxicos e prejudicam várias funções vitais (p.ex. Ni e Cr). Enquanto que, metais pesados tóxicos não-essenciais são aqueles metais que não têm funções biológicas bem conhecidas para os seres vivos e são tóxicos mesmo em quantidades mínimas (p.ex Cd, Pb, Hg, As, Be, etc.) (Afonso, 2009).

No ser humano a ingestão de alimentos pode representar a maior fonte de exposição a estes metais. Essa exposição pode levar a bioacumulação destes contaminantes e os sinais toxicológicos são dependentes de inúmeros factores relacionados com o metal e com o hospedeiro (Afonso, 2009).

3.9. Bioacumulação nos camarões

Os crustáceos (caranguejos, camarões, etc.,) possuem o hábito alimentar detritívoro, o que os torna mais susceptíveis a absorver os metais pesados do ambiente. Entretanto, as espécies que compõem este filo possuem mecanismos específicos. Em camarões, os metais pesados são absorvidos pelas brânquias ou através das membranas da borda em escova por difusão ou mediada por um transportador de membrana e levados às células epiteliais hepatopancreáticas. No citoplasma dessas células, o metal pode complexar com

a metalotioneína, uma proteína de alta afinidade com iões metálicos e entrar na mitocôndria. Posteriormente é transportado através da membrana basolateral para o sangue, onde pode ser acumulado pelos lisossomas, ou ser transferido para o retículo endoplasmático (da Silva, 2022)

4. PARTE EXPERIMENTAL

4.1. Amostragem

A coleta das amostras foi realizada no município de Maputo, especificamente nos centros de venda de camarão nomeadamente Mercado de Xiquelene, Mercado Xipamanine e Central. As amostras foram adquiridas durante o período da manhã (7h00 às 12h00) nos meses de Setembro e Outubro de 2024. Em cada mercado foi colhida em uma banca selecionada aleatoriamente uma porção de aproximadamente 200 g de camarão para cada amostra e conservada em sacos plásticos com 500g de gelo em uma caixa isotérmica. As amostras foram transportadas para residência, onde foram removidas dos sacos plásticos e transferidas para tigelas plásticas devidamente codificadas e congeladas em um congelador convencional a -18 °C até ao momento das análises.

4.2. Descrição do local de amostragem

i. Mercado Xipamanine

Localizado no bairro de Chamanculo, é um local coberto, próximo a estrada e exposto a poeiras devido a circulação de veículos, para além de ser vendido em bancas com condições de higiene deficientes. A comercialização do produto ocorre dentro do mercado no período da manhã e fora do mercado no período da tarde e à noite. O produto é normalmente conservado em caixas térmicas com gelo apesar de que uma parte deste camarão permanecer exposto a poeiras e à temperatura ambiente durante a venda (vide o anexo L para imagem de uma banca de venda).

Fora do mercado, nas proximidades há existência de lixo aliado a intensa actividade comercial colocando em risco a contaminação cruzada pela acções de vectores como moscas. As espécies de camarão mais comercializados são o *P.monodon* e *P.semisulcatus*. Na figura 3 a seguir é ilustrada a localização geográfica do Mercado Xipamanine.



Figura 3 - Localização geográfica do Mercado Xipamanine.

Fonte: Google Maps.

ii. Mercado Central

Localizado na Avenida 25 de Setembro na Cidade de Maputo, é também conhecido como Bazar da Baixa. É um local fechado, com várias bancas disponíveis para fazer a actividade de venda de diversos produtos. As bancas são de concreto com condições de higiene adequadas, - possuindo canalização interna para descarga das águas de lavagem dos pescados e outros produtos. A espécie de camarão comercializado é *P.semissulcatus* conservado em gelo. Na figura 4 abaixo, é ilustrada a localização geográfica do Mercado Central.



Figura 4 - Localização geográfica do Mercado Central.

Fonte: Google Maps.

iii. Mercado Xiquelene

Localiza-se junto a Praça dos Combatentes no bairro da polana caniço, é um local não coberto e possui uma afluência muito grande de pessoas e muita circulação de veículos. As bancas são improvisadas por tábuas sobre caixas e outros suportes. São caracterizadas por baixa qualidade de limpeza onde a comercialização do produto ocorre à beira da estrada. O local é caracterizado por cheiro muito forte aliado à acumulação das águas residuais provenientes da limpeza do pescado e outros produtos oferecendo condições para proliferação de moscas e outros vectores. Este ambiente oferece condições para desenvolvimento de bactérias patogénicas e provável contaminação dos produtos vendidos no local. Para além da acção patogénica, certas bactérias actuam como catalisadores para reacções químicas levando à degradação dos mariscos.

A espécie de camarão mais comercializado neste local é o *P. Semisulcatus* e há pouca utilização de caixas isotérmicas com gelo durante a comercialização. Na figura 5 a seguir é ilustrada a localização geográfica do Mercado Xiquelene.



Figura 5 - Localização geográfica do Mercado Xiquelene.

Fonte: Google Maps.

4.3. Procedimentos analíticos

4.3.1. Materiais e reagentes

Na Tabela 1 são apresentados materiais e reagentes usados durante os procedimentos analíticos.

Avaliação da Frescura e Contaminação por Metais em Camarões de Superfície Comercializados nos Mercados da Cidade De Maputo

Tabela 1 - materiais, reagentes e equipamentos usados durante os procedimentos analíticos.

Materiais	Reagentes
Almofariz e pistilo	Ácido Nítrico (HNO ₃) com 70 % (w/w) de grau de pureza
Aspirador para Pipeta	(Glassworld);
Bisturi	Padrão de multielementos de 1000 mg/L da <i>SMM Chemicals</i> ;
Cadinhos de Teflon	Ácido perclórico (HClO ₄) a 2% (<i>AAR da SMM Chemicals</i>)
Copos de Becker de 200 mL	Água bidestilada;
Esguicho	Água destilada;
Espátula	Álcool etílico a 10% <i>Promark Chemicals</i> .
Frascos de vidro e plástico	
Funil de Vidro	
Marcador	
Vidro relógio	
Placas de Petri	
Pipetas volumétricas de	
Seringas de 20 mL	
Filtro de seringa, com membrana em	
NYLON hidrofílico – Poro 0,45(µm),	
Diâmetro: 25(mm)	
Rótulos	

4.3.2. Equipamentos

Os equipamentos utilizados durante os procedimentos analíticos estão listados na Tabela 2 que se segue.

Tabela 2 - Equipamentos utilizados durante os procedimentos analíticos.

Equipamento	Marca	Modelo	Precisão
Balança Analítica	SHIMADZU CORPORATION	AUW220D	0,0001 g
Balança analógica	-	-	0.001g
Estufa	BIOBASE	BOV – T30C	
Mufla	CARBOLITE	RHF 1500	-
Manta Eléctrica	SHIMADZU CORPORATION	-	-
Espectrómetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado	SHIMADZU CORPORATION	9800	-
Destilador	-	-	-
Geleira	DEFY	C455	-
Placa de aquecimento	-	-	-

Foram também usados alguns equipamentos de protecção individual como:

- Luvas de látex;

- Mascara facial;
- Óculos de protecção.

4.3.3. Métodos de análise

Para a avaliação da qualidade do camarão de superfície comercializado nos mercados da Cidade de Maputo com base na análise de frescura foram avaliadas as propriedades organolépticas como a textura, cor e cheiro. Para a determinação de metais pesados foi usada a técnica de espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). A análise foi feita no exoesqueleto e músculo do camarão.

4.3.3.1. Avaliação de frescura

Na avaliação da frescura observou-se cuidadosamente a cor, cheiro, textura e aparência das amostras. Para esta análise, a avaliação foi feita tomando como base a tabela de avaliação sensorial utilizada no Laboratório de Inspeção de Pescado (LIP) (vide o anexo I).

i. Material usado

- Fundo branco (Papel branco A4);
- Bancada.

ii. Procedimentos

- Textura: as amostras foram tacteadas levemente em toda a sua extensão, para se sentir a consistência;
- Cor: as amostras foram colocadas sobre um fundo branco (Papel branco A4), para possibilitar uma conveniente verificação visual;
- Cheiro: as amostras foram aspiradas suavemente, para libertar os aromas leves.

4.3.3.2. Determinação de metais pesados

As determinações foram realizadas empregando um espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (SHUMADZU, 9800) cuja a calibração foi feita com uma solução estoque multielementar. As linhas espectrais foram selecionadas de acordo com a ausência de interferências espectrais e sensibilidade adequada para a determinação de elementos em baixas e altas concentrações, mediante estudo de linhas de emissão dos elementos a serem investigados. A Tabela B1 (vide o anexo B) mostra as condições experimentais utilizadas para as determinações.

4.3.3.2.1. Curvas analíticas de calibração

As soluções padrões foram preparadas a partir de uma solução multi-elemento de 100 mg/L. Pipetando 0,125 mL (para solução padrão 1), 0,25 mL (para solução padrão 2), 0,5 mL (para solução padrão 3), 0,75 mL (para solução padrão 4), 1,0 mL (para solução padrão 5), 1,5 mL (para solução padrão 6) e 2 mL (para solução padrão 7), obtendo-se as concentrações de 0,0; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 mg/L e transferiu-se para balões volumétricos de 15 mL.

O branco do método foi preparado em um balão volumétrico de 50 mL usando H₂O Mili Q com adição de 0,5 mL de ácido nítrico (HNO₃) 70 % usado na digestão das amostras de camarão. As curvas analíticas de calibração construídas se encontram no anexo J (vide o anexo J).

4.3.3.2.2. Lavagem de materiais

Os materiais usados para o armazenamento e tratamento das amostras foram lavados com água e detergentes, depois de passar por água destilada foram imersos em um balde contendo uma solução de HCl e HNO₃ a 20% durante 24 horas. A seguir foram imersos em água destilada durante 24 horas. Após a lavagem foram secos em uma estufa a 105°C por 1 hora.

4.3.3.2.3. Preparação das amostras

As amostras de camarão adquiridas foram preparadas no laboratório de biologia (BUSCEP). As amostras foram retiradas da caixa isotérmica e descongeladas sob condições em temperatura ambiente. Em seguida, foi feita a selecção de espécies de camarão para cada amostra. Para a identificação das espécies, os exemplares foram imersos em uma placa de Petri contendo uma solução de etanol a 10%. A identificação foi baseada na contagem do serrilhado rostral do cefalotórax dos camarões onde se verificou que no Mercado Xipamanine, eram mais comercializados as espécies de camarão *P. monodon* e *P. semisulcatus* e nos mercados Xiquelene e Central, o camarão *P. semisulcatus*.

Em seguida, cada amostra foi dissecada utilizando um bisturi. Foram removidos o cefalotórax (cabeça), o exoesqueleto (casca), o tecido muscular (músculo) e o trato digestivo (veia intestinal). O cefalotórax e a veia intestinal foram descartados, enquanto o exoesqueleto e o tecido muscular foram separados e mantidos para as análises. Por fim,

as frações de exoesqueleto e músculo foram submetidas a um processo de secagem em uma estufa a 80 °C por 72 horas. Este procedimento foi fundamental para a remoção da água, permitindo a posterior determinação da humidade, cinzas e metais pesados como As, Cd, Cu, Cr, Co, Pb, Fe, Ni, Se, Sr e Zn.

4.3.3.2.4. Determinação de Humidade

Inicialmente, os cadinhos foram lavados com água destilada e secos em uma estufa pré-aquecida a 105 °C por uma hora. Em seguida, foram arrefecidos em um dessecador por 30 minutos. Após o arrefecimento, os cadinhos foram pesados individualmente em uma balança analítica e os seus pesos registados.

A seguir 2 g da casca e músculo triturados com auxílio de um almofariz, foram colocadas nos cadinhos secos e arrefecidos. Os cadinhos foram levados à estufa a 105 °C por 2 horas e após este período, foram removidos e arrefecidos em um dessecador por 30 minutos para posterior pesagem dos cadinhos secos e arrefecidos. Os cadinhos foram novamente colocados na estufa por 1 hora, seguido de arrefecimento em dessecador e posterior pesagem. Esse processo foi repetido até atingir-se o peso constante.

4.3.3.2.5. Determinação de Cinzas

Primeiramente, os cadinhos foram lavados com água destilada e secos em uma mufla a 550 °C por 2 horas. Após este período, foram arrefecidos em um dessecador por 30 minutos. Em seguida, os cadinhos arrefecidos foram pesados individualmente em uma balança analítica, e os seus pesos foram registados.

A seguir 2g das amostras foram tomados – para os cadinhos anteriormente pesados e as amostras foram carbonizadas em uma manta eléctrica por 1 hora até não exalar vapores, seguida de sua calcinação em mufla a 550 °C por 48 horas. Após carbonização – os cadinhos foram retirados e arrefecidos em um dessecador por 30 minutos, seguida de pesagem e o registo dos pesos.

4.3.3.2.6. Digestão das amostras

As cinzas obtidas foram quantitativamente transferidas para copos de Teflon, as quais foram digeridas pela adição de 1 mL de água desionizada, 2 mL de ácido perclórico (HClO₄) a 2 % e 3 mL de ácido nítrico (HNO₃) concentrado. A seguir a mistura foi digerida em uma placa eléctrica a 90°C até quase à secura. Repetiu-se o procedimento até

aparecimento de soluções límpidas. Após esta etapa, as soluções foram filtradas usando-se um filtro para seringa 0,45 μm e transferidas para balões volumétricos de 50mL e perfeit-se o volume com água desionizada.

4.3.3.2.7. Leitura das amostras

As soluções amostra foram transferidos para tubos de teflon de 15 mL e as leituras foram feitas em espectrómetro de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP – OES), como ilustra a figura 6.



Figura 6 - Leitura das amostras em ICP-OES.

4.3.3.3. Limite de detecção (LD) e limite de quantificação (LQ)

Para a determinação do LD e do LQ do método analítico, foram utilizadas as soluções das amostras de camarão submetidas ao processo de digestão e os sinais (intensidade de emissão) medidos por ICP OES. O cálculo do LD e o LQ baseou-se na razão entre o desvio padrão dos brancos da curva preparados a partir da água Mili Q e a inclinação da curva analítica. Os valores de limites de detecção e de quantificação dos metais analisados no neste estudo se encontram na Tabela C1 (vide o anexo C).

5. APRESENTAÇÃO E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS RESULTADOS

5.1. Avaliação da frescura

Os resultados da avaliação da frescura das amostras do camarão de superfície obtido nos três mercados (Mercado Xipamanine, Central e Xiquelene) são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da avaliação da frescura do camarão comercializado nos mercados da cidade de Maputo.

Mês	Ponto de colheita	Cor	Cheiro	Textura
Setembro	Mercado Xipamanine	Castanho pálido e verde acinzentado claro	Suave	Firme
	Mercado Central	Castanho pálido	Suave	Firme
	Mercado Xiquelene	Castanho pálido	Suave	Firme
Outubro	Mercado Xipamanine	Castanho pálido e verde acinzentado claro	Suave	Firme
	Mercado Central	Castanho pálido	Suave	Firme
	Mercado Xiquelene	Castanho pálido	Suave	Firme

5.2. Análise de humidade e cinzas em amostras de camarão

A percentagem da humidade foi calculada usando a seguinte equação 1:

$$\% \text{ Humidade} = \frac{Mb - Mc}{Ma} \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

Ma = peso da amostra húmida;

Mb = peso do cadinho + amostra húmida;

Mc = peso do cadinho + amostra seca;

A percentagem de cinzas foi calculada usando a seguinte equação 2:

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{P_{cz}}{P_i} \times 100\% \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

Pcz = peso das cinzas;

Pi = peso inicial da amostra.

Para o tratamento estatístico dos resultados da análise de humidade e cinzas obtidos foram usados como parâmetros: média experimental, desvio-padrão, %RSD e intervalo de confiança. Os valores das médias, desvio-padrão, precisão analítica (%RSD) para a análise de humidade cinzas encontram-se na Tabela A1 (vide o anexo A).

Para o cálculo da média experimental e do desvio-padrão usou-se as equações 3 e 4 respectivamente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \text{ (Equação 3)}$$

$$s = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ (Equação 4)}$$

onde:

$\bar{x}$ – média do valor experimental;

x_i – valor individual experimental;

s - desvio padrão;

n - número de determinações (ou réplicas).

A precisão das análises de cinza e humidade foi calculada através de equação 5:

$$\% RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \text{ (Equação 5)}$$

Onde:

% RSD – desvio padrão relativo ou coeficiente de variação relativo;

s – desvio padrão;

$\bar{x}$ – média.

Os intervalos de confiança das médias das amostras foram calculados usando com base na equação 6:

$$IC = \bar{x} \pm \frac{t^*s}{\sqrt{n}} \text{ (Equação 6)}$$

O tratamento estatístico foi feito a um nível de probabilidade de 0,05 e função de graus de liberdade ($n - 1$), onde os valores de t_{crit} foram extraídos da tabela de distribuição “t de student” (t-bilateral).

Para identificar a presença de valores suspeitos (*outliers*) na análise de humidade e cinza, foi aplicado o teste de Dixon (teste Q), um método estatístico adequado para pequenos conjuntos de dados ($n \leq 10$). Este teste permite avaliar se um valor suspeito se desvia significativamente dos restantes, podendo assim ser excluído da análise para garantir a robustez dos resultados.

O cálculo do valor de Q é realizado através da equação 7:

$$Q = \frac{x_{\text{suspeito}} - x_{\text{próximo}}}{x_{\text{máximo}} - x_{\text{mínimo}}} \text{ (Equação 7)}$$

O valor obtido é comparado com o valor crítico de Q ($Q_{\text{crítico}}$) correspondente a um nível de confiança de 95%. Para um número de réplicas $n = 3$, o valor crítico é $Q_{\text{crítico}} = 0,970$. Se o Q calculado for superior a este valor, a réplica é considerada um *outlier* e deve ser removida do conjunto.

A decisão de remover valores identificados como *outliers* fundamenta-se no princípio de que estes resultam, com elevada probabilidade, de erros não-sistemáticos ou situações pontuais durante o processo analítico, tais como:

- Contaminação acidental da amostra;
- Perda parcial de material durante a pesagem ou transferência;
- Flutuação instrumental momentânea;
- Heterogeneidade extrema e não representativa da sub-amostra.

A sua exclusão permitiu obter uma estimativa mais fiável e precisa do verdadeiro valor do parâmetro analisado, reduzindo o enviesamento da média e melhorando a precisão global (%RSD) dos resultados reportados.

Nas figuras 7 -10 apresentam-se os resultados dos teores de humidade e cinzas das amostras de camarão dos mercados Central, Xiquelene e Xipamanine da Cidade de Maputo.

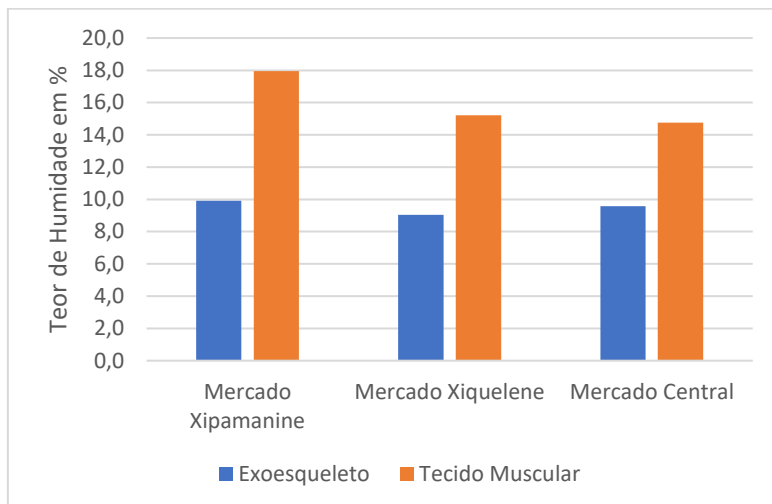


Figura 7 - Teor de humidade das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

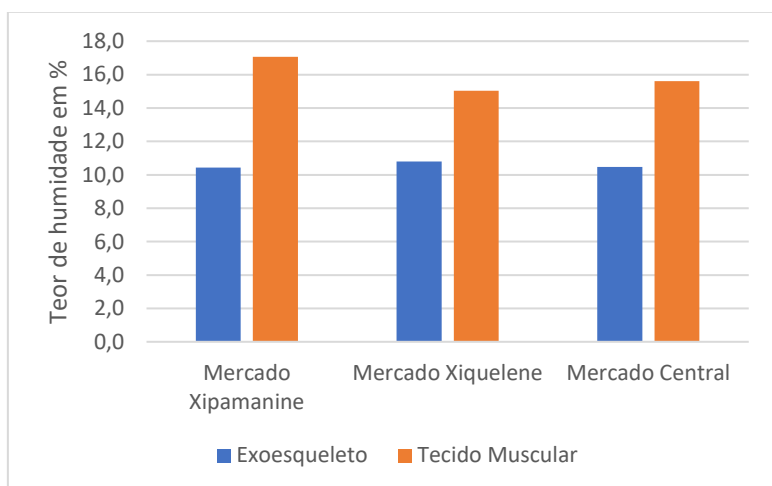


Figura 8 - Teor de humidade das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

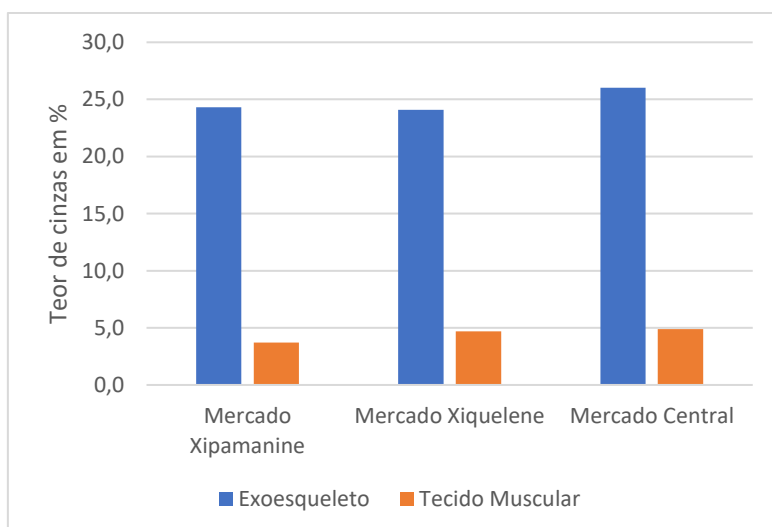


Figura 9 - Teor de cinzas das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

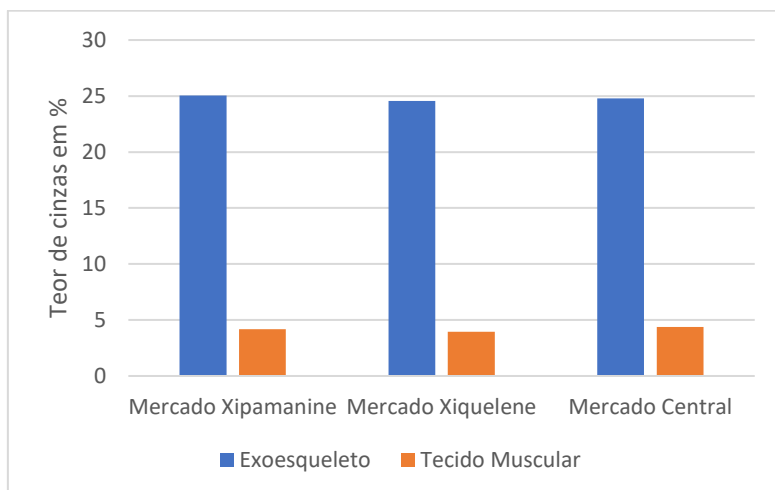


Figura 10 - Teor de cinzas das amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

5.3. Determinação de metais pesados por ICP-OES

As concentrações dos metais pesados presentes nas amostras foram calculadas usando-se a equação 8:

$$Teor (mg/kg) = \frac{C(mg/L) \times V_{amostra} (mL)}{m (kg)} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

C – é a concentração do elemento na solução final, em ppm calculada a partir da equação da recta de calibração;

V – Volume final em mililitros da solução amostra;

m – massa em quilogramas da amostra pesada para digestão.

Para o cálculo do desvio ou intervalo de confiança das concentrações dos metais pesados foi usada a equação 9:

$$IC = \bar{X}_A \pm \frac{t_{crit} \times s_{XA}}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

IC: intervalo de confiança;

$\bar{X}_A$ – media da concentração do metal;

t_{crit} – valor tabelado ($p = 0,05$; $2T$; $v = n-2$);

s_{XA} – desvio padrão de $\bar{X}_A$;

Para o cálculo do desvio padrão de S_{XA} foi usada a equação 10:

$$S_{XA} = \frac{s_{y/x}}{b} \left[\frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{(Y_A - \bar{Y})^2}{b^2 \sum_i (X_i - \bar{X})^2} \right] \text{ (Equação 10)}$$

Onde:

$s_{y/x}$ - desvio padrão residual;

b - Declive na recta de regressão linear ou sensibilidade;

m - Número de repetição das amostras;

n - Número de padrões na curva de calibração;

Y_A – Intensidade;

$\bar{Y}; \bar{X}$ - Medias de Y_A e X_i respectivamente.

Os limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ) do instrumento calculados usando-se as equações 11 e 12 respectivamente e os resultados são apresentadas na Tabela C1 (vide o anexo C).

$$LD = \frac{3 s_{y/x}}{b} \text{ (Equação 11)}$$

$$LQ = \frac{10 s_{y/x}}{b} \text{ (Equação 12)}$$

Quase todos os limites legais (EC/UE, *Codex Alimentarius*) para contaminantes em pescado são definidos em base húmida e aplicam-se ao músculo comestível (no caso de crustáceos, carne do abdómen), não à casca/cabeça. Para os crustáceos, a comissão europeia (EC/UE) estabelece concentrações com ML = 0,50 mg/kg (base húmida) para Cd e ML = 0,50 mg/kg (base húmida) para Pb no músculo. Para os elementos Cr, Cu, Fe, Ni, Zn e Se diversas directivas reguladoras recomendam limites de ingestão tolerável diária (TDI), semanal (TWI) e limite inferior da dose de referência associada a um efeito adverso observado (BMDL) como referência para evitar excesso (EFSA, 2010; EFSA, 2012).

A (*Codex Alimentarius*/ EFSA) não tem limites como TDI/TWI/BMDL para os elementos Co, Cr e Sr no músculo de camarão. Muitas vezes os seus limites são baseados em normas específicas de cada país ou em algumas organizações como a União Europeia. Veja a Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de metais no músculo de camarão.

Metal	UL (mg/kg)	TDI (mg/dia)	TWI (mg/kg)	BMDL ₀₋₅ (mg/kg)	Organismo regulador
As (inorgânico)	-	-	-	2-7	EFSA
Cu	5	-	5	-	
Cr	-	-	-	-	
Co	-	5-40	-	-	ATSDR
Fe	-	40	-	-	EFSA
Ni	-	13	-	-	
Se	255	-	255	-	
Sr	-	-	-	-	
Zn	25	6-13	-	-	

Para se fazer a comparação com os Limites Máximos dos regulamentos (UE 1881/2006, and consolidations;UE 2023/915) aplicáveis ao músculo de crustáceos, foram convertidos para Cd e Pb os valores de seu teor do músculo do camarão colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo para base húmida pela equação 13:

$$C_{ww} = C_{dw} \times (1 - \text{humidade da amostra}) \text{ (Equação 13)}$$

Onde:

C_{ww} - Concentração em base húmida

C_{dw} – Concentração em base seca

Os valores de teor de Cd e Pb no músculo do camarão convertido para mg/kg base húmida se encontram nas Tabelas E1 e E2 respectivamente (vide o anexo E).

Nas figuras 11 - 32 apresentam-se os teores em mg/kg de base seca da concentração dos metais pesados como As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Se, Sr e Zn no exoesqueleto e no tecido muscular dos camarões de superfície colhidos nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo nos meses de Setembro e Outubro de 2024.

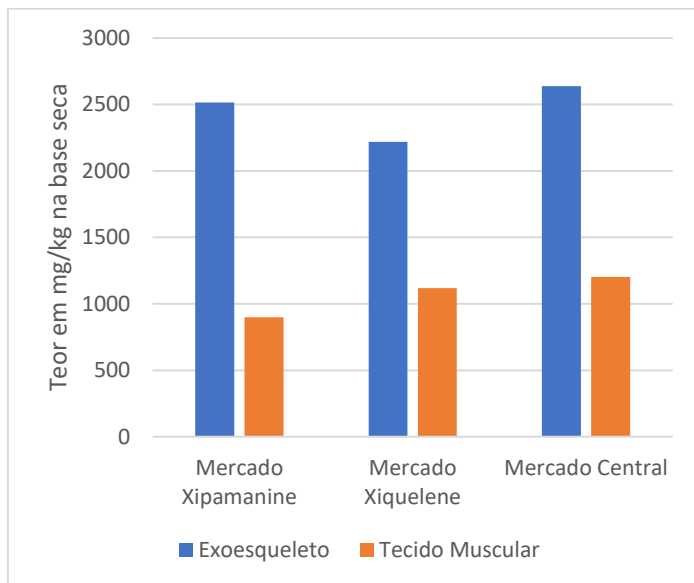


Figura 11 – Teor de As nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

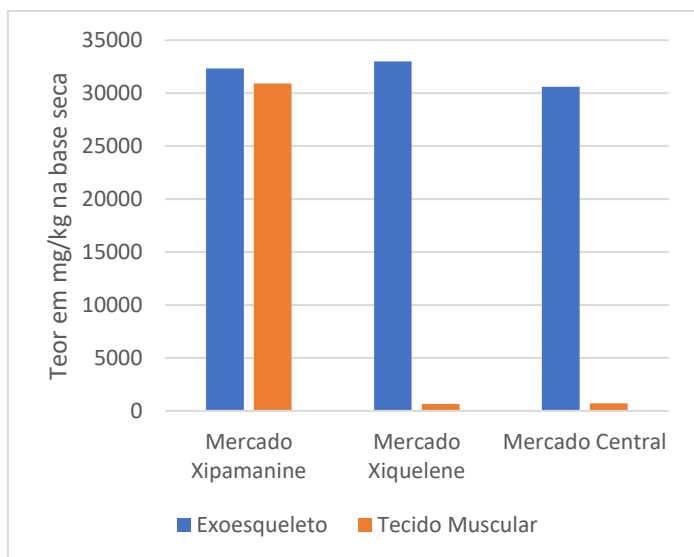


Figura 12 – Teor de As nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

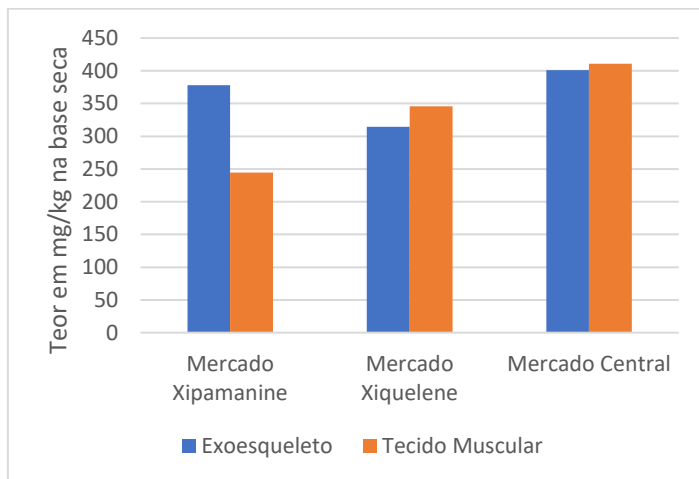


Figura 13– Teor de Cd nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

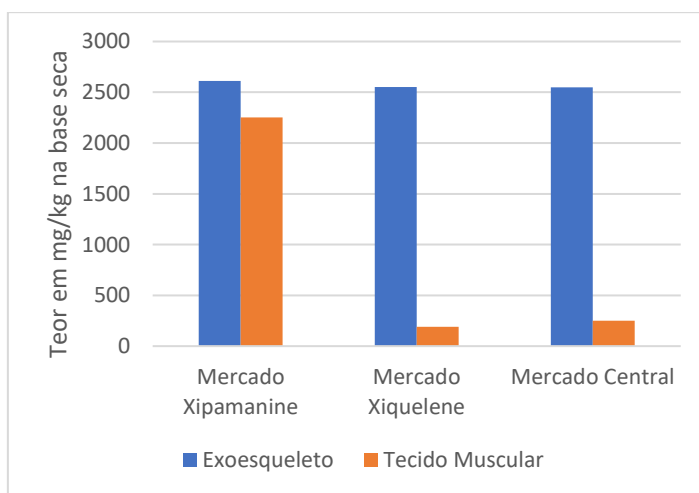


Figura 14 – Teor de Cd nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

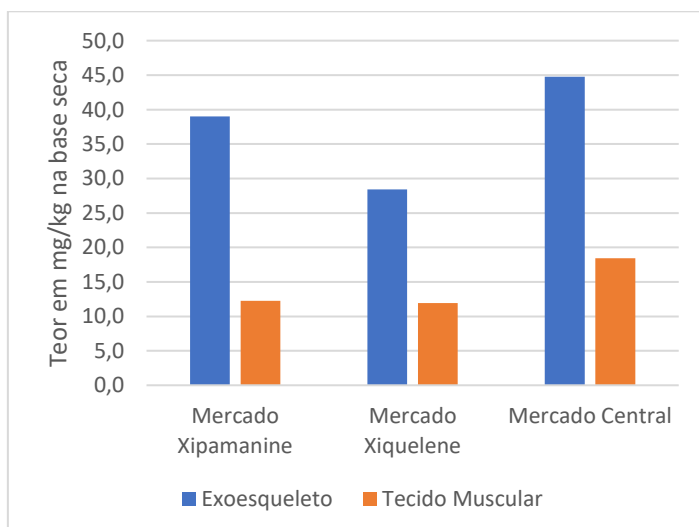


Figura 15 - Teor de Co nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e central para o mês de Setembro.

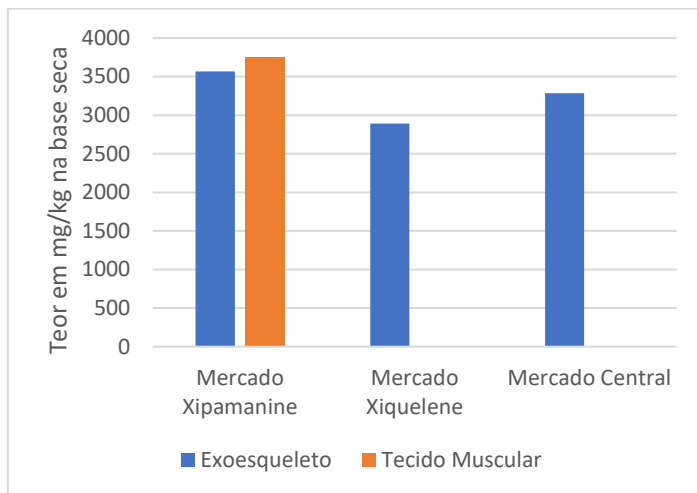


Figura 16 – Teor de Co nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

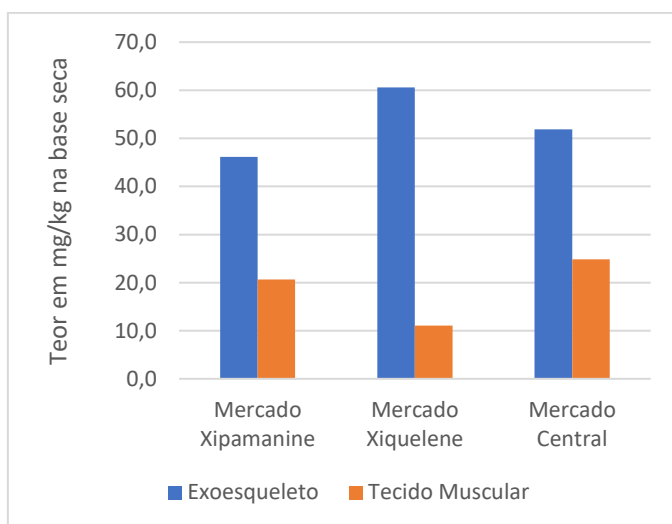


Figura 17 – Teor de Cr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

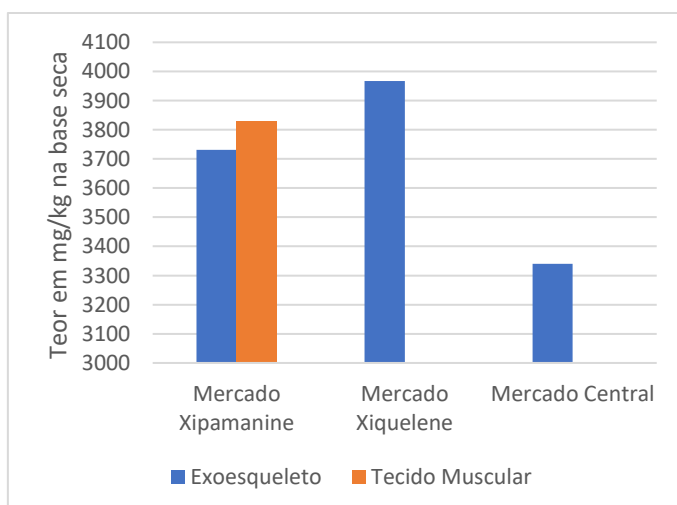


Figura 18 - Teor de Cr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

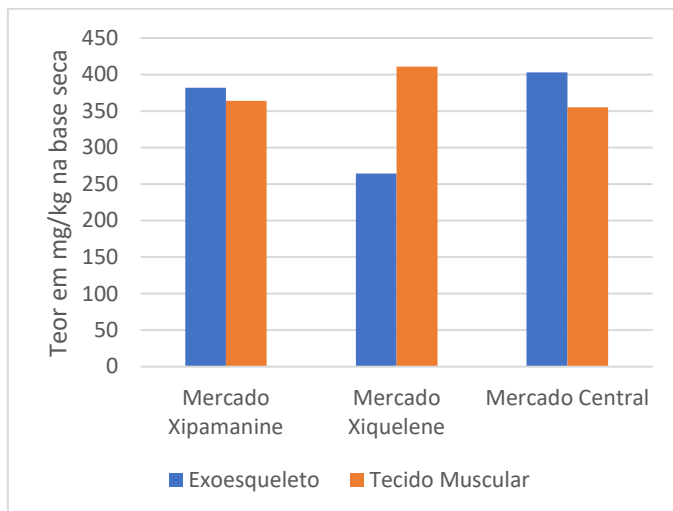


Figura 19 – Teor de Cu nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

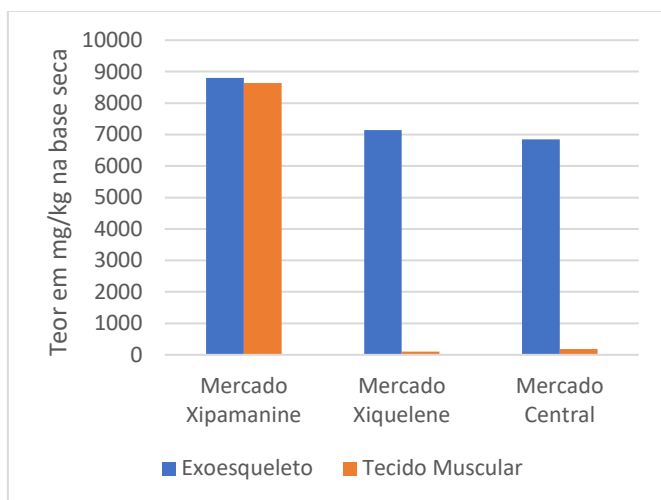


Figura 20 – Teor de Cu nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

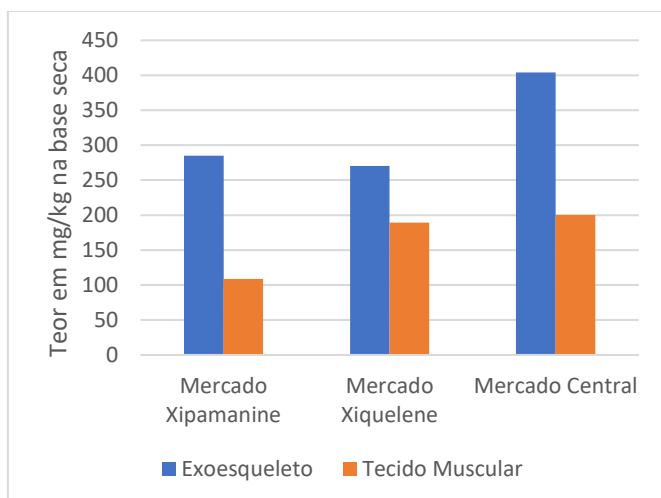


Figura 21 – Teor de Fe nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

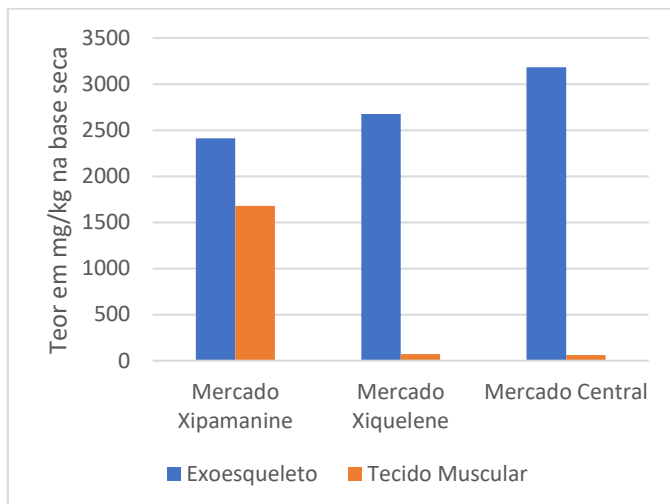


Figura 22 – Teor de Fe nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

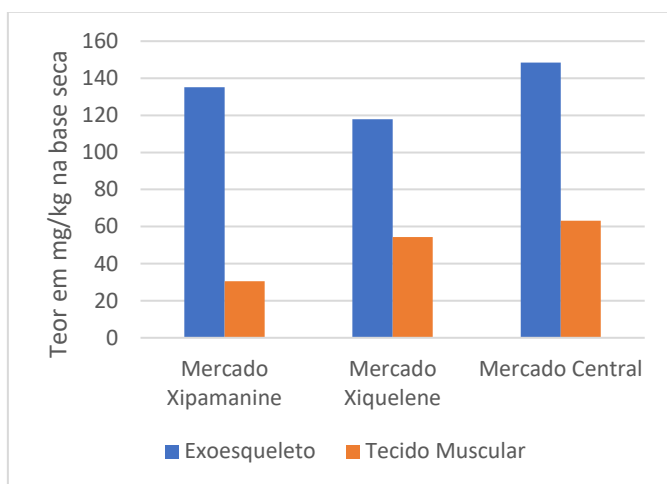


Figura 23 – Teor de Ni nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

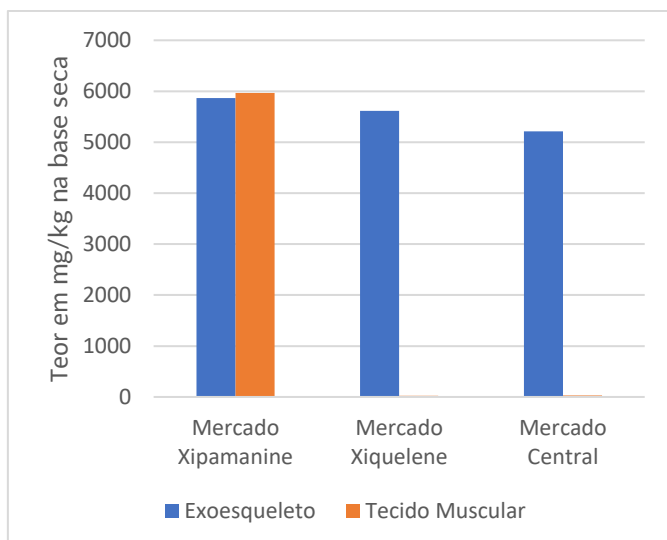


Figura 24 – Teor de Ni nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

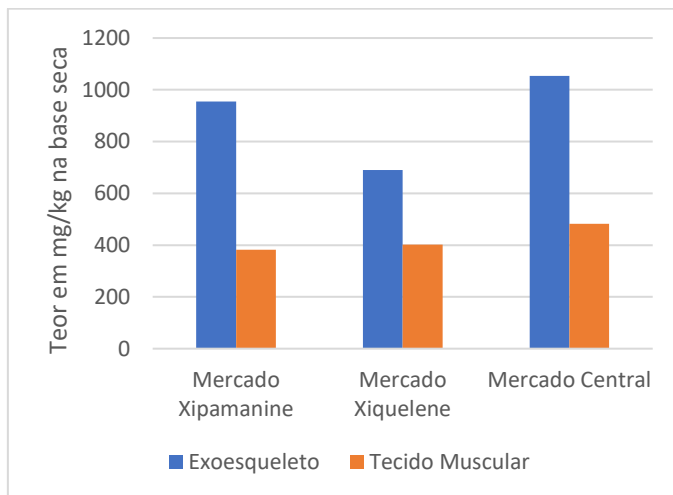


Figura 25 – Teor de Pb nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

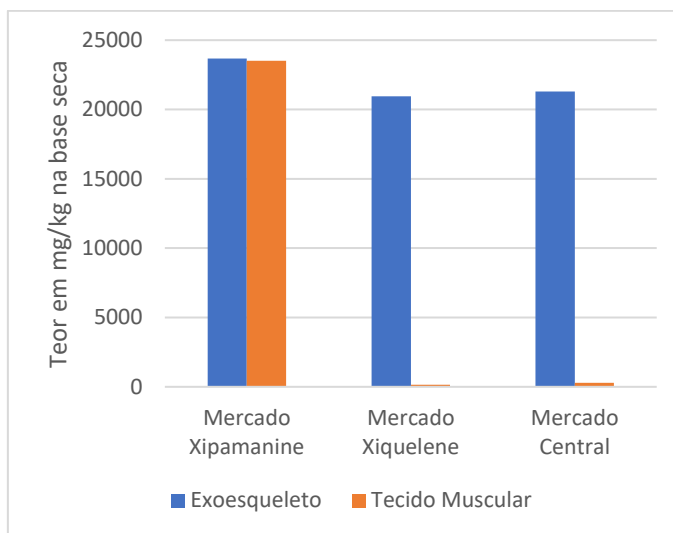


Figura 26 – Teor de Pb nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

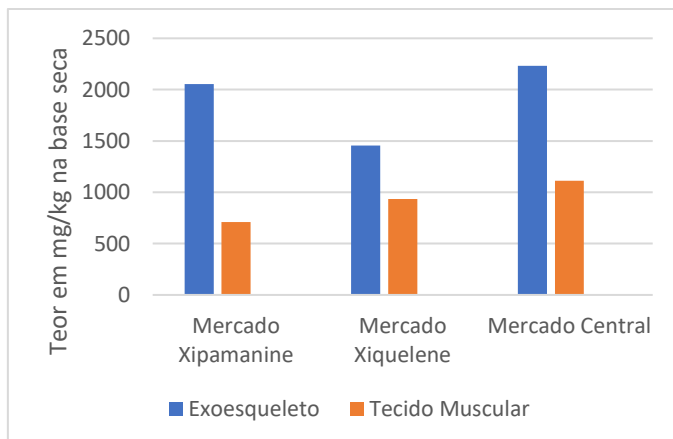


Figura 27 – Teor de Se nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

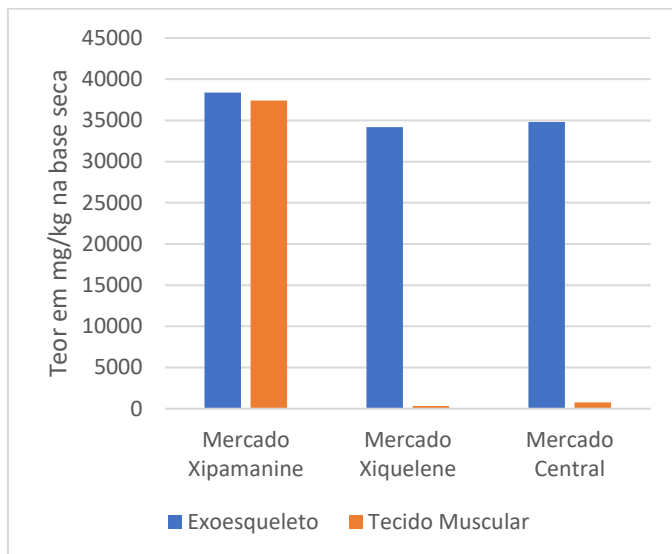


Figura 28 – Teor de Se nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

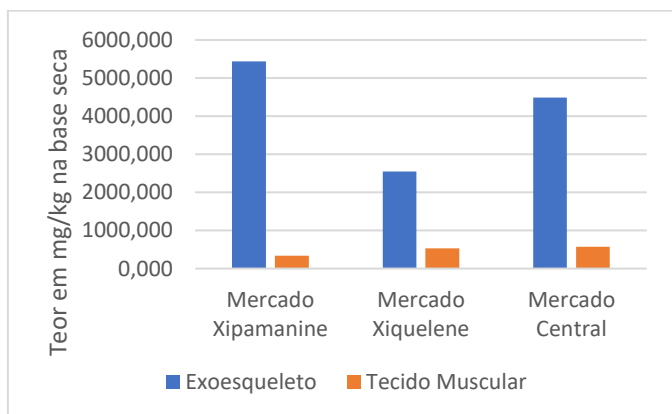


Figura 29 – Teor de Sr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

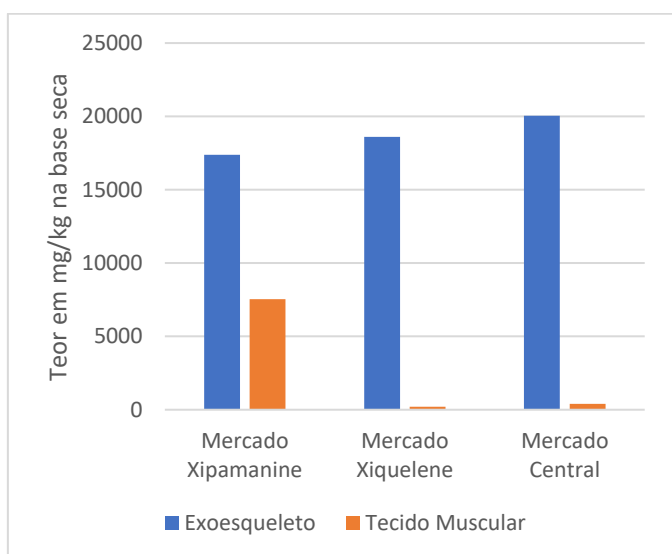


Figura 30 – Teor de Sr nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

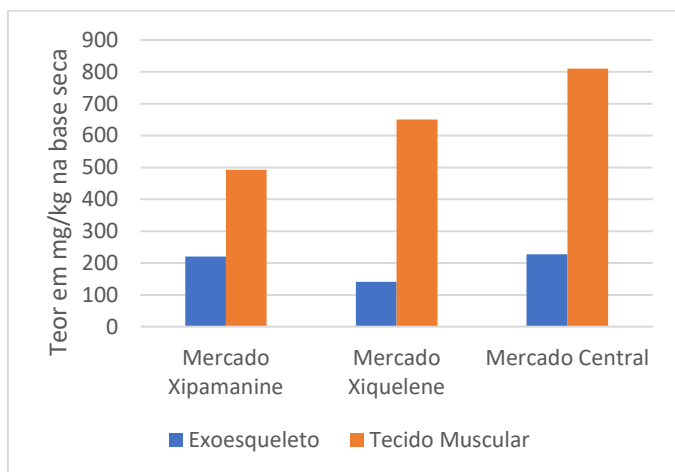


Figura 31 – Teor de Zn nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Setembro.

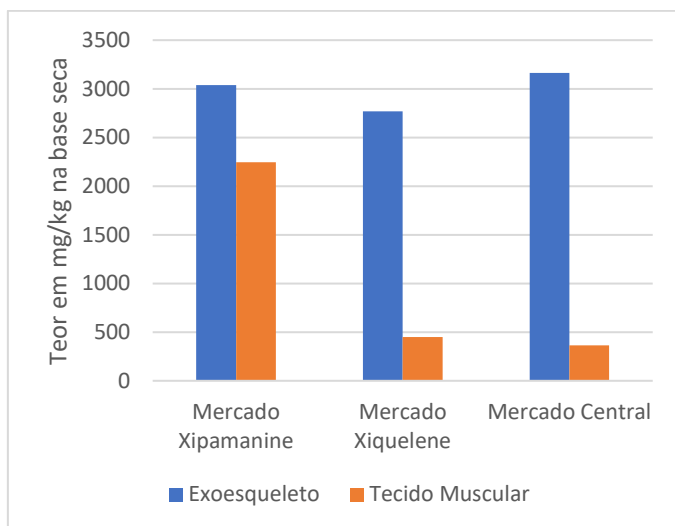


Figura 32 – Teor de Zn nas amostras de camarão dos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central para o mês de Outubro.

5.4. Comparação da concentração de metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular do camarão

5.4.1. Teste t de comparação de duas médias experimentais

Para saber se as concentrações de metais pesados no exoesqueleto/casca e tecido muscular/corpo durante o mês de Setembro e Outubro foram significativamente diferentes ou não, comparou-se os valores de t-calculado (t_{calc}) com o do t-crítico (t_{crit}) sendo este um valor tabelado, estabelecido a um nível de confiança de 95%.

Assim foram colocadas as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_A = \mu_B$ é a hipótese nula e considera as duas médias são idênticas.
- $H_0: \mu_A \neq \mu_B$ é a hipótese alternativa e considera que as duas médias são diferentes.

Se $t_{cal} < t_{crit}$ aceita-se a hipótese nula, a qual foi formulada no sentido de não haver diferenças significativas entre as médias experimentais obtidas, isto é não há diferença significativa entre as concentrações nas diferentes partes do camarão.

Se $t_{cal} > t_{crit}$, rejeita-se a hipótese nula, o que significa haver diferença significativa, entre as concentrações dos metais pesados na casca e músculo do camarão.

O valor de t foi calculado a partir da equação 14:

$$t_{calc} = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{S_p} \sqrt{\frac{n_A + n_B}{n_A + n_B}} \text{ (Equação 14)}$$

O valor de “ s_p ” foi calculado a partir da equação 15:

$$S_p = \frac{(n_A - 1)s_A^2 + (n_B - 1)s_B^2}{(n_A + n_B - 2)} \text{ (Equação 15)}$$

onde:

S_p – desvio padrão combinado

t_{cal} - t calculado

$\bar{x}_A$ - Média amostral 1

$\bar{x}_B$ - Média amostral 2

s_A - Desvio padrão das réplicas da amostra 1

s_B - Desvio padrão das réplicas da amostra 2

n_A - Número de determinações da amostra 1

n_B - Número de determinações da amostra 2

t_{crit} ($v = 8$; $p = 0,05$; $2T$) = 2,30

$2T$ - Teste bilateral

Os resultados da comparação das concentrações de metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular do camarão encontram-se na Tabela F1(vide o anexo F).

5.5. Comparação da concentração de metais pesados entre os mercados

5.5.1. Teste F de comparação de desvio padrão, variância ou precisão

Para se comparar a variabilidade entre os grupos (diferenças nas médias das concentrações de metais entre os diferentes mercados e entre as partes do camarão — casca e músculo) com a variabilidade dentro dos grupos (diferenças entre amostras pertencentes ao mesmo grupo) foi utilizado o teste F onde o valor F_{obs} (experimental) foi comparado com o valor de F_{crit} que é um valor tabelado, a um nível de confiança de 95%.

F_{obs} é a razão entre as variâncias de duas amostras e é estimado pela equação 16:

$$F_{obs} = \frac{s_A^2}{s_B^2} \text{ (Equação 16)}$$

Assim temos as hipóteses:

Hipótese nula: $H_0: s_A^2 = s_B^2$, não há diferença significativa entre as variâncias amostrais a um nível de confiança de 95%.

Hipótese alternativa: $H_A: s_A^2 \neq s_B^2$, há diferença significativa entre as variâncias amostrais a um nível de confiança de 95%.

Se $F_{obs} > F_{crit}$ rejeita-se a hipótese nula, o que significa haver diferença significativa, entre as variâncias amostrais.

$F_{obs} < F_{crit}$ aceita-se a hipótese nula, a qual foi formulada no sentido de não haver diferenças significativas entre as variâncias.

5.5.2. Teste de análise de variância (ANOVA)

A ANOVA (Análise de Variância) é um método estatístico utilizado para avaliar se existem diferenças significativas entre as médias de dois ou mais grupos de dados. Baseia-se na divisão da variabilidade total observada em duas componentes principais: a variabilidade entre grupos, associada às diferenças entre as médias dos grupos, e a variabilidade dentro dos grupos, associada à variabilidade aleatória ou erro experimental (Skoog, 2003).

Através do cálculo do teste F, a ANOVA compara a razão entre estas duas fontes de variabilidade. Quando a variabilidade entre grupos é significativamente superior à variabilidade dentro dos grupos, conclui-se que existe, pelo menos, uma diferença estatisticamente significativa entre as médias analisadas.

A Tabela 5 a seguir mostra as fórmulas para o cálculo em ANOVA unimodal.

Tabela 5 - Fórmulas para o cálculo em ANOVA unimodal.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Entre os grupos de tratamento (E)	k-1	$SQE = \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n} - \frac{T^2}{nk}$	$QME = \frac{SQE}{k-1}$	$F = \frac{QME}{QMR}$
Dentro dos grupos de tratamento (R)	k(n-1)	$SQR = Q - \frac{\sum_{i=1}^k T_i^2}{n}$		

Total	nk-1	$SQT = Q - \frac{T^2}{nk}$	$QMR = \frac{SQR}{k(n-1)}$	
-------	------	----------------------------	----------------------------	--

onde:

SQT – Soma de quadrados total;

SQE - Soma de quadrados entre as amostras;

SQR – Soma dos quadrados dos resíduos;

QME – Quadrado médio entre os grupos de tratamento;

QMR – Quadrado médio dentro dos grupos de tratamento;

Os resultados da comparação da concentração de metais pesados entre os diferentes mercados encontram-se nas Tabelas G1 e G2 (vide o anexo G).

Para identificar entre quais pares dos mercados as diferenças dos teores médios dos metais em estudo no tecido muscular são estatisticamente significativas, foi utilizado o teste *Post-hoc* de Tuckey comparando as concentrações médias das concentrações dos metais no tecido muscular entre os mercados, par a par. A Tabela H1 (vide o anexo H) mostra o resultado do teste *Post-hoc* de Tuckey entre os mercados.

6. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1. Avaliação da frescura

De acordo com o Laboratório de Inspeção de Pescado (LIP) camarão em função do grau de frescura pode ser classificado nas categorias: extra; bom; regular (aceitável para o consumo, mas rejeitado para exportação) e inapto (rejeitado para o consumo) (vide anexo C).

O intervalo de valores usados para classificar o camarão foram estabelecidos na norma NP 2287 onde categoria extra ($\geq 2,7$); bom (≥ 2 e $< 2,7$); regular (≥ 1 e < 2) e inapto (< 1) (Fontes *et al.*, 2007).

A Tabela 6 mostra os valores usados para classificação do estado de frescura para as amostras do camarão de superfície colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo.

Tabela 6 - Classificação do estado de frescura no camarão de superfície colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo.

Estado de frescura			
Mês	Ponto de colheita	Pontuação	Classificação
Setembro	Mercado Xipamanine	2,40	Bom
	Mercado Central	2,50	
	Mercado Xiquelene	2,30	
Outubro	Mercado Xipamanine	2,50	Bom
	Mercado Central	2,60	
	Mercado Xiquelene	2,40	

Em todas as amostras de camarão de superfície colhidas nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo, nenhuma apresentou uma aparência ou características para que seja rejeitada. Estes resultados são próximos dos determinados nos estudos conduzidos por Munguambe (2014) e Artur (2023) utilizando o camarão branco (*P.indicus*) obtido nos mercados Xiquelene Xipamanine e mercado de Peixe respectivamente. Este comportamento revela que os camarões comercializados nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central apresentam boa qualidade de frescura para o consumo. Apesar da boa qualidade de frescura, dois pontos merecem observação: (i) a grande exposição ambiental (poeira, calor, cheiro desagradável) verificada para os

mercados Xiquelene e Xipamanine pode acelerar a perda de frescura e introduzir variabilidade entre bancas, e (ii) uma quantificação objectiva (p.ex, QIM – Método de Índice de Qualidade específico para *p. monodon* e *p.semisulcatus*, TVB-N) fortaleceria a confiança da classificação e permitiria estimar a vida útil de forma reprodutível (Kim *et al.*, 2016; Anesakeme, 2022). Através das observações dos estudos acima, reforça a recomendação da melhoria das condições de conservação do camarão para reduzir ou eliminar a contaminação cruzada ambiental e perda de frescura.

6.2. Análise de humidade e cinzas

A partir dos resultados apresentados através das figuras 10 - 13 pode se observar que os teores de humidade obtidos experimentalmente para a casca do camarão foram inferiores comparativamente com os do músculo. Contrariamente os teores de cinzas foram superiores na casca em relação os obtidos do músculo.

Comparando-se com dados disponíveis na literatura, o teor de humidade na casca do camarão, os resultados obtidos neste estudo foram próximos dos determinados por Gonçalves e dos Santos (2019) e Nascimento (2023) que analisando a farinha de casca de camarão (*L.vannamei*) obtiveram teores de humidade de 8,12% e,- 9,66% respectivamente.

Em relação ao teor de humidade no músculo, Alves (2019) no seu trabalho de pesquisa utilizando camarão *M. jelskii*, obteve um teor médio de 16,6%, valor este que foi próximo dos determinados neste estudo.

O teor de cinzas na casca obtido neste estudo foi superior ao encontrado por Nascimento (2023), que usando a farinha da casca de camarão *L.vannamei* obteve 20,02%. Por outro lado, o teor obtido no presente estudo foi relativamente inferior ao encontrado por da Silva Macedo (2008) o qual obteve um valor de 28,1% no cefalotórax (cabeça) para a mesma espécie de camarão. Num outro estudo conduzido por Assunção e Pena (2007) que obtiveram um valor de 22,01 % para farinha de cefalotórax da espécie *P.subtilis*, este valor é muito próximo aos obtidos no presente estudo.

Essas diferenças podem ter ocorrido devido aos tipos de resíduos de camarão, pois alguns autores utilizaram o cefalotórax enquanto que neste trabalho foi utilizado o exoesqueleto do camarão e não se pode desconsiderar que factores tais como, ambiente, manejo e espécie podem também influenciar na composição química do camarão.

Para o teor de cinzas no músculo se verificou que os resultados obtidos no presente estudo foram inferiores com os obtidos por Moura *et al.*, (2006) de 6,1% e Henning, (2009) de 8,3%. Em um outro estudo dirigido por Stepnowski *et al.*, (2004), foi constatado existir uma variação na composição química entre diferentes tipos de resíduos de camarão, o que pode variar com a idade, espécie e o tipo de descascamento.

6.3. Determinação de metais por ICP-OES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho a ordem crescente das concentrações dos metais determinados na casca e músculo de camarão colhido no mês de Setembro foi: Sr>As>Se>Pb>Fe>Cu>Cd>Zn>Ni>Cr>Co, As>Se>Zn>Sr>Pb>Cu>Cd>Fe>Ni>Cr>Co respectivamente.

Enquanto para o mês de Outubro as concentrações na casca e músculo aumentaram na ordem de: Se>As>Pb>Cu>Sr>Ni>Cr>Co>Zn>Fe>Cd. Estas diferenças das concentrações de metais na casca e músculo podem ser explicadas pela diferença de incorporação de metais nos diferentes tecidos.

A casca está em contacto directo com a água, o que favorece a bioacumulação superficial de metais dissolvidos no meio aquático. Já os tecidos internos (como o tecido muscular - músculo) estão mais protegidos, com menor exposição direta, e podem apresentar mecanismos fisiológicos de regulação e excreção (Rainbow, 2002; Henry *et al.*, 2012).

Outro fator relevante é o papel da casca como meio de destoxificação. Muitos crustáceos bioacumulam metais na casca como forma de defesa, possibilitando sua eliminação posterior durante o processo de muda (ecdise). Comportamento esse que já foi descrito em diversos estudos sobre contaminação em organismos marinhos (Usero *et al.*, 2005).

Ainda constitui a hipótese o facto da casca e músculo apresentar a composição química diferenciada uma vez que o tecido muscular é maioritariamente composto por proteínas e água, o que restringe a fixação de certos metais (Kapranova *et al.*, 2025).

Alguns metais, como Cobre (Cu), Zinco (Zn), Ferro (Fe) e Selênio (Se), são micronutrientes essenciais para o metabolismo dos crustáceos. Esses metais apresentam alta afinidade por proteínas intracelulares e enzimas, sendo incorporados activamente no tecido muscular, onde exercem funções fisiológicas fundamentais, como o transporte de oxigénio (Fe), regulação enzimática (Zn, Cu) e defesa antioxidante (Se)(Bhattacharya *et*

al., 2016). Esta constatação pode explicar o porquê desses metais serem maior no músculo relativamente a casca, o que foi observado no presente estudo.

Adicionalmente as diferenças de concentrações de metais entre a casca e o músculo do camarão, também se verificou repetidamente, concentrações elevadas no músculo do camarão colhido no mercado Xipamanine do que nos mercados Xiquelene e Central para todos os metais analisados no presente estudo (sobretudo em Outubro). Isso é plausível face às condições ambientais descritas: o mercado Xipamanine possui tráfego intenso e poeira; no mercado Xiquelene o camarão é vendido à beira da estrada e quase sem gelo; o mercado Central é fechado e mais higienizado. Estudos conduzidos por Kim *et al.*, (2016) sobre poeira de mercados/ruas mostraram que as concentrações de Cu, Ni, Pb e Zn eram elevadas em áreas com tráfego, o que aumenta deposição superficial destes metais em alimentos expostos. Essas observações não provam casualidade para o presente estudo, mas dão razoabilidade ambiental às diferenças das concentrações de metais pesados entre os mercados e reforçam a importância de padronização das condições de conservação para comercialização camarão de superfície.

6.3.1. Arsénio

Durante a determinação de Arsénio (As), para a exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram entre 0,003% a 0,004% e no tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,007%, indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou haver diferenças significativas nas concentrações de As entre a casca e o músculo durante os meses Setembro e Outubro, com os valores t_{cal} de 9,48 e 4,17 respectivamente superiores que t_{crit} (2,30). Resultados analíticos mostram que a concentração foi maior na casca do que no músculo.

Ao contrário do teste “t”, a ANOVA com os valores de F_{cal} 0,879 e 1,37 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de “As” determinada na casca e músculo entre os mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro, mas indicou diferenças para o mês de Outubro com o valor de F_{cal} (100) no músculo que foi superior à F_{crit} (5,15) enquanto que para a casca o valor de F_{cal} (0,219) é inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de “As” para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O arsénio foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou entre 2458 e 31983 mg/kg -para a casca; 1072 e 10751 mg/kg – para o músculo. O regulamento da comissão europeia (UE 1881/2006; 2023/915) não faz menção sobre o limite máximo deste metal no músculo do camarão, mas o arsénio total em camarões é frequentemente elevado, porém >90-99% é orgânico (arsenobetaína/arsenlipídeos), pouco tóxico; a fracção arsénio inorgânico (iAs) – a de interesse toxicológico – costuma ser <1% do total em camarões capturados directamente em seus *habitats* naturais. Portanto, comparar arsénio total à “limites” gerais não é adequado, pois há a necessidade de medir o arsénio inorgânico (Matos *et al.*, 2022).

A exposição de seres humanos ao arsénio pode provocar problemas de pele, aumento da salivação, perda de peso, problemas neurológicos e a exposição crónica pode causar diminuição da actividade sexual, doenças pulmonares e cardiovasculares (Rainbow (2002).

6.3.2. Cádmio

Na determinação de cádmio (Cd), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,004% a 0,019% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,005% a 0,031% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou não haver uma diferença significativa na concentração de Cd entre o exoesqueleto (casca) e o tecido muscular (músculo) em amostras do mês de Setembro, com t_{cal} (0,743). Contrariamente em amostras de Outubro, verificou-se diferença de concentração entre a casca e músculo com o valor de t_{cal} (5,10) maior que o de t_{crit} (2,30). Resultados analíticos mostram que a concentração foi maior na casca do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 0,824 e 4,219 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Cd na casca e no músculo entre os mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Contudo as amostras colhidas no mês de Outubro, as do músculo apresentaram o valor de F_{cal} (433) que foi superior em relação ao de F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor

de F_{cal} (0,257) é inferior ao F_{crit} indicando que as médias das concentrações de cádmio diferem significativamente nos três mercados.

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Cd para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O cádmio foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 364 e 2571 mg/kg – para a casca; 333 e 897 mg/kg – para o músculo. Comparou-se com os limites máximos do regulamento da UE (1881/2006; 2023/915) o teor de Cd em mg/kg (base húmida ou w/w) e verificou-se não conformidade no músculo do camarão colhido em todos os mercados e meses estudados no presente estudo com o limite máximo da UE para Cd no músculo, que é 0,5 mg/kg (w/w) podendo-se afirmar que existe acumulação excessiva de Cd no camarão comercializado nos Mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da cidade de Maputo. A Tabela 7 abaixo mostra os valores do teor de Cd em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Cd na EU e a sua conformidade.

Tabela 7 - Valores do teor de Cd em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Cd na UE e a sua conformidade.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Cd (mg/kg, base húmida)	Limite Máximo da UE (mg/kg)	Conformidade
Mercado de Xipamanine	Setembro	Tecido muscular	200	0,5	Não conformidade
	Outubro	Tecido muscular	1866		
Mercado Xiquelene	Setembro	Tecido muscular	292		
	Outubro	Tecido muscular	161		
Mercado Central	Setembro	Tecido muscular	349		
	Outubro	Tecido muscular	211		

O cádmio é altamente tóxico e persistente, causando danos fisiológicos e metabólicos profundos para os animais aquáticos e em humanos a exposição crônica está ligada a doenças renais, ósseas (como osteoporose), cardiovasculares, alterações endócrinas e potencial desenvolvimento de cancro (Liu *et al.*, 2022).

6.3.3. Cobalto

Na determinação de cobalto (Co), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,003% a 0,198% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,474% indicando uma boa precisão analítica.

O teste *t* de comparação de duas médias experimentais revelou haver uma diferença significativa na concentração de Co entre o exoesqueleto e o tecido muscular em todas as amostras analisadas com os valores de t_{cal} 5,07 e 3,37 respectivamente, todos eles superiores a t_{crit} (2,30). De forma geral, a concentração foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 1,0 e 0,376 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Co na casca e no músculo entre os mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo em amostras do mês de Setembro. Todavia, para as amostras de Outubro, o valor de F_{cal} 860 nas amostras do músculo foi superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (0,562) foi inferior ao F_{crit} mostrando que a concentração deste metal no músculo foi diferente entre os mercados.

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Co para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p > 0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p < 0,5$).

O cobalto não foi detectado em todas as amostras - especificamente as do músculo do mercado Xipamanine e Central colhidas no mês de Outubro. Todavia, nas amostras onde foi detectado o seu teor médio na base seca foi variou entre 37,3 e 3249 mg/kg – para a casca; e entre 11,5 e 1250 mg/kg – para o músculo. O regulamento da comissão europeia (UE 1881/2006; 2023/915) não faz menção do limite da concentração deste metal no músculo camarão. De acordo com a EFSA (2012) existem poucos valores guia baseados na saúde (HBGVs) e para a análise de risco baseada em alimentos, recomenda-se comparar com dados toxicológicos/estudos (p.ex ATSDR – Agência de Registo de Doenças e Substâncias Tóxicas) caso haja concentrações anómalas pois os efeitos tóxicos sobre o organismo humano são conhecidos.

Embora o cobalto tenha um papel biologicamente importante na vitamina B12, a exposição excessiva tem demonstrado sua relação com efeitos adversos na saúde pública que vão desde sua ligação com casos de síndrome clínica complexa, incluindo défices neurológicos (p.ex deficiência auditiva e visual), cardiovasculares e endócrinos (Rainbow, 2002).

6.3.4. Crómio

Na determinação de crómio (Cr), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,003% a 0,128% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,539% indicando uma boa precisão analítica.

O teste *t* de comparação de duas médias experimentais revelou haver diferença significativa na concentração de Cr em todas as amostras da casca e músculo do camarão analisadas com os valores t_{cal} 4,11 e 3,31 superiores que t_{crit} (2,30). De forma geral, a concentração de Cr foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 2,05 e 3,24 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Cr na casca e no músculo entre os mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Situação contrária foi observada no mês de Outubro no músculo o valor de F_{cal} (459) foi superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (0,789) é inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Cr para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O crómio não foi detectado em todas as amostras - especificamente para as do músculo do mercado xipamanine e central colhidas no mês de Outubro. Todavia, em amostras onde este metal foi detectado o seu teor médio na base seca foi de 39 e 3679 mg/kg – para a casca; 14,2 e 1276 mg/kg – para o músculo. O regulamento da comissão europeia (UE 1881/2006; 2023/915) não faz menção do limite máximo da concentração de Cr no músculo do camarão para o Cr (III). A EFSA não estabeleceu TWI para o Cr (III), por ser micronutriente essencial, mas o Cr (VI) é tóxico. Em análise de alimentos geralmente assume-se a presença de Cr (III) salvo indicação contrária, mas é necessário que se faça a medição do crómio.

O crómio é um metal que desempenha funções essenciais no organismo em quantidades escassas, assim em condições de carência ou excesso ocorre uma desregulação da sua actividade, que resulta no desenvolvimento de patologias graves, tais como *diabetes mellitus* e doenças cardiovasculares como também pode induzir acção cancerígena (Kapranova *et al.*, 2025).

6.3.5. Cobre

Na determinação de cobre (Cu), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,004% a 0,023% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,053% indicando uma boa precisão analítico.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou não haver diferenças significativas na concentração de Cu entre a casca e o músculo durante o mês de Setembro. Situação contrária foi observada nas amostras colhidas no mês de Outubro com o valor de t_{cal} (3,30) superior ao valor de t_{crit} (2,30). Resultados analíticos mostram que, a concentração de Cu foi maior na casca em comparação com o músculo.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 0,433 e 0,542 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Cu na casca e músculo entre os mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Mas para as amostras colhidas em Outubro, as amostras do músculo apresentaram um valor de F_{cal} (643) superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (0,905) foi inferior ao F_{crit} mostrando que as médias de concentração de Cu diferem significativamente nos três mercados.

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Cu para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central, Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p > 0,5$).

O cobre foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 371 e 8306 mg/kg – para a casca; entre 394 e 3038 mg/kg – para o músculo. A EFSA no estudo de More *et al.*, (2023) definiu recentemente níveis de referência de ingestão máxima tolerável (UL) para cobre de 0,07 mg/kg de peso corporal/dia por isso convém avaliar a contribuição do camarão ao total dietético. Excesso de cobre pode causar náuseas, efeitos hepáticos (Bhattacharya *et al.*, 2016).

6.3.6. Ferro

Na determinação de Ferro (Fe), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,004% a 0,023% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,005% a 0,111% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou haver diferenças significativas na concentração de Fe entre a casca e o músculo em todas as amostras

analisadas com os valores de t_{cal} 2,68 e 5,52 respectivamente. De forma geral, a concentração foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

No teste ANOVA foram obtidos os valores de F_{cal} 0,335 e 0,464 todos inferiores a F_{crit} (5,14) indicando não haver diferenças significativas na concentração de Fe na casca e músculo do camarão colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Resultado diferente foi verificado nas amostras de Outubro onde o valor de F_{cal} (544) no músculo foi superior que F_{crit} (5,14) contrariamente na casca onde o valor de F_{cal} (1,90).

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Fe para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O Ferro foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 319 a 2757 mg/kg – para a casca; entre 166 e 601 mg/kg – para o músculo. Por ser um mineral essencial para o ser humano, possui ingestão diária recomendada (IDR) de 40 mg/dia Turck et al., (2024); não existe TWI definido pela EFSA porque a toxicidade a partir de alimentos é rara, com isso é necessário avaliar a sua presença no camarão como contribuição benéfica à dieta. A deficiência deste mineral ocasiona consequências no organismo, sendo a anemia a manifestação mais significativa (Bhattacharya *et al.*, 2016).

6.3.7. Níquel

Na determinação de Níquel (Ni), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,004% a 0,048% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,289% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou haver uma diferença significativa na concentração de Ni entre o exoesqueleto e o tecido muscular durante os meses de Setembro e Outubro com os valores de t_{cal} 6,84 e 4,18 respectivamente ambos superiores ao valor de t_{crit} (2,30). De forma geral, a concentração foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 0,595 e 2,19 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas da concentração de Ni na casca e músculo do camarão colhidos nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês

de Setembro. Situação contrária foi observada nas amostras de Outubro onde no músculo valor de F_{cal} (698) foi superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (0,509) é inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Ni para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O Ni foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 133 a 5545 mg/kg – para a casca; e de 49,3 a 2000 mg/kg – para o músculo. Dados recentes do relatório da EFSA no estudo Schrenk et al., (2020) estabelecem um TDI de 13mg/kg de peso corporal/dia para Ni por reacções imunológicas e efeitos crónicos; a exposição alimentar é a principal fonte deste mineral e o camarão pode contribuir, mas o risco é mais relevante em pessoas sensíveis ao Ni (contacto/alergias) (Bhattacharya *et al.*, 2016).

6.3.8. Chumbo

Na determinação de chumbo (Pb), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,003% a 0,009% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,033% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou que houve uma diferença significativa na concentração de Pb entre o exoesqueleto e o tecido muscular durante os meses de Setembro e Outubro com os valores de t_{cal} 6,98 e 3,88 respectivamente e superiores a t_{crit} (2,30). De forma geral, a concentração foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 3,60 e 0,910 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Pb na casca e no músculo do camarão colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro, mas indicou haver diferenças significativas no mês de Outubro onde no músculo o valor de F_{cal} (636) superior que F_{crit} (9,55) contrariamente na casca com o valor de F_{cal} (0,557) é inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Pb para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O chumbo foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 899 a 21981 mg/kg – para a casca; e de 422 a 7983 mg/kg – para a o músculo. Comparou-se com os limites máximos da UE o teor de Pb em mg/kg (base húmida ou w/w) e verificou-se não conformidade no músculo do camarão colhido em todos os mercados e meses estudados. O limite máximo do regulamento da UE (1881/2006; 2023/915) para Pb no músculo é 0,5 mg/kg (w/w) podendo-se afirmar que existe acumulação excessiva de Pb no camarão comercializado nos Mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo. A Tabela 8 abaixo mostra os valores do teor de Pb em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Cd na UE e a sua conformidade.

Tabela 8 - Valores do teor de Pb em mg/kg (base húmida ou w/w), Limite Máximo de Pb na UE e a sua conformidade.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Pb (mg/kg, base húmida)	Limite Máximo da UE (mg/kg)	Conformidade
Mercado de Xipamanine	Setembro	Tecido muscular	313	0,5	Não conformidade
	Outubro	Tecido muscular	19524		
Mercado Xiquelene	Setembro	Tecido muscular	340		
	Outubro	Tecido muscular	118		
Mercado Central	Setembro	Tecido muscular	411		
	Outubro	Tecido muscular	243		

A exposição ao chumbo pode ser prolongada ou aguda por meio de inalação ou ingestão e pode causar anemia hemolítica devido ao rompimento da membrana celular, afecta os níveis de neurotransmissores e causa graves problemas à saúde relacionados a danos aos órgãos vitais como rins e fígado, podendo levar à morte. A exposição crónica é relacionada ao atraso do desenvolvimento neuro comportamental, defeitos congénitos, psicose, autismo, fraqueza muscular, danos renais, é cancerígeno e pode danificar gravemente o cérebro, fígado e os órgãos reprodutores masculinos (Bhattacharya *et al.*, 2016).

6.3.9. Selénio

Na determinação de selénio (Se), para o exoesqueleto os valores de %RSD variaram de 0,003% a 0,004% e para o tecido muscular, a variação foi de 0,004% a 0,013% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou haver uma diferença significativa na concentração de Se entre o exoesqueleto e o tecido muscular durante os

meses de Setembro e Outubro, com os valores de t_{cal} 5,98 e 4,04 respectivamente. Estes valores foram superiores que t_{crit} (2,30) e a concentração de Se foi maior no exoesqueleto (casca) do que no tecido muscular.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 3,49 e 2,43 inferiores a F_{crit} (9,55) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Se na casca e no músculo do camarão colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Contudo no mês de Outubro nas amostras do músculo de camarão o valor de F_{cal} (624) foi superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (0,608) foi inferior ao F_{crit} , podendo se afirmar que a concentração de Se no músculo foi significativamente diferente entre os mercados estudados.

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Se para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O Selénio foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 1914 a 35792 mg/kg – para a casca; e de 919 a 12831 mg/kg – para o músculo. Dados recentes do relatório da EFSA no estudo de Turck *et al.*, (2023) estabelecem um valor de ingestão tolerável semanal (TWI) de 255 mg/dia com variações de peso corporal; o Se está intimamente relacionado à saúde humana e está envolvido na regulação de diversas funções fisiológica e o camarão é uma boa fonte contribuindo para ingestão adequada. Contudo, níveis elevados da sua concentração podem aproximar-se (ou ultrapassar) do seu TWI, especialmente em regiões com alta bioacumulação apresentando toxicidade significativa, podendo causar selenose em humanos, caracterizada por sintomas como fragilidade das unhas, queda de cabelo, lesões neurológicas e fadiga (Usero *et al.*, 2005).

6.3.10. Estrôncio

Na determinação de Estrôncio (Sr), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,003% a 0,004% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,004% a 0,027% indicando uma boa precisão analítica.

O teste t de comparação de duas médias experimentais revelou que haver uma diferença significativa na concentração de Se entre o exoesqueleto e no músculo do camarão colhido nos meses de Setembro e Outubro com os valores de t_{cal} 6,34 e 7,04

respectivamente, ambos superiores que t_{crit} (2,30). De forma geral, a concentração foi maior na casca do que no músculo.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 4,77 e 1,65 inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Se na casca e corpo colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Situação contrária foi verificada no mês de Outubro, onde o valor de F_{cal} (506) no músculo superior que F_{crit} (5,14) contrariamente na casca o valor de F_{cal} 0,171 é inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou diferenças na concentração de Sr para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central ($p>0,5$) em comparação com os mercados Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p<0,5$).

O estrôncio foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 4157 a 18679 mg/kg – para a casca; e de 478 a 2710 mg/kg – para o músculo. Pouca informação de HGBVs alimentar corrente tornam o Sr um mineral geralmente menos citado como “metal de preocupação” nos padrões como Codex.

O estrôncio é um elemento químico que pode ter tanto efeitos benéficos quanto prejudiciais a saúde humana, dependendo da sua forma e da exposição. Formas estáveis de estrôncio, semelhantes ao cálcio, são encontradas em ossos e dentes, pois o é considerado de baixa toxicidade e pode substituir o cálcio nos ossos sem efeitos graves. No entanto, o isótopo radioativo Sr-90 é biologicamente ativo e representa um risco significativo para a saúde humana, podendo causar cancro ósseo e leucemia devido à sua alta afinidade com o tecido ósseo (Usero *et al.*, 2005).

6.3.11. Zinco

Na determinação de Zinco (Zn), para o exoesqueleto (casca) os valores de %RSD variaram de 0,004% a 0,050% e para o tecido muscular (músculo) a variação foi de 0,005% a 0,018% indicando uma boa precisão analítico.

O teste t de comparação de duas médias experimentais mostrou uma diferença significativa na concentração de Zn entre o exoesqueleto e o tecido muscular durante os meses de Setembro e Outubro com os valores de t_{cal} 7,64 e 6,19 respectivamente, ambos superiores que t_{crit} (2,30). De forma específica, a concentração de Zn foi maior no músculo do que na casca – no mês de Setembro; e menor do que na casca – no mês de Outubro.

O teste ANOVA com os valores de F_{cal} 1,70 e 1,57 todos inferiores a F_{crit} (5,14) indicou não haver diferenças significativas na concentração de Zn na casca e no músculo do camarão colhido nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da Cidade de Maputo no mês de Setembro. Uma observação diferente pode ser feita em relação as amostras colhidas no mês de Outubro onde o valor de F_{cal} (120) no músculo foi superior que F_{crit} (5,14) enquanto que na casca o valor de F_{cal} (4,59) foi inferior ao F_{crit} .

O teste *post hoc* de Tukey revelou não haver diferenças na concentração de Zn para o músculo entre os mercados Xiquelene-Central, Xipamanine-Central e Xiquelene-Xipamanine ($p < 0,5$).

O Zinco foi detectado em todas as amostras e o seu teor médio na base seca variou de 195 a 2991 mg/kg – para a casca; e de 650 a 920 mg/kg – para o músculo. De acordo com o relatório da EFSA (2014), a ingestão tolerável de zinco é em torno de 6 - 13 mg/dia variando com o peso corporal.

Este elemento é um nutriente essencial para os humanos e o camarão é uma fonte relevante, contudo é necessário avaliar a sua presença na contribuição à dieta, pois uma exposição superior a sua ingestão tolerável pode ser tóxica. Doses de zinco que oscilam entre 100 e 150 mg/dia interferem no metabolismo do cobre e causam hipocupremia, microcitose eritrocitária e neutropenia. (Rainbow, 2002; Usero *et al.*, 2005).

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1. Conclusões

A avaliação da frescura e contaminação por metais pesados em camarões de superfície comercializado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central da cidade de Maputo foi alcançada e com os resultados obtidos podemos concluir que:

- Os parâmetros organoléticos mostraram que o camarão de superfície comercializado nos mercados estudados apresentou um bom estado de frescura para o seu consumo durante os meses de Setembro e Outubro;
- Na determinação de teor de humidade na casca e músculo de camarão, mostrou que o teor de humidade está mais concentrado no músculo com os teores que variaram 14,7 – 18% em comparação com os da casca de 9,04 – 15,8%. E em relação ao teor de cinzas, a casca apresentou teores maiores com valores que variaram de 24,3 – 26% em comparação com os do músculo, onde a variação foi de 3,70 – 4,69%. O maior teor de humidade no músculo justifica a necessidade deste pescado permanecer sob congelação para prolongar a sua vida na prateleira;
- A concentrações dos metais Cd e Pb no músculo do camarão apresentaram não conformidade com os limites máximos do regulamento da UE de 0,5 mg/kg (w/w). E as concentrações em níveis muito altos de Cu, Zn, Fe, Se, Co, Sr, Ni e Cr não implicam um risco regulatório sem estimar a ingestão (mg/dia) e fazer a comparação com os valores de ingestão de tolerável (quanto existentes) ou medição da sua forma tóxica (análise de especiação) para o caso de As.
- A concentração de metais pesados como As, Co, Ni, Pb, Se, Sr e Zn foi significativamente maior na casca em comparação com o músculo dos camarões, confirmando a função da casca como local preferencial de bioacumulação. A variação de concentração nos meses de Setembro e Outubro na casca e músculo verificou-se nos metais pesados como Cd, Cu, Fe e Cr devido as funções metabólicas ou formas de interacção que exercem nos tecidos de camarões.
- Entre os mercados avaliados, observou-se que no mês de Outubro o Mercado Xipamanine apresentou as maiores concentrações de metais pesados em comparação com os Mercados Xiquelene e Central, considerando a necessidade de haver protecção física (tenda/vidro) na venda pois a poeira urbana pode contribuir contaminação superficial.

- Os teores da concentração de Cd e Pb mostram uma contaminação do camarão por estes poluentes, não estando aptos para o consumo humano representando um risco a saúde pública.

7.2. Recomendações

A partir deste estudo o autor recomenda:

- Que se faça um estudo de validação do método para determinação dos elementos quantificados neste estudo usando materiais de referência para o camarão *P.monodon* e *P.Semisulcatus*;
- Desenvolver mais estudos e pesquisas sobre a acumulação de metais pesados em outras espécies de pescado incluindo camarão comumente vendidas em diversos mercados do país;
- Realizar vigilâncias sanitárias e inspeção regular nos mercados Xipamanine, Xiquelene e outros mercados do país, com recolha sistemática de amostras de pescado e outros produtos de pesca para monitoramento da presença de metais pesados e outros potenciais poluentes;
- Consciencialização dos comerciantes sobre os efeitos da contaminação por metais para a saúde humana;
- Elaboração de normas nacionais que vise estabelecer os limites máximos permitidos de metais pesados em produtos pesqueiros para o consumo humano, com a proteger a saúde do consumidor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, I. M. (2009). *Produtos da Pesca Capturados na Costa Portuguesa: Benefícios e Perigos Associados ao seu Consumo*. Universidade de Lisboa.
- Alves, T. C. de O. (2019). *Elaboração e composição físico-química da farinha de camarão (Macrobrachium jelskii) para consumo humano* [Trabalho de Culminação de Curso, Universidade Federal da Paraíba].
<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25379>
- Anesakeme, D. (2022). *Adjustment of freshness grading scheme to commercially important shrimp species in Nigeria*.
<https://www.grocentre.is/static/gro/publication/1801/document/Anesakeme21prf.pdf>
- Artur, A. J. (2023). *Qualidade física e microbiológica do camarão branco (Penaeus indicus) comercializado no mercado do peixe da cidade de Maputo*.
- Assunção, A. B., & Pena, R. da S. (2007). Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarão-rosa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(4), 786–793.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400018>
- Banco Mundial. (2019). *Moçambique – Visão geral do setor das pescas*. Banco Mundial.
- Bandeira, S., & Scarlet, M. P. (2014). Pollution in Maputo bay. In S. Bandeira & J. Paula (Eds.), *The Maputo Bay Ecosystem* (pp. 347–371). WIOMSA.
- Bhattacharya, P. T., Misra, S. R., & Hussain, M. (2016). Nutritional Aspects of Essential Trace Elements in Oral Health and Disease: An Extensive Review. *Scientifica*, 2016, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2016/5464373>
- Campaina, N. (2021). *Caracterização do Sector das Pescas em Moçambique*.
- Carvalho, T. V. (2006). *Biomateriais à Base de Quitosana de Camarão e Bactérias para Remoção de Metais Traços e Petróleo* [Universidade Federal do Ceará].
<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/1574>
- Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (recast). (2023). *Official Journal of the European Union*, L 119, 103–196. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32023R0915>
- Commission Regulation (EU) No 488/2014 of 12 May 2014 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs. (2014). *Official Journal of the European Union*, L 138, 75–79. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32014R0488>
- da Silva Macedo, C. (2008). *Extrato de Camarão (Litopenaeus vannamei) Obtido a partir do Cefalotórax com CO2 Pressurizado* [Tese de Dissertação - Mestrado, Universidade Federal do Pará].

<https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2008/Christine%20Macedo.pdf>

- Fonseca, R. M. de O. (2022). *Qualidade e Processamento de Pescado* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Lavras].
https://sip.prg.ufla.br/arquivos/php/bibliotecas/repositorio/download_documento/baixar_por_anosemestre_matricula.php?arquivo=20212_201511247
- Fontes, M. C., Esteves, A., Caldeira, F., Saraiva, C., Vieira, P. M., & Martins, C. (2007). Estado de frescor e qualidade higiênica do pescado vendido numa cidade do interior de Portugal. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 59(5), 1308–1315.
- Germano, M. I. S. (2003). Treinamento de Manipuladores de Alimentos: factor de segurança alimentar e promoção da saúde. *Livraria Varela*.
- Gomes, D. A. V. (2009). *Identificação de microrganismos presentes nos pescados e nos compartimentos de armazenamento de embarcações* [Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Rio grande do Sul].
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/18619/000731081.pdf?sequence=1>
- Gonçalves, A. A., & dos Santos, J. (2019). Shrimp processing residue as an alternative ingredient for new product development. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(9), 2736–2744. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14184>
- Henning, E. L. (2009). *Utilização de quitosana obtida de resíduos de camarão para avaliar a capacidade de adsorção de íons Fe³⁺* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Rio Grande]. <http://repositorio.furg.br/handle/1/6201>
- Henry, R. P., Lucu, Č., Onken, H., & Weihrauch, D. (2012). Multiple functions of the crustacean gill: osmotic/ionic regulation, acid-base balance, ammonia excretion, and bioaccumulation of toxic metals. *Frontiers in Physiology*, 3.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00431>
- Honguane, E. A. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 69–82.
- Hou, X., & Jones, B. T. (2000). *Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry*. *Encyclopedia of Analytical Chemistry* (M. R.A, Ed.). John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Ibrahim, N. (2022). Comparative study on the nutritional value of some penaeid shrimps from the Western Mediterranean coast of Egypt. *Alfarama Journal of Basic & Applied Sciences*, 0(0), 0–0. <https://doi.org/10.21608/ajbas.2022.171095.1133>
- INMETRO. (2007). Orientações sobre validação de métodos de ensaios químicos. In *DOQ-CGCRE-008*.
- José, É., & Santos, D. (2007). *Determinação de elementos formadores de hidretos e mercúrio em amostras ambientais e biológicas com amostragem em suspensão por geração* [Tese de Doutorado em Química]. Universidade Federam De Santa Catarina Brasil.

- Kapranova, L. L., Dikareva, J. D., Kapranov, S. V., Balycheva, D. S., & Ryabushko, V. I. (2025). Essential Trace Elements in the Shells of Commercial Mollusk Species from the Black Sea and Their Biotechnological Potential. *Animals*, 15(11), 1637. <https://doi.org/10.3390/ani15111637>
- Kim, J., Park, J., & Hwang, W. (2016). Heavy Metal Distribution in Street Dust from Traditional Markets and the Human Health Implications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(8), 820. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080820>
- Lead dietary exposure in the European population. (2012). *EFSA Journal*, 10(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2831>
- Liu, Y., Chen, Q., Li, Y., Bi, L., Jin, L., & Peng, R. (2022). Toxic Effects of Cadmium on Fish. *Toxics*, 10(10), 622. <https://doi.org/10.3390/toxics10100622>
- Matos, W. O., da Silva, F. L. F., Sinaviwat, S., Menzies, E. J., Raab, A., Krupp, E. M., & Feldmann, J. (2022). Wild shrimp have an order of magnitude higher arsenic concentrations than farmed shrimp from Brazil illustrating the need for a regulation based on inorganic arsenic. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 71, 126968. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2022.126968>
- Ministério do Mar, Á. I. e P. (2020). *Estatísticas da pesca e aquacultura*.
- More, S. J., Bampidis, V., Benford, D., Bragard, C., Halldorsson, T. I., Hernández-Jerez, A. F., Bennekou, S. H., Koutsoumanis, K., Lambré, C., Machera, K., Mullins, E., Nielsen, S. S., Schlatter, J. R., Schrenk, D., Turck, D., Younes, M., Boon, P., Ferns, G. A., Lindtner, O., ... Leblanc, J. (2023). Re-evaluation of the existing health-based guidance values for copper and exposure assessment from all sources. *EFSA Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7728>
- Moura, C., Muszinski, P., Schmidt, C., Almeida, J., & Pinto, L. (2006). Quitina e quitosana produzidas a partir de resíduos de camarão e siri: avaliação do processo em escala piloto. *Vector*, 37–45.
- Munguambe, A. Z. (2014). *Avaliação da frescura do camarão comercializado nos mercados Xiquelene e Xipamanine*.
- Nascimento, N. do. (2023). *Desenvolvimento de salgadinho tipo chips adicionado de farinha da casca do camarão* [Trabalho de Culminação de Curso, Universidade Federal do Ceará]. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/73834>
- Nhatumbo, E., Gaile, B., & Blandon, A. J. (2020). Reformas fiscais para beneficiar a pesca de camarão em Moçambique. *IIED Briefing Papers*. <https://www.iied.org/pt-pt/17764piied>
- Nunes, I. M. B. Q. (2013). *Efeito do frio na qualidade sensorial do camarão marinho Litopenaeus vannamei (Boone, 1931)* [Tese de Mestrado]. Universidade Federal de Paraíba .

- Rainbow, P. S. (2002). Trace metal concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution*, 120(3), 497–507. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00238-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00238-5)
- Ribeiro, A. S., Zezii, M. A., & Cadore, A. S. (2002). Espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em filamento de tungstênio. *Química Nova*, 25(n.3), 396–405.
- Rodrigues da Silva, S. (2022). *Avaliação de metais pesados no camarão da Amazônia Macrobrachium amazonicum em diferentes pontos da foz do rio Amazonas* [Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/46518/1/SERGIO%20RODRIGUES%20DA%20SILVA-DISSERTA%C3%87%C3%83O.pdf>
- Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L. (Ron), Leblanc, J., Nebbia, C. S., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Wallace, H., Guérin, T., Massanyi, P., Van Loveren, H., ... Nielsen, E. (2020). Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water. *EFSA Journal*, 18(11). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6268>
- Scientific Opinion on Dietary Reference Values for zinc. (2014). *EFSA Journal*, 12(10), 3844. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3844>
- Scientific Opinion on Lead in Food. (2010). *EFSA Journal*, 8(4). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- Scientific Opinion on safety and efficacy of cobalt compounds (E3) as feed additives for all animal species: Cobaltous acetate tetrahydrate, basic cobaltous carbonate monohydrate and cobaltous sulphate heptahydrate, based on a dossier submitted by TREAC EEIG. (2012). *EFSA Journal*, 10(7). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2791>
- Skoog. (2003). *Fundamentos de química analítica* (8 edição). Editora Thomson.
- Stepnowski, P., Ólafsson, G., Helgason, H., & Jastorff, B. (2004). Preliminary study on chemical and physical principles of astaxanthin sorption to fish scales towards applicability in fisheries waste management. *Aquaculture*, 232(1–4), 293–303. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00491-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00491-5)
- Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K., Knutsen, H. K., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Peláez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Aggett, P., Crous Bou, M., Cubadda, F., Ciccolallo, L., ... Naska, A. (2023). Scientific opinion on the tolerable upper intake level for selenium. *EFSA Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7704>
- Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K., Knutsen, H. K., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H. J., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Aggett, P., Fairweather-Tait, S., de Sesmaisons Lecarré,

A., Fabiani, L., Karavasiloglou, N., ... Naska, A. (2024). Scientific opinion on the tolerable upper intake level for iron. *EFSA Journal*, 22(6).
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8819>

Usero, J., Morillo, J., & Gracia, I. (2005). Heavy metal concentrations in molluscs from the Atlantic coast of southern Spain. *Chemosphere*, 59(8), 1175–1181.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2004.11.089>

ANEXOS

Anexo A– Quadro resumo de teores de humidade, cinzas, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança

Tabela A1 - Teores de humidade, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) das amostras colhidas durante os meses de Setembro e Outubro de 2024 nos mercados da cidade de Maputo.

Ponto de Colheita	Mês	Parte do Camarão	Teor de Humidade (%w/w)			Média	Desvio Padrão (s)	%RSD	Intervalo de confiança	Teor de Cinzas (%w/w)			Média	Desvio Padrão (s)	%RSD	Intervalo de confiança
			Réplica I	Réplica II	Réplica III					Réplica I	Réplica II	Réplica III				
Mercado Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	9,85	11,44	8,45	9,91	1,49	15,0	9,91 ± 3,70	23,90	25,12*	23,88	24,30	0,71	2,92	24,30 ± 1,76
	Setembro	Tecido muscular	17,32	19,30	17,24	18,0	1,16	6,5	18,0 ± 2,88	4,24	2,91	3,96	3,70	0,70	19,0	3,70 ± 1,74
	Outubro	Exoesqueleto	10,24	10,73	10,34	10,40	0,26	2,48	10,4 ± 0,64	27,70	23,04	24,37	25,04	2,40	9,60	25,04 ± 5,96
	Outubro	Tecido muscular	15,12	18,93	17,15	17,07	1,90	11,1	17,0 ± 4,72	5,17	3,46	3,94	4,19	0,88	21,0	4,19 ± 2,18
Mercado Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	8,37	9,36	9,40	9,04	0,58	6,45	9,04 ± 1,44	25,12	23,23	23,90	24,08	0,95	3,97	24,08 ± 2,36
	Setembro	Tecido muscular	13,23	18,62	13,79	15,21	2,96	19,4	15,2 ± 7,35	5,21*	4,43	4,43	4,69	0,45	9,60	4,69 ± 1,11
	Outubro	Exoesqueleto	10,83*	10,78	10,78	10,8	0,02	0,26	10,8 ± 0,03	27,62	23,26	22,7	24,55	2,67	10,8	24,55 ± 6,63
	Outubro	Tecido muscular	13,52	15,81	15,76	15,03	1,30	8,70	15,0 ± 3,23	5,02	3,40	3,46	3,96	0,92	23,2	3,96 ± 2,28
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	8,33	11,90	8,50	9,57	2,00	20,1	9,57 ± 4,96	25,23	29,5	23,30	26,0	3,21	12,3	26,0 ± 7,97
	Setembro	Tecido muscular	13,72	16,42	14,14	14,76	1,45	9,84	14,7 ± 3,60	5,63	4,60	4,47	4,90	0,63	12,9	4,90 ± 1,56
	Outubro	Exoesqueleto	10,30	10,30	10,83*	10,40	0,31	2,97	10,4 ± 0,52	28,16*	23,0	23,15	24,78	2,92	11,8	24,78 ± 7,25
	Outubro	Tecido muscular	14,14	17,39	15,27	15,60	1,65	10,6	15,6 ± 4,09	6,25	3,94	2,95	4,38	1,69	38,6	4,38 ± 4,2

Valor suspeito - *

Anexo B – Condições de leitura em ICP-OES

Para a leitura das amostras em ICP-OES, foram preparadas as soluções-padrão que cobrem uma zona de concentrações apropriadas e o branco, de seguida efectuaram-se as respectivas leituras em comprimento de onda específico para cada metal e o valor de concentração do metal foi determinado por interpolação gráfica. A tabela D1 mostra as condições de leitura usados no presente trabalho.

Tabela B1. Condições de leitura usadas em ICP-OES.

Metal	Concentrações das soluções-padrão (mg/L)	Comprimento de onda (λ) em nm
Arsénio (As)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	193
Cadmio (Cd)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	226
Cobalto (Co)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	238
Crómio (Cr)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	267
Cobre (Cu)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	224
Ferro (Fe)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	238
Níquel (Ni)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	231
Chumbo (Pb)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	220
Selénio (Se)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	203
Estrôncio (Sr)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	212
Zinco (Zn)	0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4	202

Anexo C – Limites de detecção e quantificação do ICP-OES para os metais presentes na amostra

Tabela C1 – Valores de LD e LQ do instrumento e do método (mg/kg⁻¹).

Metal	Instrumento		Método	
	LD (mg/kg ⁻¹)	LQ (mg/kg ⁻¹)	LD (mg/kg ⁻¹)	LQ (mg/kg ⁻¹)
Arsénio (As)	0,198	0,660	0,023	0,078
Cadmio (Cd)	0,224	0,813	0,0004	0,001
Cobalto (Co)	0,214	0,714	0,0003	0,001
Crómio (Cr)	0,227	0,756	0,0003	0,001
Cobre (Cu)	0,219	0,729	0,002	0,006
Ferro (Fe)	0,261	0,869	0,0001	0,0006
Níquel (Ni)	0,224	0,746	0,001	0,003
Chumbo (Pb)	0,186	0,620	0,005	0,018
Selénio (Se)	0,198	0,661	0,013	0,046
Estrôncio (Sr)	0,216	0,721	0,002	0,006
Zinco (Zn)	0,728	0,928	0,001	0,005

Anexo D - Teores dos metais, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança

Tabela D1. Resultados dos teores de As, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio – padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	2517	2612	2419	0,071	0,003	2516 ± 0,099
	Setembro	Tecido muscular	1185	505	1006	0,048	0,005	898 ± 0,067
	Outubro	Exoesqueleto	34219	35424	27382	1,13	0,004	323432 ± 1,58
	Outubro	Tecido muscular	31971	35508	25243	1,30	0,004	30907 ± 1,83
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	2706	1452	2501	0,058	0,003	2220 ± 0,081
	Setembro	Tecido muscular	1249	999	1104	0,048	0,004	1117 ± 0,067
	Outubro	Exoesqueleto	39316	27230	32479	1,14	0,003	33008 ± 1,6
	Outubro	Tecido muscular	822	419	681	0,046	0,007	640 ± 0,064
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	2693	2718	2505	0,076	0,003	2639 ± 0,106
	Setembro	Tecido muscular	1102	1141	1360	0,054	0,004	1201 ± 0,075
	Outubro	Exoesqueleto	32338	32079	27382	1,05	0,003	30599 ± 1,47
	Outubro	Tecido muscular	645	932	539	0,045	0,006	706 ± 0,063

Tabela D2. Resultados dos teores de Cd, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	364	387	381	0,058	0,015	377 ± 0,081
	Setembro	Tecido muscular	369	216	148	0,059	0,024	244 ± 0,082
	Outubro	Exoesqueleto	2628	2628	2582	0,098	0,004	2612 ± 0,137
	Outubro	Tecido muscular	2134	2379	2239	0,102	0,005	2251 ± 0,143
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	427	148	367	0,059	0,019	314 ± 0,082
	Setembro	Tecido muscular	375	343	317	0,057	0,016	345 ± 0,079
	Outubro	Exoesqueleto	2625	2425	2601	0,096	0,004	2550 ± 0,134
	Outubro	Tecido muscular	256	61,4	254	0,060	0,031	190 ± 0,084
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	407	387	407	0,057	0,014	400 ± 0,079
	Setembro	Tecido muscular	371	436	424	0,056	0,014	410 ± 0,078
	Outubro	Exoesqueleto	2715	2577	2356	0,096	0,004	2550 ± 0,134
	Outubro	Tecido muscular	226	287	238	0,059	0,023	250 ± 0,082

Tabela D3. Resultados dos teores de Co, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	39,1	39,8	38,0	0,056	0,143	39,0 ± 0,078
	Setembro	Tecido muscular	12,2	ND	ND	0,057	0,463	12,2 ± 0,079
	Outubro	Exoesqueleto	3443	3685	3577	0,118	0,003	3577 ± 0,165
	Outubro	Tecido muscular	3551	3989	3710	0,150	0,004	3750 ± 0,210
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	50,2	3,22	31,7	0,056	0,198	28,4 ± 0,078
	Setembro	Tecido muscular	9,84	0,220	25,6	0,056	0,474	11,9 ± 0,078
	Outubro	Exoesqueleto	4357	2571	1746	0,117	0,004	2891 ± 0,164
	Outubro	Tecido muscular	ND	ND	ND			
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	51,6	45,7	37,0	0,056	0,124	44,7 ± 0,078
	Setembro	Tecido muscular	19,	9,25	27,0	0,056	0,305	18,4 ± 0,078
	Outubro	Exoesqueleto	3140	3162	3556	0,104	0,003	3286 ± 0,151
	Outubro	Tecido muscular	ND	ND	ND			

ND – Não detectado.

Tabela D4. Resultados dos teores de Cr, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	44,3	46,2	47,8	0,059	0,128	46,1 ± 0,082
	Setembro	Tecido muscular	20,6	ND	ND	0,060	0,291	20,6 ± 0,084
	Outubro	Exoesqueleto	3643	3903	3646	0,131	0,004	3731 ± 0,183
	Outubro	Tecido muscular	3723	4176	3584	0,166	0,004	3828 ± 0,232
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	60,6	ND	ND	0,060	0,098	60,6 ± 0,084
	Setembro	Tecido muscular	16,8	7,05	9,26	0,060	0,539	11,0 ± 0,084
	Outubro	Exoesqueleto	4573	2750	4577	0,142	0,004	3967 ± 0,199
	Outubro	Tecido muscular	ND	ND	ND			
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	56,0	50,7	48,7	0,059	0,114	51,8 ± 0,082
	Setembro	Tecido muscular	34,9	20,8	18,8	0,059	0,238	24,8 ± 0,082
	Outubro	Exoesqueleto	3329	3356	3333,6	0,117	0,003	3339 ± 0,164
	Outubro	Tecido muscular	ND	ND	ND			

ND – Não detectado.

Tabela D5. Resultados dos teores de Cu, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	398	365	381	0,052	0,014	381 ± 0,073
	Setembro	Tecido muscular	501	302	288	0,051	0,014	364 ± 0,072
	Outubro	Exoesqueleto	8432	8947	9021	0,319	0,004	8800 ± 0,447
	Outubro	Tecido muscular	8286	9289	8350	0,385	0,004	8642 ± 0,540
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	444	174	173	0,053	0,020	264 ± 0,074
	Setembro	Tecido muscular	440	404	387	0,050	0,012	410 ± 0,070
	Outubro	Exoesqueleto	10167	6504	4750	0,256	0,004	7140 ± 0,358
	Outubro	Tecido muscular	273	16,0	26,0	0,056	0,053	105 ± 0,074
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	480	365	363	0,051	0,013	403 ± 0,072
	Setembro	Tecido muscular	361	351	352	0,051	0,014	355 ± 0,072
	Outubro	Exoesqueleto	7815	7969	4750	0,286	0,004	6845 ± 0,401
	Outubro	Tecido muscular	189	173	175	0,054	0,030	179 ± 0,075

Tabela D6. Resultados dos teores de Fe, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	385	227	242	0,063	0,022	285 ± 0,088
	Setembro	Tecido muscular	317	5,27	3,57	0,065	0,060	108 ± 0,091
	Outubro	Exoesqueleto	2146	2497	2593	0,094	0,004	2412 ± 0,131
	Outubro	Tecido muscular	1616	1802	1620	0,083	0,005	1679 ± 0,116
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	591	112	106	0,063	0,023	270 ± 0,088
	Setembro	Tecido muscular	331	118	117	0,063	0,033	189 ± 0,088
	Outubro	Exoesqueleto	1997	2987	3045	0,101	0,004	2676 ± 0,142
	Outubro	Tecido muscular	70,56	ND	ND	0,069	0,098	70,563 ± 0,096
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	684	288	239	0,061	0,015	404 ± 0,085
	Setembro	Tecido muscular	171	217	212	0,063	0,032	200 ± 0,088
	Outubro	Exoesqueleto	2531	3467	3548	0,121	0,004	3182 ± 0,169
	Outubro	Tecido muscular	12,9	77,4	92,1	0,068	0,111	60,8 ± 0,095

ND – Não detectado.

Tabela D7. Resultados dos teores de Ni, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	132	137	135	0,056	0,042	135 ± 0,078
	Setembro	Tecido muscular	67,3	9,34	14,8	0,058	0,191	30,5 ± 0,081
	Outubro	Exoesqueleto	5641	5999	5968	0,211	0,004	5869 ± 0,295
	Outubro	Tecido muscular	5712	6415	5773	0,265	0,004	5967 ± 0,371
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	151	49,4	152	0,057	0,048	117 ± 0,079
	Setembro	Tecido muscular	60,2	41,4	61,3	0,058	0,106	54,3 ± 0,081
	Outubro	Exoesqueleto	7019	4271	5562	0,203	0,004	5618 ± 0,284
	Outubro	Tecido muscular	20,485	ND	ND	0,059	0,289	20,485 ± 0,082
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	147	147	150	0,056	0,038	148 ± 0,078
	Setembro	Tecido muscular	68,9	60,7	59,8	0,057	0,091	63,1 ± 0,079
	Outubro	Exoesqueleto	5177	5191	5274	0,186	0,004	5214 ± 0,260
	Outubro	Tecido muscular	9,13	32,4	40,6	0,058	0,213	27,4 ± 0,081

ND – Não detectado.

Tabela D8. Resultados dos teores de Pb, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	932	977	955	0,042	0,004	955 ± 0,058
	Setembro	Tecido muscular	487	203	456	0,043	0,011	382 ± 0,060
	Outubro	Exoesqueleto	22838	24094	24122	0,766	0,003	23685 ± 1,074
	Outubro	Tecido muscular	22584	25366	22620	0,928	0,004	23523 ± 1,30
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	1020	497	554	0,043	0,006	690 ± 0,060
	Setembro	Tecido muscular	468	364	374	0,043	0,011	402 ± 0,060
	Outubro	Exoesqueleto	27794	17512	17560	0,675	0,003	20955 ± 0,946
	Outubro	Tecido muscular	260	77,1	79,4	0,047	0,033	139 ± 0,065
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	1016	1007	1136	0,043	0,004	1053 ± 0,060
	Setembro	Tecido muscular	471	483	492	0,042	0,009	482 ± 0,058
	Outubro	Exoesqueleto	21199	21189	21522	0,686	0,003	21303 ± 0,961
	Outubro	Tecido muscular	227	356	282	0,044	0,015	288 ± 0,061

Tabela D9. Resultados dos teores de Se, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	2017	2067	2080	0,064	0,003	2055 ± 0,089
	Setembro	Tecido muscular	1136	504	490	0,047	0,007	490 ± 0,065
	Outubro	Exoesqueleto	37198	38997	38993	1,339	0,003	38396 ± 1,877
	Outubro	Tecido muscular	36003	40323	35860	1,587	0,004	37395 ± 2,225
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	2204	1076	1082	0,053	0,004	1454 ± 0,074
	Setembro	Tecido muscular	1067	868	866	0,047	0,005	934 ± 0,065
	Outubro	Exoesqueleto	44220	29168	29184	1,189	0,003	34190 ± 1,66
	Outubro	Tecido muscular	651	221	184	0,047	0,013	352 ± 0,065
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	2201	2179	2316	0,069	0,003	2232 ± 0,096
	Setembro	Tecido muscular	1069	1131	1140	0,052	0,005	1113 ± 0,072
	Outubro	Exoesqueleto	34892	34711	34762	1,211	0,003	34789 ± 1,69
	Outubro	Tecido muscular	584	850	805	0,045	0,006	746 ± 0,063

Tabela D10. Resultados dos teores de Sr, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	4009	6152	6155	0,188	0,003	5439 ± 0,265
	Setembro	Tecido muscular	656	174	172	0,052	0,015	334 ± 0,072
	Outubro	Exoesqueleto	21294	15413	15423	0,646	0,004	17377 ± 0,905
	Outubro	Tecido muscular	7237	8112	7231	0,328	0,004	7527 ± 0,459
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	4390	1620	1623	0,089	0,003	2544 ± 0,124
	Setembro	Tecido muscular	561	518	517	0,049	0,009	532 ± 0,068
	Outubro	Exoesqueleto	9671	23081	2309	0,694	0,004	18614 ± 0,973
	Outubro	Tecido muscular	414	84,1	88,6	0,053	0,027	195 ± 0,074
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	4357	4550	4554	0,152	0,003	4487 ± 0,213
	Setembro	Tecido muscular	674	519	514	0,050	0,009	569 ± 0,07
	Outubro	Exoesqueleto	24874	19839	15423	0,807	0,004	20046 ± 1,131
	Outubro	Tecido muscular	260	491	471	0,050	0,012	407 ± 0,07

Tabela D11. Resultados dos teores de Zn, desvio-padrão, %RSD e intervalos de confiança (IC) na base seca.

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Teor (mg/kg, base seca)			Desvio-padrão	%RSD	IC (mg/kg)
			Réplica I	Réplica II	Réplica III			
Mercado de Xipamanine	Setembro	Exoesqueleto	230	211	218	0,069	0,031	220 ± 0,096
	Setembro	Tecido muscular	683	399	393	0,064	0,013	492 ± 0,089
	Outubro	Exoesqueleto	3048	3053	3008	0,130	0,004	3036 ± 0,182
	Outubro	Tecido muscular	239	2298	2047	0,117	0,005	2245 ± 0,164
Mercado de Xiquelene	Setembro	Exoesqueleto	258	80,5	81,6	0,070	0,050	140 ± 0,098
	Setembro	Tecido muscular	706	624	618	0,063	0,010	649 ± 0,088
	Outubro	Exoesqueleto	2447	2939	2924	0,119	0,004	2770 ± 0,166
	Outubro	Tecido muscular	451	ND	ND	0,070	0,016	451 ± 0,098
Mercado Central	Setembro	Exoesqueleto	273	205	202	0,068	0,030	227 ± 0,095
	Setembro	Tecido muscular	690	871	869	0,065	0,008	810 ± 0,092
	Outubro	Exoesqueleto	3156	3165	3168	0,135	0,004	3163 ± 0,189
	Outubro	Tecido muscular	370	374	351	0,065	0,018	365 ± 0,092

ND – Não detectado.

Anexo E– Valores da concentração de Cd e Pb no tecido muscular convertido para mg/kg (base húmida)

Tabela E1 - valores da concentração de Cd no tecido muscular convertido para mg/kg (base húmida).

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Humidade	Cd (mg/kg, base seca)	Cd (mg/kg, base húmida)
Mercado de Xipamanine	Setembro	Tecido muscular	0,18	244	200
	Outubro	Tecido muscular	0,17	2251	1866
Mercado Xiquelene	Setembro	Tecido muscular	0,152	345	292
	Outubro	Tecido muscular	0,150	190	161
Mercado Central	Setembro	Tecido muscular	0,147	410	349
	Outubro	Tecido muscular	0,156	250	211

Tabela E2 - valores da concentração de Pb no tecido muscular convertido para mg/kg (base húmida).

Ponto de colheita	Mês	Parte do camarão	Humidade	Pb (mg/kg, base seca)	Pb (mg/kg, base húmida)
Mercado de Xipamanine	Setembro	Tecido muscular	0,18	382	313
	Outubro	Tecido muscular	0,17	23523	19524
Mercado Xiquelene	Setembro	Tecido muscular	0,152	402	340
	Outubro	Tecido muscular	0,150	139	118
Mercado Central	Setembro	Tecido muscular	0,147	482	411
	Outubro	Tecido muscular	0,156	288	243

Anexo F – Resultados estatísticos da comparação da concentração de metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular do camarão

Tabela F1 – Médias, valores de t-calculado e t-crítico de cada metal no exoesqueleto e tecido muscular do camarão do mês de Setembro.

Metal	Média em mg/kg, base seca (Exoesqueleto)	Média em mg/kg, base seca (Tecido muscular)	t cal	t crit	Observação
Arsénio (As)	2458	1072	9,48	2,30	tcal > tcrit
Cádmio (Cd)	364	333	0,743		tcal < tcrit
Cobalto (Co)	37,3	11,51	5,07		tcal > tcrit
Crómio (Cr)	39,4	14,2	4,11		tcal > tcrit
Cobre (Cu)	349	376	0,633		tcal < tcrit
Ferro (Fe)	319	166	2,68		tcal > tcrit
Níquel (Ni)	133	49,3	6,84		tcal > tcrit
Chumbo (Pb)	899	422	6,98		tcal > tcrit
Selénio (Se)	1914	919	5,98		tcal > tcrit
Estrôncio (Sr)	4157	478	6,34		tcal > tcrit
Zinco (Zn)	195	650	7,64		tcal > tcrit

Tabela F2 – Médias, valores de t-calculado, t-crítico de cada metal no exoesqueleto e tecido muscular do camarão do mês de Outubro.

Metal	Média em mg/kg, base seca (Exoesqueleto)	Média em mg/kg, base seca (Tecido muscular)	t cal	t crit	Observação
Arsénio (As)	31983	10751	4,17	2,30	tcal > tcrit
Cádmio (Cd)	2571	897	5,10		tcal > tcrit
Cobalto (Co)	3249	1250	3,37		tcal > tcrit
Crómio (Cr)	3679	1276	3,31		tcal > tcrit
Cobre (Cu)	7595	2975	3,33		tcal > tcrit
Ferro (Fe)	2757	601	5,52		tcal > tcrit
Níquel (Ni)	5545	2000	4,18		tcal > tcrit
Chumbo (Pb)	21981	7983	3,88		tcal > tcrit
Selénio (Se)	35792	12831	4,04		tcal > tcrit
Estrôncio (Sr)	18679	2710	7,04		tcal > tcrit
Zinco (Zn)	2991	920	6,19		tcal > tcrit

Anexo G – Resultados estatísticos da comparação da concentração dos metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular em diferentes mercados durante o mês de Setembro e Outubro usando ANOVA

Tabela G1 – Comparação das concentrações dos metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular em diferentes pontos de venda durante o mês de Setembro.

Mercados em comparação	Metal	Amostra	F_{crítico}	F_{cal}	Obs.
Central, Xiquelene e Xipamanine	As	Exoesqueleto	5,14	0,879	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	As	Tecido muscular		1,37	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cd	Exoesqueleto		0,824	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cd	Tecido muscular		4,21	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Co	Exoesqueleto		1,00	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Co	Tecido muscular		0,376	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cr	Exoesqueleto		2,05	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cr	Tecido muscular		3,24	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cu	Exoesqueleto		0,433	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cu	Tecido muscular		0,542	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Fe	Exoesqueleto		0,335	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Fe	Tecido muscular		0,464	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Ni	Exoesqueleto		0,595	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Ni	Tecido muscular		0,219	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Pb	Exoesqueleto		3,60	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Pb	Tecido muscular		0,910	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Se	Exoesqueleto		3,49	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Se	Tecido muscular		2,43	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Sr	Exoesqueleto		4,77	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Sr	Tecido muscular		1,65	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Zn	Exoesqueleto		1,70	F _{cal} < F _{crit}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Zn	Tecido muscular		1,73	F _{cal} < F _{crit}

Tabela G2 – Comparação das concentrações dos metais pesados no exoesqueleto e tecido muscular em diferentes pontos de venda durante o mês de Outubro.

Mercados em comparação	Metal	Amostra	F_{crítico}	F_{cal}	Obs.
Central, Xiquelene e Xipamanine	As	Exoesqueleto	5,14	0,219	F _{crit} > F _{cal}
Central, Xiquelene e Xipamanine	As	Tecido muscular		100	F _{crit} < F _{cal}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cd	Exoesqueleto		0,257	F _{crit} > F _{cal}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cd	Tecido muscular		433	F _{crit} < F _{cal}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Co	Exoesqueleto		0,562	F _{crit} > F _{cal}
Central, Xiquelene e Xipamanine	Co	Tecido muscular		860	F _{crit} < F _{cal}

Central, Xiquelene e Xipamanine	Cr	Exoesqueleto	5,14	0,798	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cr	Tecido muscular		459	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cu	Exoesqueleto		0,905	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Cu	Tecido muscular		643	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Fe	Exoesqueleto		1,906	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Fe	Tecido muscular		544	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Ni	Exoesqueleto		0,509	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Ni	Tecido muscular		698	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Pb	Exoesqueleto		0,557	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Pb	Tecido muscular		636	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Se	Exoesqueleto		0,608	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Se	Tecido muscular		624	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Sr	Exoesqueleto		0,171	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Sr	Tecido muscular		506	Fcrit < Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Zn	Exoesqueleto		4,59	Fcrit > Fcal
Central, Xiquelene e Xipamanine	Zn	Tecido muscular		120	Fcrit < Fcal

Anexo H – Resultados estatísticos da comparação da concentração dos metais entre os diferentes mercados

Tabela H1 – Resultados do teste *post hoc* de Tukey entre mercados no mês de Outubro para cada metal pesado.

Metal	Comparação de mercados	diff	lwr	upr	p adj	Observação
As	Central - Xipamanine	3201	22648	37755	$4,41 \times 10^{-5}$	p<0,5
	Central - Xiquelene	-65,3	-7618	7488	0,999	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-30267	-37820	-22713	$4,35 \times 10^{-5}$	p<0,5
Cd	Central - Xipamanine	2000	1756	2245	8×10^{-7}	p<0,5
	Central - Xiquelene	-60,1	-304	184	0,742	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-2060	-2305	-1816	7×10^{-7}	p<0,5
Co	Central - Xipamanine	$3,75 \times 10^3$	3429	4070	1×10^{-7}	p<0,5
	Central - Xiquelene	$-5,30 \times 10^{-13}$	-320	-320	1	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	$-3,75 \times 10^3$	-4070	-3429	1×10^{-7}	p<0,5
Cr	Central - Xipamanine	$3,827 \times 10^3$	3380	4275	7×10^{-7}	p<0,5
	Central - Xiquelene	$-1,515 \times 10^{-13}$	-447	447	1	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	$-3,82 \times 10^3$	-4275	-3380	7×10^{-7}	p<0,5
Cu	Central - Xipamanine	9,02	-167	185	0,986	p>0,5
	Central - Xiquelene	55,9	-120	232	0,620	p>0,5

	Xiquelene - Xipamanine	46,8	-129	223	0,708	p>0,5
Fe	Central - Xipamanine	1619	1443	1794	5x10 ⁻⁷	p<0,5
	Central - Xiquelene	-37,2	-213	138	0,799	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-1656	-1832	-1480	5x10 ⁻⁷	p<0,5
Ni	Central - Xipamanine	5939	5375	6503	2x10 ⁻⁷	p<0,5
	Central - Xiquelene	-20,5	-584	543	0,993	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-5960	-6523	-5396	2x10 ⁻⁷	p<0,5
Pb	Central - Xipamanine	23234	20919	25550	3x10 ⁻⁷	p<0,5
	Central - Xiquelene	-149	-2465	2165	0,978	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-23384	-25700	-21069	3x10 ⁻⁷	p<0,5
Se	Central - Xipamanine	-403	-965	158	0,149	p>0,5
	Central - Xiquelene	-179	-742	382	0,614	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	223	-338	786	0,485	p>0,5
Sr	Central - Xipamanine	7119	6314	7924	6x10 ⁻⁷	p<0,5
	Central - Xiquelene	-212	-1016	592	0,711	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-7331	8136	-6526	5x10 ⁻⁷	p<0,5
Zn	Central - Xipamanine	1880	1424	2336	3,69x10 ⁻⁵	p<0,5
	Central - Xiquelene	-215	-671	241	0,378	p>0,5
	Xiquelene - Xipamanine	-2095	-2551	-1639	1,94x10 ⁻⁵	p<0,5

Anexo I– Painele de avaliação de frescura de camarão utilizado no LIP

Tabela I1 – Painele de avaliação de frescura de camarão utilizado no LIP (2011).

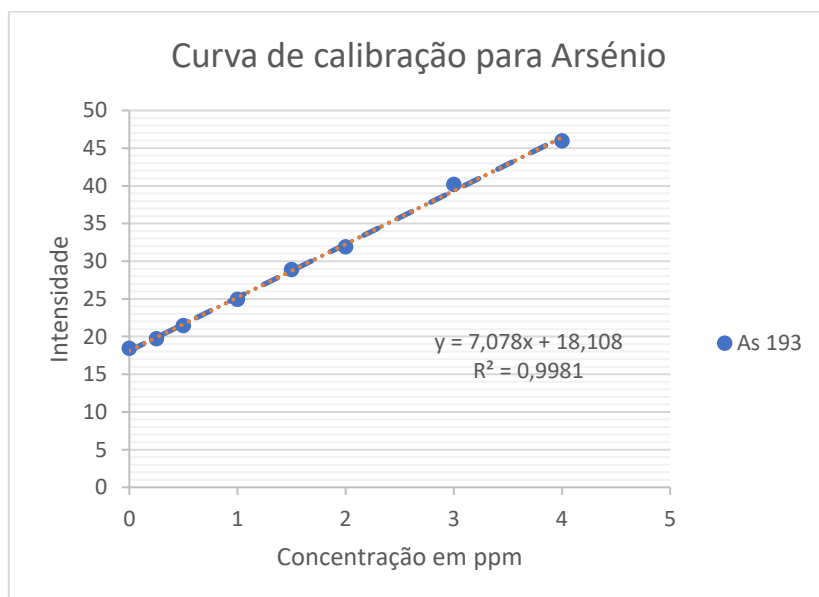
PARAMETROS OBSERVADOS	CRITERIOS DE AVALIAÇÃO			
	APTO PARA EXPORTAÇÃO		REJEITADO PARA	
			EXPORTAÇÃO	CONSUMO
	EXTRA	BOM	REGULAR	INAPTO
COR	Cor rosada intensa ou castanha suave, listras castanhas brilhantes brancas cremosas. Parte anterior superior morado de vinho típica da espécie. Guelras gris pérola.	Cor rosada intensa ou castanha suave, listras castanhas brilhantes brancas cremosas. Parte anterior superior morado de vinho típica da espécie. Guelras gris pérola.	Cor ligeiramente alterada. Há escurecimento do sector inferior da cabeça, início de melanose, ligeira desidratação. Guelras de cor gris verdoso ou negro.	Cor escura intensa da cabeça e estende-se aos segmentos vizinhos. Presença de melanose generalizada, cores de camarão cozido e outras cores estranhas. Guelras de cor negra generalizada.
CHEIRO	Cheiro suave a algas frescas, agradável.	Cheiro a mar intenso ou mistura de cheiros suaves com intensidade moderado a neutra.	Leve cheiro a cloro, amoniacal, com tendência a cheiro marcado a ácido sulfúrico, moderado.	Cheiro penetrante e persistente, fortemente amoniacal e ácido sulfúrico pútrido.

TEXTURA	A cauda é bastante firme desprende-se à pressão, carne com dificuldade da sua carapaça.	Há produção de material pegajoso e seroso, na superfície. A cauda sai na íntegra da sua carapaça.	A carcaça sente-se branda. Corpo e cauda estão cobertos de serosidade. Cauda desprende-se com facilidade.	Muito branda. Ao pressionar com os dedos escorre líquido desagradável. Abundante serosidade em todo corpo. Facilmente o cefalotórax se desprende.
APARÊNCIA E ASPECTO GERAL	Excelente, tamanho e espécie uniforme. Ausência de melanose, desidratação e danos físicos.	Boa. Tamanho e espécie uniforme. Ausência de desidratação, melanose matéria estranha e danos físicos.	Duvidosa. Presença de matéria estranha, como folhas, algas, ocasionalmente semi-descabeçados danificados.	Aspecto repugnante. Desagradável.

Anexo J – Curvas de calibração normal obtidas pelo ICP-OES

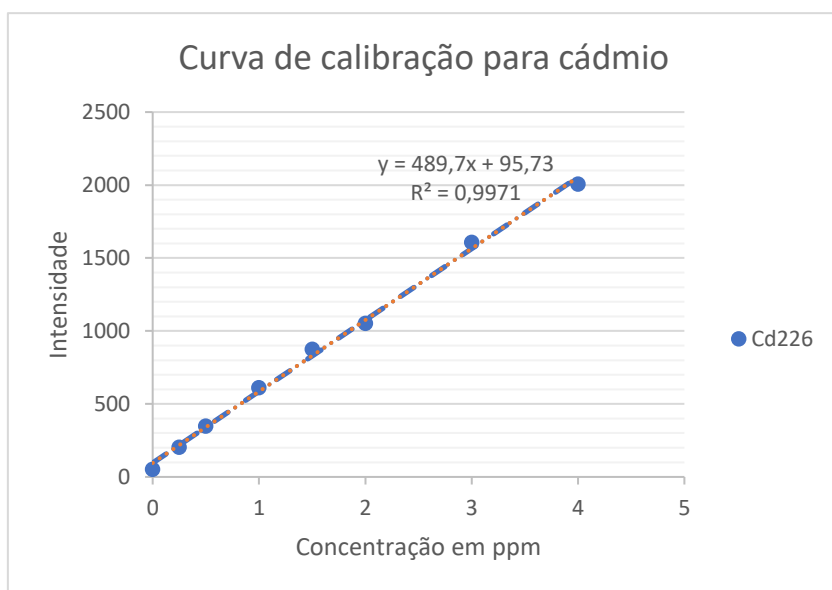
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	19,7
Padrão 2	0,5	21,4
Padrão 3	1,0	24,9
Padrão 4	1,5	28,9
Padrão 5	2,0	31,9
Padrão 6	3,0	40,1
Padrão 7	4,0	45,9

Tabela J1 – Valores usados para construção da curva de calibração para Arsénio.



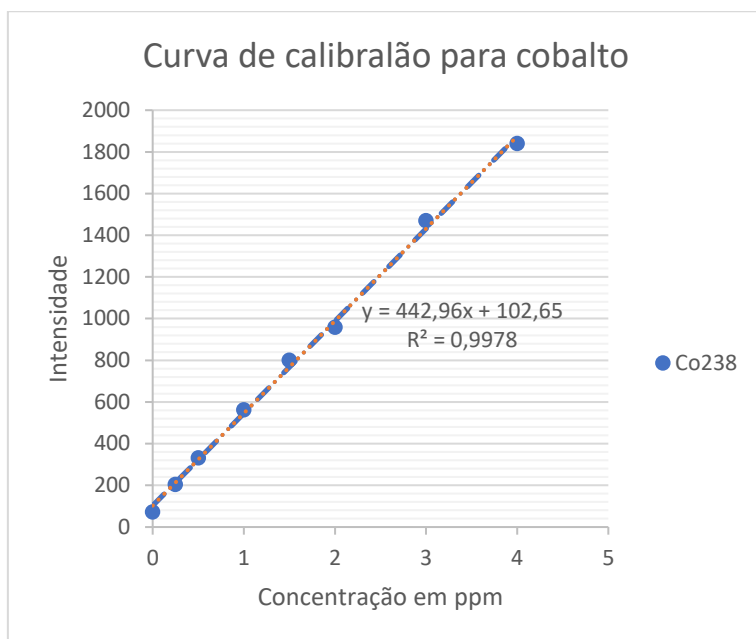
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	205
Padrão 2	0,5	349
Padrão 3	1,0	611
Padrão 4	1,5	876
Padrão 5	2,0	1052
Padrão 6	3,0	1608
Padrão 7	4,0	2008

Tabela J2 – Valores usados para construção da curva de calibração para Cádmio.



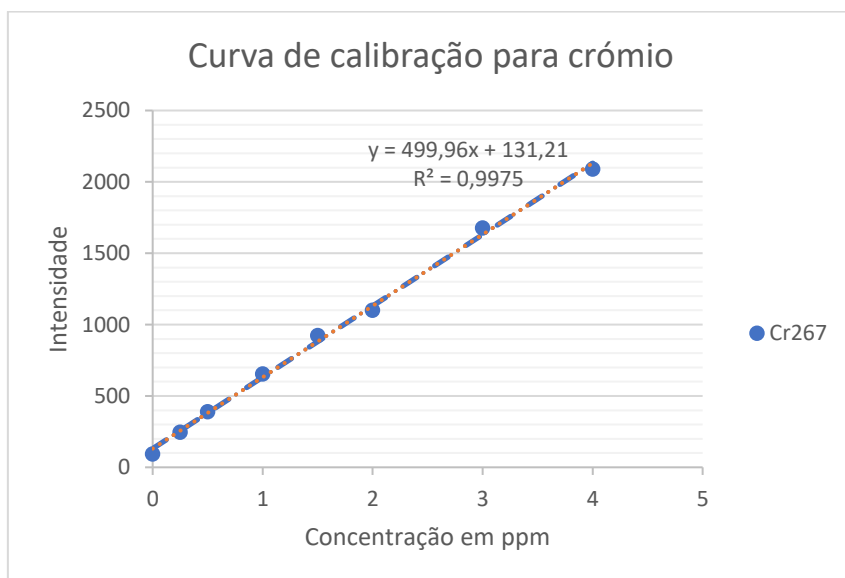
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	204
Padrão 2	0,5	332
Padrão 3	1,0	563
Padrão 4	1,5	801
Padrão 5	2,0	959
Padrão 6	3,0	1471
Padrão 7	4,0	1841,62

Tabela J3 – Valores usados para construção da curva de calibração para cobalto.



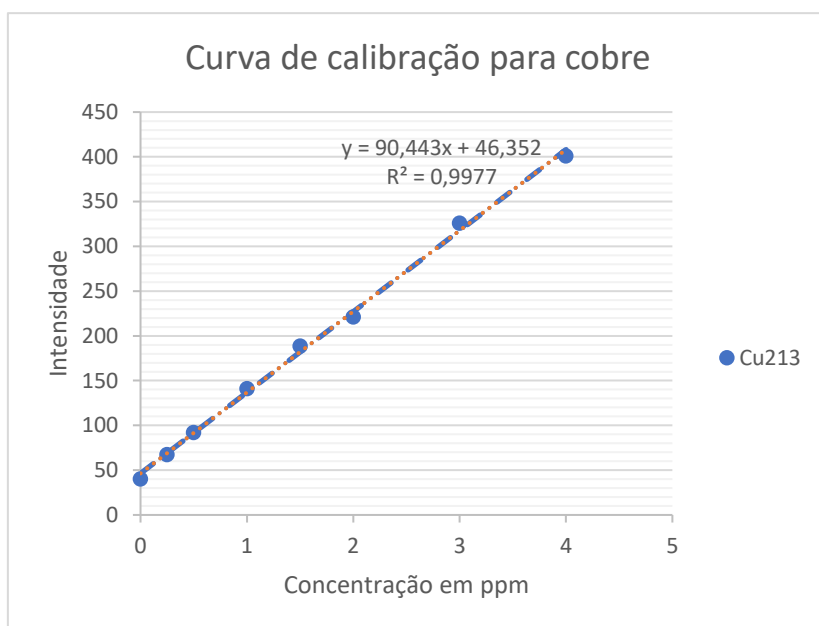
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	245
Padrão 2	0,5	390
Padrão 3	1,0	653
Padrão 4	1,5	922
Padrão 5	2,0	1100
Padrão 6	3,0	1676
Padrão 7	4,0	2090

Tabela J4 – Valores usados para construção da curva de calibração para crómio.



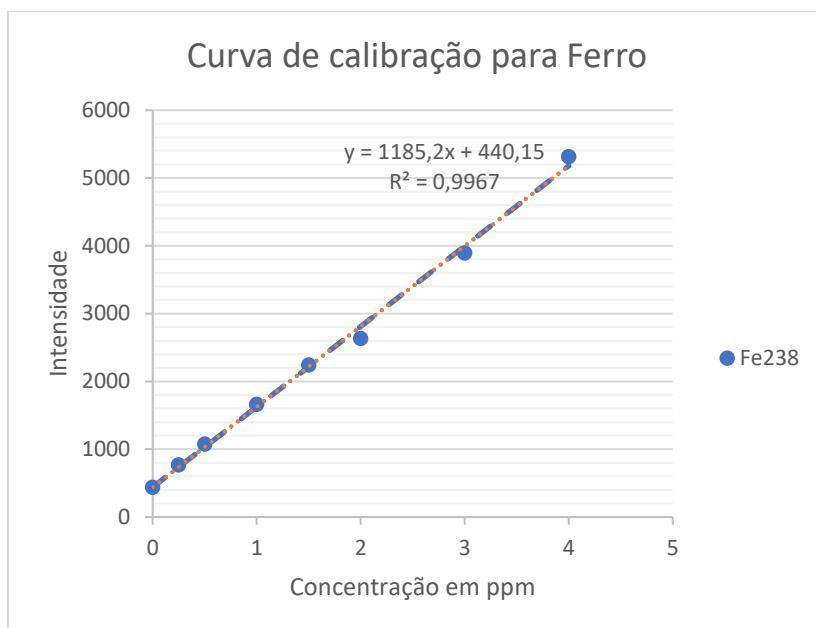
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	67,7
Padrão 2	0,5	92,1
Padrão 3	1,0	141
Padrão 4	1,5	188
Padrão 5	2,0	221
Padrão 6	3,0	326
Padrão 7	4,0	401

Tabela J5 – Valores usados para construção da curva de calibração para cobre.



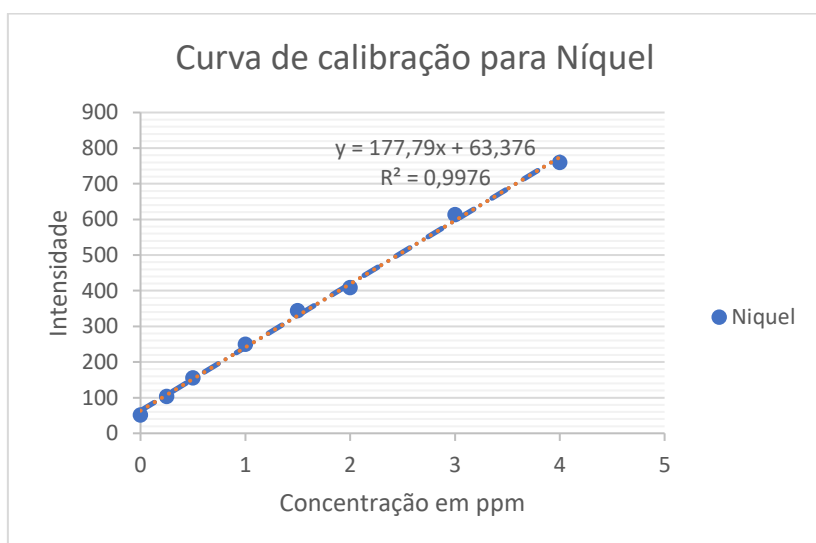
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	67,7
Padrão 2	0,5	92,1
Padrão 3	1,0	141
Padrão 4	1,5	188
Padrão 5	2,0	221
Padrão 6	3,0	326
Padrão 7	4,0	401

Tabela J6 – Valores usados para construção da curva de calibração para ferro.



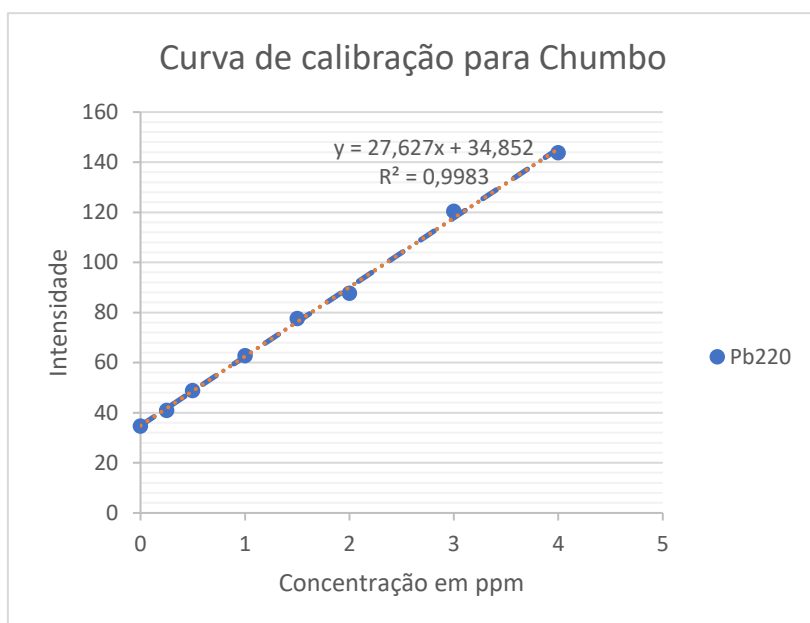
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	103
Padrão 2	0,5	155
Padrão 3	1,0	249
Padrão 4	1,5	344
Padrão 5	2,0	408
Padrão 6	3,0	613
Padrão 7	4,0	759

Tabela J7 – Valores usados para construção da curva de calibração para Níquel.



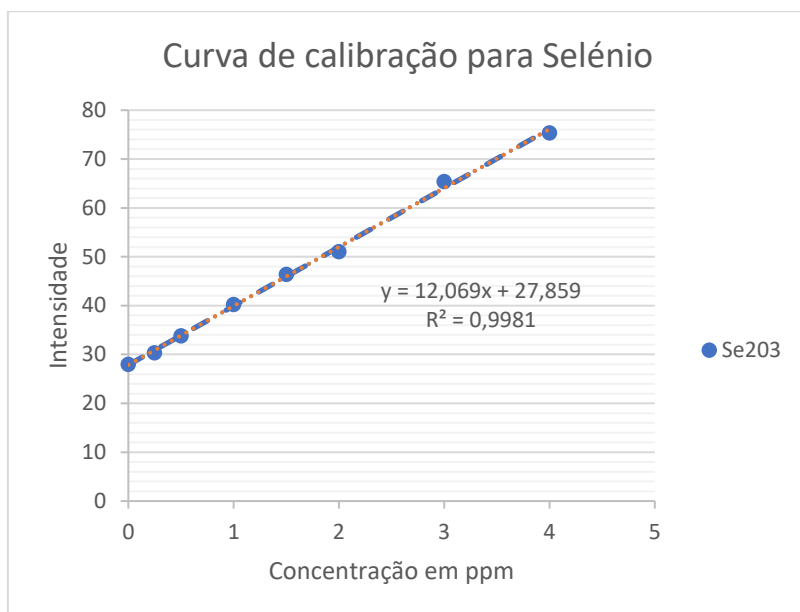
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	40,9
Padrão 2	0,5	48,8
Padrão 3	1,0	62,8
Padrão 4	1,5	77,6
Padrão 5	2,0	87,7
Padrão 6	3,0	120
Padrão 7	4,0	143

Tabela J8 – Valores usados para construção da curva de calibração para Chumbo.



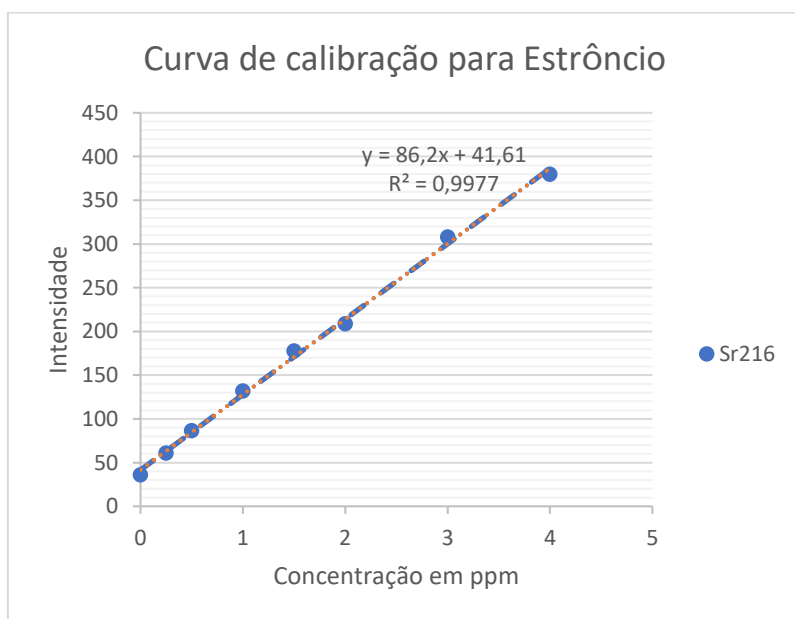
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	30,3
Padrão 2	0,5	33,8
Padrão 3	1,0	40,2
Padrão 4	1,5	46,4
Padrão 5	2,0	51,0
Padrão 6	3,0	65,4
Padrão 7	4,0	75,3

Tabela J9 – Valores usados para construção da curva de calibração para Selênio.



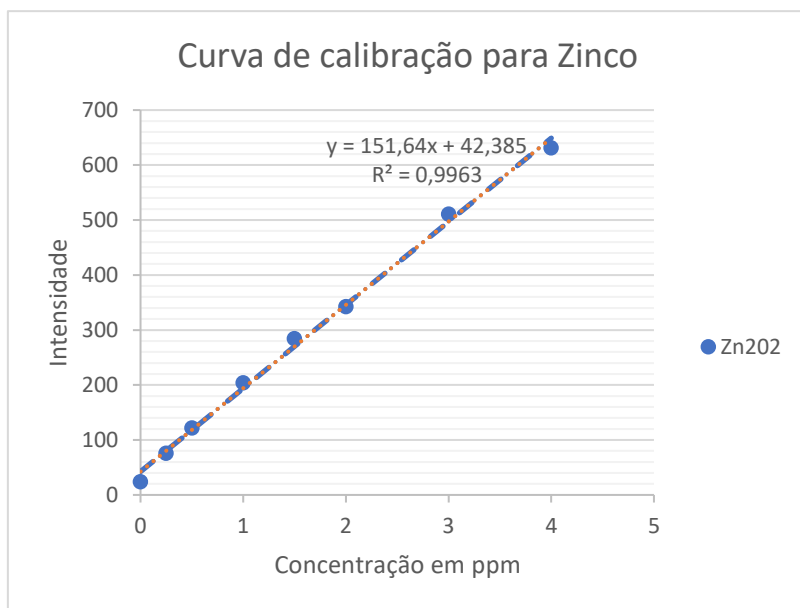
Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	60,9
Padrão 2	0,5	86,3
Padrão 3	1,0	131
Padrão 4	1,5	177
Padrão 5	2,0	208
Padrão 6	3,0	307
Padrão 7	4,0	379

Tabela J10 – Valores usados para construção da curva de calibração para Estrôncio.



Padrões	Conc.(ppm)	Intensidades
Padrão 1	0,25	75,8
Padrão 2	0,5	121
Padrão 3	1,0	204
Padrão 4	1,5	284
Padrão 5	2,0	342
Padrão 6	3,0	511
Padrão 7	4,0	631

Tabela J11 – Valores usados para construção da curva de calibração para Zinco.



Anexo K– Descrição das espécies estudadas

- Camarão-tigre (*Penaeus monodon* (Fabricius, 1798))



O camarão-tigre é classificado taxonomicamente da seguinte forma:

Reino: Animália

Filo: *Arthropode*

Classe: *Malacostraca*

Ordem: Decápode

Família: Peneídea

Gênero: *Penaeus*

Espécie: *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798)

Características: O *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798) vulgarmente conhecido como camarão tigre, é uma espécie com crescimento rápido que pode apresentar 33 cm de comprimento. Geograficamente habita nas costas da Austrália, do Sudeste Asiático e Sul da Ásia e da África Oriental. Durante a fase juvenil vive nas águas rasas dos estuários e mangais e na fase adulta vive no ambiente marinho sendo encontrado nas profundidades de cerca de 150 m e no mínimo de 80m, nos lodos, na areia e por vezes misturados com conchas.

- Camarão tigre-verde (*Penaeus semisulcatus* (De Haan, 1844))



O camarão tigre-verde é classificado taxonomicamente da seguinte forma:

Reino: Animália

Filo: *Arthropode*

Classe: *Malacostraca*

Ordem: Decápode

Família: Peneídea

Gênero: *Penaeus*

Espécie: *Penaeus semisulcatus* De Haan, 1844

Características: O *Penaeus semisulcatus* (De Haan, 1844), vulgarmente conhecido como camarão tigre-verde, é uma espécie de crescimento relativamente rápido, podendo atingir cerca de 22 cm de comprimento. Distribui-se amplamente no Indo-Pacífico, incluindo o Mar Vermelho, Golfo Pérsico, Mar Arábico, costa da Índia, Sudeste Asiático, Norte da Austrália e África Oriental. Na fase juvenil, habita águas rasas de estuários e zonas de mangal, enquanto na fase adulta vive em ambiente marinho, geralmente em profundidades entre 2 e 90 m, sobre fundos de areia, lodo ou mistura de ambos, podendo também ser encontrado em áreas com fragmentos de conchas.

Anexo L– Fotos de comercialização de pescado nos mercados Xipamanine, Xiquelene e Central



Figura L1 – Imagem tirada pelo autor em uma banca comercialização de camarão no Mercado Xipamanine.



Figura L2 – Imagem tirada pelo autor em uma banca de comercialização de camarão no Mercado Central.



Figura L3 – Imagem tirada pelo autor em uma banca de comercialização de camarão no Mercado Xiquelene.