



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Ciências

Departamento de Química

Curso de Licenciatura em Química Industrial

Trabalho de Licenciatura

Avaliação quantitativa de micronutrientes (P, K, Na, Ca, Mg, Fe,) presentes no mesocarpo do coco verde e maduro



Autor:
Reinaldo Alberto Comboio

Docente:
Mestre Argentina Munguno

Maputo, Novembro de 2025



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade de Ciências

Departamento de Química

Curso de Licenciatura em Química Industrial

Trabalho de Licenciatura

Avaliação quantitativa de micronutrientes (P, K, Na, Ca, Mg, Fe) presentes no mesocarpo do coco verde e maduro



Autor:
Reinaldo Alberto Comboio

Docente:
Mestre Argentina Munguno

Maputo, Novembro de 2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela dádiva da vida, pela saúde e pela sabedoria que sempre me acompanhou em cada momento da minha trajetória.

À minha supervisora, Mestre Argentina Elias Munguno, expresse a minha profunda gratidão pela sua ética profissional exemplar, pela paciência, pela orientação e pelo apoio incondicional durante todas as etapas deste trabalho.

Às Licenciadas Yolanda, Cármen e Mestre Ana Maria pela assistência e pelo conhecimento transmitido durante a minha passagem pelo Laboratório Nacional de Higiene, Águas e Alimentos (LNHAA).

Aos meus pais, Alberto Nota Comboio e Janett Óscar Mustafa, meu sincero agradecimento pelo apoio incondicional, pelo incentivo constante e pela confiança na minha jornada académica. Sem o amor e suporte de vocês, nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Aida Comboio, Leonardo Comboio, Noémia Comboio, Michella Tomás, Mucaveia Comboio, Merlin Comboio, Emília Antunes, agradeço pelo carinho, pela compreensão e pela constante motivação ao longo de toda a minha caminhada.

Aos meus amigos e colegas das turmas de Química Industrial e Química Ambiental – Roberto Mboane Júnior, Ednilson Marques, Vasco Cumbe, Jossias Cuna, Isac Ubisse, Elton Moiane, Júlio Chivindze, Constantino Alberto, Artur Bila, Hodilia Carolina e Aloisia Mastala- agradeço pelos momentos de companheirismo, pelo aprendizado mútuo e pela amizade construída ao longo desta jornada académica.

Aos meus amigos de caminhada, Teotónio Noronha, Maurício Pinto, Lindsey Machie, Sheron da Ilda, Shelton Jamboce, Edson Domingos, Gabriel Domingos Júnior, Milodia e Marlen Dombo agradeço pelos momentos engraçados e memoráveis, pelas discussões produtivas, pela confiança e cumplicidade que tornaram esta jornada mais leve e enriquecedora.

Aos membros do Clube de Inglês do Cantinho Americano, em especialmente o Elton Tivane, Célia Carol e Juvêncio – agradeço pela empatia, amizade e conhecimento transmitidos.

À Félcia Mucavel pela cumplicidade, companheirismo, compreensão e constante motivação.

Por fim, meu agradecimento a todos que de maneira directa ou indirecta, contribuíram para a realização deste trabalho, seja com palavras de incentivo, apoio moral ou ajuda prática. A todos minha eterna gratidão.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Reinaldo Alberto Comboio, declaro que este trabalho submetido para obtenção de título de licenciado em Química Industrial, foi unicamente elaborado por mim com recurso aos materiais mencionados ao longo do mesmo e nunca foi apresentado em nenhuma outra instituição de ensino para obtenção de um grau académico.

Maputo, Novembro de 2025

O autor

(Reinaldo Alberto Comboio)

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AAFCO: Association of American Feed Control Officials

AAS: Espectroscopia de Absorção Atômica

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC: Association of Official Analytical Chemists International

DRI: Ingestão diária recomendada

EDTA: Ácido etilenodiamino tetra-acético

FAAS: Espectroscopia de Absorção Atômica com Chama

FC: Fotometria de Chama

IC: Intervalo de confiança

ICP-OES: Espectroscopia de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado

LD: Limite de detecção

LQ: Limite de quantificação

MISAU: Ministério da Saúde

OMS: Organização Mundial da Saúde

ONS: Organização Nacional da Saúde

RSD: Desvio padrão relativo

s: Desvio padrão

TL: Limite tolerável

UV-Vis: Ultravioleta – Visível

RESUMO

O presente trabalho teve como objectivo realizar avaliação quantitativa de sódio, magnésio, ferro, potássio, fósforo e cálcio em amostras de mesocarpo de coco maduro e coco verde comercializados na cidade de Maputo.

Foram realizadas análises por UV-Vis de ferro e fósforo, titulação de magnésio e cálcio e fotometria de chama para sódio e potássio.

Foram feitas análises UV-Vis para ferro cujo resultado foi $1,69 \pm 0,41$ mg/100g (coco verde) e $4,25 \pm 0,33$ mg/100g (maduro) e para fósforo os resultados foram de $7,36 \pm 2,89$ mg/100g (coco verde) e $7,37 \pm 2,89$ mg/100g. O coeficiente de correlação da curva do ferro apresenta um valor de 0,9988, limite de detecção de 0,040 mg/100g e limite de quantificação de 0,132 mg/100g. Para fósforo o coeficiente de correlação de 0,9987, limite de detecção de 0,130 mg/100g e limite de quantificação de 0,435 mg/100g

O sódio e o potássio foram analisados por fotometria de chama, sendo que os resultados obtidos para o sódio foram de $0,67 \pm 0,22$ mg/100 g no coco verde e 0,122 mg/100g no coco maduro; e, para o potássio, os valores foram de $7,84 \pm 1,57$ mg/L no coco maduro e $8,57 \pm 1,18$ mg/100 g no coco verde. Para a curva de sódio o coeficiente de correlação foi de 0,9984, limite de detecção de 0,0049mg/100g e limite de quantificação foi 0,0163 mg/100g. Para a curva de potássio o coeficiente de correlação foi de 0,9986, limite de detecção de 0,044 mg/100g e limite de quantificação foi 0,0147 mg/100g.

Da análise, obteve-se uma média de cálcio de $14,51 \pm 6,21$ mg/100 g no coco maduro e $20,00 \pm 2,89$ mg/100 g no coco verde. Relativamente ao magnésio, obteve- e $8,35 \pm 0,49$ mg/100 g no coco verde e $13,882 \pm 3,8$ mg/100 g no coco maduro.

Foi realizado um teste de significância não paramétrico (U de Mann Whitney) para determinar se havia diferença significativa entre as fases. O teste mostrou que existem diferenças significativas nos teores ($U \leq U_{\text{crítico}}$) de Fe, Na e Mg nas duas fases de maturação. Para Ca, K e P o teste mostrou não haver diferença significativa entre as duas fases ($U > U_{\text{crítico}}$).

Os resultados indicam que o mesocarpo por si só não é suficiente para satisfazer as necessidades nutricionais, porém, pode ser combinado com outras fontes para se atingir os valores recomendados

Palavras chave: Mesocarpo de coco, minerais, micronutrientes, deficiência de minerais

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composição interna do coco: Epicarp (Epicarpo), Mesocarp (Mesocarpo), Embryo (Embrião), Central Cavity (Cavidade central) e Solid albumen(Albumen sólido)(Debmandal & Mandal, 2011).....	8
Figura 2. Mesocarpo de coco usado nas análises (Autoria própria ,2024)	9
Figura 3. Mecanismo de espectroscopia UV-Vis	12
Figura 4. Esquema do fotômetro de chama (Dhahir, 2020).....	15
Figura 5. Fluxograma da análise de minerais	22
Figura 6. Amostra antes da carbonização (castanho), amostra depois da carbonização (preto) e amostra incinerada (branco).....	23
Figura 7. Espectrofotômetro UV-Vis usado nas análises.....	25
Figura 8. Fotômetro de chama nas análises	26
Figura 9. Concentrações de cálcio	29
Figura 10. Concentrações de ferro	30
Figura 11. Concentrações de potássio	31
Figura 12. Concentrações de sódio	32
Figura 13. Concentrações de magnésio	33
Figura 14. Concentrações de fósforo	34
Figura 15. Comparação dos resultados de minerais	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Ingestão diária recomendada (DRI) e Limite Tolerável (TL) de minerais segundo o Institute of Medicine (2011)	5
Tabela 2. Classificação taxonômica do <i>Cocos nucifera</i> (Nayar, 2023).....	6
Tabela 3. Composição química e algumas propriedades físicas do mesocarpo do coco. (Beveridge et al., 2022).....	8
Tabela 4. Materiais, equipamentos e reagentes	21
Tabela 5. Condições de análise no espectrofotômetro UV-Vis	26
Tabela 6. Condições de análise no fotômetro de chama	26
Tabela 7. Parâmetros estatísticos.....	28
Tabela 8. Teores de cálcio, média, RSD, IC e desvio padrão.....	29
Tabela 9. Teores de ferro, média, RSD, IC e desvio padrão	30
Tabela 10. Teores de potássio, média, RSD, IC e desvio padrão	31
Tabela 11. Teores de sódio, média, RSD, IC e desvio padrão.....	32
Tabela 12. Teores de magnésio, média, RSD, IC e desvio padrão.....	33
Tabela 13. Teores de fósforo, média, RSD, IC e desvio padrão.....	34
Tabela 14. Quadro resumo e comparativo dos IC dos minerais.....	34
Tabela 15. Resultados do teste de Mann-Whitney (U) aplicado aos teores de minerais no mesocarpo dos cocos verdes (CV) e maduros (CM)	35
Tabela 16. Comparação da média dos resultados com outros autores	36
Tabela 17. Métodos analíticos usados na pesquisa e por outros autores.....	36

Índice

AGRADECIMENTOS	i
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	iii
RESUMO	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABELAS	vi
1. Introdução	1
1.1. Objectivos	2
1.1.1. Objectivo geral.....	2
1.1.2. Objectivos específicos.....	2
1.2. Pergunta de pesquisa	2
1.3. Justificativa do tema	2
1.4. Metodologia	3
2. Revisão bibliográfica	3
2.1. Deficiência de minerais no corpo humano.....	3
2.2. Suplementação alimentar	5
2.3. O coqueiro.....	6
2.3.1. Coco	7
2.3.2. Factores que influenciam na absorção de água e sais minerais pela planta	9
2.3.2.1. Disponibilidade de água e minerais no solo.....	9
2.3.2.2. Temperatura e humidade relativa	9
2.3.2.3. pH do solo	10
2.3.2.4. Saúde e estrutura das raízes	10
2.3.2.5. Mobilidade e estágio de maturação.....	10
2.3.2.6. Diluição de minerais	11
2.4. Métodos de análise.....	11
2.4.1. UV-Vis	11
2.4.1.1. Princípio do método	11
2.4.1.2. Instrumentação	12
2.4.1.3. Interferências.....	13
2.4.1.3.1. Interferências químicas	13
2.4.1.3.2. Interferências espectrais.....	13

2.4.1.3.3. Interferências físicas	13
2.4.1.4. Determinação de ferro.....	14
2.4.1.5. Determinação de fósforo	14
2.4.2. Fotometria de chama.....	15
2.4.2.1. Interferências.....	16
2.4.2.1.1. Interferência por ionização.....	16
2.4.3. Método titulométrico.....	16
2.4.3.1. Determinação de magnésio	16
2.4.3.2. Determinação de cálcio	17
2.4.4. Tratamento estatístico de dados	17
2.4.4.1. Desvio padrão	17
2.4.4.2. Desvio padrão relativo	18
2.4.4.3. Intervalo de Confiança (IC)	18
2.4.4.4. Limite de detecção e limite de quantificação	19
2.4.4.5. Coeficiente de correlação.....	19
2.4.4.6. Testes de significância.....	20
2.4.4.6.1. Teste U de Mann Whitney.....	20
3. Parte experimental	21
3.1. Material, Equipamentos e reagentes	21
3.2. Procedimentos.....	22
3.2.1. Amostragem	22
3.2.2. Preparação dos materiais.....	22
3.2.3. Digestão	23
3.2.3.1. Determinação de ferro.....	23
3.2.3.2. Determinação de fósforo.....	24
3.2.3.3. Determinação de sódio e potássio	25
3.2.4. Determinação por UV-Vis.....	25
3.2.5. Determinação por fotometria de chama	26
3.2.6. Determinação pelo método titulométrico.....	26
3.2.6.1. Determinação do cálcio.....	26
3.2.6.2. Determinação do magnésio.....	27
4. Resultados e discussão	27
4.1. Tratamento estatístico	27
4.2. Determinação de minerais.....	29
4.2.1. Cálcio	29

4.2.2. Ferro.....	30
4.2.3. Potássio.....	31
4.2.4. Sódio.....	32
4.2.5. Magnésio.....	33
4.2.6. Fósforo.....	33
4.2.7. Test de Mann-Whitney U.....	35
5. Conclusões.....	37
6. Recomendações.....	38
Referências.....	39
ANEXOS.....	44
ANEXO A: IMAGENS ILUSTRATIVAS DO PROCEDIMENTO LABORATORIAL.....	44
ANEXO B: FÓRMULAS, CÁLCULOS E DADOS USADOS.....	44
ANEXO C: PREPARAÇÃO DE REAGENTES.....	49

1. Introdução

Minerais são substâncias inorgânicas presentes nos tecidos e fluidos do corpo humano, necessários em pequenas quantidades diárias e que desempenham um papel vital na manutenção da integridade de vários processos fisiológicos e metabólicos tais como regulação, catalisação de mecanismos celulares e moleculares importantes nos tecidos vivos. Eles podem dividir-se em macrominerais (minerais principais) e microminerais (minerais secundários) dependendo da quantidade diária necessária (Vizzotto *et al.*, 2018; Sousa *et al.*, 2019; Borjes, 2007).

Os minerais não são sintetizados pelo organismo humano, por isso são obtidos através da alimentação. Os alimentos podem ser de origem animal e vegetal, sendo este último de mais fácil acesso e extremamente importante para uma dieta variada e balanceada (Sousa *et al.*, 2019; Dos Santos, 2013)

A quantidade de minerais fornecida pelos alimentos nem sempre é suficiente para atender às necessidades de um indivíduo, podendo surgir dessa forma deficiências leves ou graves que podem se manifestar por meio de sintomas evidentes ou de difícil diagnóstico. Nestas situações é possível obtê-los através da suplementação com alimentos de primeira necessidade usando substâncias inorgânicas, por formulações alimentares concebidos para o efeito ou ainda com o uso directo de extractos orgânicos ou infusões como os de casca de coco verde (Sousa *et al.*, 2019).

A utilização dos recursos vegetais por populações locais faz parte de um processo de apropriação da biodiversidade para fins de sobrevivência. Esta articulação com a natureza é fundamental no contexto económico, social e cultural dessas populações muitas vezes constitui a única fonte de recursos para a sua sobrevivência (do Amarante *et al.*, 2011).

Nos últimos tempos deu-se uma maior intensificação nos estudos de minerais, em nações desenvolvidas e em desenvolvimento por acreditar-se que muitos problemas de saúde estão relacionados, ou pelo menos em parte, à insuficiência de minerais (Almeida *et al.*, 2009)

Em Moçambique o extracto de coco tem sido usado de forma tradicional para suplementação para combate da anemia. Segundo Amarante (2011) e Almeida *et al.* (2009) minerais presentes em plantas possuem um papel preventivo no combate a doenças como as cardiovasculares, câncer, diabetes e hipertensão etc (do Amarante *et al.*, 2011).

Uma das críticas à medicina natural e popular é quanto ao uso das plantas medicinais e efeito farmacológico em termos de dosagem, efeitos indesejados, intoxicações, maus resultados, entre

outros efeitos ainda não conhecidos. Assim como as plantas podem fazer o papel de remédios poderosos e eficazes, também é importante ressaltar que níveis elevados desses minerais podem ser perigosos e tóxicos ao organismo devido ao seu uso inadequado (Bertol *et al.*, 2015).

A análise de minerais nas amostras como as das cascas de coco é necessária na medida em que permite verificar se a sua composição está de acordo com os níveis recomendados pela Organização Mundial de Saúde como forma de prevenção à saúde pública. Isso possibilita, directa ou indirectamente o uso adequado dos extractos naturais quer directamente pelo usuário ou pela aplicação da tecnologia adequada à sua transformação em produtos fitoterápicos sendo que localmente tem-se verificado a carência de estudos do género (do Amarante *et al.*, 2011; Sousa *et al.*, 2019).

O presente trabalho tem como objectivo efectuar a análise de minerais em amostras de casca de coco verde e maduro de origem nacional como forma de colmatar a carência desta informação.

1.1. Objectivos

1.1.1. Objectivo geral

- ❖ Avaliar quantitativamente o teor de minerais no mesocarpo de coco verde e maduro.

1.1.2. Objectivos específicos

- ❖ Analisar quantitativamente ferro e fósforo por UV-Vis;
- ❖ Analisar quantitativamente cálcio e magnésio por titulação;
- ❖ Analisar quantitativamente sódio e potássio por fotometria de chama;

1.2. Pergunta de pesquisa

Qual é o conteúdo mineral do mesocarpo do coco?

1.3. Justificativa do tema

A deficiência de minerais essenciais é um problema de saúde pública que afecta principalmente comunidades com acesso limitado a alimentos variados e nutritivos. Minerais como ferro, cálcio por exemplo, são vitais para funções básicas do organismo, e a sua carência está associada a doenças como anemia e osteoporose. Dificuldades socioeconómicas e a baixa disponibilidade de alimentos ricos em micronutrientes agravam esse cenário, tornando urgente a busca por fontes alternativas e acessíveis para suprir essas deficiências (FAO & World Health Organization, 2004).

O extracto do mesocarpo faz parte de uma vasta variedade de resíduos vegetais descartados que poderia ser reaproveitado devido ao seu potencial nutricional. O seu aproveitamento pode

contribuir para a redução das deficiências nutricionais e, ao mesmo tempo, promover práticas de sustentabilidade através da valorização de subprodutos agrícolas (Pilafidis *et al.*, 2022).

Sendo assim viu-se a necessidade de se efectuar uma avaliação do perfil de micronutrientes no mesocarpo de coco verde e maduro de origem moçambicana de modo a realçar o potencial de uso e/ou massificação do mesocarpo como suplemento vegetal no fornecimento de minerais sobretudo de ferro para correcção da anemia ferropriva a baixo custo fazendo o aproveitamento de recursos localmente disponíveis.

1.4. Metodologia

Para a realização do presente trabalho foi feita uma revisão bibliográfica tendo como base artigos científicos, revistas científicas, monografias, teses e outros documentos. A informação relacionada com este assunto em questão é vasta, portanto foi necessário realizar um filtro e limitar as pesquisas para obter resultados com as palavras chave ‘‘minerais no mesocarpo do coco’’, ‘‘farinhas fortificadas com mesocarpo de coco’’, ‘‘ digestão ácida da farinha de mesocarpo de coco’’, ‘‘benefícios do mesocarpo do coco’’, ‘‘coconut mesocarp mineral content’’, ‘‘coconut husk mineral content’’, ‘‘coconut fiber ‘‘micronutrient content’’, etc.

Após a revisão, seguiu-se para a parte experimental que constituiu na aquisição de amostras de cocos verdes e maduros, seguida da extracção e preparação do mesocarpo, análises laboratoriais, análise de dados e elaboração de relatório final de acordo com as normas do regulamento de elaboração dos Trabalhos de Licenciatura em vigor na Faculdade de Ciências, Universidade Eduardo Mondlane.

As actividades laboratoriais decorreram nos laboratórios de química da UEM Departamento de Química, Laboratório Nacional de Higiene, Águas e Alimentos e Laboratório do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Deficiência de minerais no corpo humano

A deficiência de minerais ocorre quando o corpo não recebe a quantidade suficiente de certos minerais essenciais, que são nutrientes fundamentais para diversas funções biológicas. É um problema presente à décadas na região da África subsariana e que demanda várias iniciativas com vista a mitigá-lo (Keller, 2002).

Segundo Gove, (2017) estudos de 2013 feitos pela OMS afirmavam que Moçambique fazia parte dos países da zona subsaariana, onde os problemas de saúde relacionados com a desnutrição atingiram cerca de 30% , na faixa etária menor de cinco anos.

A insegurança alimentar moderada geralmente está associada à incapacidade de comer regularmente dietas saudáveis e nutritivas. A alta prevalência de insegurança alimentar moderada é, portanto, um importante indicador da má qualidade da dieta e de deficiência de micronutrientes. A insegurança alimentar grave está mais fortemente relacionada com a quantidade insuficiente de alimentos e, portanto, fortemente relacionada com a desnutrição ou fome (Roser e Ritchie,2023).

Estudos de 2015 por Roser e Ritchie (2023) mostraram que 42,3 % de crianças abaixo dos cinco anos possuíam altura baixa demais para a idade, 4,4% eram magras demais para a altura que possuíam e 15,6% estavam abaixo do peso (Sanca, 2023).

Os motivos que justificam tais factos são maioritariamente socioeconómicos (nível de educação e falta de dinheiro) relacionados com o contexto do país (Sanca, 2023)

Uma das condições resultantes da baixa ingestão de minerais é a anemia. A anemia, também chamada de anemia ferroptiva surge em decorrência de um baixo consumo de alimentos que contém ferro (Hurrell, 2007).

O ferro é responsável por processos vitais dentre os quais destaca-se o transporte de oxigénio no sangue. O ferro combina-se com a hemoglobina e dessa forma permite a combinação da hemoglobina contendo ferro com moléculas de oxigénio como demonstra a equação



A insuficiência de ferro afecta também o transporte de oxigénio pois devido ao formato que as células tomam que é diferente do normal, o transporte fica comprometido (Grotto, 2010).

Consequentemente, os sintomas incluem: falta de ar, devido ao baixo índice de transporte de oxigénio; fadiga, em virtude da baixa produção de energia celular; dores de cabeça, também por insuficiência de oxigénio; e maior susceptibilidade a doenças, uma vez que, na ausência de ferro, o sistema imunológico fica comprometido (Waldvogel-Abramowski *et al.*, 2014).

Existe também uma dificuldade na ingestão de cálcio como mostra o relatório em da ONS (2020). O cálcio é crucial para a formação da estrutura óssea e dental do organismo, contracção muscular, transmissão de sinais nervosos pelo corpo, coagulação sanguínea e regulação da

função celular. A ausência deste mineral causa problemas como fragilidade da estrutura óssea e dental, problemas de crescimento, dificuldade de coagulação e câibras musculares (Premaor & Brondani, 2016).

O magnésio também é fundamental, está envolvido na produção de energia sob a forma de ATP, ajuda na contração muscular, é crucial na síntese de proteínas e na regulação do sistema nervoso (Premaor & Brondani, 2016).

Minerais como sódio e potássio são fundamentais para o equilíbrio de fluidos no organismo, regulação do pH, contração muscular e transmissão de impulsos nervosos (Mansour *et al.*, 2014). Enquanto que o potássio actua dentro das células, o sódio actua principalmente fora delas e ambos são cruciais para funções neuromusculares e a deficiência deles pode causar problemas musculares e cardíacos (Barbosa, 2021).

A tabela 1 apresenta os valores de Ingestão diária recomendada para cada mineral

Tabela 1. Ingestão diária recomendada (DRI) e Limite Tolerável (TL) de minerais segundo o Institute of Medicine (2011)

Mineral	DRI mg/dia	TL mg/dia
Cálcio	1000	2500
Ferro	8-18	45
Potássio	4700	Não estabelecido
Sódio	1500	2300
Magnésio	310 – 420	350**
Fósforo	700	4000

350 (para suplementos, não para alimentos) **

Os valores representados acima têm-se provado difíceis de alcançar principalmente em países em desenvolvimento como Moçambique, razão pela qual, muitas vezes, se tem optado pela fortificação e suplementação alimentar.

2.2. Suplementação alimentar

Suplementação alimentar corresponde à ingestão de produtos que possuem nutrientes como vitaminas, minerais ou outros grupos bioquímicos. Estes produtos têm o nome de suplementos alimentares, e como o nome sugere, possuem a função de complementar a dieta de um indivíduo (Rautiainen *et al.*, 2016).

Suplementos alimentares podem ser encontrados sob diversas formas, desde comprimidos, líquidos ou pós, desde que tenham um ou mais nutrientes específicos de forma concentrada (ANVISA, 2022).

Os suplementos são úteis em cenários em que haja uma insuficiência na ingestão de nutrientes essenciais, necessidade de melhora de desempenho e rendimento físico ou apenas promoção da saúde em geral (Johnson *et al.*, 2004).

Neste contexto os resíduos vegetais surgem como fontes promissoras para a produção de suplementos alimentares, especialmente por serem abundantes, subutilizados e ricos em compostos bioativos. Diversas partes de frutas, hortaliças e grãos são tradicionalmente descartadas como cascas, sementes e bagaços. O bagaço da uva, casca de banana e folhas de cenoura são exemplos de resíduos vegetais, frequentemente descartados, mas que poderiam ser reaproveitados (de Ávila *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2025; Pereira *et al.*, 2003).

De um modo geral, o uso de resíduos orgânicos como suplementos (tanto para alimentação humana quanto animal, ou até para solos e sistemas industriais) é visto de forma extremamente positiva e estratégica olhando sob ponto de vista de sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica.

No caso de Moçambique, o coco e os seus derivados têm sido usados de diversas formas, desde a sua polpa até aos resíduos do fruto, mas ainda não se conseguiu reaproveitar o resíduo na íntegra.

2.3. O coqueiro

O coqueiro (*C. nucifera* L) é uma planta caracterizada por possuir tronco e folhas longas e fruto de casca dura (Parmar *et al.*, 2020).

É uma planta perene pois, com muita frequência floresce mensalmente, podendo levar até um ano para que o fruto atinja o último estágio da maturação (Jackson *et al.*, 2004).

É típica de regiões com clima tropical húmido, porém devido à sua capacidade de adaptação, consegue crescer em diversos solos de vários habitats (Beveridge *et al.*, 2022).

A tabela 2 mostra a classificação taxonómica do coqueiro:

Tabela 2. Classificação taxonómica do *Cocos nucifera* (Nayar, 2023).

Reino	<i>Plantae</i>
Sub-reino:	<i>Tracheobionta</i>

Super-divisão:	<i>Spermatophyta</i>
Divisão:	<i>Magnoliophyta</i>
Classe:	<i>Liliopsida</i>
Sub-classe:	<i>Arecidae</i>
Ordem:	<i>Arecales</i>
Família:	<i>Areceaceae</i>
Gênero:	<i>Cocos</i>
Espécie:	<i>C. nucifera</i> L

Segundo Parmar *et al.* (2020), é frequentemente apontada como uma das espécies mais versáteis, cada um dos seus constituintes possui grande utilidade para espécie humana, desde raízes, tronco, folhas e fruto.

2.3.1. Coco

O coco possui 3 camadas (figura 1) sendo o epicarpo a primeira delas, a camada mais externa do fruto muitas vezes apresentando uma superfície lisa cuja coloração varia de amarelo, tons esverdeados, castanho a tons alaranjados. Por ser a camada mais externa ela acaba desempenhando a função de primeira linha de defesa para as camadas mais internas, contra danos físicos e patógenos. O epicarpo também é responsável por minimizar as perdas de água do fruto preservando a polpa e a água (Nayar, 2023).

A camada seguinte é o mesocarpo, uma camada intermédia entre o epicarpo e o endocarpo. É constituído principalmente por fibras de celulose, caracterizadas por possuírem uma alta elasticidade e resistência à humidade (tabela 3). Confere, também, uma protecção extra às camadas mais externas, e tem como funções o armazenamento de nutrientes e água. Além disso, auxilia, tal como o epicarpo, na propagação da espécie (Martins & Sanches, 2019). A camada a seguir recebe o nome de endocarpo e é a camada responsável por proteger a polpa e o líquido do coco durante o seu crescimento e desenvolvimento.



Figura 1. Composição interna do coco: Epicarp (Epicarpo), Mesocarp (Mesocarpo), Embryo (Embrião), Central Cavity (Cavidade central) e Solid albumen (Albumen sólido) (Debmandal & Mandal, 2011)

O mesocarpo do coco tem sido um material importante em diversas áreas, devido à sua alta elasticidade, resistência à humidade e às variações climáticas significativas. Desta forma, o mesocarpo revela-se uma boa matéria-prima para: produção de cordas e cordões para indústrias marítimas; produção de esteiras, tapetes, capachos e carpetes, vassouras, escovas, cestos e bolsas. (Beveridge *et al.*, 2022).

A sua aplicabilidade estende-se ainda na área agrícola, sendo usado no emendamento de solos de plantações e jardins para promover a retenção de água e assim melhorar a estrutura do solo. Ele também é usado como substrato agrícola para o cultivo de frutas, legumes e flores fornecendo nutrientes para o desenvolvimento destas (Beveridge *et al.*, 2022).

Tabela 3. Composição química e algumas propriedades físicas do mesocarpo do coco. (Beveridge *et al.*, 2022)

Características do mesocarpo do Coco		
Composições Química e Física	Celulose (%)	35,0 - 45,0
	Lignina (%)	45,0 - 46,0
	Comprimento (mm)	0,3 - 1,0
	Largura (%)	0,10 - 0,45
Propriedades Mecânicas	Resistência à tração (MPa)	106,0 - 70,0
	Módulo de Elasticidade (GPa)	3,0 - 6,0
	Alongamento de Ruptura (%)	15,0 - 47,0



Figura 2. Mesocarpo de coco usado nas análises (Autoria própria ,2024)

Essas utilidades sugerem um potencial significativo de armazenamento de nutrientes, que podem vir a ser usados de diferentes formas, uma delas sendo a suplementação. No entanto existem diversos factores que influenciam na concentração dessas substâncias no fruto.

2.3.2. Factores que influenciam na absorção de água e sais minerais pela planta

2.3.2.1. Disponibilidade de água e minerais no solo

Taiz *et al.* (2017) afirmam que a taxa de absorção da água pelas raízes depende muito da disponibilidade de água no solo em que a planta se encontra. As raízes da planta absorvem menos água quando o solo possui uma baixa humidade. Taiz *et al.* (2017) também explicam que com uma baixa pressão radicular o transporte de água e minerais fica comprometido influenciando na qualidade final dos frutos da planta. A irrigação tem um impacto drástico sobre a produtividade de culturas (Taiz *et al.*, 2017).

Os mesmos argumentos também são válidos para minerais presentes no solo, quanto maior a quantidade disponível no solo maior será a quantidade absorvida, pois estão dissolvidos em água como explica Brady & Weil (2017)

2.3.2.2. Temperatura e humidade relativa

A água move-se de uma região de potencial hídrico maior para outra de potencial hídrico menor, não importando a razão da diferença no potencial hídrico (Evert & Eichhorn, 2014). Esse fenómeno relaciona-se com a temperatura pois, um aumento na temperatura aumenta a taxa de transpiração da planta e por sua vez faz com que mais água e mais minerais sejam absorvidos pelas raízes e transportados pelo xilema, enquanto que baixas temperaturas reduzem

a taxa de transpiração fazendo com que menos água e minerais sejam absorvidos (Evert & Eichhorn, 2014).

Esse fenómeno constatado por Evert & Eichhorn (2014) também é observável na humidade. Quanto maior a humidade menor será a transpiração e menor será a absorção de água e sais minerais. Quanto menor a humidade maior será a transpiração e conseqüentemente maior será a absorção de água e minerais.

2.3.2.3. pH do solo

O pH é um factor fundamental pois ela afecta a solubilidade do mineral na água, a mobilidade do mineral e a absorção pela raiz. Um solo muito ácido faz com que minerais como cálcio e magnésio fiquem menos disponíveis, solos muito básicos fazem com que o ferro e fósforo também fiquem menos disponíveis, comprometendo a absorção pelas raízes. Um solo levemente ácido seria o ideal tornando os minerais disponíveis para absorção (Brady & Weil, 2017).

2.3.2.4. Saúde e estrutura das raízes

Uma planta saudável possui raízes mais aptas para o processo de absorção e transporte de nutrientes. Uma vez doente as suas funções são comprometidas impactando na qualidade final das, folhas, frutos, etc (Marschner, 2012).

No caso em particular do coco, em Moçambique, uma parte considerável dos coqueiros foi (e ainda é) afectada pela síndrome do amarelecimento do coco, uma doença causada por bactérias que bloqueiam o floema da planta fazendo com que nutrientes produzidos nas folhas não cheguem aos frutos e causando um colapso nutricional mesmo na presença de água e minerais no solo (Dollet *et al.*, 2009).

2.3.2.5. Mobilidade e estágio de maturação

A mobilidade está relacionada com a capacidade de um mineral se mover de uma parte para outra dentro da planta. Esse transporte é realizado pelo floema e é comum quando se avança no estágio de maturação ou quando há deficiências na planta (Mauseth, 2003).

Segundo Mauseth (2003), os minerais quanto à mobilidade podem ser classificados como móveis e imóveis. Isso significa que no caso de minerais imóveis, o fornecimento de minerais depende da absorção de água e minerais do solo, que por sua vez depende de todos os factores mencionados anteriormente. Os minerais móveis podem mover-se principalmente das folhas para outros constituintes, e sua mobilidade não depende exclusivamente do xilema (Mauseth, 2003).

O conceito de mobilidade é extremamente importante porque se relaciona com os estágios de maturação da planta. Segundo Marschner (2012), geralmente na fase inicial de desenvolvimento do fruto, existe uma alta demanda de nutrientes e, portanto, espera-se que a concentração seja maior nessa etapa, e geralmente nessa etapa é o xilema que fornece maior quantidade de minerais à planta. Quando a planta atinge estágios avançados de maturação, alguns minerais podem ser remobilizados pelo floema para outras partes da planta. Minerais imóveis são menos mobilizados pelo floema e a consequência é que geralmente a concentração na fase inicial pode não ser diferente das mais avançadas (Mauseth, 2003).

2.3.2.6. Diluição de minerais

Segundo Marschner (2012) quanto maior a concentração de outros compostos orgânicos, maior é a probabilidade de os minerais presentes no fruto serem diluídos. Isso porque esses minerais são diluídos após a planta sintetizar e armazenar grandes quantidades de compostos orgânicos e isso diminui a concentração do mineral.

Alguns minerais são afectados de formas diferentes devido à sua natureza. Minerais como o cálcio, dificilmente movem-se pelo floema, dependendo do xilema para ser acumulado na planta. Em fases mais avançadas os frutos passam a ser alimentados por produtos orgânicos produzidos pelo floema e ao mesmo tempo aumentam de tamanho, fazendo com que a concentração diminua (Marschner, 2012).

Esses factores impactam também na biodisponibilidade desses minerais para os seres humanos, tanto na forma quanto na quantidade, ou seja por vezes até pode existir o mineral, mas numa forma difícil de ser absorvida pelo organismo (Sampaio *et al.*, 2022).

2.4. Métodos de análise

2.4.1. UV-Vis

2.4.1.1. Princípio do método

A análise por UV-Vis é uma técnica utilizada para quantificar a absorção de luz por uma amostra em diferentes comprimentos de onda na faixa ultravioleta e da luz visível. Quando a luz UV ou visível de comprimento de onda específico incide sobre uma amostra, ela absorve essa luz promovendo os electrões a estados de energia mais altos (Perkampus, 1992). A quantidade de luz absorvida depende da concentração da substância na amostra e da estrutura química das moléculas a qual é dada pela seguinte equação:

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot C \quad \text{(Equação 2)}$$

onde:

A: é a absorvância

ϵ : é a absortividade molar ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)

b: é a largura da célula da amostra (cm)

C: é a concentração da solução

2.4.1.2. Instrumentação

O espectrofotômetro de UV é responsável por fazer a análise, ele é constituído por:

- **Fonte de luz (1):** Componente responsável pela emissão da radiação UV e visível.

A fonte de luz depende do intervalo de comprimento de onda pretendido podendo ser apenas de deutério para faixa ultravioleta (190-400nm), de tungsténio para faixa de luz visível (400-800nm) ou uma combinação das duas (Dhahir, 2020).

- **Monocromador (2):** Responsável por seleccionar o comprimento de onda específico. Formado por uma rede de difracção responsável por dispersar a luz em diferentes comprimentos de onda o que permite que a luz seja filtrada e direccionada para a amostra de forma controlada. Também possui fendas capazes de definir a resolução espectral controlando a largura da faixa de comprimento de onda (Dhahir, 2020).
- **Célula de amostra (3):** um recipiente (cuveta) geralmente feito de quartzo para a faixa UV (190-400 nm) ou vidro para faixa visível (400-800 nm), que contém a amostra a ser analisada (Dhahir, 2020).
- **Detector (4):** Mede a intensidade da luz transmitida após passar pela amostra (Dhahir, 2020).
- **Software (5):** Processa os dados e gera gráficos de absorção versus comprimento de onda (Dhahir, 2020).

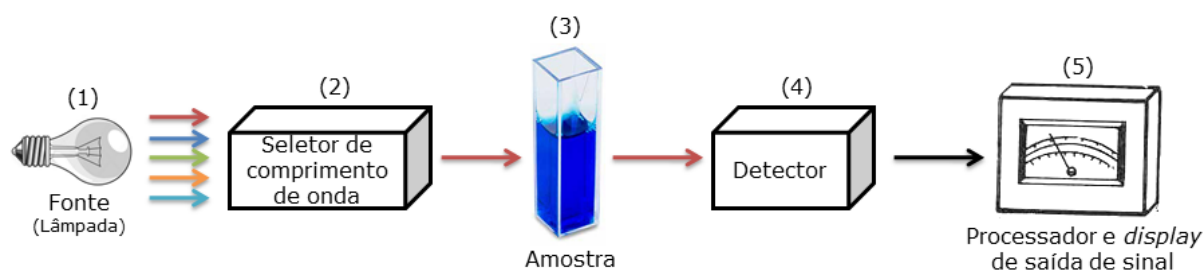


Figura 3. Mecanismo de espectroscopia UV-Vis

É um método rápido, simples e não destrutivo, e com boa sensibilidade e precisão em concentrações baixas (Dhahir, 2020).

Os pontos negativos vão pelo facto do método não ser aplicável para substâncias que não absorvem UV ou luz visível, sensibilidade a interferentes que podem absorver na mesma faixa de comprimento de onda (Dhahir, 2020).

2.4.1.3. Interferências

2.4.1.3.1. Interferências químicas

As interferências químicas ocorrem muitas vezes quando há interacção entre o anólito e outros compostos presentes na amostra que podem alterar a absorção. Iões cálcio, magnésio podem formar complexos insolúveis que dificultam a leitura de ferro na amostra, iões níquel e cobre podem formar complexos coloridos e levando a uma supervalorização de valores de absorvância na amostra (Skoog *et al.*, 2016).

2.4.1.3.2. Interferências espectrais

As interferências espectrais são caracterizadas por uma sobreposição (seja parcial ou directa) do anólito de interesse por um elemento interferente. Além disso, o sinal de fundo para determinação de um sinal de analito pode sofrer interferência. Essas interferências podem levar à supressão ou aumento do sinal e, portanto, a resultados falsos negativos ou positivos que, em última análise, degradam a exactidão e a precisão do método (Skoog *et al.*, 2016)

O níquel, cobalto, cobre, manganês e outros absorvem todos numa faixa similar de 520 a 600nm o que aumenta a probabilidade de erro na análise de determinado elemento dentro desse comprimento de onda (Skoog *et al.*, 2016).

2.4.1.3.3. Interferências físicas

As interferências físicas são caracterizadas como uma diferença entre as amostras e os padrões de calibração que afectam o transporte ou a nebulização da amostra. Essas diferenças podem estar na viscosidade, na densidade ou na matriz (da própria amostra ou do procedimento de digestão/preservação) (Skoog *et al.*, 2016).

Segundo Skoog *et al.* (2016) casos específicos de interferências físicas incluem:

- Soluções contendo altas concentrações de sais para além do anólito, podem conter partículas capazes de capturar o anólito e levam tempo para se decompor, interferindo na vaporização e causando interferência;
- Metais em soluções aquosas invariavelmente dão leituras de absorvância baixas em comparação à esses mesmos metais com a mesma concentração em solventes orgânicos. Isso acontece devido a uma particularidade que existe em solventes orgânicos. O solvente pode interferir no processo de atomização. Se o solvente for um solvente orgânico, como

cetona, álcool, éter ou um hidrocarboneto, o solvente pode não só evaporar muito rápido, mas também pode queimar, aumentando a temperatura da chama. O processo de atomização é mais eficiente em chamas quentes. Assim mais átomos livres são produzidos e o sinal de absorvância registrado nas soluções orgânicas será maior que nas soluções aquosas mesmo que a concentração do metal nas duas soluções seja igual;

- Soluções ácidas muito concentradas causam um aumento na viscosidade e, portanto, diminuem a absorvância da amostra.

2.4.1.4. Determinação de ferro

A determinação de ferro num espectrofotómetro UV-Vis é antecedida de um procedimento analítico que consiste num conjunto de etapas com objectivo de se formar um complexo colorido.

Segundo a AOAC (1980) o ferro é comumente encontrado no estado de oxidação +3 e o procedimento em questão exige que o ferro esteja no estado de oxidação +2. Para que isso aconteça, um agente redutor como o ácido ascórbico é inserido, alterando o estado de oxidação de +3 para +2, como mostra a equação:



Depois de convertido para o estado de oxidação +2 o ferro pode ser colocado para reagir com α, α -dipiridilo formando um complexo vermelho rosado como mostra a equação 3.2



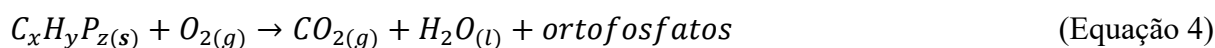
Segundo a AOAC (1980) é necessário adicionar ácidos fortes para estabilização do meio, geralmente H_2SO_4 e HCl . A solução é então lida a 515 nm.

O complexo gerado é altamente estável permitindo medição precisa em baixas concentrações com alta sensibilidade, é simples, rápido e específico para ferro. O método porém requer controle de pH, da exposição de luz e da interferência de outros iões como cobre, níquel e cobalto (AOAC, 1980).

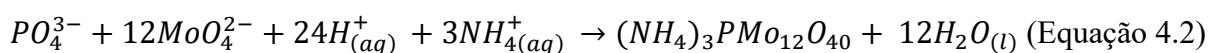
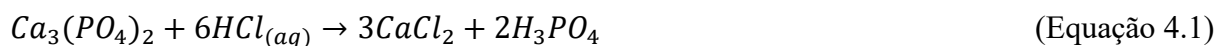
2.4.1.5. Determinação de fósforo

A análise de fósforo também requer uma série de etapas que seguem o procedimento analítico proposto pela AOAC (1980) e que tem como objectivo a formação de complexo colorido.

A amostra é primeiramente calcinada convertendo os compostos orgânicos de fósforo em ortofosfatos inorgânicos de acordo com a equação 4:



Após calcinação ocorre a dissolução de compostos inorgânicos obtidos com recurso a ácidos fortes como HCl ou HNO₃. Depois de se solubilizar a mistura, adiciona-se solução de molibdato de amónio em meio ácido para formar um complexo amarelo.



2.4.2. Fotometria de chama

A fotometria de chama para determinação de metais como sódio e potássio tem como princípio, a emissão da luz quando os átomos são excitados por uma fonte de calor. De forma simples, a amostra a ser analisada é dissolvida em uma solução ácida e exposta a uma chama que geralmente é uma chama de gás natural ou acetileno, onde são vaporizados e ionizados. Ao serem aquecidos na chama, os electrões dos átomos dos metais são excitados para níveis de energia mais altos, e quando esses electrões voltam ao seu estado fundamental libertam energia na forma de luz (Skoog *et al.*, 2014).

Cada elemento possui e emite luz com um comprimento de onda característico e específico, que permite a sua identificação e quantificação. Essa luz é capturada por um fotodetector que converte a intensidade da luz em sinal eléctrico. Essa intensidade da luz emitida é também directamente proporcional à concentração do elemento na amostra.(Skoog *et al.*, 2014).

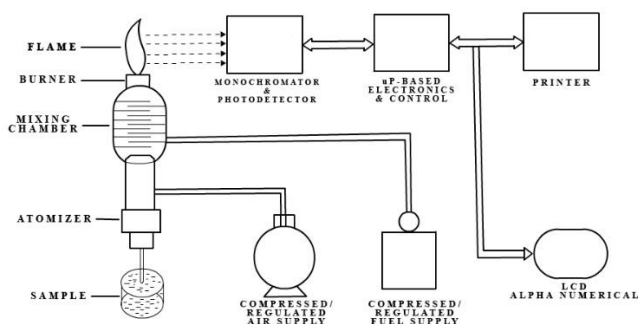


Figura 4. Esquema do fotómetro de chama (Dhahir, 2020)

Possui pontos positivos como alta especificidade para metais alcalinos e alcalinos terrosos, boa sensibilidade, rapidez e simplicidade.

Os pontos negativos referem-se às interferências causadas por elementos com características próximas, à não aplicabilidade para outros elementos que não sejam dos grupos 1A e 2A, e ao

facto de apenas mostrar a concentração total do elemento, desconsiderando a sua forma química (Skoog *et al.*, 2014).

2.4.2.1. Interferências

2.4.2.1.1. Interferência por ionização

Geralmente encontramos como interferências típicas deste método a formação de compostos refractários (que reduzem a disponibilidade do anólito para excitação) e a competição entre iões interferentes pela energia da chama o que pode alterar a emissão do anólito.

Segundo Skoog *et al.* (2014), para solucionar este tipo de interferência podemos:

- Adicionar um excesso de um elemento mais facilmente ionizável como potássio, rubídio e céσιο que funcionam como supressores de ionização.
- Diminuir a temperatura da célula. Geralmente uma chama a baixas temperaturas de propano é usada.

2.4.3. Método titulométrico

2.4.3.1. Determinação de magnésio

Segundo a Truman State University (2008), uma forma de determinar o magnésio é por titulação complexo métrica, usando-se o EDTA num ambiente básico. O EDTA é um ligante que se liga a um ião metálico em seis posições

De coordenação. Ao ligar-se aos iões Mg^{2+} , ele forma um complexo estável, assim como mostra a equação



Nesta reacção é fundamental o controle do pH através do uso de um tampão como o cloreto de amónio. Se o meio tiver um pH ácido o EDTA terá menos lugares disponíveis para coordenação e a reacção não irá se concretizar, porém um pH muito alto aumenta as chances de precipitação do magnésio como hidróxido. Um pH próximo de 10 reduz a probabilidade de tais inconvenientes (Truman State University, 2008)

É também utilizado o negro de eriocromo como indicador. No ponto final a solução muda de cor de vinho para azul, quando todos os iões magnésio tiverem sido complexados (Truman State University, 2008)

2.4.3.2. Determinação de cálcio

A determinação de cálcio proposta é uma combinação entre gravimetria e titulometria. O princípio envolve a formação de um precipitado insolúvel de oxalato de cálcio (CaC_2O_4), que pode ser isolado, convertido em uma forma mais estável (CaCO_3 ou CaO), e então pesado.

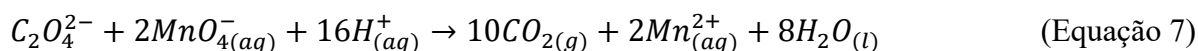
O método segue as seguintes etapas:

1. Precipitação do oxalato de cálcio: O íon cálcio (Ca^{2+}) presente na amostra é precipitado na forma de oxalato de cálcio (CaC_2O_4) ao adicionar uma solução de oxalato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ em meio ácido como demonstra a equação:



2. Conversão do oxalato de cálcio: após a precipitação e filtração, o oxalato de cálcio é convertido em uma forma mais estável.

O oxalato é dissolvido em ácido sulfúrico formando íões de cálcio e oxalato que posteriormente serão titulados com solução de permanganato de potássio:



É crucial realizar a etapa de precipitação em meio ácido pois segundo a AOAC (1980) isso irá evitar a precipitação de íões como carbonatos e fosfatos.

O método que apresenta vantagens como alta especificidade para o íon cálcio e uma alta precisão. Os pontos negativos vão para o tempo de execução do procedimento que pode levar até um dia e a sensibilidade a interferências, razões pelas quais factores como pH devem ser rigorosamente monitorados (AOAC, 1980).

2.4.4. Tratamento estatístico de dados

Nesta etapa são aplicados métodos e técnicas para organizar, analisar e interpretar dados numéricos obtidos na análise. Para o presente trabalho determinou-se o desvio padrão, RSD, intervalo de confiança, limite de detecção, limite de quantificação, e teste U de Mann Whitney.

2.4.4.1. Desvio padrão

Desvio padrão é um parâmetro que quantifica a variação ou dispersão em um conjunto de pontos de dados. Ele informa o quão próximos ou distantes os valores se encontram da média. Quanto menor o desvio padrão mais próximo da média estarão os valores (S. S. Nielsen, 2010).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (\text{Equação 8})$$

onde:

\bar{x} - Média de x;

x_i - valor individual de x;

n – Tamanho da amostra;

Quanto mais próximo de 0 for o valor do desvio padrão maior a consistência do conjunto de valores, e quanto mais distante de 0, maior a dispersão do conjunto de dados.

2.4.4.2. Desvio padrão relativo

O desvio padrão relativo é dado pela razão entre o desvio padrão e a média e foi usado no presente trabalho para exprimir a dispersão dos dados em relação à média (S. S. Nielsen, 2010).

Foi usado para medir a precisão do método e dizer o quão precisas foram as medições.

$$RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad (\text{Equação 9})$$

onde:

\bar{X} - Média de x;

RSD – desvio padrão relativo;

s- Desvio padrão.

2.4.4.3. Intervalo de Confiança (IC)

Segundo Perez (2010) o intervalo de confiança é um intervalo de valores calculado com base nos dados de uma amostra que estima, com um determinado nível de confiança, o valor real de um parâmetro populacional. Esse intervalo expressa a incerteza associada à estimativa e é amplamente utilizado em estatística para proporcionar uma interpretação mais confiável dos dados (Perez, 2010).

$$IC = \bar{x} \pm t_{\alpha/2, n-1} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 10})$$

onde:

\bar{x} = média amostral

s = desvio padrão amostral

n = tamanho da amostra

$t_{\alpha/2, n-1}$ = valor da distribuição t de Student com n-1 graus de liberdade

2.4.4.4. Limite de detecção e limite de quantificação

O limite de detecção é o menor valor da concentração de um anólito que pode ser detectado, mas não necessariamente quantificado com exactidão e precisão; ela indica a menor quantidade de uma substância que pode ser percebida em uma amostra (S. S. Nielsen, 2010)

O limite de quantificação é definido como a menor concentração de um anólito que pode ser quantificada com precisão e exactidão aceitável. Diferente do LD, o LQ garante que a concentração medida é confiável para fins quantitativos (Perez, 2010).

No presente trabalho, foram determinados o LD e o LQ para os métodos instrumentais, ambos os parâmetros são estatisticamente baseados na relação entre o sinal do analito e o ruído de fundo, algo que é facilmente mensurável em métodos instrumentais devido à presença de detectores electrónicos.

$$LD = \frac{3,33 \times s}{b} \quad (\text{Equação 11})$$

$$LQ = \frac{10 \times s}{b} \quad (\text{Equação 12})$$

onde:

\bar{X} - Média da concentração dos brancos;

S = desvio padrão da resposta do branco

b = inclinação da curva de calibração

2.4.4.5. Coeficiente de correlação

Através dos pontos da calibração, obtém-se uma linha recta ou curva que pode ser usada para determinar o teor do anólito numa solução desconhecida por interpolação (ou extrapolação) (Kin, 1996).

Segundo Kin (1996), a regressão é frequentemente vista como um método que “traça a melhor recta através de um conjunto de pontos.

Para testar a linearidade do gráfico, usa-se frequentemente o coeficiente de correlação r

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n y_i(x_i - \bar{X})}{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]^{\frac{1}{2}}} = \pm \sqrt{R^2} \quad (\text{Equação 13})$$

onde:

\bar{y} – Resultado médio de y;

y_i - resultado individual de y;

R^2 - coeficiente de determinação

2.4.4.6. Testes de significância

Os testes de significância são métodos usados para verificar se os resultados obtidos de uma análise são confiáveis ou se são apenas frutos do acaso, segundo Kin (1996) são muito usados na interpretação de resultados experimentais e na avaliação de dados analíticos. Existem algumas formas de se realizar o teste de significância como o teste T Student ou o teste U de Mann Whitney.

Segundo Corder & Foreman (2014) muitas vezes para saber qual teste usar é necessário verificar sobre a distribuição dos valores, se seguem ou não uma distribuição normal. Porém em de amostras independentes, e com um volume de amostras pequeno como no trabalho em questão ($n=3$) o teste de normalidade não providenciaria resultados robustos. Sendo assim opta-se pelo teste U de Mann Whitney (Corder & Former, 2014).

2.4.4.6.1. Teste U de Mann Whitney

É um teste pertencente ao grupo de testes não paramétricos ou livres de distribuição. É usado para comparar conjunto de dados que não seguem distribuição normal ou quando se tem um tamanho de amostra menor que 30 (Kvam & Vidakovic, 2007). É baseado na ordenação dos valores, e não nas médias, o que torna mais robusto em situações com dados assimétricos ou com outliers (Corder & Foreman, 2014).

$$U1 = n_1 n_1 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \quad (\text{Equação 14})$$

$$U2 = n_1 n_1 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2 \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

R_1 = soma dos ranks do grupo 1

R_2 = soma dos ranks do grupo 2

n_1 = tamanho da amostra do grupo 1

n_2 = tamanho da amostra do grupo 2

Para casos de amostras pequenas, pode-se avaliar comparando o valor de U com o U crítico. Se o valor de U for menor ou igual a $U_{\text{crítico}}$ ($U \leq U_{\text{crítico}}$) rejeita-se a hipótese nula (H_0). Isso significa que há uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos (Corder & Foreman)

Se o valor de U for maior que o $U_{\text{crítico}}$ ($U > U_{\text{crítico}}$) não rejeita-se a hipótese nula (H_0). Isso significa que não há evidências suficientes para concluir que não há diferença significativa (Corder & Foreman).

3. Parte experimental

3.1. Material, Equipamentos e reagentes

Os materiais, equipamentos e reagentes encontram-se listados na tabela 4.

Tabela 4. Materiais, equipamentos e reagentes

Materiais e equipamentos	Reagentes	
Papel de filtro Whatman 185mm	Água bidestilada	Solução de $\alpha\alpha$ -dipiridilo 0,2%
Bequeres PYREX	Solução de $KMnO_4$ 0,01N	Solução de EDTA
Erlenmeyers 250 mL NORMAX	Negro de eriocromo	Solução de $Na_2C_2O_4$ 0,01 N
Provetas NORMAX	Cristais de $C_6H_8O_6$	Solução saturada de $(NH_4)_2C_2O_4$
Balões volumétricos 25, 50, 100, 250, 500 mL NORMAX $\pm 0,1$	Solução de vermelho de metilo 0,05%	Solução padrão multielementar ppm (Na,K,Li,Ca) Digimed
Buretas 25 e 50 mL NORMAX $\pm 0,1$	Solução de HCl 37% (v/v) (Rochelle Chemicals)	Solução de NH_4OH 30% (m/m) (Fisher Scientific)
Espectrofotômetro UV-Vis SHIMADZU 1900	Solução de HNO_3 30 % (v/v) (Rochelle Chemicals)	Solução de H_2SO_4 98 % (m/m) (Glass World, África do Sul)
Balança analítica $\pm 0,0001$ SHIMADZU AUX320	Solução de CH_3COOH 99% (m/m) (Glass World)	Alúmen de ferro $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ Sólido 98% (m/m)
Manta de aquecimento	Solução padrão de fósforo	
Fotômetro de chama Digimed DM-63		
Estufa Grieve LO-201C		
Suporte universal		
Centrifugadora		
Crivo		

3.2. Procedimentos

3.2.1. Amostragem

As amostras de coco verde e maduro foram colhidas no mercado do Xipamanine e na baixa da cidade de Maputo, regiões conhecidas por serem pontos de comercialização de diversos produtos dentre eles frutas como o coco. Os pontos foram escolhidos por representarem fontes comuns de consumo para a população local e por garantirem uma variabilidade das amostras, visto que os cocos são frequentemente adquiridos de diferentes fornecedores, porém todos provenientes do distrito de Maxixe. As colheitas foram realizadas no período da tarde, entre 15 e 16 horas nos dias 20 e 21 de Março de 2024 onde foram seleccionados cocos verdes e maduros de tamanhos variados, buscando representar a diversidade normalmente encontrada no comércio. As amostras de mesocarpo foram codificadas para facilitar a organização e a análise dos dados. As amostras provenientes de coco maduro foram identificadas com a sigla CM, numeradas de 1 a 3 (CM1, CM2 e CM3), enquanto as amostras de coco verde foram identificadas com a sigla CV, numeradas de 1 a 3 (CV1, CV2 e CV3).

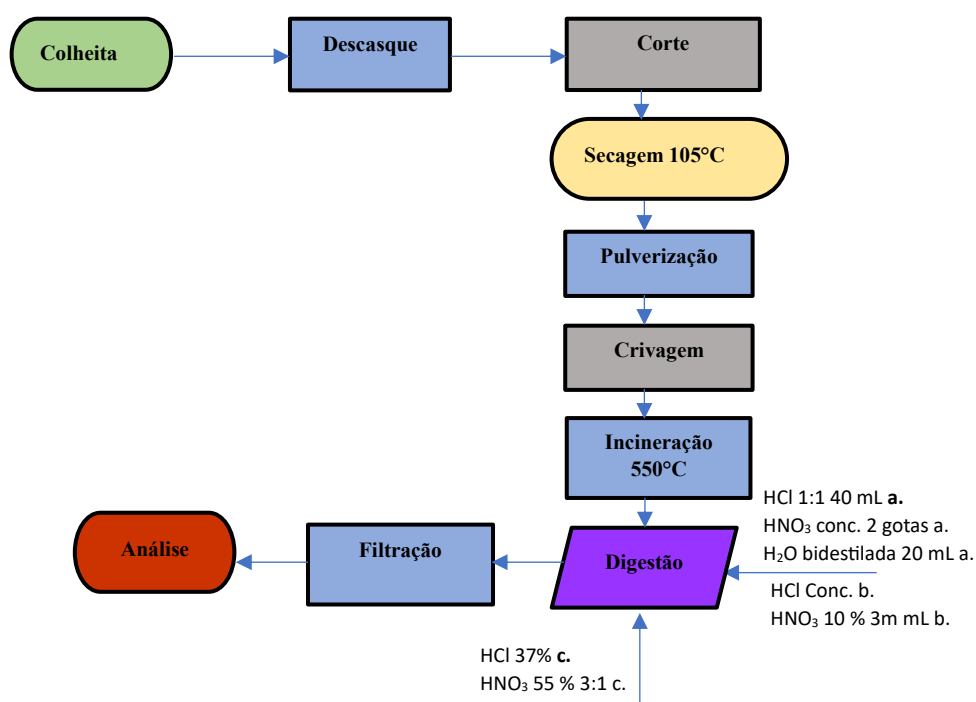


Figura 5. Fluxograma da análise de minerais

3.2.2. Preparação dos materiais

À lavagem de materiais seguiu-se os procedimentos descritos por Negrão *et al.* (2007). Os materiais usados foram lavados com água corrente e detergente, de seguida foram imersos em solução HNO₃ 10% (v/v) durante 48 horas. Passadas 48 horas foram enxaguados com água bidestilada e secados em uma estufa a 80°C por 1 h (Negrão *et al.*, 2007)

3.2.3. Digestão

Pesou-se com exactidão para uma cápsula de porcelana cerca de 6 g de amostra. Carbonizou-se numa manta de aquecimento (figura 6) e incinerou-se na mufla a cerca de 550 °C por aproximadamente 48 horas. Após retirado o cadinho da mufla, deixou-se arrefecer até a temperatura ambiente (AOAC, 1980)

NOTA: Este procedimento serviu para a determinação de ferro, cálcio, magnésio, sódio e potássio. Para o fósforo pesaram-se 3 g.



Figura 6. Amostra antes da carbonização (castanho), amostra depois da carbonização (preto) e amostra incinerada (branco)

3.2.3.1. Determinação de ferro

A determinação de ferro seguiu o proposto pela AOAC (1980). Após obtenção das cinzas, foram realizadas lavagens com 40 mL de solução de ácido clorídrico diluído 1:1, duas lavagens com 20 mL de água bidestilada e 2 gotas de ácido nítrico concentrado, transferindo todo o conteúdo para um copo de precipitação de 200 mL. Homogeneizou-se e deixou-se aquecendo-se por cerca de 30 minutos em uma manta eléctrica. Deixou-se arrefecer a mistura e de seguida filtrou-se para um balão de 100 mL. Perfez-se o volume com água bidestilada.

Para um balão volumétrico de 25 mL, pipetar 5 mL da solução conforme o tratamento e juntaram-se alguns cristais de ácido ascórbico, dissolveu-se e perfez-se o volume. Fez-se a leitura da amostra a 515 nm e determinou-se a concentração de ferro por extrapolação na curva de calibração.

Preparação da curva padrão do ferro

Foram dissolvidos cerca de 0,4 g de alúmen de ferro puro em aproximadamente 10 mL de solução concentrada de H₂SO₄, adicionados 10 mL de solução de ácido clorídrico 6 N, homogeneizados

e aquecidos numa manta de aquecimento para remoção dos ácidos voláteis. De seguida a solução foi transferida para um balão de 2 L e feito o volume com água bidestilada.

Diluíram-se 5 mL para 100 mL com água bidestilada num balão volumétrico.

De seguida foram pipetados para balões de 25 mL: 1, 2, 3, 4 e 5 mL de uma solução stock de 250 mg/L, adicionados alguns cristais de ácido ascórbico homogeneizados. De seguida adicionaram-se 5 mL da solução tampão, 1 mL de α , α -dipiridilo e completou-se o volume com água bidestilada obtendo-se assim soluções com concentrações de 10, 20, 30, 40 e 50 mg/L. Agitou-se e deixou-se em repouso por meia hora à temperatura ambiente.

Foram lidas as absorvâncias destas soluções a 515 nm e construiu-se a curva de calibração para determinação da concentração de ferro na amostra.

3.2.3.2. Determinação de fósforo

A determinação de fósforo também seguiu o procedimento padrão proposto pela AOAC (1980). As cinzas obtidas foram dissolvidas com solução concentrada de HCl. De seguida deixou-se evaporar o ácido até à secura em banho-maria num nicho extractor.

O resíduo foi de seguida dissolvido em 3 mL de ácido nítrico a 10% e fervido em banho-maria durante 5 minutos num nicho extractor levando-se em consideração que o resíduo não devia ferver até à secura para evitar hidrólise dos ortofosfatos que produziriam reacções coradas.

A mistura foi filtrada para um balão aferido de 250 mL tendo-se lavado a cápsula e filtro com água bidestilada recolhendo as águas de lavagem para o mesmo balão e completado o volume com água bidestilada.

Foram tomados 10 mL para um balão aferido e diluídos a 250 mL com água bidestilada (solução final)

Foram de seguida introduzidos em um tubo de ensaio 10 mL da solução final e adicionados 10 mL de solução de nitromolibdato. Agitou-se e deixou-se em repouso durante 10 minutos para desenvolver a cor.

Preparação da curva padrão de fósforo

Pipetou-se de uma solução stock de fósforo 1000 mg/L, 500 mL para um balão de 1 litro e fez-se o volume.

Da solução formada pipetaram-se os volumes de 10, 20, 30, 40 e 50 mL para formar soluções de 50, 100, 150, 200 e 250 mg/L em balões volumétricos de 100 mL. Foi adicionado a cada balão 10 mL de nitromolibdato e perpez-se o volume com água.

3.2.3.3. Determinação de sódio e potássio

Após obtenção das cinzas, adicionou-se a cada cadinho aproximadamente 10 mL de solução HNO₃ a 55% na proporção 3:1, aqueceu-se numa placa de aquecimento e retirou-se a mistura da placa para **arrefecimento**.

De seguida adicionou-se cerca de 2,5 mL de HCl 37% para dissolver o resíduo remanescente e aqueceu-se até à fervura.

De seguida foram adicionados 2 mL de HNO₃ a 55% e transferida para um balão volumétrico de 100mL, no final perpez-se o volume com água bidestilada.

Preparação para curva de sódio

Tomaram-se soluções de 5, 10, 15, 20 mL de solução stock de 100 mg/L para balões de 100 mL e perpez-se com água. As soluções correspondiam a 5, 10, 15 e 20 mg/L.

Para cada solução foi adicionado 1mL de solução de LiCl 1%.

Preparação para curva de potássio

Tomaram-se soluções de 10, 20, 30, 40 e 50 mL de solução stock de 100 mg/L para balões de 100 mL e perpez-se com água. As soluções correspondiam a 10, 20, 30, 40 e 50 mg/L.

3.2.4. Determinação por UV-Vis

O espectrofotómetro UV-Vis foi usado para fazer leituras de ferro e de fósforo. Após procedimentos descritos anteriormente, as soluções foram encaminhadas para leitura no espectrofotómetro UV-Vis e foram analisadas segundo as condições da tabela 5.



Figura 7. Espectrofotómetro UV-Vis usado nas análises

Tabela 5. Condições de análise no espectrofotômetro UV-Vis

Parâmetro	Fe	P
Fonte de luz	Lâmpada de Deutério	Lâmpada de Deutério
Detector	Fotodíodo de silício	Fotodíodo de silício
Comprimento de onda	515 nm	725 nm
Precisão de absorvância	$\pm 0,002 A$	$\pm 0,002 A$
Resolução de comprimento de onda	2 nm	2 nm
Largura da fenda	1,0 mm	1,0 mm

3.2.5. Determinação por fotometria de chama

Após procedimentos descritos anteriormente, as soluções foram encaminhadas para leitura no fotômetro de chama (figura 8), apresentando as configurações apresentadas na tabela 6:

**Figura 8.** Fotômetro de chama nas análises**Tabela 6.** Condições de análise no fotômetro de chama

Parâmetro	Na	K
Comprimento de onda	589 nm	766,5 nm
Altura do queimador	10 cm	10 cm
Largura da fenda	1 mm	1 mm
Ângulo do queimador	7	7

3.2.6. Determinação pelo método titulométrico

Recorreu-se ao método titulométrico para determinação de cálcio e magnésio na amostra.

3.2.6.1. Determinação do cálcio

Após obtenção das cinzas com recurso ao método descrito em 3.2.3 pipetou-se 1 mL da solução saturada de oxalato de amônio para o tubo centrifugador. Juntou-se 1 mL de ácido sulfúrico, misturou-se por rotação e deixou-se aquecer a 80 – 90 °C em banho-maria.

Titulou-se com a solução de permanganato de potássio até à obtenção de uma cor rosa pálida.

De seguida pipetaram-se 2 mL de solução saturada de oxalato de amónio e juntaram-se 2 gotas de vermelho de metilo. Adicionou-se 1 mL de filtrado de cada uma das amostras e juntaram-se 2 mL do ácido sulfúrico e de seguida homogeneizou-se.

De seguida juntou-se hidróxido de amónio concentrado até a reacção se tornar ligeiramente alcalina e 3 gotas de ácido acético até atingir-se a cor rosa pálida. Deixou-se repousar até ao dia seguinte, e centrifugou-se por 15 minutos.

Decantou-se o sobrenadante, e dispersou-se o precipitado por agitação, lavando com 3 mL de hidróxido de amónio e centrifugando por 10 minutos. Repetiu-se duas vezes a lavagem, seguida de centrifugação por 10 a 15 minutos respectivamente, removendo o líquido sobrenadante e dissolvendo-se o precipitado com 2 mL de ácido sulfúrico.

Aqueceram-se todos os tubos em banho maria a 80-90 °C e titulou-se com solução de permanganato de potássio.

3.2.6.2. Determinação do magnésio

As cinzas foram dissolvidas em 25 mL de solução de HCl 0,1 M para dissolver todos os minerais presentes. De seguida filtrou-se a solução para um balão volumétrico de 100 mL e o completou-se o volume com água bidestilada.

De seguida tomaram-se 25 mL da solução do balão volumétrico para um erlenmeyer limpo e seco destinado a titulação.

De seguida foram adicionados 5 mL de tampão de amónio até que o pH chegasse a 10 que corresponde ao meio ideal para que ocorra reacção entre os iões magnésio e o EDTA.

De seguida introduziram-se cerca de 3 gotas de negro de eriocromo que conferiu cor de vinho à solução.

A solução foi de seguida titulada com solução de EDTA 0,001 M até que mudasse para cor azul indicando o ponto final de titulação.

4. Resultados e discussão

4.1. Tratamento estatístico

A tabela 7 mostra a equação da recta, coeficiente de correlação, limite de detecção e limite de quantificação das análises instrumentais feitas.

Tabela 7. Parâmetros estatísticos

Mineral	Equação	R ²	LD (mg100g ⁻¹)	LQ (mg100g ⁻¹)
Na	$y = 6.14x + 9.04$	0.9984	0,0049	0,0163
K	$y = 6.7906x + 0.2524$	0.9985	0,044	0,0147
P	$y = 0.0023x + 0.008$	0.9987	0,130	0,435
Fe	$y = 0.0197x + 0.0028$	0.9988	0,040	0,132

Comparando os teores de minerais na tabela 7 e tabelas 8 a 13 verifica-se que os mesmos são substancialmente maiores que os limites de detecção e de quantificação apresentados na tabela 7, um indicativo de que a técnica de medição é sensível e capaz de detectar e quantificar concentrações de ferro e de outros minerais nas amostras em análise. Segundo Skoog *et al.* (2008) quando os limites de detecção e de quantificação são substancialmente menores que as leituras feitas, isso quer dizer que tanto a quantificação quanto a detecção dos anólitos são confiáveis.

Os coeficientes de correlação de cada curva mostram que as variáveis analisadas possuem uma relação linear significativa. Nielsen (2010) explica que quanto mais próximo de 1 for o coeficiente de correlação mais forte e positiva é a relação de linearidade, ou seja existe uma alta confiabilidade, pouco erro e uma boa calibração (S. S. Nielsen, 2010).

Os resultados apresentados na tabela 15 mostram que os teores de Fe, Na e Mg diferiram significativamente entre os cocos verdes (CV) e maduros (CM). Por outro lado, os teores de cálcio (Ca), potássio (K) e fósforo (P) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois estágios. Esses resultados sugerem que existe uma influência na concentração de alguns minerais em diferentes fases de maturação.

Dentro do conjunto de minerais analisados, os resultados (tabela 14) mostram que o cálcio é o mais predominante e o sódio como menos predominante. O teor de cálcio na amostra verde foi relativamente maior que no maduro e o mesmo acontece no potássio. O ferro, sódio e magnésio foram mais abundantes na fase madura. O fósforo não mostrou ter diferença entre as fases.

Apesar de se terem obtido resultados satisfatórios de LD e LQ, a sensibilidade da maior parte dos métodos utilizados é inferior quando comparada aos métodos de AAS/FAA e ICP-OES (utilizados por outros autores e apresentados na tabela 16), cujos limites de detecção típicos estão na ordem dos $\mu\text{g/L}$ (Skoog *et al.*, 2016).

Segundo Christian (2004), enquanto que o UV-Vis se destaca pela simplicidade operacional, baixo custo e rapidez em análises de rotina, o AAS/FAA apresenta maior selectividade e precisão para análise elementar. Sobre o ICP-OES Williams *et al.* (2019) explica que embora seja uma técnica mais dispendiosa e complexa, ela permite análises multielementares com alta sensibilidade e robustez (Harris, 2007) (Skoog *et al.*, 2016) (Christian, 2004) (Williams *et al.*, 2019).

4.2. Determinação de minerais

4.2.1. Cálcio

A tabela 8 mostra os teores de cálcio encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 8. Teores de cálcio, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostra Cálcio	Réplicas (mg/100g)			Parâmetros estatísticos			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	\bar{X}	RSD%	IC	s
CV 1	23,524	23,256	23,145	23,31	0,836	23,31 ± 0,11	0,20
CV 2	15,245	14,923	15,089	15,09	1,066	15,09 ± 0,09	0,16
CV 3	21,512	21,516	21,775	21,60	0,696	21,60 ± 0,09	0,15
CM 1	24,233	24,598	24,723	24,52	1,04	24,52 ± 0,15	0,26
CM 2	12,856	13,077	12,933	12,96	0,864	12,96 ± 0,07	0,11
CM 3	6,200	5,933	6,043	6,06	2,22	6,06 ± 0,08	0,13

A figura 9 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de **cálcio** em cada amostra

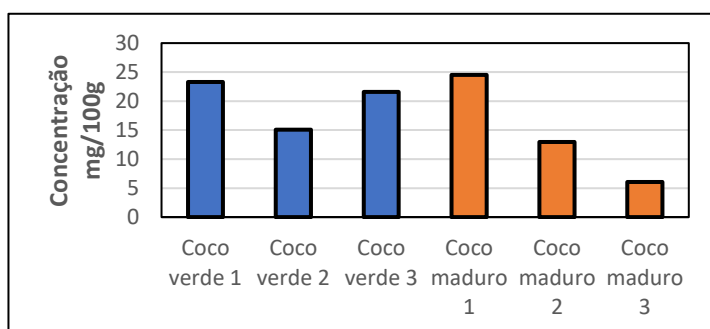


Figura 9. Concentrações de cálcio

A diminuição do teor de cálcio (Ca) no mesocarpo do coco verde para o mesocarpo do coco maduro é um fenómeno fisiológico esperado, que é impulsionado pelas necessidades metabólicas da planta durante o seu ciclo de vida. Segundo Taiz *et al.* (2017) à medida que o fruto amadurece, ocorre uma remobilização de nutrientes, onde elementos como o cálcio

podem ser redistribuídos para outras partes da planta ou para desenvolvimento da semente e do endosperma, que são estruturas com maior demanda no coco maduro. Processos como a lignificação e amadurecimento das fibras no mesocarpo do coco maduro podem levar a uma diluição na concentração de minerais, uma vez que a massa seca é predominada por polissacarídeos e lipídeos (Prades *et al.*, 2012).

Prades *et al.*(2012) explica que essa mudança na composição reflecte a necessidade da planta priorizar o acúmulo de reservas energéticas e desenvolvimento de estruturas de protecção e propagação.

4.2.2. Ferro

A tabela 9 mostra os teores de ferro, encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 9. Teores de ferro, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostras Ferro	Réplicas (mg/100g)			\bar{X}	Parâmetros estatísticos		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a		RSD%	IC	s
CV 1	1,000	1,150	0,950	1,03	10,07	1,03 ± 0,06	0,10
CV 2	2,223	2,222	2,332	2,25	2,79	2,26 ± 0,04	0,06
CV 3	1,800	1,800	1,791	1,80	0,29	1,80 ± 0,003	0,01
CM 1	3,923	4,000	3,899	3,94	1,09	3,94 ± 0,25	0,05
CM 2	4,723	4,900	4,822	4,82	1,5	4,82 ± 0,05	0,09
CM 3	4,022	3,9	4,1	4,01	2,05	4,01 ± 0,06	0,10

A figura 10 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de **ferro** em cada amostra

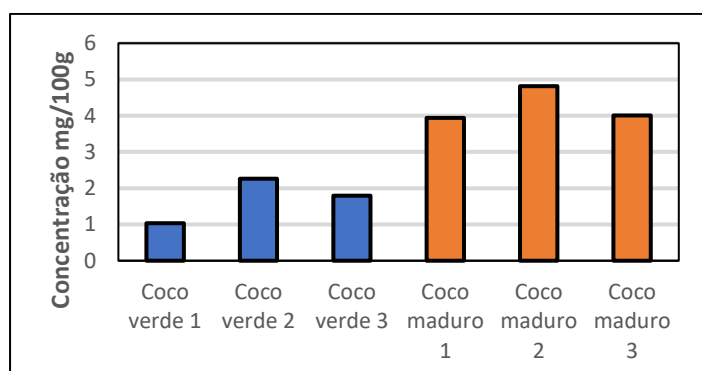


Figura 10. Concentrações de ferro

Segundo White *et al.*(2015) o aumento do teor de ferro no mesocarpo maduro pode ser justificado pelo facto do ferro ser essencial para processos metabólicos importantes, como a

respiração celular e a síntese de ácidos gordos, fundamentais para a formação e acumulação de óleo no coco maduro. Além disso, a perda de água e a consequente desidratação do mesocarpo durante o amadurecimento resultam em um efeito de concentração, elevando a proporção de ferro por unidade de massa seca.

4.2.3. Potássio

A tabela 10 mostra os teores de **potássio**, encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 10. Teores de potássio, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostra Potássio	Réplicas (mg/100g)			\bar{X}	Parâmetros estatísticos		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a		RSD%	IC	s
CV 1	10,43	10,067	10,304	10,267	1,79	10,27 ± 0,11	0,18
CV 2	8,798	8,600	8,725	8,708	1,15	8,71 ± 0,06	0,10
CV 3	6,787	6,598	6,833	6,739	1,85	6,74 ± 0,07	0,13
CM 1	5,667	5,555	5,349	5,524	2,91	0,55 ± 0,09	0,16
CM 2	7,777	7,665	7,855	7,766	1,23	7,77 ± 0,06	0,10
CM 3	10,045	10,365	10,278	10,229	1,62	10,23 ± 0,10	0,17

A figura 11 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de **potássio** em cada amostra

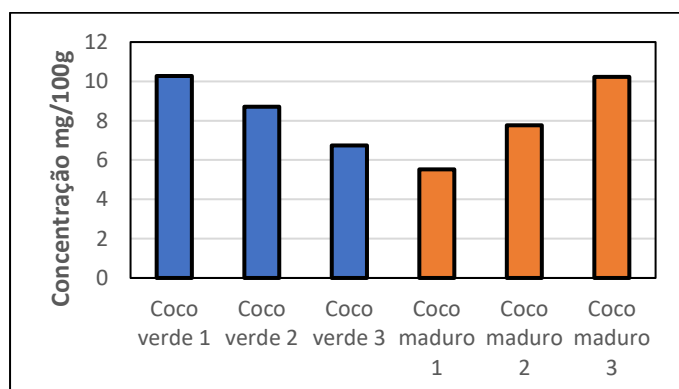


Figura 11. Concentrações de potássio

Segundo Taiz *et al.* (2017), a redução do mineral está de acordo com a sua alta mobilidade. O potássio é um dos minerais mais móveis no floema e desempenha um papel crucial no acúmulo de água nos estágios iniciais do fruto, especialmente na água de coco (Taiz *et al.*, 2017). À medida que o coco amadurece e o mesocarpo se torna mais fibroso e menos ativo em funções relacionadas ao transporte de água e outras, o potássio pode ser remobilizado e translocado

para outras partes da planta que estão em crescimento activo ou que necessitam desse nutriente para funções metabólicas contínuas, como folhas e raízes.

4.2.4. Sódio

A tabela 11 mostra os teores de sódio, encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 11. Teores de sódio, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostra Sódio	Réplicas (mg/100g)			Parâmetros estatísticos			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	\bar{X}	RSD%	IC	s
CV 1	0,420	0,460	0,400	0,46	3,91	0,46 ± 0,05	0,09
CV 2	1,009	1,101	1,001	1,037	5,37	10,37 ± 0,03	0,06
CV 3	0,501	0,600	0,524	0,542	5,55	5,42 ± 0,03	0,05
CM 1	1,004	1,100	1,122	1,075	5,84	10,75 ± 0,04	0,06
CM 2	1,158	1,190	1,233	1,194	3,15	11,94 ± 0,02	0,04
CM 3	1,334	1,423	1,421	1,393	3,65	13,93 ± 0,03	0,05

A figura 12 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de **sódio** em cada amostra

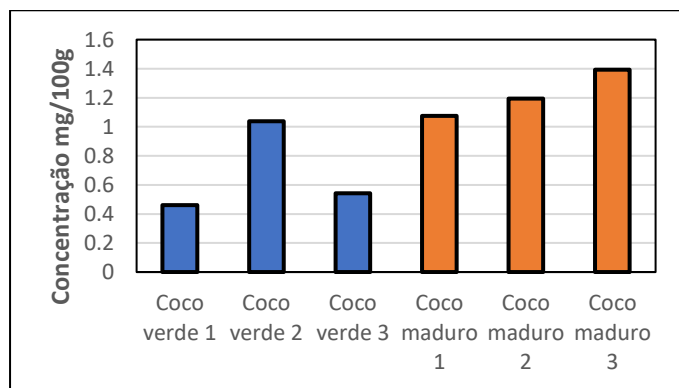


Figura 12. Concentrações de sódio

Segundo Kader (2002) o aumento do sódio no mesocarpo maduro pode ser atribuído a um acúmulo passivo e ao efeito de concentração. O sódio, embora não essencial para a maioria das plantas, pode ser absorvido do solo e, se não houver mecanismos eficientes de exclusão, tende a se acumular nos tecidos. A perda acentuada de água no mesocarpo durante o amadurecimento resulta em uma maior concentração dos iões de sódio por unidade de massa, uma vez que a massa de água é reduzida significativamente (Kader, 2002).

4.2.5. Magnésio

A tabela 12 mostra os teores de magnésio, encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 12. Teores de magnésio, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostra Magnésio	Réplicas (mg/100g)			Parâmetros estatísticos			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	\bar{X}	RSD%	IC	s
CV 1	7,751	7,893	7,624	7,76	1,74	7,76 ± 0,33	0,14
CV 2	9,334	9,034	9,112	9,16	1,70	9,16 ± 0,39	0,16
CV 3	8,859	8,654	8,556	8,69	1,78	8,69 ± 0,38	0,16
CM 1	9,945	9,645	10,022	9,87	2,02	9,87 ± 0,50	0,20
CM 2	15,98	15,476	15,365	15,38	0,58	15,38 ± 0,22	0,09
CM 3	16,514	16,412	16,256	16,39	0,79	16,39 ± 0,32	0,13

A figura 13 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de magnésio em cada amostra

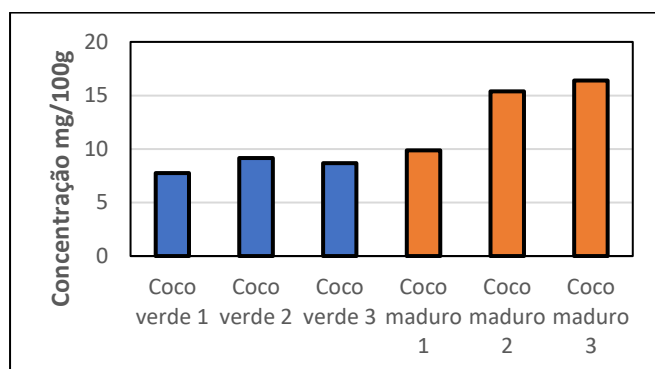


Figura 13. Concentrações de magnésio

O aumento do magnésio no mesocarpo maduro é, segundo White *et al.*, (2015), manifestação da sua importância nos processos de maturação. O magnésio é um cofactor enzimático para a síntese proteica, e de outros nutrientes, que são acumulados em grande quantidade no endosperma à medida que ele amadurece. Ele também é fundamental para a estabilidade das membranas celulares e para suporte metabólico e estrutural necessário para algumas transformações (Institute of Medicine, 2011).

4.2.6. Fósforo

A tabela 13 mostra os teores de fósforo, encontrados nas amostras de mesocarpo de coco.

Tabela 13. Teores de fósforo, média, RSD, IC e desvio padrão

Amostras Fósforo	Réplicas (mg/100g)			Parâmetros estatísticos			
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	\bar{X}	RSD %	IC	s
CV1	8,022	8,25	7,922	8,065	2,08	8,07 ± 0,42	0,17
CV2	7,733	7,645	7,934	7,771	1,90	7,77 ± 0,37	0,15
CV3	6,022	6,212	6,47	6,235	3,61	6,24 ± 0,56	0,23
CM1	8,82	8,513	8,81	8,714	2	8,71 ± 0,43	0,17
CM2	8,04	7,79	7,901	7,910	1,58	7,91 ± 0,31	0,13
CM3	5,01	5,504	5,92	5,478	6,79	5,48 ± 0,92	0,37

A figura 14 apresenta sob forma de gráfico as quantidades em mg/100 g de **fósforo** em cada amostra

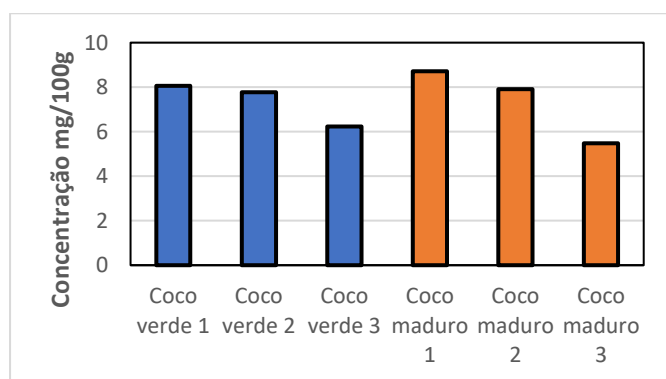


Figura 14. Concentrações de fósforo

A tabela 15 apresenta um quadro resumo e comparativo das concentrações de minerais nos mesocarpos de coco maduro e verde

Ao contrário de outros minerais, o fósforo manteve a mesma concentração em ambas as fases, o que sugere segundo Nielsen (2010) um equilíbrio em termos de demanda fisiológica nas duas fases razão pela qual tem concentrações próximas. Os resultados vão de acordo com (Hamilton *et al.*, 2024) que constatou o mesmo comportamento de manutenção do conteúdo mineral em diversas fases de maturação (S. S. Nielsen, 2010).

Tabela 14. Quadro resumo e comparativo dos IC dos minerais

Amostra	Minerais mg/100g					
	Ca	Fe	K	Na	Mg	P
CV	20,00 ± 2,89	1,70 ± 0,41	8,57 ± 1,18	0,67 ± 0,22	8,35 ± 0,49	7,357 ± 2,89
CM	14,51 ± 6,21	4,25 ± 0,33	7,84 ± 1,57	1,22 ± 0,15	13,88 ± 2,38	7,367 ± 2,89

A figura 15 apresenta em a forma de gráfico a comparação do mesocarpo de coco verde e maduro

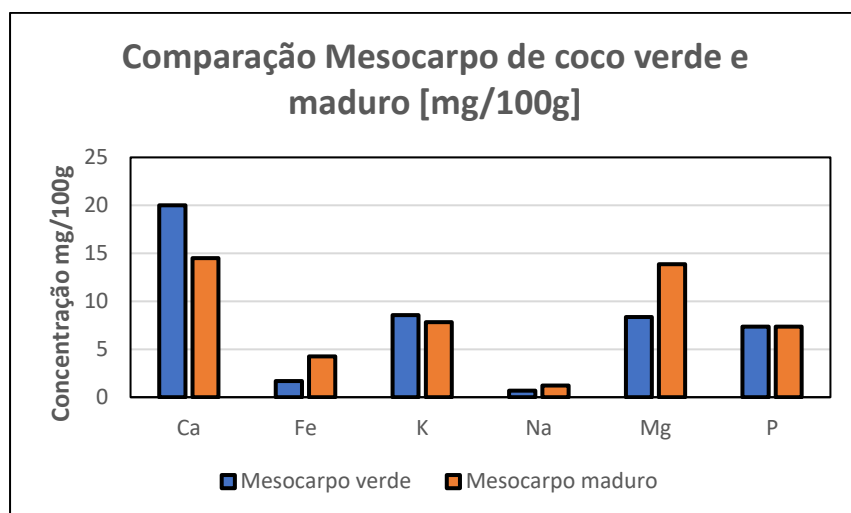


Figura 15. Comparação dos resultados de minerais

4.2.7. Test de Mann-Whitney U

A tabela 15 resume os resultados obtidos pelo teste de Mann-Whitney U. Ela mostra, o valor crítico (para $n_1=1$; $n_2=3$ e nível de significância: 95%) e a conclusão sobre a significância.

Ela leva em consideração as seguintes hipóteses:

- **Hipótese nula (H_0):** Não há diferença significativa na concentração de minerais entre as duas fases de maturação.
- **Hipótese alternativa (H_A):** Há diferença significativa na concentração de minerais entre as duas fases de maturação.

Tabela 15. Resultados do teste de Mann-Whitney (U) aplicado aos teores de minerais no mesocarpo dos cocos verdes (CV) e maduros (CM)

Mineral	U	U crítico	Significância	Interpretação
Ca	3	2	Não	Aceita-se H_0
Fe	0	2	Sim	Rejeita-se H_0
K	3	2	Não	Aceita-se H_0
Na	0	2	Sim	Rejeita-se H_0
Mg	0	2	Sim	Rejeita-se H_0
P	4	2	Não	Aceita-se H_0

A tabela 16 mostra a comparação da média dos resultados com outros autores

Tabela 16. Comparação da média dos resultados com outros autores

Referência	Local	Minerais mg/100g					
		Ca	Fe	K	Na	Mg	P
Este estudo (verde)	Maputo	20,00	1,70	8,57	0,68	8,35	7,36
Este estudo (maduro)	Maputo	14,51	4,25	7,84	1,22	13,88	7,37
(Iasiah & Khanif, 2004)	Malásia, Peraque	180,0	-	2390,0	-	110,0	410,0
(Imo <i>et al.</i> , 2018)	Nigéria, Wukari	2,085	1,961	6,367	3,567	4,040	1,957
(Handreck, 1993)	Austrália	15	5	72,0	11,0	28	17
(Noguera <i>et al.</i> , 1997)	México e Sri Lanka	2,2	-	1,6	-	1,1	5,0

A tabela 17 apresenta os métodos analíticos de outros autores na análise de minerais

Tabela 17. Métodos analíticos usados na pesquisa e por outros autores

Referência	Técnica usada					
	Ca	Fe	K	Na	Mg	P
Este estudo	Titulação	UV-Vis	FC	FC	Titulação	UV-Vis
(Iasiah & Khanif, 2004)	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	FAAS	UV-Vis
(Imo <i>et al.</i> , 2018)	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS
(Handreck, 1993)	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES	ICP-OES
(Noguera <i>et al.</i> , 1997)	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS

De um modo geral todos os minerais encontram-se abaixo do recomendado diário previsto pelo Institute of Medicine (2011) e conseqüentemente abaixo do limite máximo. Apesar de os resultados se mostrarem estar abaixo do recomendado para todos os minerais considerados neste trabalho, o extracto de coco nacional pode ser usado como complemento com outras fontes minerais.

5. Conclusões

Os objectivos propostos no presente trabalho foram atingidos de forma satisfatória.

A análise quantitativa por espectrofotometria UV-Vis mostrou-se útil e eficaz na quantificação do conteúdo de ferro e fósforo, cujos valores médios foram de $4,254 \pm 0,329$ mg/100g e $7,36 \pm 2,89$ mg/100g, respectivamente, no extracto de coco maduro. A elevada precisão e sensibilidade do método são demonstradas pelos bons coeficientes de correlação, limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) satisfatórios.

A partir do método titulométrico foi possível quantificar os teores de cálcio e magnésio, onde foram observadas as concentrações de $20,00 \pm 2,89$ mg/100g a $14,51 \pm 6,21$ mg/100g (Ca no coco verde e maduro respectivamente) e $8,35 \pm 0,49$ mg/100g a $13,882 \pm 3,8$ mg /100g (Mg no coco verde e maduro respectivamente).

A fotometria de chama provou-se ser eficaz para determinação de sódio e potássio. O potássio apresentou valores médios de $8,57 \pm 1,18$ mg/100g (verde) e $7,84 \pm 1,57$ mg/100g (maduro), enquanto o sódio variou entre $0,67 \pm 0,22$ mg/100g (verde) e $1,22 \pm 0,15$ mg/100g (maduro). O desempenho do método foi validado estatisticamente, com coeficientes de correlação elevados ($R^2 = 0,9984$ para o sódio e $0,9985$ para potássio) e limites de detecção e quantificação dentro de faixas aceitáveis.

De um modo geral os teores constatados encontram-se abaixo dos recomendados, porém podem ser utilizados como fontes adicionais de modo a atingir as doses diárias recomendadas. A exploração deste recurso torna-se crucial devido à abundância presente em território nacional.

6. Recomendações

Com base nos resultados e limitações deste estudo, recomenda-se:

- Análise da composição físico-química do solo dos locais de colheita, pois o teor de minerais no mesocarpo depende directamente das características do solo;
- Inclusão da análise de metabolitos secundários que podem actuar com os minerais para ampliar o valor nutricional do coco;
- Avaliar a biodisponibilidade dos minerais presentes no mesocarpo para determinar a fracção que pode ser efectivamente absorvida pelo organismo;
- Realizar o estudo de potencialidades para aplicação em outras formulações alimentares ou como matéria-prima em indústrias agroalimentares.

Como forma de viabilizar o uso do mesocarpo como suplemento vegetal de baixo custo para a correção da anemia ferropriva e outras carências minerais, sugere-se a seguinte orientação prática para o consumo doméstico:

Recomenda-se o uso do mesocarpo seco e triturado sob a forma de saquetas para infusão em chás. Pode-se utilizar a colher de chá como unidade de medida acessível. Uma vez que uma colher equivale a cerca de 3 a 5 gramas sugere-se o consumo de 3 a 4 colheres de chá por dia como fonte adicional de micronutrientes para atingir as doses diárias recomendadas.

O uso deve ser complementar por isso as dosagens devem ser controladas.

Referências

1. Almeida, M. M. B., de Sousa, P. H. M., Fonseca, M. L., Magalhães, C. E. C., Lopes, M. de F. G., de Lemos, T. L. G. (2009). *Avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro*. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 29(3), 581–586. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300020>
2. ANVISA. (2022). *Suplementos alimentares :gerência-geral de alimentos 8ª*. In ANVISA: Vol. 8º edição (8ª edição). <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/perguntas-e-respostas-arquivos/suplementos-alimentares-1.pdf/view>
3. AOAC. (1980). *Official methods of analysis* (13th Edition) (Vol. 552, Issue c).
4. Barbosa, C. S. L. (2021). *Importância e atuação dos sais minerais no organismo* Grillo,. *Revista Científica de Ciências Aplicadas Da FAIP*, 8, 11.
5. Bertol, A., Mara Zanela Almeida, S., Pessoa de Almeida, L. (2015). *Determinação de minerais em algumas plantas medicinais utilizadas em xanxerê-oeste catarinense. 1*, 53–58.
6. Beveridge, F. C., Kalaipandian, S., Yang, C., Adkins, S. W. (2022). *Fruit biology of coconut (Cocos nucifera L.)*. *Plants*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/plants11233293>
7. Borjes, L. C. (2007). *Concepção da classificação de vegetais para aplicação no sistema de avaliação da qualidade nutricional e sensorial* . *Evaluation*, 30–72.
8. Brady, N. C., Weil, R. R. (2017). *The Nature and properties of soils* (Fifteenth ed.). Pearson.
9. Christian, G. D., (2004). *Analytical chemistry*. In John Wiley & Sons, Inc (p. 848).
10. Corder, G. W., Foreman, D. I. (2014). *Nonparametric statistics. A step-by-step approach* (second edition). John Wilen & Sons.
11. Costa, R., Andrade, A., Pessoa, L., Leite, K. (2025). *Caracterização e obtenção de farinha de banana (Musa acuminata) para aplicação em biscoitos do tipo cookie* *caracterización y obtención de harina de plátano (Musa acuminata) para uso en galletas tipo galleta characterization and obtaining of banana flo.*
12. de Ávila, M. M., Mayens, M. C., Halfen, J., Barbosa, A. A., Silveira, R., Freitas, K. C., Corrêa, M. N., & Brauner, C. C. (2021). *Subproduct of the Wine Industry to Replace Forage for Feeding Confined Ovine*. *Revista Brasileira de Saude e Producao Animal*, 22, 1–12. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402122202021>
13. Debmandal, M., & Mandal, S. (2011). *Coconut (Cocos nucifera L .: Areaceae)*: In health promotion and disease prevention. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*,

- 4(3), 241–247. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60078-3](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60078-3)
14. Dhahir, S. A. (2020). *Instrumental Analysis*. University of Baghdad, Chemistry department. Iraq.
 15. do Amarante, C. B., Germano, C. M., Lucas, F. C. A. (2011). *Determinação dos micronutrientes Cu, Fe, Zn e Mn em plantas alimentícias consumidas na comunidade rio urubueua de fátima, abaetetuba, PA*. 7, 1–11.
 16. Dollet, M., Quaiçoe, R., Pilet, F. (2009). Review of coconut “lethal yellowing” type diseases diversity, variability and diagnosis. *OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides*, 16(2), 97–101. <https://doi.org/10.1051/ocl.2009.0246>
 17. Dos Santos, I. F. (2013). *Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do Abelmoschus esculentus L comercializados na cidade de Salvador*. Universidade Federal da Bahia.
 18. Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2014). *Raven Biologia Vegetal*. In G. K. LTDA (Ed.), *Rio de Janeiro* (8t. ed.). W.h. freeman and company.
 19. FAO, World Health Organization. (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* Second edition. World Health Organization . <https://doi.org/9241546123>
 20. Gove, J. I. M. (2017). *Suplementação nutricional e (in)segurança alimentar em moçambique: programa de reabilitação nutricional, uma reflexão sobre estrutura de coordenação de sua implementação, o caso distrito de marracuene- província de maputo curitiba* (Issue 3) Universidade Federal do Parana. [file:///C:/Users/user/Downloads/Pedoman AUTP 2017.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Pedoman%20AUTP%202017.pdf)
 21. Grotto, H. Z. W. (2010). *Fisiologia e metabolismo do ferro*. *Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia*, 32(SUPPL. 2), 8–17. <https://doi.org/10.1590/S1516-84842010005000050>
 22. Hamilton, P. D., Charles, K. T., Bih Loh, A. M., Aristide Loïc, N. N., Germain, K., Elie, F. (2024). *Physicochemical, nutritional, antioxidant properties and stability monitoring of coconut (Cocos nucifera L.) water from two localities in Cameroon*. *Heliyon*, 10(23), e40712. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40712>
 23. Handreck, K. A. (1993). *Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 24(3–4), 349–363. <https://doi.org/10.1080/00103629309368804>
 24. Harris, D. C. (2007). *Quantitative chemical analysis*. In J. Fiorilo, V. Anderson, C. Varas, D. Ranieri, & M. L. Byrd (Eds.), *Methods in geochemistry and geophysics* (7th ed., Vol. 5, Issue C). Craig Bleyer. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-40826->

6.50009-1

25. Hurrell, R. F. (2007). *Iron fortification : Its efficacy and safety in relation to infections*. 28(4 Suppl) S585–S594. <https://doi.org/10.1177/15648265070284S411>
26. Iasiah, A., Khanif, Y. (2004). *Physical and chemical properties of coconut coir dust and oil palm empty fruit bunch and the growth of hybrid heat tolerant cauliflower plant*. Trop. agric. 27(2), 121–133.
27. Imo, C., Ezeonu, C. S., Imo, N. G., Anigbo, C. J. (2018). *Proximate , Mineral Cocos nucifera Nut Phytochemical Composition of Cocos nucifera Nut*. Asian Journal of Biochemistry, 9–14. <https://doi.org/10.3923/ajb.2018.9.14>
28. Institute of Medicine. (2011). *Dietary reference intakes for calcium and vitamin D*. Report brief. Washington.
29. Jackson, J. C., Gordon, A., Wizzard, G., McCook, K., & Rolle, R. (2004). *Changes in chemical composition of coconut (Cocos nucifera) water during maturation of the fruit*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(9), 1049–1052. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1783>
30. Johnson, Q., Ranum, P., Wesley, A. (2004). *Fortification handbook vitamin and mineral fortification of contributors. .*
31. Kader, A. A. (2002). *Postharvest biology and technology: An overview*. Postharvest Technology of Horticultural Crops, 39–47.
32. Keller, H. (2002). *Investir na nutrição é reduzir a pobreza. Análise Das Consequências Dos Problemas Nutricionais Nas Crianças e Mulheres*. MISAU. Maputo. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadd994.pdf
33. Kin, F. D. (1996). *Manual de estatística aplicada à química analítica*. UEM. Departamento de química. Maputo.
34. Kvam, P. H., Vidakovic, B. (2007). *Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering*. Nonparametric Statistics with Applications to Science and Engineering, 1–429. <https://doi.org/10.1002/9780470168707>
35. Mansour, F., Petersen, D., De Coppi, P., & Eaton, S. (2014). *Effect of sodium deficiency on growth of surgical infants: a retrospective observational study*. Pediatric Surgery International, 30(12), 1279–1284. <https://doi.org/10.1007/s00383-014-3619-2>
36. Marschner, P. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Third Edition. Elsevier.
37. Martins, A. P., Sanches, R. A. (2019). *Assessment of coconut fibers for textile applications*. Revista Materia, 24(3). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620190003.0743>

38. Mauseth, J. D. (2003). *Botany : An introduction to plant biology*. Jones and Barlett publishers. USA.
39. Nayar, R. (2023). *The coconut palm (Cocos nucifera L.) research and development perspectives*. Springer. India. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2754-4>
40. Negrão, A. N., Buba, C., Barboza, T., Franchi, S. M., Ribas De Oliveira, C. M. (2007). *Validação de métodos de lavagem de vidraria utilizando vitamina B12 como marcador de limpeza*. Latin American Journal of Pharmacy, 26(2), 280–287.
41. Nielsen, S. S. (2010). *Food analysis* . 4th edition. Purdue University . Dept of food Science. USA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
42. Noguera, P., Abad, M., Puchades, R., Noguera, V., Maquieira, A., Martínez, J. (1997). Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. In *Acta Horticulturae* (Vol. 450, pp. 365–373). <https://doi.org/10.17660/actahortic.1997.450.45>
43. ONS. (2020). *Relatório sobre saúde e bem-estar da mulher, do recém nascido, da criança e do adolescente*. MISAU. Instituto Nacional de Saúde (INS)
44. Parmar, P. T., Singh, A. K., Borad, S. G. (2020). *Coconut (Cocos nucifera)*. In *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications* (Vol. 32). Woodhead Publishing Limited. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_7
45. Pereira, G. I. S., Pereira, R. G. F. A., Barcelos, M. de F. P., Morais, A. R. de. (2003). *Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana*. Ciência e Agrotecnologia, 27(4), 852–857. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542003000400017>
46. Perez, M. Â. F. (2010). *Validação de métodos analíticos : Como fazer*. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens, 22(3), 1–9.
47. Perkampus, H.-H. (1992). *UV-Vis spectroscopy and its applications*. Springer Berlin Heidelberg.
48. Pilafidis, S., Diamantopoulou, P., Gkatzionis, K., Sarris, D. (2022). *Valorization of agro-industrial wastes and residues through the production of bioactive compounds by macrofungi in liquid state cultures: Growing Circular Economy*. Applied Sciences , 12(22). <https://doi.org/10.3390/app122211426>
49. Prades, A., Dornier, M., Diop, N., Pain, J. P. (2012). *Coconut water preservation and processing: A review*. Fruits, 67(3), 157–171. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012009>
50. Premaor, M. O., Brondani, J. E. (2016). *Nutrição e saúde óssea: a importância do cálcio, fósforo, magnésio e proteínas*. Revista Da AMRIGS, 60(3), 253–263.

51. Rautiainen, S., Manson, J. E., Lichtenstein, A. H., Sesso, H. D. (2016). *Dietary supplements and disease prevention-a global overview*. *Nature Reviews Endocrinology*, 12(7), 407–420. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.54>
52. Sampaio, T. M. T., De Oliveira, M. N., Sampaio, M. L., Herculano, L. da F. L., Pontes, C. M., Medeiros, S. R. A., De Medeiros, M. M. L., Pontes, D. F. (2022). *Avaliação nutricional e biodisponibilidade de minerais em multimisturas / Nutritional evaluation and bioavailability of minerals in multimixtura*. *Brazilian Journal of Development*, 8(2), 13349–13368. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n2-325>
53. Sanca, J. P. (2023). *A fome das nações: uma reflexão introdutória sobre as causas da fome oculta e suas consequências sociais e econômicas em África: vol. Viii (issue i)*. Universidade da integração internacional da lusofonia afro-brasileira (Unilab).
54. Skoog, D. A., Holler, F. J., Crouch, S. R. (2016). *Principles of instrumental analysis* (Seventh ed). Cengage Learning. [https://doi.org/10.1016/0020-7381\(82\)80120-4](https://doi.org/10.1016/0020-7381(82)80120-4)
55. Skoog, D. A., Holler, F. J., Nieman, T. A. (2008). *Principios de análise instrumental* (fifth edition).
56. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S. R. (2014). *Fundamentals of analytical chemistry* 9th Ed. Brooks/Cole, 9, 1–1088.
57. Sousa, C., Moutinho, C., Vinha, A. F., Matos, C. (2019). 227979202. *Trace minerals in human health: iron, zinc, copper, manganese, and fluorine*, 13(3), 67–68.
58. Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. Max, Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal Diversidade vegetal*. Porto Alegre: Artmed: Vol. 6 ed.
59. Vizzotto, M., Dos Santos Pereira, E., De Castro, L. A. S., De Oliveira Raphaelli, C., Krolow, A. C. (2018). *Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco*. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.17516>
60. Waldvogel-Abramowski, S., Waeber, G., Gassner, C., Buser, A., Frey, B. M., Favrat, B., Tissot, J. D. (2014). *Physiology of iron metabolism. Transfusion medicine and hemotherapy*, 41(3), 213–221. <https://doi.org/10.1159/000362888>
61. White, P. J., Bowen, H. C., Farley, E., Shaw, E. K., Thompson, J. A., Wright, G., Broadley, M. R. (2015). *Phylogenetic effects on shoot magnesium concentration*. *Crop and pasture science*, 66(12), 1241–1248. <https://doi.org/10.1071/CP14228>
62. Williams, C. B., Jones, B. T., Donati, G. L. (2019). *Induced Plasma Optical Emission Spectrometry*. 1191–1197.

ANEXOS

ANEXO A: IMAGENS ILUSTRATIVAS DO PROCEDIMENTO LABORATORIAL

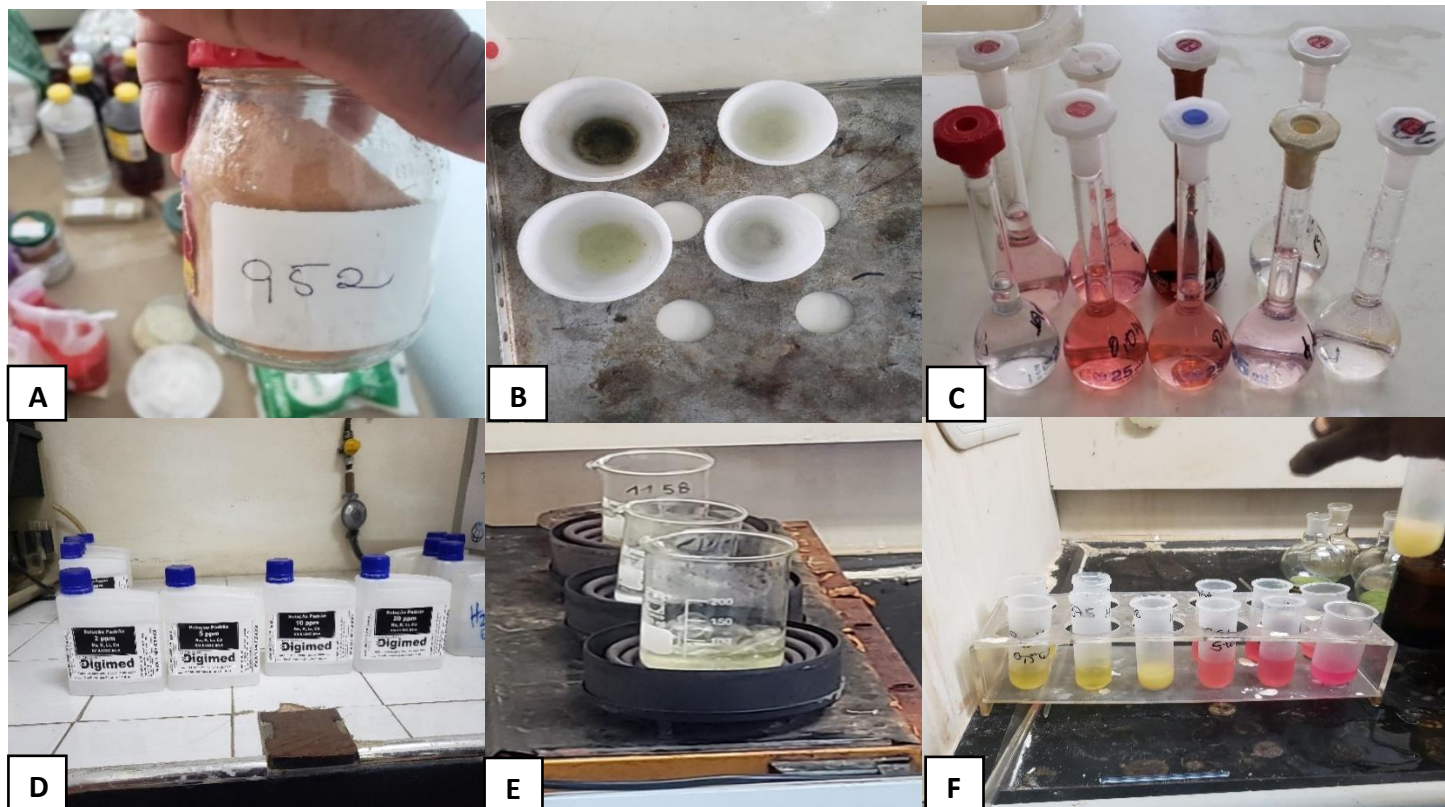


Figura A-1: Amostra pulverizada (A); Digestão ácida das amostras (B); Soluções para leitura no UV-vis (C); Soluções padrão (D); Digestão ácida sob aquecimento (E); Determinação de cálcio (F)

ANEXO B: FÓRMULAS, CÁLCULOS E DADOS USADOS

Dados da titulação de cálcio

Tabela B-1: Volume de $KMnO_4$ gasto na titulação

Amostra	Volume titulante (mL)		
	1 réplica	2 réplica	3 réplica
CV1	14,09	13,926	13,86
CV2	9,13	8,936	9,04
CV 3	12,88	12,884	13,04
CM 1	14,51	14,729	14,80
CM 2	7,70	7,83	7,74
CM 3	3,71	3,55	3,62

Os valores aproximados em mg/100g foram obtidos usando a equação:

$$C_{Ca} = \frac{V \times 100,2 \times M_{KMnO_4} \times 100}{m_{amostra}}$$

Onde:

C_{Ca} = concentração de Ca na amostra (mg/100g)

$m_{amostra}$ = massa da amostra inicial (6g)

M_{Ca} = massa molar do Ca (40,08 g/mol)

M_{KMnO_4} = concentração do $KMnO_4$ (0,001 mol/L)

V = volume de $KMnO_4$ gasto na titulação

Dados da titulação de magnésio

Tabela B-2: Volume de EDTA gasto na titulação

Amostra	Volume titulante (mL)		
	1 réplica	2 réplica	3 réplica
CV1	4,78	4,88	4,70
CV 2	5,76	5,57	5,63
CV 3	5,47	5,34	5,28
CM 1	6,14	5,95	6,18
CM 2	9,87	9,55	9,49
CM 3	10,2	10,1	10

Os valores aproximados em mg/100g foram obtidos usando a equação:

$$C_{Mg} = \frac{V_{EDTA} \times C_{EDTA} \times M_{Mg} \times \frac{V_{final}}{V_{aliquota}}}{m_{amostra}} \times 100$$

Onde:

C_{Mg} = concentração de Mg na amostra (mg/100g)

V_{EDTA} = volume de EDTA gasto na titulação

C_{EDTA} = concentração do EDTA (0,001 mol/L)

M_{Mg} = massa molar do Mg (24,305 g/mol)

V_{final} = volume final da solução do balão volumétrico (100 mL)

$V_{aliquota}$ = volume da alíquota retirada para titulação (25 mL)

$m_{amostra}$ = massa da amostra inicial (6 g)

Dados da análise de ferro

Tabela B-3: Dados da curva de ferro

Sample ID	Concentração (mg/L)	Absorvância
Branco	0	0.008
Padrão 1	10	0.203
Padrão 2	20	0.398
Padrão 3	30	0.567
Padrão 4	40	0.797
Padrão 5	50	0.995

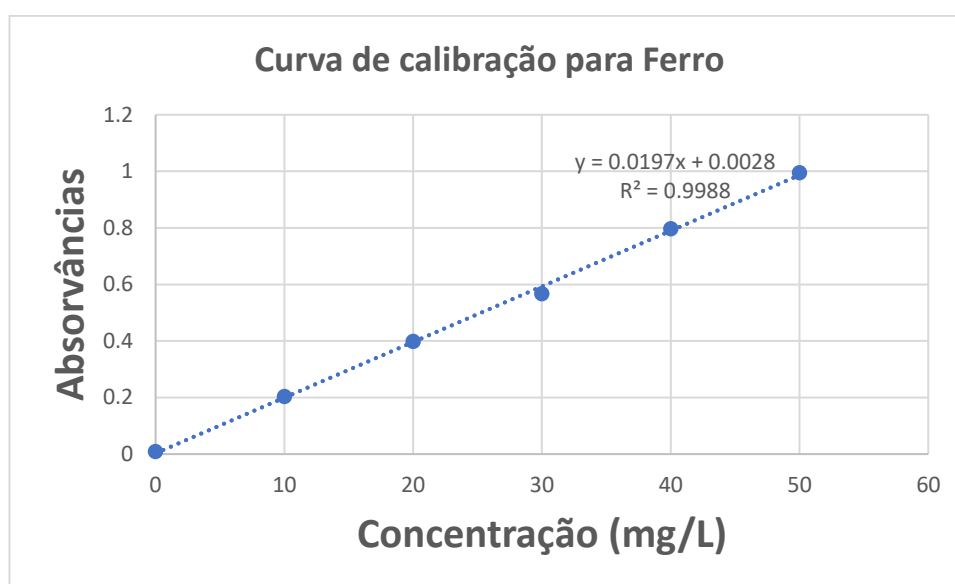


Figura B-1: Curva de calibração para Ferro

Dados da análise de sódio

Tabela B-4: Dados da curva de sódio

Sample ID	Concentração (mg/L)	Intensidade
Branco	0	6.9
Padrão 1	5	41.5
Padrão 2	10	71.3
Padrão 3	15	102.7
Padrão 4	20	129.8

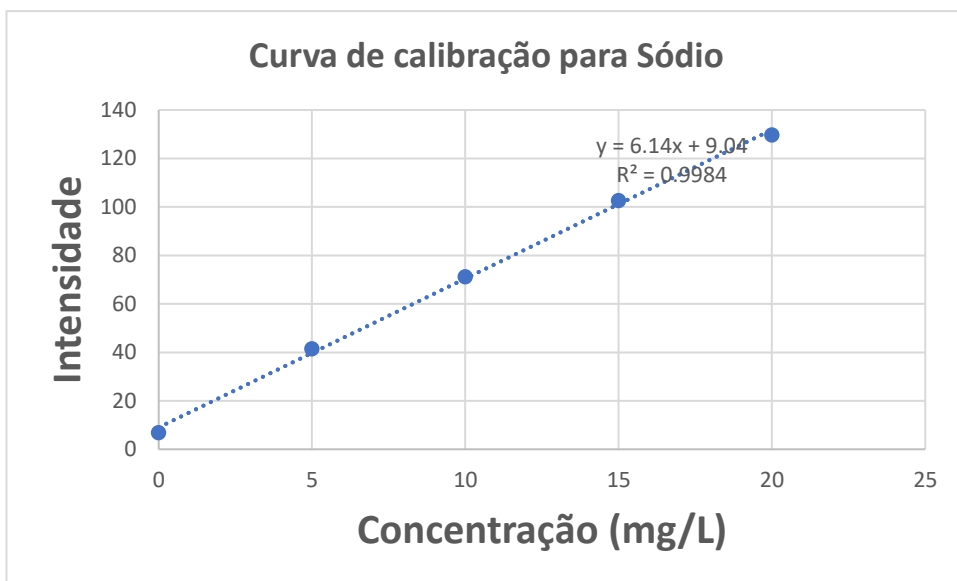


Figura B-2: Curva de calibração para Sódio

Dados da análise de potássio

Tabela B-5: Dados da curva de potássio

Sample ID	Concentração (mg/L)	Intensidade
Branco	0	4,5
Padrão 1	10	59
Padrão 2	20	140
Padrão 3	30	205.6
Padrão 4	40	272.2
Padrão 5	50	338.8

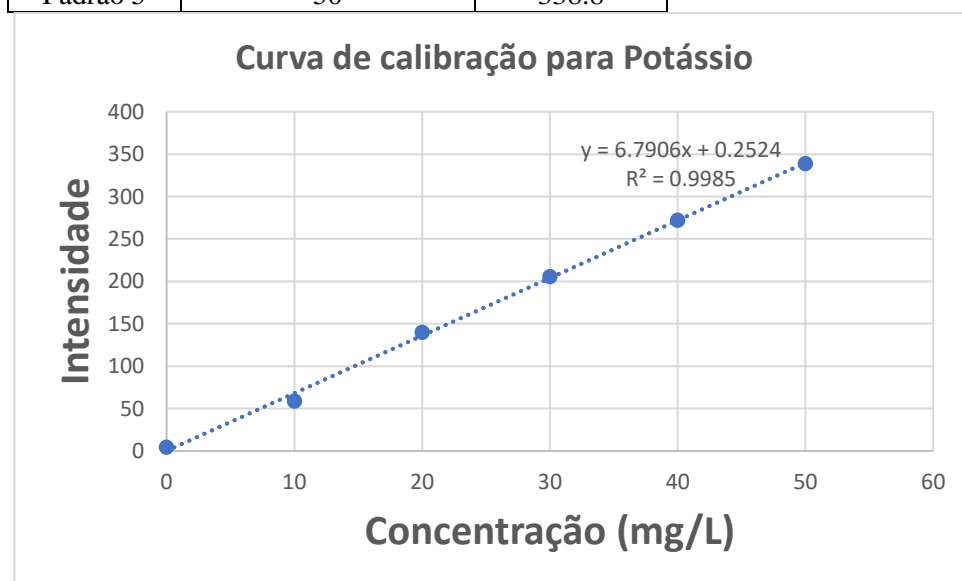


Figura B-3: Curva de calibração para Potássio

Dados da análise de fósforo

Tabela B-6: Dados da curva de fósforo

Sample ID	Concentração (mg/L)	Absorvância
Branco	0	0.003
Padrão 1	50	0.129
Padrão 2	100	0.239
Padrão 3	150	0.337
Padrão 4	200	0.455
Padrão 5	250	0.578

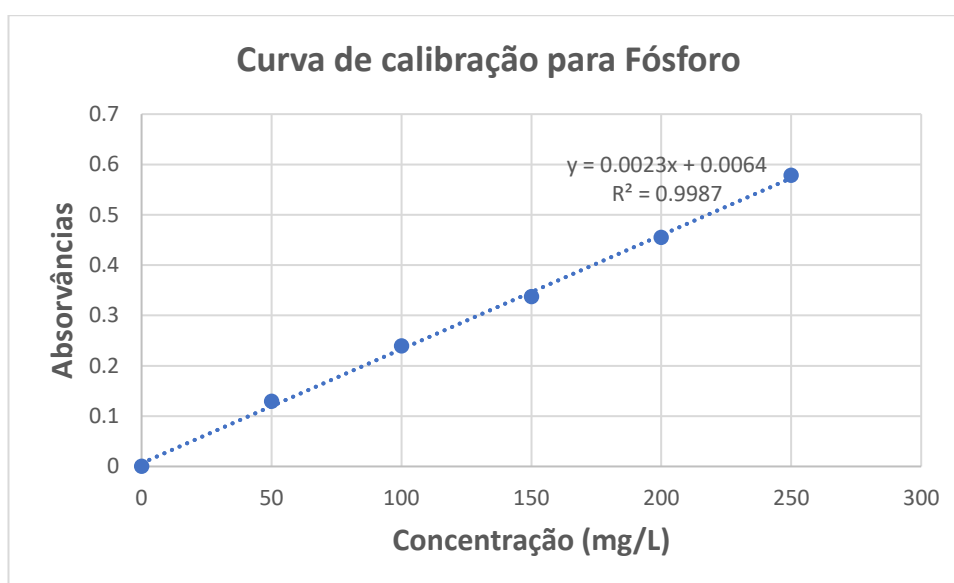


Figura B-4: Curva de calibração para Fósforo

ANEXO C: PREPARAÇÃO DE REAGENTES

Cálcio

1. Solução saturada de oxalato de amónio (NH₄)₂C₂O₄

Juntou-se aproximadamente 55 g de cristais de oxalato de amónio em água, transferiu-se para um balão aferido de 1000 mL, perpez-se o volume com água, agitou-se e deixou-se repousar por 2 dias.

1. Ácido acético 1:4

Adicionaram-se 300 mL de água bidestilada a um balão volumétrico de 500 mL. Em seguida, adicionou-se lentamente 100 mL de ácido acético glacial. O volume foi completado até o menisco com água bidestilada, e a solução foi homogeneizada.

2. Solução de vermelho de metilo a 0,05%:

Trituram-se 0,1 g de cristais de vermelho de metilo com 3,7 mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 N, transferiu-se a solução para um balão aferido de 200 mL e perpez-se o volume com água bidestilada.

3. Hidróxido de amónio 1:49 (NH₄OH)

Adicionaram-se 400 mL de água bidestilada a um balão volumétrico de 500 mL. Em seguida, adicionou-se lentamente 10 mL de hidróxido de amónio. O volume foi completado até o menisco com água bidestilada, e a solução foi homogeneizada.

4. Solução de ácido sulfúrico 1:4

Juntou-se uma parte do ácido sulfúrico concentrado com 4 partes de água bidestilada

5. Permanganato de potássio 0,01 N:

Pesaram-se aproximadamente 0,42 g de permanganato de potássio, dissolveu-se em água bidestilada, transferiu-se para um balão aferido de 1000 mL, perpez-se o volume e aqueceu-se por 10-15 minutos. Passado os 15 minutos, deixou-se repousar por uma e no dia seguida filtrou-se a solução para um frasco escuro protegendo-o do pó e de vapores orgânicos.

6. Oxalato de sódio 0,01 N: Na₂C₂O₄

Pesaram-se 1,340 g de oxalato de sódio seco de grau analítico, transferiu-se para um balão aferido de 1000 mL, dissolveu-se em água bidestilada, juntou-se 10 mL do ácido sulfúrico concentrado e fez-se o volume com água bidestilada

Preparação dos reagentes (ferro)

1. Ácido acético (CH_3COOH) 0,6 N

Diluiu-se 33,9 mL de ácido acético glacial a 99% para 1 L com água bidestilada.

2. Solução tampão pH 5,4

Transferiram-se 140 mL de ácido acético 0,6 M para um balão aferido de 1000 mL. Juntaram-se 70,2 g de acetato de sódio trihidratado, dissolveu-se e completou-se o volume com água bidestilada.

3. Solução de α,α -diridilo ou ortofenantrolina a 0,2%

Dissolveram-se 0,2 g de alfa, alfa dipiridilo com ácido acético a 10 % num balão aferido de 100 mL.

Preparação dos reagentes (fósforo)

1. Reagente nitromolibdanato (reagente de trabalho)

Misturaram-se 200 mL da solução de molibdato de amónio a 10 % de $d=1,38$ (na falta deste pode utilizar 192 mL de ácido nítrico de $d = 1,33$). Esta solução é estável durante 1 ano.

2. Molibdato de amónio a 10%

Dissolveram-se 100g de molibdato em água quente. Adicionaram-se 10 mL de hidróxido de amónio de $d= 0,910$ para sua conservação. Completou-se o volume a 1 litro.

3. Metavanadato de amónio

Dissolveram-se 2,35 g de metavanado de amónio em 400 mL de água quente e deixou-se arrefecer. agitando lentamente e de seguida adicionaram-se 20 mL de solução nítrica (que contem 7 mL de ácido azótico e 13 mL de água bidestilada).