

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



INSTITUTO DE QUÍMICA

GRUPO DE PESQUISA EM QUÍMICA ANALÍTICA

**AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL DO AGRIÃO
CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO CONSUMIDO NA
CIDADE DE SALVADOR.**

HELENA CERQUEIRA DE SOUZA

SÉRGIO LUIS COSTA FERREIRA
(ORIENTADOR)

MARIA DAS GRAÇAS ANDRADE KORN
(CO-ORIENTAORA)

JUNHO / 2003

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
GRUPO DE PESQUISA EM QUÍMICA ANALÍTICA**

**AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL DO AGRIÃO
CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO CONSUMIDO NA CIDADE
DE SALVADOR**

HELENA CERQUEIRA DE SOUZA

Dissertação apresentada ao curso
de Pós-Graduação para obtenção
do grau de Mestre em Química
Analítica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. SÉRGIO LUÍS COSTA FERREIRA

CO-ORIENTADORA: Prof^a. Dra. MARIA DAS GRAÇAS A. KORN

Salvador – Bahia

Junho / 2003

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

Aos meus pais, por ter investido em mim e confiado.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Sérgio Luís Costa Ferreira por ter confiado em mim e a quem eu tenho um profundo carinho.

A Co – Orientadora Prof^a. Dra. Maria das Graças A. Korn, por aceitar a co orientação.

Ao Dr.Vicente Mesquita pesquisador do CNPH (EMBRAPA) Brasília. Que foi de grande ajuda a revisão bibliográfica.

Ao Dr Francisco Souza pesquisador do CNPH (EMBRAPA) Brasília, onde deu uma força nas referencias bibliográficas e também no incentivo a fazer trabalhos futuros.

A Dra.Clarisse, Chefe Administrativo do EBDA, por possibilitar a realização das análises neste recinto.

A Elisabeth, Química da EBDA, por ceder o laboratório e também pela sua amizade.

Ao meu amigo inesquecível Walter Nei, por está presente sempre e ajudando.

Ao meu amigo Marcos Bezerra, por ser um braço auxílio sempre que eu precisei.

A minha amiga Dalva Furtunato que sempre esteve comigo, incentivando o meu crescimento profissional

A minha amiga Antonia Joviniano, que eu aprendi a gostar muito.

A minha amiga Ana Pinto, que tanto aprendemos juntas.

A minha amiga Lúcia Marques, ao qual eu tenho um grande carinho.

As minhas primas Nice e Jussara que sempre me deram apoio.

Aos professores da UFBA, que contribuíram para o meu conhecimento.

Aos colegas que eu terei sempre na lembrança: Jacó, Adriana Costa, Valfredo, Sergio Dog, Marcelo, Carlinha, Érica, Roberta, Luiza, Joelma, Tânia, Laudicéia, Angélica, Graça, Anna Paula, Antonio Marcos, Maricleide, Jaqueline e Gumercindo.

Ao Pessoal da biblioteca - em especial a Dona Ana, ao qual tenho um carinho muito especial, D. Judite, D. Egídia, e Alice.

ÍNDICE

LISTAS DE FIGURAS.....	I
LISTAS DE TABELAS.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS.....	5
3.1. AS HORTALIÇAS E SUA IMPORTÂNCIA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	.5
3.2. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS HORTALIÇAS...	7
3.3. AGRIÃO CONVENCIONAL.....	8
3.4. AGRIÃO HIDROPÔNICO.....	9
3.5. VANTAGENS E DESVANTAGENS DA HIDROPONIA.....	10
3.6. FATORES EXTERNOS QUE INFLUENCIAM NA ABSORÇÃO FOLIA FOLIAR.....	10

3.7.	MINERAIS.....	11
3.8.	FUNÇÕES DOS ELEMENTOS ESSENCIAIS NA PLANTA E NA DIETA HUMANA.....	13
3.8.1.	<i>Cálcio.....</i>	<i>... 13</i>
3.8.2	<i>Magnésio.....</i>	<i>13</i>
3.8.3	<i>Ferro.....</i>	<i>14</i>
3.8.4	<i>Cobre.....</i>	<i>14</i>
3.8.5	<i>Zinco.....</i>	<i>15</i>
3.8.6	<i>Manganês.....</i>	<i>15</i>
4.	MÉTODOS DE DECOMPOSIÇÃO DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS.....	16
4.1.	MINERALIZAÇÃO A SECO COM CONVERSÃO À CINZAS.....	17
4.2.	DIGESTÃO ÚMIDA.....	18
4.2.1.	<i>Dissolução utilizando ácido nítrico.....</i>	<i>..19</i>
4.2.2.	<i>Dissolução úmida utilizando recipientes fechados.....</i>	<i>20</i>
4.2.3.	<i>Dissolução através de bombas digestoras.....</i>	<i>20</i>

**4.2.4. Dissolução através de irradiação por
microondas..... 21**

5.	ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA COM PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO.....	25
6.	PARTE EXPERIMENTAL.....	26
6.1	COLETAS DAS AMOSTRAS.....	26
6.2	PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS.....	26
6.3	ESCOLHA DOS MÉTODOS DE MINERALIZAÇÃO.....	27
6.4	DISSOLUÇÃO COM BOMBAS DIGESTORAS.....	27
6.5	MINERALIZAÇÃO A SECO COM CONVERSÃO À CINZAS.....	28
6.6	DISSOLUÇÃO COM IRRADIAÇÃO POR MICROONDAS.....	28
6.7.	PREPARO DA CURVA ANALÍTICA.....	29
6.8.	EQUIPAMENTOS E MATERIAIS.....	29
6.9.	SOLUÇÕES E REAGENTES.....	30
6.10.	AMOSTRAS DE REFERÊNCIAS.....	31
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31

7.1.	ESCOLHA DO MÉTODO DE DISSOLUÇÃO.....	31
7.2.	DISSOLUÇÃO UTILIZANDO BOMBAS DIGESTORAS.....	32
7.3.	DISSOLUÇÃO UTILIZANDO IRRADIAÇÃO COM MICROONDAS.....	34
7.4.	DETERMINAÇÃO DA UMIDADE.....	37
7.5.	DETERMINAÇÃO DOS MINERAIS.....	43
	7.5.1. Cálcio.....	43
	7.5.2. Magnésio.....	44
	7.5.3. Manganês.....	46
	7.5.4. Cobre.....	47
	7.5.5. Ferro.....	48
	7.5.6. Zinco.....	50
8.	CONCLUSÃO.....	52
9.	REFERÊNCIAS.....	53

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Bombas de teflon com invólucro utilizado na digestão das amostras estudado.....	20
Figura 2: Literatura anual sobre digestão de amostras utilizando forno de microondas.....	21
Figuras 3: Modelo de uns dos primeiros de microondas Comercial	22
Figura 4: Vasilhames fechados em sistema de controle com Pressão.....	23
Figura 5: Forno por irradiação por microondas.....	24
Figura 6: Resultados obtidos pelos métodos de dissolução em amostras de agrião.....	32
Figura 7: resultados obtidos pelos teores de umidade das amostras de agrião na estação de inverno e verão.....	37
Figura 8: Resultados obtidos para determinação de cálcio usando dissolução por irradiação por microondas.....	43
Figura 9: Resultados obtidos para determinação de magnésio usando dissolução por irradiação por microondas.....	45
Figura 10: Resultados obtidos para determinação de manganês usando dissolução por irradiação por microondas.....	46

Figura 11: Resultados obtidos para determinação de cobre usando dissolução por irradiação por microondas..... **47**

Figura 12: Resultados obtidos para determinação de ferro usando dissolução por irradiação por microondas..... **49**

Figura 13: Resultados obtidos para determinação de zinco usando dissolução por irradiação por microondas..... **50**

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Condições Experimentais para determinação dos Elementos por Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES)..... **30**
- Tabela 2:** Resultados obtidos através da dissolução com bombas digestoras das amostras de agrião convencional..... **33**
- Tabela 3:** Resultados obtidos da dissolução através da irradiação por microondas, de amostras de agrião convencional. **35**
- Tabela 4:** Resultados obtidos na dissolução do material de referência analisado utilizando a Irradiação por microondas..... **36**
- Tabela 5:** Teores médios de umidade das amostras de agrião..... **38**
- Tabela 6:** Resultados gerais das concentrações dos metais nas amostras de agrião convencional e hidropônico comercializados na Região de Salvador nas estações verão e inverno..... **39**
- Tabela 7:** Análise de teste de significância dos Minerais, nas Estações de Inverno e Verão.....**40**

Tabela 8: Comparação dos valores da concentração dos minerais em amostras de agrião convencional encontrados na literatura..... **. 41**

Tabela 9: Ingestão diária de minerais recomendadas ao ser humano de acordo com a faixa etária.....**42**

RESUMO

O agrião é uma hortaliça folhosa pertencente à Família das crucíferas, Gênero *Nasturtium*. É um produto consumido cru, geralmente, como salada. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os teores mineral do agrião, mediante determinação de Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, e Mn na espécie convencional e hidropônica consumido na cidade de Salvador, Bahia. A pesquisa foi planejada em duas etapas. Na primeira, foi feito um estudo preliminar, objetivando a escolha do método de dissolução das amostras. Os métodos utilizados foram: (a) mineralização à seco com conversão à cinzas; (b) mineralização com ácido nítrico em recipiente de teflon sob pressão de bombas digestoras e (c) mineralização em ácido nítrico com irradiação por microondas. O método escolhido foi a irradiação por microondas. Na segunda etapa, procedeu-se a mineralização das amostras e posterior determinação dos metais. O agrião foi adquirido no Centro de Abastecimento das Sete Portas, em Salvador. Estas hortaliças são provenientes de sítios produtores de algumas cidades do interior da Bahia (Conceição do Jacuípe, Lauro de Freitas e Feira de Santana) e da cidade de Salvador (Bairro de Pirajá). Foram analisadas 120 amostras, em cinco coletas, nas estações de inverno e verão. A técnica analítica usada para a determinação dos metais foi a Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES). A validação do processo de digestão e da técnica analítica de medida foi conduzida usando os materiais certificados, folhas de maçã NIST 1515 e folha de pomar 1571. Os métodos de mineralização com microondas e bomba digestora obtiveram os melhores resultados, enquanto que o método de conversão a cinzas tornou-se inviável devido à alta contaminação. Nas amostras analisadas as concentrações de magnésio, manganês, zinco, cobre são significativamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,005$). O conteúdo desses elementos no agrião é influenciado pelas condições sazonais durante o crescimento. Pelos teores obtidos para cálcio e o ferro, na estação de inverno e verão não é significativa. Os resultados obtidos demonstraram que os agriões convencionais e hidropônicos são fontes de minerais essenciais, destacando-se o cálcio e o magnésio.

ABSTRACT

In the present paper, the mineral composition (calcium, magnesium, iron, copper, manganese and zinc) of the water – cress (*Nasturtium*) grown in soil of four cities of the Bahia State, Brazil was determined.

In the sampling process, 120 samples water – cress were collected during the periods from summer and winter. The samples were bought at open – air markets. The producing cities are: Conceição do Jacuípe, Salvador (Pirajá), Lauro de Freitas and Ferira de Santana.

The digestion of sample was carried out using concentrated nitric acid and digestion pump and microwave. The analytical technique used was Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). The validation of the digestion process and of the analytical procedure was carried out using the certified reference materials Apples leaves NIST 1515 and Orchard leaves NBS 1517.

The evaluation and interpretation of the achieved experimental results was carried out using the analysis of variance (ANOVA). The statistical evaluation of elements (calcium and iron) in the summer and winter.

The content of manganese, copper, zinc and magnesium in water – cress is affected by seasonal conditions.

The statistical evaluation of the results demonstrated also that there is significant difference in the content of the elements presents in the hydroponic water – cress and soil grown.

1 INTRODUÇÃO

O AGRIÃO *Nasturtium officinale Cruciferae (Brassicaceae)* pertence a família das crucíferas. Mostarda, Couve, Repolho, Rabanete e Nabo. O agrião também nos revela um sabor picante e apimentado^[1].

Esse vegetal, ao contrário das maiorias das espécies dessa família, cresce em locais inundados. Parte do vegetal vive submersa. O agrião produz raízes adventícias que partem dos nós do caule. Nessa planta não existe um limite muito preciso entre as partes subterrâneas e o restante do vegetal. O agrião nos revela tendência à diferenciação um processo de mobilidade e não fixação da forma. Uma avaliação dos teores de minerais presentes nos alimentos é de grande importância para se estabelecer uma dieta balanceada, rica em minerais essenciais à saúde humana^[2].

A composição dos alimentos é uma informação básica para o estabelecimento de diversas ações de saúde. Atualmente as tabelas mais utilizadas por profissionais de nutrição são compilações de dados internacionais, os quais não refletem a real composição de alimentos produzidos no Brasil^[3].

Neste sentido não se pode garantir a verdadeira composição da dieta do brasileiro em relação aos macros e micronutrientes. Por isso, verificou-se a necessidade da execução desta pesquisa, que tem por objetivo colaborar na elaboração da Tabela de Composição mineral de Alimentos, através da determinação de metais presentes no agrião convencional e hidropônico que é uma hortaliça consumo pela população brasileira.

Visando aprofundar o conhecimento sobre a composição mineral do agrião, bem como, avaliar e comparar o valor nutricional dos minerais estudados, com os existentes na literatura, nos propomos avaliar a composição mineral do agrião consumido em Salvador.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a composição mineral do agrião convencional e hidropônico consumido na cidade de Salvador.

2.2 Objetivos específicos

Determinar os teores de Ca, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn presentes no agrião convencional e hidropônico cultivado em algumas áreas produtoras do estado da Bahia;

Comparar os teores de minerais encontrados no agrião convencional e hidropônico com os teores encontrados nas tabelas de composição mineral de alimentos;

Comparar a variação da composição mineral do agrião em quatro diferentes localidades da cidade de Salvador;

Contribuir para a elaboração da tabela de composição mineral dos alimentos regionais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. AS HORTALIÇAS E SUA IMPORTÂNCIA NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

As hortaliças são plantas herbáceas das quais uma ou mais partes são utilizadas como alimento na forma natural [4]. Representam o maior grupo de plantas cultivadas, compreendendo mais de 100 espécies. A inclusão das espécies na categoria de hortaliças baseia-se em algumas características, tais como: alta produtividade por área, riqueza em nutrientes não calóricos alto conteúdo de água, possibilidade de várias safras por ano [5].

As hortaliças são classificadas em quatro grupos: hortaliças herbáceas, hortaliças frutos, hortaliças tuberosas e hortaliças condimento. Hortaliças herbáceas são aquelas cujas partes comestíveis são as folhas, flores, hastes e os talos, têm como exemplos: agrião, alface, acelga, couve-flor, aspargos. As folhosas, tais como agrião, alface e couve são denominados de verduras. As hortaliças frutos produzem frutos comestíveis, sendo que as demais partes da plantas, não são utilizáveis na alimentação humana, tais como: tomate, pimentão, jiló, berinjela, ervilha, melancia e morango.

Por outro lado, as hortaliças tuberosas, são aquelas cujas partes alimentícias são subterrâneas, sendo que algumas são raízes, e outros caules, ambas ricas em amido, tais como: a cenoura, batata, inhame e cebola. As hortaliças condimentos englobam todas as hortaliças utilizadas com a finalidade de melhorar o sabor dos alimentos e o valor nutritivo, sendo os mais consumidos o coentro, a salsa e a cebolinha

De maneira geral as hortaliças podem ser consumidas de forma crua, cozida, conservadas e preparadas de diversas formas. A composição das hortaliças altera significativamente segundo o tipo e a procedência, onde se deduz que a matéria seca varia (10–20)% de seus componentes. Economicamente a produção de hortaliças é, por natureza, intensiva em mão de obra contribuindo significativamente para o mercado de trabalho. A quantidade diária recomendada é de 3 a 5 porções. Cada porção equivale a

uma xícara de vegetais folhosos e a meia xícara de outros vegetais, que não os folhosos, crus ou cozidos. Habitualmente os vegetais estão distribuídos em grupos: A, B e C, de acordo com o seu teor de carboidratos. Os vegetais do grupo “A” são aqueles com menor teor tais como: acelga, agrião, aipo, alface, alho, aspargos, berinjela, brócolis, cebola, chicória, cogumelos, couve, couve-flor; enquanto que os vegetais do grupo “B” possuem um teor mais elevado dentre eles: abóbora, abobrinha, alcachofra, beterraba, cenoura, chuchu, nabo, pimentão, vagem, quiabo, sendo que os vegetais do grupo “C” são os mais ricos carboidrato, como exemplo as batatas (inglesa, doce), aipim, inhame, entre outros [6].

As hortaliças representam um componente essencial na alimentação humana, principalmente porque são fontes de algumas vitaminas e sais minerais indispensáveis, dentre elas a cenoura, tomate, alface, agrião, couve, entre outros [7,8].

Um país como o Brasil, cuja a população cresce à taxa 2,7% ao ano, é de fundamental importância o cultivo intensivo de hortaliças, isto porque, tais culturas são capazes de produzirem grande quantidade de alimento, por unidade de área cultivada, de alto valor nutritivo para o organismo humano. As hortaliças destacam-se mais pela qualidade, do que pela quantidade dos alimentos produzidos. Por isso o seu papel principal, na alimentação, não é de fornecer calorias, proteínas, carboidratos, ou gorduras, mas, vitaminas e sais minerais, essenciais para a manutenção da saúde [9,8].

Na dieta brasileira, predomina os alimentos fornecedores de carboidratos, proteínas e gorduras, sendo que os alimentos protetores, tais como hortaliças, frutas e leite, têm consumo muito limitado. Segundo dados divulgados pela Food and Agriculture Organization (FAO), no Brasil o consumo médio de hortaliças anual não atinge 10 Kg de hortaliças por pessoa, enquanto que na Itália o consumo médio anual é de 140 Kg. Por isso o hábito de incluir hortaliças selecionadas pelo seu alto valor nutritivo, nas duas principais refeições deveria ser cultivado pelo nosso povo [4].

3.2 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DAS HORTALIÇAS

Trabalhos analíticos sobre os nutrientes em alimentos brasileiros foram bastante desenvolvidos entre as décadas de quarenta e cinquenta e início da década de sessenta. Porém, após este período, esse tipo de pesquisa perdeu interesse no campo da investigação, cedendo lugar para as pesquisas na área de toxicologia. O resultado foi que nos últimos anos pouco se fez no Brasil para conhecer melhor nossos alimentos do ponto de vista nutricional. Recentemente, em virtude de novos conceitos científicos surgidos em nutrição e ciência dos alimentos, e do reconhecimento do assunto, o interesse começou a renovar-se [9].

Assim, a obtenção de dados referentes à composição de alimentos brasileiros tem sido estimulado com o objetivo de reunir informações atualizadas, confiáveis e adequadas à realidade nacional. Dados sobre composição de alimentos são importantes para inúmeras atividades dentre elas: verificar a adequação nutricional da dieta de indivíduos e de populações, em planejamento agropecuário, na indústria de alimentos, avaliar o suprimento e o consumo alimentar de um país, dentre outras [10].

Apesar da importância evidente desta necessidade, pode-se dizer que não existem no Brasil informações ou tabelas completas e atualizadas sobre a composição em nutrientes dos nossos alimentos. Das principais fontes de dados utilizadas atualmente, apenas algumas são publicadas no país, mesmo assim com dados compilados de tabelas estrangeiras [11].

Muitos dados das tabelas produzidas no Brasil, ou mesmo no exterior, são pouco confiáveis por falta de descrição dos procedimentos analíticos utilizados, dos critérios e forma de amostragem, variedades, condições de armazenamento da amostra [5].

A variação encontrada entre as diferentes tabelas deve servir de alerta, pois seus valores de composição centesimal são freqüentemente usados na indicação de dietas [12, 13].

Em função da variação observada entre as tabelas para a maioria dos alimentos, enfatizamos a necessidade da obtenção de dados nacionais periódicos sobre a composição de alimentos condizentes com a realidade de nossos solos e clima. Salientamos também a importância da padronização dos métodos adotados para a análise laboratorial. Levando em consideração estes fatores, é de grande importância toda iniciativa referente a obtenção de dados sobre a composição de alimentos, que possa contribuir com informações mais adequadas. Desde a última década, vem intensificando-se a busca na melhoria da qualidade de vida traduzida em boa saúde e bem estar, adquiridos por uma dieta equilibrada e de exercícios físicos, que contribuem para a prevenção de doenças. Nesse contexto estão inseridas as hortaliças que, devido ao alto teor de vitaminas, sais minerais e fibras, são importantes na alimentação humana [14].

4.0 AGRIÃO CONVENCIONAL

O agrião (*Nasturtium officinale*), é uma planta da família **Brassicaceae**, nativa da Europa e da Ásia, cultivada e naturalizada no Norte e Sul da América e no Oeste da Índia. Seu cultivo comercial começou durante o século XIX. Era usado como um medicamento anti-escorbútico desde os tempos antigos [15,16].

O agrião é também conhecido como: agrião d'água-corrente, agrião-da-europa, agrião-da-fonte, agrião-da-ponte, agrião-de-lugares-úmidos, agrião-oficial, berro, cardamia-jontana, cardomo-dos-rios, mastruco-dos-rios, saúde-do-corpo e agrião [17,18]

É uma planta, que vegeta em terrenos alagados ou bastante umedecidos. Suas folhas são pequenas e arredondadas de coloração verde escura e levemente roxeadas. O caule é rastejante ou flutuante. A raiz fixa à planta ao solo, dos nós parte raízes finas aquáticas, que retiram os nutrientes da água [19].

O agrião necessita de condições climáticas favoráveis para produzir sementes, mas a produção de folhagem, produto comercial, é favorecida pelo

clima quente da região, desenvolvendo-se bem em qualquer época do ano, estando pronto para ser colhido de 40 a 50 dias após o plantio, devendo ser consumido antes de sua florada, devido às flores tornarem seu sabor picante [7].

As folhas são cortadas quando já estão bem desenvolvidas, deixando de 5 a 10 cm de rama para novas brotações. É considerado um vegetal rico em vitamina A, sendo uma fonte de ferro, enxofre, cobre, sódio, potássio, magnésio, fósforo e cálcio. As folhas amareladas e murchas significam que as hortaliças já estão velhas e devem ser desprezadas. Os talos desta folhas devem ser consumidos por encontrar-se maiores concentrações de minerais, do que, mas folhas. É considerada uma hortaliça de baixo valor calórico, a contribuição é quase que insignificante, pois 100 gramas de agrião fornecem apenas 28 Kcal [20,21].

No que se refere à idade da folha a mesma está relacionada com a absorção de nutrientes, onde as folhas novas absorvem mais que as adultas e as velhas. Nas folhas jovens, as paredes celulares são finas, a cutícula é muito mais delgada e a serosidade é menor. As folhas novas, em crescimento consomem nutrientes intensa e continuamente, o que favorece a translocação aplicada a cutícula[4].

4.1 AGRIÃO HIDROPÔNICO

A hidroponia é um sistema de cultivo dentro de estufas, onde as plantas não crescem fixadas ao solo. A origem da palavra vem dos radicais gregos hydro = água e phonos = trabalho. Os nutrientes que a planta precisa para seus desenvolvimentos e produção é fornecida somente pela água [22,23,24].

As principais características do cultivo por hidroponia são o controle ao uso de nutrientes, a antecipação da colheita, a padronização do tamanho das plantas e a redução e ou eliminação no uso de agrotóxicos. É possível que doenças ou pragas apareçam no cultivo hidropônico. O uso de agrotóxicos pode não ser

totalmente eliminado, mas é bastante reduzido quando aplicado o defensivo específico para o problema [24].

A solução nutritiva substitui uma das funções mais nobres do solo, a de fornecer nutrientes [24,25].

Periodicamente é necessário um monitoramento do pH e da concentração dos nutrientes, permitindo que as plantas cresçam sob as melhores condições possíveis. Para as hortaliças é necessário ajustar as concentrações de nutrientes quando as plantas passam da fase vegetativa para a reprodutiva [26,27].

A composição mineral da solução nutritiva varia de acordo com a espécie, muito embora os mecanismos de absorção, transportes e distribuição dos nutrientes variem com cada espécie, estação do ano e fase de desenvolvimento da cultura, entre outros. A solução nutritiva pode alterar dentro de limites toleráveis de pH, pressão osmótica e composição[16].

As plantas são cultivadas em perfis específicos, 80 cm acima do solo, por onde circula uma solução nutritiva composta de água pura e de nutrientes dissolvidos de forma balanceada, de acordo com a necessidade de cada espécie vegetal. Esses perfis provêm o meio de sustentação para as plantas, sem necessidade. A solução nutritiva tem um controle rigoroso para manter suas características. Periodicamente é feito um monitoramento do pH e da concentração de nutrientes, assim as plantas crescem sob as melhores condições possíveis [28,29].

4.1.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA HIDROPONIA

As principais vantagens do cultivo por hidroponia são: o menor tempo para o desenvolvimento e crescimento das plantas que nos cultivos convencionais, visto que as condições de crescimento mantêm-se constantes e sempre com todos os nutrientes necessários disponíveis, não existindo a necessidade de descanso da terra e, durante uma safra, já pode-se estar preparando a próxima [11].

Dentre as principais desvantagens estão: os custos do sistema hidropônico geralmente superiores aos custos da agricultura tradicional. [11,12,13]. Existe a necessidade de prevenção contra falta de energia em sistemas elétricos (no caso de automatizados), onde exige conhecimentos técnicos e de fisiologia vegetal. [30,31].

5 FATORES EXTERNOS QUE INFLUENCIAM NA ABSORÇÃO FOLIAR

Os principais fatores externos ou ambientais, que influenciam a absorção foliar de nutrientes são a luz e a temperatura. A energia luminosa é utilizada na absorção iônica, pelas folhas, e favorece também a translocação. Em ausência de luz, verifica-se apenas a absorção passiva dos nutrientes. Quanto maior a intensidade luminosa, maior será a absorção total de nutrientes pelas folhas, assim como a sua translocação para outras partes das plantas [4,35].

A influência da temperatura na absorção da folha aumenta com a elevação da temperatura e vice-versa. As temperaturas elevadas favorecem a absorção e também a evaporação da solução, na superfície das folhas, concentrando os sais nutrientes, favorecendo a maior quantidade de íons na folha. Em altas temperaturas e baixas umidade de ar, a acumulação foliar de nutrientes aspergidos pode atingir níveis tóxicos e injúrias a planta [35,51]

6 MINERAIS

Os minerais esta presente no organismo e nos alimentos, principalmente na sua forma iônica, representando de 4 a 5% do peso corpóreo. Desempenham muitas funções essenciais, algumas como íons dissolvidos nos fluidos corpóreos e outras, como constituintes de compostos essenciais. O equilíbrio de íons mineral nos fluidos corpóreo regula a atividade de muitas enzimas e a produção de sucos digestivos, mantêm o equilíbrio ácido-básico, facilitam o transporte de compostos essenciais nas membranas, possuindo cada elemento funções específicas [32].

O estudo dos minerais em alimentos teve um grande avanço a partir da década de 70, com o desenvolvimento de técnicas analíticas sensíveis e precisas, que permitem não apenas a quantificação de elementos, mas também esclarecer alguns dos mecanismos através dos quais estes exercem suas funções no organismo^[33].

Portanto, daquela época até os dias atuais, uma preocupação dos pesquisadores tem sido, quantificar estes elementos nas dietas de grupos populacionais visando avaliar a ingestão destes minerais e correlacionar achados com o estado nutricional dos indivíduos.

No que se refere às plantas, os nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no seu metabolismo, podendo ser classificados, de acordo com as suas quantidades relativas requeridas pelas plantas, em *micro* e macronutrientes. A maioria dos macronutrientes é, via de regra, constituintes de enzimas, sendo essencial somente em pequenas quantidades. Os macronutrientes, por sua vez, participam da estrutura de compostos orgânicos tais como proteínas e ácidos nucléicos, podendo seus valores variar apreciavelmente, dependendo da espécie, da idade e da disponibilidade do elemento mineral ^[34].

Elementos essenciais podem também ser classificados conforme suas funções bioquímicas e fisiológicas, ou de acordo com suas propriedades físico-químicas. De qualquer modo, todos os sistemas de classificação mostram-se inadequados, na medida que um dado elemento mineral pode ter uma larga variedade de funções, muitas das quais, sem qualquer correlação consistente em suas propriedades físico-químico ou com suas quantidades requeridas pela planta. Não obstante, sob um ponto de vista prático, a classificação dos minerais em macro e micronutrientes é, normalmente, mais utilizada ^[35].

Os diferentes elementos essenciais desempenham um papel importante e, às vezes, altamente específicos, nos processos fisiológicos que ocorre na planta, e o conhecimento dos mecanismos envolvidos fará com que se compreenda maneira pelas quais os sintomas das deficiências podem se desenvolver.

A escassez de um nutriente vegetal causará distúrbios nos processos de que se encontra diretamente envolvidos, e como resultado, toda uma série de processos fisiológica pode ficar desequilibrada. O resultado será a escassez de metabólicos essenciais a um satisfatório crescimento ou um acúmulo de produtos intermediários que podem ser tóxicos, quando em grandes quantidades, ambas as condições podendo levar ao desenvolvimento de sintomas [36, 37].

Alguns elementos minerais podem compensar os efeitos tóxicos de um outro elemento, ou simplesmente substituir nutrientes em algumas de suas funções essenciais somente em certas espécies e sob certas condições. Tais elementos são referidos como elementos benéficos, uma vez que não preenchem os critérios de essencialidade acima citados [38].

6.1 FUNÇÕES DOS ELEMENTOS ESSENCIAIS NA PLANTA E NA DIETA HUMANA

6.1.1 CÁLCIO

O cálcio é indispensável a todas as plantas superiores. É absorvido na forma iônica, Ca^{2+} sendo encontrado em abundantes quantidades nas folhas. Em muitas espécies, é encontrado na forma de cristais de oxalatos de cálcio.

A sua função é essencial na integridade da membrana celular e nas divisões da célula vegetal. A toxidez de Ca não tem sido encontrada [39, 40].

No homem o cálcio é um constituinte principal do tecido ósseo e dos dentes. A concentração do cálcio no sangue é pequena, quando comparada com as quantidades nos tecidos ósseos e dentes, mas a sua concentração em níveis normais é essencial para o organismo humano. Este mineral tem grande importância para o homem: nas atividades enzimáticas, contração muscular, transmissões de impulsos nervosos, mecanismo de coagulação sangüíneo, e mecanismo de permeabilidade celular [41]. Inúmera doença está associada aos níveis de cálcio [42]. Síndromes hipocalcêmicas incluem raquitismo, acidose,

osteomalácia, osteoporose, enquanto a hipercalcemia é acompanhada de alterações no funcionamento renal, hiperparatireoidismo, neoplasma e sarcoidose [43].

As maiores fontes dietéticas de cálcio são o leite e seus derivados, no entanto. Os produtos a base de cereais e os vegetais folhosos são também fontes contribuintes de minerais [44, 45].

6.1.2 MAGNÉSIO

O magnésio é absorvido pela planta, na forma iônica Mg^{2+} sendo o único mineral constituinte das moléculas da clorofila, sem a qual a mesma não poderia realizar fotossíntese. Embora uma grande porção de magnésio se localize nas clorofilas, apreciável quantidade dele é encontrada nas sementes [35, 46]

Do magnésio presente no corpo humano, 60 a 65 % estão nos ossos, 27 % nos músculos, 6 a 8 % nas células e 1% nos líquidos extracelulares. Desempenha um papel importante em uma série de reações celulares. Na produção e transferência de energia para a síntese de proteína, contração muscular e excitação dos nervos, também como co-fator em vários sistemas enzimáticos.

A deficiência de magnésio resulta em manifestações de interrupções do crescimento ósseo, cirrose hepática, e fragilidade óssea. Os alimentos têm um conteúdo muito variado desse elemento, especialmente os vegetais e cereais que forma a dieta básica da maioria da população mundial. Nos vegetais folhosos crus, isto pode significar uma proteção contra inibidores, tais como: ácido fítico e ácido oxálico, devido a presença do magnésio ser o átomo divalente. [35]

6.1.3 FERRO

O ferro está presente em todas as células do organismo do homem e envolvido em um grande número de reações bioquímicas, tendo grande

importância nutricional. Um excesso na absorção de ferro nos tecidos provocados por uma predisposição genética, causa uma desordem metabólica denominada hematomacrose idiopática, que pode ocasionar disfunção cardíaca e do pâncreas, pigmentação da pele e em alguns casos disfunção das glândulas endócrinas , além de artrite [47].

O ferro é talvez seja o elemento mais conhecido dos micronutrientes, em virtude de seu papel essencial na hemoglobina, ele é também encontrado na mioglobina, que é responsável pelo transporte de oxigênio. A ingestão excessiva de ferro resulta no depósito do mesmo no fígado e em outros tecidos do organismo [87].

6.1.4 COBRE

O cobre é absorvido na forma de íon Cu^{2+} e como complexo orgânico de sal quelado com EDTA. O cobre é ativador de enzima, tais como a tirosinase, oxidase do ácido ascórbico. A deficiência de cobre é raramente encontrada nas plantas. Quando ele é aplicado nas folhas, sendo absorvidos e translocado para órgãos em crescimento, tais como: folhas novas, flores e frutos em desenvolvimento [48]

O reconhecimento da importância do cobre e sua possível relação com a deficiência de ferro ainda são motivo de controvérsia. Porém, desde que foi estabelecido seu requerimento juntamente com o ferro para prevenir anemia em animais que tem no leite a única fonte de nutrientes, sua importância na nutrição de mamíferos foi reconhecida [49].

6.1.5 ZINCO

O zinco é absorvido na forma de íon Zn^{2+} e também na forma de complexo molecular, como a de quelatos. É um metal ativador de enzimas, tais como, enolase, aldolase de levedura, entre outras. A deficiência desse

micronutrientes manifesta-se fundamentalmente por falta de alongação, nos órgãos jovens da planta^[52].

Depois do ferro, o zinco é o elemento mais importante no organismo humano, pois ele está presente em todas as células. As maiores quantidades estão presentes no fígado, músculo esquelético e ossos, é constituinte essencial de grandes números de enzimas, ou como estabilizador de estruturas moleculares de constituinte citoplasmático ou de membranas ^[50].

Os fatores que podem levar a sua deficiência são o consumo inadequado do mesmo, elevado consumo de fitatos e fibras que diminuem a biodisponibilidade do zinco, má distribuição intestinal e insuficiência renal crônica ^[51].

6.1.6 MANGANÊS

O manganês é absorvido na forma iônica Mn^{2+} e em combinações moleculares de quelados. Ele é ativador de enzimas relacionados com o metabolismo do carboidrato, com as reações de fosforilação e com o ciclo do ácido cítrico, ativando diversas enzimas diversas, tais como, arginase, fosfatase de verdura, desoxi-ribonuclease. O Manganês aplicado nas folhas é rapidamente absorvido, mas a absorção diminui, drasticamente, em poucas horas, em virtude de sua baixa mobilidade ^[51].

O manganês é entre os elementos traços, o menos tóxicos ao homem. São raros os casos de intoxicação devido a ingestão excessiva na dieta. A deficiência em seres humanos é quase inexistente, embora alguns estudos tenham relatado a ocorrência em sub grupos da população ^[52].

7 MÉTODOS DE DECOMPOSIÇÃO DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS

A maioria dos métodos de determinação de elementos em maior proporção, menor proporção, a nível traço e ultratraço numa amostra sólida requer uma digestão prévia das amostras, um passo altamente arriscado que pode causar algumas perdas por volatilização dos elementos a serem

determinados ou pode levar a contaminações. Infelizmente, um método generalizado para o tratamento prévio de amostras sólidas não pode ser prescrito devido a diversidade de materiais serem digeridos, a natureza dos elementos a serem determinados e a técnica analítica a ser usada para as medidas.^[53, 54].

O processo de digestão é uma das etapas mais críticas e demoradas no preparo de amostras. O objetivo da digestão é decompor a amostra em componentes mais simples com o auxílio de tempo, aquecimento, ácidos ou bases e catalisadores, em recipientes abertos sob chama, placas aquecedoras ou outros dispositivos mais modernos ^[55]. Krug, Bock

Técnicas convencionais de dissolução por via úmida são muito lentas, e envolvem o aquecimento das amostras em vários ácidos ou misturas de ácidos em um forno ou em placa de aquecimento por longos períodos de tempo. Frequentemente a mistura amostra - ácido deve ser levada a secar, resfriada e então reaquecida com mais ácido para assegurar a dissolução. Estas técnicas também são suscetíveis à perda dos analito voláteis e contaminações. Outros problemas frequentemente associados com técnicas de preparação de amostras convencionalmente incluem, tédio, perigo devido ao uso de fortes oxidantes, digestão incompleta e a necessidade de grandes quantidades de reagentes, supervisão constante e exaustores de fumaça especiais. Para as amostras que contêm matrizes de difícil tratamento como minerais refratários, ^[56].

Amostras biológicas contêm diversos tipos de compostos orgânicos e inorgânicos, exigindo variações de procedimentos de mineralização. Traços de elementos estão presentes em diferentes formas nas amostras, tais como: sais inorgânicos ou como partes de moléculas orgânicas ^[57].

Devido a essas variações, é importante enfatizar que nenhum método de mineralização é totalmente aplicável a todas as amostras biológicas. Basicamente existe dois procedimentos distintos de decomposição de amostras orgânicas: (a) Calcinação que envolve tratamento da amostras orgânicas a temperaturas elevadas (geralmente acima de 450°C) em contato com o ar para

remoção da matéria orgânica e (b) digestão úmida, que envolve tratamento da amostra orgânica com um agente oxidante, que pode ser um ácido ou um peróxido de hidrogênio.[⁵⁸]

A escolha do método para a eliminação da matéria orgânica está relacionada com a natureza do material a ser tratado e com a natureza dos elementos a serem determinados. A natureza da amostra determina a sua reatividade e, como conseqüência, o tipo dos oxidantes, bem como as condições da reação. A natureza dos elementos a serem determinados limita a utilização da calcinação, bem como a de certos reagentes que podem gerar produtos voláteis e insolúveis[⁵⁹]

7.1 MINERALIZAÇÃO A SECO COM CONVERSÃO A CINZAS

A calcinação de um material biológico pode ser definida como a eliminação da matriz orgânica e conversão da mesma em componentes gasosos apropriados, que são volatilizados, deixando um resíduo inorgânico do material biológico original para análise de elementos traços. O procedimento de conversão em cinzas é o aquecimento da amostra em cadinho aberto ao ar, sendo comumente utilizado na combustão de substâncias biológicas e alimentícias. O cadinho é aquecido em forno mufla, de forma que a temperatura seja controlada [⁶⁰].

A temperatura requerida para total decomposição da matéria orgânica depende muito da matéria orgânica analisada. Óleo comestível geralmente necessita de temperaturas altas (acima de 700°C). Alimentos ricos em amido, são calcinados na faixa de (525 a 550)°C. O tempo de decomposição também depende da natureza do material e inclui uma faixa de (2 a 24) horas.

O procedimento de conversão a cinzas permite o uso de quantidade grande de amostra (5 gramas). Este fato permite a obtenção de uma quantidade maior de traços dos elementos na solução final, que é essencial quando baixas concentrações estão sendo determinadas. As cinzas resultantes são completamente livres de matéria orgânica, viabilizando a análise de algumas

técnicas analíticas como Espectrometria Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES).

O método da calcinação consome muito tempo, apesar de envolver menor manipulação e supervisão por parte do analista.

7.2 DIGESTÃO ÚMIDA

A decomposição úmida de material biológico através do uso de vários ácidos e reagentes oxidantes é de aplicação universal. O método de digestão úmida possui grandes vantagens sobre o método da calcinação, é mais rápido, remove mais eficientemente os resíduos orgânicos e utiliza temperaturas menores, resultando menores perdas por volatilização. [61]

Este tipo de digestão envolve o uso de uma grande quantidade de reagente e ácido mineral concentrado, acarretando o perigo de contaminação e altos valores de brancos, envolve mais manipulação por parte do analista, a formação de fumos agressivos requer o uso de capela. [62]

A digestão pode ser feita sob pressão normal em sistema aberto, bem como sob pressão elevada em sistemas fechados (bombas ou autoclaves). Os sistemas fechados são capazes de promover a digestão acima do ponto de ebulição do ácido ou misturas utilizados.

Enquanto avanços têm sido feito em relação à instrumentação analítica, métodos de digestão das amostras não tem mudado significativamente ao longo dos anos. Entretanto a necessidade de preparar grandes números de amostras em menor tempo e com maior eficiência tem sido suprido pelo desenvolvimento de instrumentos que analisam em tempo menor que o necessário para prepara-las.

Um dos avanços mais significativos que vem ocorrendo nesse campo consistem no uso de vasos selados de alta pressão(bombas ou autoclaves) e o uso de radiação de microondas, para efetuar ataques às amostras dos mais diversos minerais[63].

7.2.1 DECOMPOSIÇÃO UTILIZANDO ÁCIDO NÍTRICO (HNO₃)

Dentre as variedades de ácidos, o ácido nítrico é o único que pode ser usado sozinho na digestão úmida de amostra. Este ácido é um forte agente oxidante, porém, geralmente entra em ebulição a uma temperatura relativamente baixa. As vantagens desse ácido são a alta pureza e a solubilidade dos nitratos formados. O uso de apenas ácido nítrico é algumas vezes, insuficiente, assim, este é freqüentemente usado em combinações com outros ácidos. Misturas de ácido nítrico com outros ácidos, principalmente com ácidos sulfúrico e perclórico, são amplamente usados^[68, 69].

Ao utilizar-se o ácido nítrico concentrado em recipientes fechados, existem variáveis a considerar, incluindo a composição e a quantidade da amostra, a quantidade de ácido usado, o volume do recipiente disponível para a expansão dos gases, e a temperatura a ser usada^[64].

O ácido nítrico dissolve a maioria dos metais formando nitratos solúveis. Ele tem uma baixa força oxidante com concentrações abaixo de 2 M, mas é um ácido oxidante poderoso na forma concentrada. Sua força oxidante pode ser aumentada pela adição de clorato, permanganato, peróxido de hidrogênio ou bromo, ou aumentando a temperatura e pressão. A maioria dos metais e ligas são oxidadas pelo ácido nítrico com importantes exceções: a platina e o ouro não são oxidados pelo ácido nítrico e alguns metais são apassivados quando atacados por ácido nítrico concentrado. Estes metais podem ser dissolvidos por uso de uma combinação de ácidos ou por uma solução diluída de ácido nítrico. O ácido nítrico é um ácido mais poderoso quando usado em combinação com um ácido complexante como ácido clorídrico^[65].

7.3. DIGESTÃO ÚMIDA EM RECIPIENTES FECHADOS

O uso de recipientes fechados, sob forma de ampolas de vidros ou sílica, foi proposto por Carius em 1860^[66].

Cem anos depois, o uso de recipientes fechados, confeccionados com plásticos como politetrafluoretileno (PTFE) e, em menor escala, policarbonato. Uma redução do tempo necessário para digestão veio com o forro de Teflon em vasilhames fechados de aço utilizados para aquecimento denominados "bombas", sendo possível sua utilização em fornos. Embora ainda estejam em uso em muitos laboratórios, a desvantagem destes sistemas é sua falta de segurança e o intervalo de tempo (aproximadamente 20 min) necessário para o conteúdo dos vasilhames esfriar e a pressão interna a ser reduzida à níveis seguros [67,68].

7.4 DIGESTÃO ATRAVÉS DE BOMBAS DIGESTORAS

A introdução das bombas de digestão foi o primeiro passo na otimização dos procedimentos de decomposição de amostras. Seu uso permite a utilização de pressões elevadas na decomposição de amostras facilitando assim a sua decomposição. Os recipientes descritos na literatura, dos quais alguns modelos são fabricados comercialmente, são container de aço inoxidável contendo um invólucro interno de PTFE, como exemplo a figura 1 apresentada abaixo[69].



Figura 1 Bomba de teflon com invólucro utilizada na digestão das amostras estudadas

Bombas de digestão apresentam vantagens em relação à digestão em vasos abertos. A velocidade de reação e eficiência da decomposição ácida aumentam drasticamente com a temperatura logo, reações processadas a elevadas pressões e temperaturas requerem consideravelmente menos tempos para se tornarem completas do que decomposição limitadas ao ponto de ebulição dos ácidos. Uma das limitações é o risco inerente aos sistemas com pressão elevada e a necessidade de trabalhar com amostras pequenas, onde raramente ultrapassa de 1g. Seu uso prolongado pode levar à contaminação da amostra a partir das partes das bombas [70, 71, 72, 73].

O ácido nítrico tem sido largamente usado em recipientes fechados, principalmente na destruição da matéria orgânica. Entretanto é importante que se alerte para os riscos que podem estar presentes, no uso indiscriminado do ácido nítrico concentrado [74, 75].

7.6 DIGESTÃO ATRAVÉS DE IRRADIAÇÃO POR MICROONDAS

O uso de energia de microondas foi demonstrado a mais de 20 anos e, desde de então, diversos trabalhos têm sido publicados sobre suas aplicações em digestões [76, 77, 78].

Nos últimos anos houve um interesse crescente no uso do aquecimento por microondas em química analítica e ambiental. A dissolução de amostra usando microondas tornou-se um método padrão para preparação de amostras para análise elementar. Desde que o primeiro artigo foi publicado por Samra et al.¹ sobre o uso do aquecimento por microondas para digestão rápida de material biológico em 1975, levou 10 anos para haver um interesse mais amplo da comunidade de químicos analíticos na aplicação desta energia eletromagnética para preparação de amostras. Os dados apresentados na Figura 1 ilustram o crescimento notável da pesquisa na aplicação de radiação das microondas como uma fonte de energia para digestão de amostras.

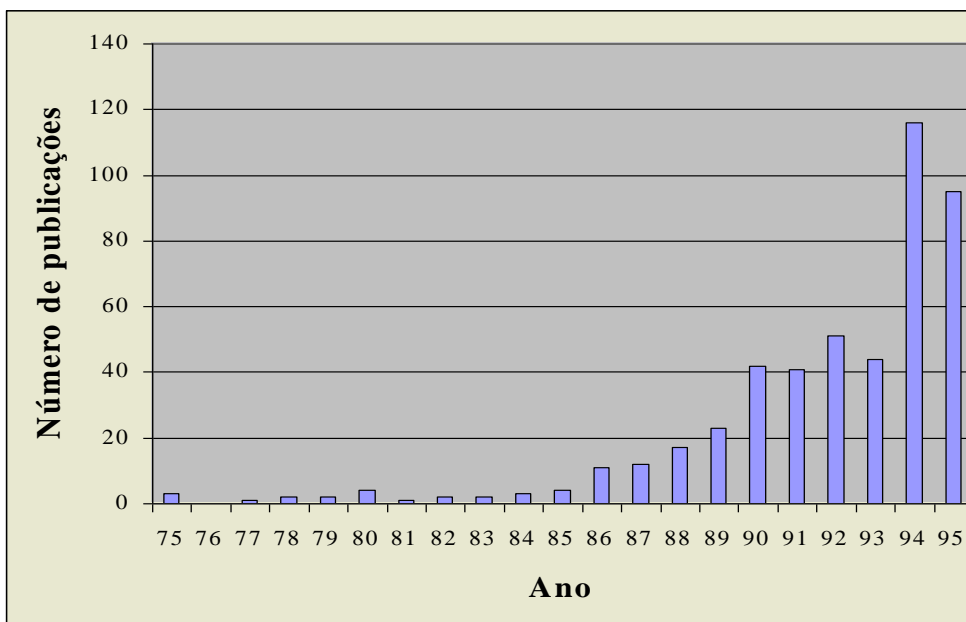


FIGURA1 Literatura anual sobre digestão de amostras utilizando forno de microondas

A digestão com microondas ocorre por interação direta com ondas eletromagnética com os reagentes a nível molecular, possibilitando a redução drástica dos tempos requeridos no processo de digestão, com elevadas temperaturas e pressão sendo alcançada em 1 – 2 minutos.

Nesta técnica são utilizadas bombas seladas totalmente construídas com polímeros inertes (transparente à radiação de microondas) e resistente a elevadas pressões e temperaturas^[79].

Materiais biológicos são mineralizadas com sucesso em recipientes fechados com microondas. Entretanto, as condições devem ser rigorosamente controladas, pois os gases produzidos na degradação dos produtos orgânicos e suas reações que ocorrem, freqüentemente exotérmicas, aumentarem a pressão do sistema. ^[80]

A segurança sempre foi considerada importante em Química Analítica e, especialmente durante o desenvolvimento de novos métodos. A nova técnica de decomposição ácida em forno de microondas, ou dissolução em vaso aberto ou fechado, introduziu fatores raros que muitos analistas não haviam encontrado. Combinações ácidas tradicionais, usadas para abrir uma matriz particular, podem ser inadequadas quando a radiações de microondas é

utilizada como fonte de calor. A escolha entre a digestão ácida tradicional e a utilizando a radiação microondas deve ser examinadas cuidadosamente, avaliando segurança, adequação e viabilidade [81].

O primeiro forno de microondas comercial chegou ao mercado. Estas eram unidades primitivas, gigantescas e extremamente caras, tendo 1,83 m de altura, pesando 340 kg, e valendo aproximadamente \$5000 cada. A Figura 2 mostra um dos primeiros fornos de microondas comerciais[82].



Figura 2 Um dos primeiros fornos de microondas comercial

A primeira unidade de microondas comercial para laboratório com controle de pressão e feedback em 1989, e a primeira unidade de microondas comercial para laboratório com controle de temperatura e feedback em 1992 permitiram um design mais rigoroso do controle de preparação de amostras por microondas. Como consequência destes desenvolvimentos, ocorreu uma evolução significativa dos vasilhames. A primeira geração de vasilhames fechados para forno de microondas eram todos de Teflon e projetados com

baixos limites de pressão, aproximadamente 7 atm. Estes vasilhames eram propensos a despressurização quando excedesse a capacidade de pressão limitadas deles. Estes limites de pressão diminuían conforme o tempo de uso do vasilhame devido à tensão por dissoluções anteriores. A segunda geração de vasilhames para forno de microondas era vasilhames encamisados. Tipicamente estes vasilhames foram construídos de Teflon e a tampa com um polímero (tipicamente polieterimida) isso aumentou o limite pressão dos vasilhames para até 20 atm. A terceira geração de vasilhames, também forrados, foi completamente redesenhada e capaz de suportar pressões extremamente altas, na faixa de 60 - 110 atm. A evolução dos vasilhames para forno de microondas e a capacidade para monitorar as condições das reações ao longo da digestão permitiu o estudo sistemático dos mecanismos da decomposição de várias matrizes.

7.3.2.1. EVOLUÇÃO DOS VASILHAMES FECHADOS PARA FORNO DE MICROONDAS

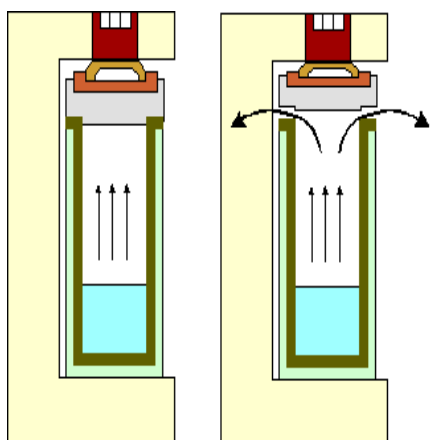


Figura 3 Vasilhames fechados com sistema de controle de pressão

A introdução de unidades de digestão por microondas comerciais no final dos anos 80, inicialmente com o controle de pressão e mais tarde com o controle de temperatura habilitou pesquisa e desenvolvimento de digestão por microondas mais fundamentais melhorando a reprodutibilidade e a transferibilidade dos procedimentos com microondas. As velocidades das reações de digestão são controladas primordialmente pela temperatura e apenas indiretamente através da pressão⁸. Sistema com controle com os ambos sistemas de controle de temperatura e pressão são apropriados para tipos específicos de digestões. Digestões que produzem pouco ou nenhum produto gasoso pode ser bem controlado através da pressão. Se a digestão da amostra produz uma pressão mínima, o aumento primário da pressão é devido aos ácidos ou solventes. Se a quantidade de solvente é dispensada com precisão em vasilhames idênticos, o controle de pressão por feedback vai reprodutivelmente repetir as condições da reação reproduzindo o perfil de temperatura por este controle secundário e relacionado. Porém, quando se digerem materiais que produzem quantidades significantes de gás, o controle da digestão através da pressão fica mais difícil^[83].

A pressão formada durante a digestão é a soma das pressões dos reagentes e a pressão dos produtos gasosos da digestão. Além disso, depende da composição da amostra e da quantidade. Para algumas digestões totais, isto pode não ser sério, mas se a reação é uma dissolução de material sólido onde as condições das reações são críticas para reproduzir a dissolução, este controle é crítico. Em outros casos, o controle através de ajuste e controle em tempo real da temperatura ^[84].



Figura 3 Forno por irradiação de microondas cedidas pela Provecta



Figura 4 Rotor para digestão múltipla em sistema carrossel

Os bons processos de dissolução dependem da escolha de reagente que são usados e o perfil específico da temperatura. Estes dois parâmetros estabelecem os mecanismos e a cinética das reações. Isto não só é importante para dissolução completa, mas também digestões reprodutíveis, solubilidade do analito, volatilidade de analito, estabilidade de espécie e a segurança. O processo de desenvolvimento de um novo processo de digestão por microondas envolve a identificando dos componentes primários das amostras,

entendimento da química exigida para decompor esses componentes e considerações sobre fatores de segurança. Para propor um procedimento de digestão deve ser consideradas a reatividade dos ácidos comuns na digestão e a reatividade das muitas matrizes que podem ser consideradas. Se os componentes primários são conhecidos, podem ser consultados procedimentos da literatura para determinar os procedimentos a serem adotados para decompor a matriz. Porém, também devem ser considerados os elementos específicos de interesse e a reatividade deles com os ácidos^[85].

8 ESPECTROMETRIA DE EMISSÃO ÓPTICA COM PLASMA INDUTIVAMENTE ACOPLADO

A técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio induzido (ICP OES) tem sido muito usada nos últimos anos para a determinação de íons metálicos em amostras diversas, com boa sensibilidade, precisão e rapidez, atomização efetiva e análise multielementar com uma ampla faixa de trabalho ^[86,87].

A Espectrometria de Emissão é uma técnica onde a fonte de excitação transforma uma amostra que se encontra inicialmente como sólido, líquido ou gás, em um plasma de átomos, íons e radicais moleculares que podem ser eletricamente excitados. A desativação radiativa desses estados excitados produz um quantum de luz que é então relacionado com o comprimento de onda, através de um espectrômetro ou espectrógrafo, e então o espectro de emissão é detectado por um aparelho fotográfico ou fotoelétrico ^[88].

O princípio do método é a emissão da radiação eletromagnética nas regiões visível e ultravioleta do espectro por átomos e íons após excitação eletrônica num gás plasma de alta temperatura, operando geralmente entre 180 e 900nm ^[89].

O ICP OES, é uma técnica analítica moderna, multielementar, que se baseia na propriedade dos átomos neutros ou íons monoatômicos, em estado gasoso, emitirem radiações em comprimentos de ondas característicos quando

são excitados termicamente e os elétrons retornam a um nível mais baixo de energia. O conjunto de radiações emitidas por uma espécie constitui o seu espectro de emissão, sendo que a avaliação dos comprimentos de onda permite a identificação dos elementos emissores e a medida da intensidade da radiação emitida será utilizada para determinar a concentração dos elementos presentes. Existem muitos caminhos para se fazer uma análise por espectrometria de emissão atômica. Geralmente, cada método envolve: excitação, dispersão, detecção e processamento de dados^[90, 92].

O ICP OES, tem se mostrado ser uma técnica de alta sensibilidade e com capacidade de fazer determinações simultâneas da maioria dos elementos da tabela periódica. Apresenta uma série de vantagens sobre as demais técnicas analíticas, sofrendo alguns tipos de interferências que influenciam nas determinações das análises. Essas interferências podem ser por efeito de matriz e espectral, sendo que as interferências espectrais estão relacionadas com o espectrômetro, e as por efeito de matriz estão relacionadas com o sistema de introdução de amostras e fonte de excitação ^[93].

De uma maneira geral, os principais componentes em um ICP OES são: Introdução da amostra, Plasma, Sistema óptico, Detector.

TABELA 1 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS DOS ELEMENTOS ANALISADOS POR ICP OES.

Elementos	Comprimento de onda(nm)	Limite de detecção		Bec(µg/L)	Correção de background
Zn	213,836	5	86	- 0,010	0,013
Mn	257,604	1	3	- 0,012	0,013
Fe	259,932	5	62	- 0,009	0,012
Cu	324,756	6	79	- 0,010	0,015
Mg	317,930	215	819	-0,013	0,015
Ca	279,055	51	476	-0,018	0,018

9 MATERIAL E MÉTODOS

9.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Durante os períodos de junho a agosto 2001 e dezembro a fevereiro de 2002, foram coletadas ao acaso, amostras de agrião de quatro localidades diferentes: Conceição de Jacuípe, Feira de Santana, Pirajá (agrião convencional) e Lauro de Freitas (agrião hidropônico). Em cada período foram realizadas cinco coletas, onde três maços de agrião foram escolhidos aleatoriamente, totalizando 60 amostras. As hortaliças adquiridas foram então acondicionadas em sacos de polietileno dobrados e colocados com fita gomada. Os sacos foram previamente etiquetados, com o nome do vegetal, localidade e data de coleta. Após a coleta as amostras foram levadas ao laboratório e colocado no refrigerador. O tempo de estocagem foi inferior a 24 horas.

9.2PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Inicialmente, as amostras de agrião foram lavadas em água desionizada para remoção de materiais particulados tais como: solo, poeira, resíduo industrial de defensivo agrícola e também da manipulação por parte do produtor durante a comercialização. Após a remoção das partes não analisadas, as amostras foram lavadas com solução de isorderme 2% e enxaguadas com água desionizada. Em seguida, secas com papéis absorventes e coladas em estufas de circulação forçada de ar a 40°C por 24 horas e determinado os teores de umidade. O material seco foi homogeneizado em liquidificador, previamente descontaminado com ácido nítrico a 10%. As amostras foram estocadas em embalagens de polietileno em dessecadores até a realização das análises.

9.3 ESCOLHA DO MÉTODO DE MINERALIZAÇÃO

Na primeira etapa do experimento utilizou-se amostras de agrião convencional procedente da cidade de Conceição de Jacuípe (CJ), para a escolha do método de mineralização a ser utilizado.

9.4 MINERALIZAÇÃO COM BOMBAS DE DIGESTÃO

Em copos de teflon foram colocados cerca de 0,5g da amostra, adicionando-se 10 mL de ácido nítrico concentrado e levados para uma estufa a temperatura de 105°C por um período de 10 horas. Após esse período, os copos de teflon permaneceram por uma hora na capela para evaporação dos gases. O material foi filtrado em papel de filtro e transferido para balões volumétricos de 50 mL e aferidos com água desionizada com ácido nítrico 5%. As soluções foram analisadas para determinações de Zn, Mn, Fe, Cu, Mg, Ca, por Espectrometria de Emissão óptica com Plasma Indutivamente Acoplado ICP OES. Foram preparados brancos, utilizando-se os mesmos procedimentos com adição de padrões para a verificação da recuperação dos metais. Todas as amostras foram feitas em triplicatas.

9.5 MINERALIZAÇÃO A SECO COM CONVERSÃO A CINZAS A 500°C

Em cadinhos de porcelana foram pesada cerca de 0,5g das amostras, as quais foram levadas ao forno mufla à temperatura de 500°C por 12 horas, até não existirem pontos escuros na massa calcinada. Caso persistam, adicionar algumas gotas de ácido nítrico concentrado e evaporar em placas de aquecimento. Voltar ao forno mufla e aquecer a 500°C, aumentando gradativamente, até o desaparecimento dos vestígios de carbono. Após a calcinação completa, a cinza deve ter uma aparência branca. Adicionar 1,2 mL

de ácido nítrico para dissolução das cinzas. Filtrar e transferir para balões volumétricos de 50 mL e diluir com água desionizada [83]. As soluções foram analisadas para determinações de Zn, Mn, Fe, Cu, Mg, Ca, por Espectrometria de Emissão óptica com Plasma Indutivamente Acoplado ICP OES. Foram preparados brancos, utilizando-se os mesmos procedimentos com adição de padrões para a verificação da recuperação dos metais. Todas as amostras foram feitas em triplicatas.

9.6 MINERALIZAÇÃO COM IRRADIAÇÃO POR MICROONDAS

Em tubo de teflon apropriado para forno de microondas pesou-se cerca de 0,5g de amostra, onde foram adicionadas as amostras 15mL de HNO₃. O programa do forno possui uma potência de 450W; uma temperatura de 550°C e um tempo de 20 min. Após esse período, os copos de teflon permaneceram por uma hora na capela para evaporação dos gases. O material foi filtrado em papel de filtro e transferido para balões volumétricos de 50 mL e aferidos com água desionizada com ácido nítrico 5%. As soluções foram analisadas para determinações de Zn, Mn, Fe, Cu, Mg, Ca, por Espectrometria de Emissão óptica com Plasma Indutivamente Acoplado ICP OES. Foram preparados brancos, utilizando-se os mesmos procedimentos com adição de padrões para a verificação da recuperação dos metais. Todas as amostras foram feitas em triplicatas.

Para a segunda etapa do experimento, as amostras de agrião foram procedentes de Conceição de Jacuípe (CJ), Feira de Santana (FS), Lauro de Freitas (LF) e Pirajá (PJ) Salvador. As amostras de agrião convencional foram adquiridas no mercado de folhas das Sete-Portas, Salvador – Bahia, e o agrião hidropônico no supermercado Bom Preço de Itapuã, proveniente da cidade de Lauro de Freitas (LF).

9.7 PREPARO DA CURVA ANALÍTICA

A curva analítica constitui-se no preparo de padrões aquosos, dentro de uma faixa de concentração adequada e comparações das emissões destes padrões com aquelas de solução aquosa das amostras. Os padrões das soluções multielementares dos metais estudados, foram preparados em meio ácido nítrico 5% a partir de solução padrão estoque de $1000\mu\text{g.mL}^{-1}$ de cada metal após sucessivas diluições.

As curvas analíticas foram obtidas no decorrer do trabalho, sob as condições instrumentais da tabela 2, de acordo com os resultados obtidos no instrumento, pode-se observar uma relação linear entre a emissão e a concentração do elemento.

9.8....EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

Balança analítica Mettler H – 20.

Placas de aquecimento QUIMIS MODELO 313

Estufa Retilínea Fanen MODELO 320

Mufla VULCAM, modelo 3 – 555.

Cadinhos de porcelana

Conjunto de Digestão sob Pressão (Bombas de Decomposição)

Forno de Irradiação por Microondas PROVECTA potência de 450W.

Temperatura de 550°C tempo de 20 min.

Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP – OES) Seqüencial Marca ARL, MODELO 341, Mini Tocha.

9.8 SOLUÇÕES E REAGENTES

Ácido nítrico Merck

Solução padrão de zinco (II) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada.

Solução padrão de Fe (III) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada,

Solução de Cu (II) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada.

Solução de Mn (II) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada.

Solução de Ca (II) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada.

Solução de Mg (II) [1000 µg / mL]. A partir de solução ampola Merck, dissolvida em água desionizada.

9.9 AMOSTRAS DE REFERÊNCIAS

Folhas de maçã NIST 1515

Folhas de pomar MRS1571.

9.10....MATRIZES ANALISADAS

Agrião convencional

Agrião hidropônico,

1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

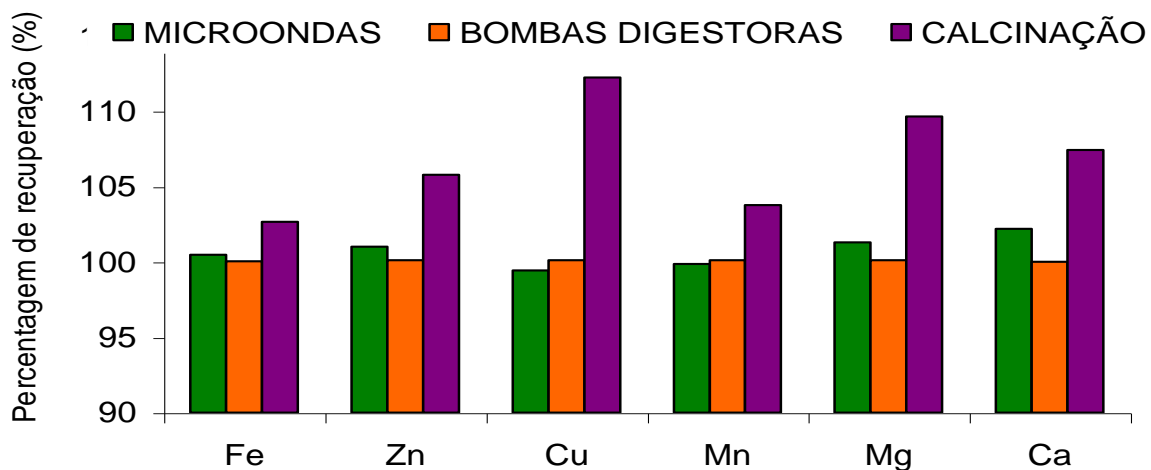
10.1 ESCOLHA DO MÉTODO DE MINERALIZAÇÃO

A importância de se conhecer a composição de minerais, a níveis de traços, em alimentos é necessária para se estabelecer níveis seguros de ingestão destes. Entretanto, a elaboração de uma tabela de composição mineral a nível regional, auxilia os profissionais da área de saúde, médica e nutricionistas, na elaboração de dietas adequadas à população local.

A primeira etapa do trabalho foi realizada, visando determinar a escolha do método de mineralização. Os métodos utilizados foram: calcinação, bombas digestoras e irradiação por microondas. A mineralização através da irradiação por microondas e bombas digestoras foram mais eficazes, por apresentar uma melhor recuperação, do que o método da calcinação, que apresentou alta contaminação, conforme pode ser visto na figura 1. Esta contaminação pode ser devido a vários fatores, tais como: o sistema é aberto, perdas por volatilização, dentre outros.

. Deste modo, o método de mineralização escolhido foi à irradiação por microondas, devido às vantagens apresentadas diante dos demais métodos, tais como: maior segurança, devido o sistema ser fechado, o tempo de mineralização é menor, menor perda por volatilização, dentre outras. Por outro lado, a digestão com bombas digestoras, também mostrou ser um método eficiente como mostra a figura 1

FIGURA 1 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE MINERALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE AGRIÃO CONVENCIONAL PROVENIENTES DA CIDADE DE CONCEIÇÃO DE JACUÍPE (CJ).



10.1.1 MINERALIZAÇÃO UTILIZANDO BOMBAS DIGESTORAS

A mineralização com bombas digestoras é um sistema simples, onde a sua utilização é justificada por apresentarem vantagens significativas, dentre elas: O tempo de decomposição é menor em relação a outros métodos convencionais, requer pequenas quantidades de ácidos, bem como, menores perdas dos elementos voláteis. No entanto, uma das limitações é o risco inerente aos sistemas com pressão elevada e a necessidade de trabalhar com amostras em torno de um grama [91]. Na tabela 4 apresentam-se os resultados obtidos da mineralização das amostras de agrião convencional por bombas digestoras.

Tabela 1: Resultados obtidos através da mineralização com bombas digestoras das amostras de agrião convencional procedente da cidade de Conceição de Jacuípe (CJ).

Metais	Valor da concentração (mg/100g)	Recuperação (%)
Fe	10,26 ± 0.21	100,05
Zn	6,55 ± 0.51	100,10
Cu	0,41 ± 0.38	100,30
Mn	6,38 ± 0.36	101,25
Mg	82,78 ± 24.79	98,36
Ca	2076,60 ± 29,82	101,28

10.1.2 MINERALIZAÇÃO UTILIZANDO IRRADIAÇÃO POR MICROONDAS

A mineralização utilizando a irradiação por microondas ocorre por interação direta de ondas eletromagnéticas, com reagentes a nível molecular, possibilitando a redução dos tempos requeridos no processo de digestão.

A irradiação por microondas é uma técnica de decomposição ácida moderna, onde a mineralização é mais rápida, do que as demais técnicas empregadas, tendo como desvantagem o alto custo. [92]

Tabela 2: Resultados obtidos da mineralização através da irradiação por microondas, de amostras de agrião convencional procedentes da cidade de Conceição de Jacuípe (CJ).

Metais	Valor da concentração (mg/100g)	Recuperação (%)
Fe	10,48 ± 0,32	102,67
Zn	6,67 ± 0,17	105,77
Cu	0,37 ± 0,41	112,23
Mn	4,31 ± 2,37	103,77
Mg	835,09 ± 3,40	109,65
Ca	2776,46 ± 14,36	107,44

Comparando os resultados das tabelas 3 e 4, pode-se observar, que os teores em mg/100g dos minerais são próximos, possibilitando a mineralização por ambos os métodos. No entanto, os teores da concentração de cálcio foram maiores.

10.2 SEGUNDA ETAPA

10.2.1 DETERMINAÇÃO DA UMIDADE

Uma vez escolhido o método de mineralização, iniciou-se a segunda etapa do experimento, onde as amostras foram mineralizadas pelo método escolhido, microondas [91].

Os resultados apresentados na figura 2 e na tabela 5 mostram a comparação dos teores médios de umidade das amostras de agrião coletadas nas estações verão e inverno, procedentes de Conceição de Jacuípe (CJ, agrião convencional), Feira de Santana (FS, agrião convencional), Pirajá (PJ, agrião convencional) e Lauro de Freitas (LF, agrião hidropônico).

FIGURA 2 COMPARAÇÃO DOS TEORES MÉDIOS DE UMIDADE DAS AMOSTRAS DE AGRIÃO CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO NO VERÃO E INVERNO, PROCEDENTES DAS DIFERENTES CIDADES.

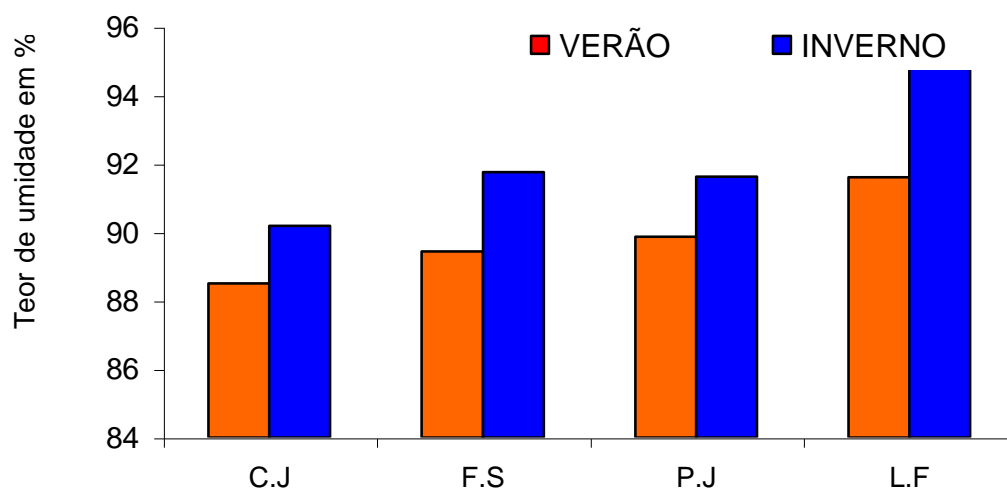


Tabela 3: Teores médios de umidade das amostras de agrião em g/100g

Cidades	Tipo	Teor médio de umidade (%)	
		Inverno	Verão
Conceição do Jacuípe	Convencional	90,19	88,50
Feira de Santana	Convencional	91,75	89,40
Pirajá	Convencional	91,63	89,80
Lauro de Freitas	Hidropônico	94,93	91,60

Considera-se geralmente como umidade, a água e substâncias voláteis presentes em um alimento, correspondendo a perda em peso sofrida pelo produto quando aquecida em condições nas quais a água é removida. O aquecimento direto a 105°C em estufa é o processo mais usual, apesar de existirem outras técnicas. Na realidade, não somente a água é removida, mas outras substâncias que se volatilizam nessas condições[53,60].

10.1.2 DETERMINAÇÃO DE MINERAIS

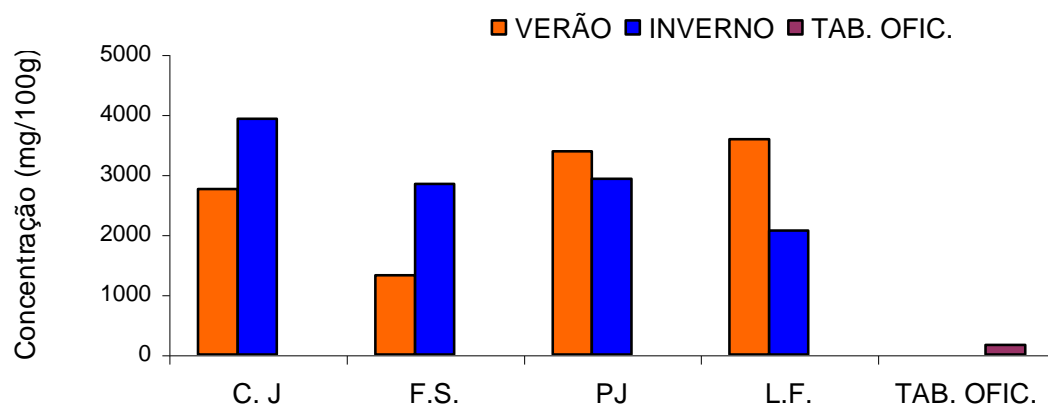
Os resultados dos teores de minerais, cálcio, magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre, do agrião convencional e hidropônico, estão apresentados nas figuras. ,5,6, 7 e 8.

CÁLCIO

O corpo humano necessita de cálcio ao longo da vida, especialmente durante os períodos de crescimento, gestação e lactação. O cálcio é o mineral mais abundante no organismo. Ele representa 1,5% do peso corpóreo e 99% estão nos tecidos duros, tais como: ossos e dentes o restante estão presentes no sangue.[ref].

A figura abaixo mostra a comparação dos teores de cálcio nas amostra de agrião coletadas no inverno e verão, bem como, de uma tabela de composição química utilizada no Brasil [2].

FIGURA 3: COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE Ca NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO CONVENCIONAL E HIDROPÔNICO COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE SALVADOR NO VERÃO E NO INVERNO



Nas amostras de agrião convencional, o mineral cálcio obteve, maiores teores nas cidades de conceição de Jacuípe (CJ) $3928,14 \pm 166\text{mg}/100\text{g}$, e Feira de Santana (FS) $2842,01 \pm 85,19\text{mg}/100\text{g}$.

Na estação de verão, as cidades que apresentaram os maiores teores destes minerais foram: Pirajá (PJ) $3387,00 \pm 58,96\text{mg}/100\text{g}$, no agrião hidropônico da cidade de Lauro de Freitas (LF) $3585,38 \pm 114,02\text{mg}/100\text{g}$.

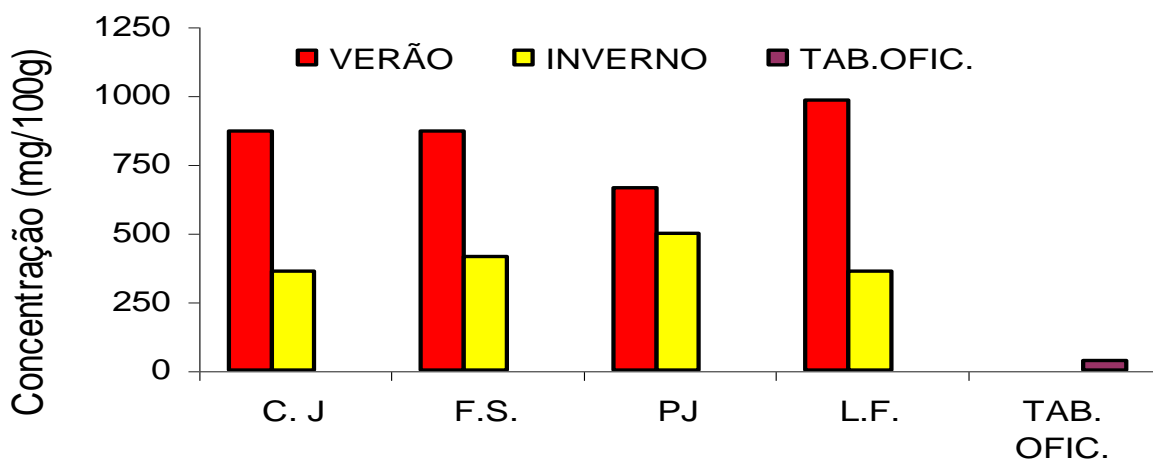
Diante dos resultados encontrados, pode-se observar que os teores de cálcio no agrião convencional e hidropônico foram diferentes dos encontrados na literatura, como por exemplo: ENDEF, 1996, $117\text{mg}/100\text{g}$; FRANCO, 2001, $168\text{mg}/100\text{g}$ e PHILIPPI 2002 $180.000\text{mg}/100\text{g}$ {COMPLETAR}.

As recomendações diárias para o mineral cálcio, encontram-se na.(ESCREVER). Nas recomendações diárias de ingesta de cálcio, observa-se uma quantidade deste mineral, deste modo, o agrião como sendo uma excelente

Dos minerais avaliados o agrião tanto hidropônico, quanto convencional possui quantidades significativas, sendo o cálcio o mineral de maior expressão.

(b) MAGNÉSIO

FIGURA 4 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE MG NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE SALVADOR NO INVERNO E NO VERÃO



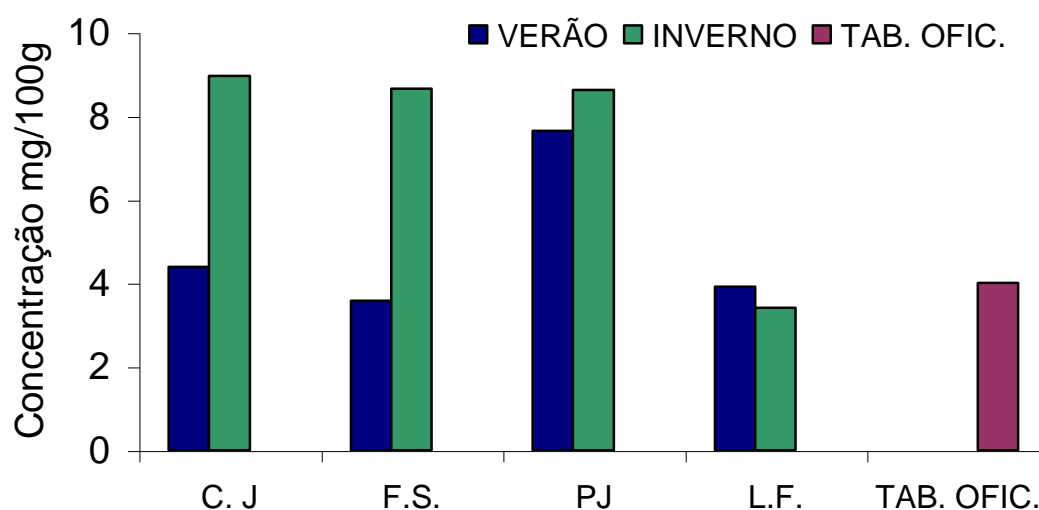
O ser humano adulto possui aproximadamente 20 a 28 gramas de magnésio no organismo. Cerca de 60% é encontrado nos ossos, 26% nos músculos e os restantes nos tecidos moles e líquidos corporais.(ref)

Em relação a quantidade de magnésio nas amostras analisadas, a mesma apresenta resultados expressivos. As amostras de magnésio de agrião convencionais e hidropônicas foram o segundo mineral com maior teor na estação de verão, para todas as cidades em estudos: Conceição de Jacuípe (CJ) $360,32 \pm 12,89$ mg/100g, Feira de Santana (FS) $413,09 \pm 12,90$ mg/100g, Pirajá (PJ) $663,30 \pm 23,12$ mg/100g e Lauro de Freitas (LF) agrião hidropônico $980,68 \pm 48,02$ mg/100g. Estes valores foram superiores, quando comparados com a tabela oficial.

O teor literário para este mineral é, FRANCO, 2001 (4,0mg/100g), no entanto, as recomendações diárias estabelecem para o homem na faixa etária de 11 a mais de 51 anos, uma quantidade de (2 a 5 mg/100g). Então os valores encontrados, tanto na estação de inverno como no verão, estão dentro da faixa recomendadas.

(c) MANGANÊS

FIGURA 5 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE Mn NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE SALVADOR NO VERÃO E INVERNO



Neste mineral existe 10 a 20 μg de manganês no organismo do homem adulto. A quantidade deste elemento tende a ser alto no tecido rico em mitocôndrias, cuja concentração varia de 1 a 200 $\mu\text{g}/\text{L}$.

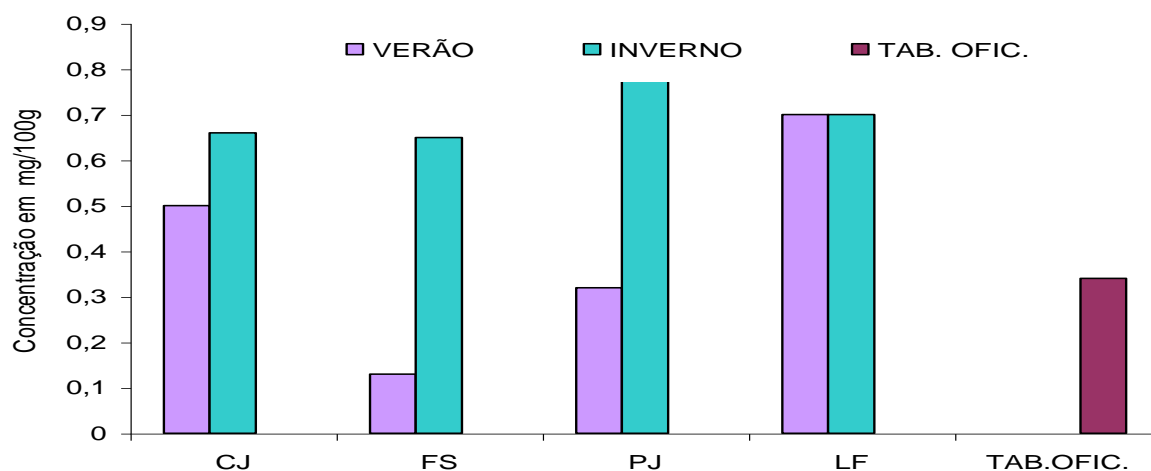
Os teores das amostras de agrião convencional na estação de inverno foram maiores para todas as cidades em estudos. Conceição de Jacuípe $8,96 \pm 0,47 \text{ mg}/100\text{g}$, Feira de Santana (FS) $8,65 \pm 0,47 \text{ mg}/100\text{g}$ e Pirajá (PJ) $8,63 \pm 1,67 \text{ mg}/100\text{g}$.

No agrião hidropônico, em ambas as estações os teores foram próximos no verão $3,41 \pm 1,19 \text{ mg}/100\text{g}$ e no inverno $3,91 \pm 0,09$. Estes valores quando comparados com o tabelado, como por exemplo: (4,0 $\text{mg}/100\text{g}$). No entanto as recomendações diárias, para um adulto são de: 2,0 a 5,0 $\text{mg}/(100\text{g})$. Então os teores encontrados de agrião hidropônico, tanto na estação de inverno quanto

de verão, estão dentro a faixa recomendada. Enquanto que o agrião convencional ocorreu uma variação, muito significativa.

(d) COBRE

FIGURA 6 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE Cu NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE SALVADOR NO VERÃO E INVERNO.



O teor do mineral no corpo de um homem adulto de 70Kg, contém 80 a 120mg de cobre. As concentrações são maiores no cérebro, rins e coração.

As amostras de agrião convencional na estação de inverno foram superiores ao de verão Conceição de jacuípe $0,66 \pm 0,49$ mg/100g, Feira de Santana (FS) $0,65 \pm 0,46$ mg/100g e Pirajá (PJ) $0,78 \pm 0,17$ mg/100g.

O agrião hidropônico, os teores para ambas estações os valores são os mesmos 0,31mg/100g.

Os teores da literatura, FRANCO, 2001, (0,34mg/100g); Assis et ali 2002, variou de (0,10 a 0,1 mg/100g).

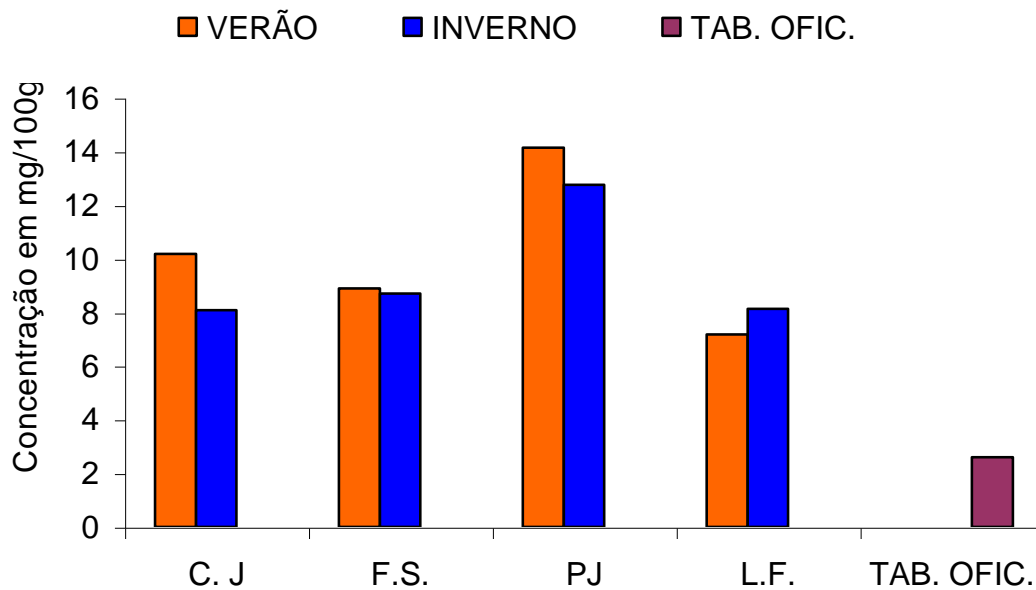
As recomendações diárias para o homem de 11 a 51 anos são necessárias consumir (1,5 a 3,0 mg/100g). Os valores encontrados no agrião hidropônico e convencional, na estação de inverno e verão, foram inferiores ao

recomendados, porém para lactantes e crianças estão dentro da faixa dos valores requeridos pela tabela de ingestão diária.

Os teores de cobre aproximaram-se dos valores da tabela oficial e na estação verão as cidades de Feira de Santana e Pirajá os valores estão menores.

(e) FERRO

FIGURA 7 COMPARAÇÃO DOS TEORES DE Fe NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO COMERCIALIZADAS NA CIDADE DE SALVADOR NO VERÃO E INVERNO



O corpo humano contém 5 a 7 de ferro, cerca de 65 a 70% estão na hemoglobina, 15% ficam armazenados no fígado, baço, medula e rim. O restante participa na formação de proteína.

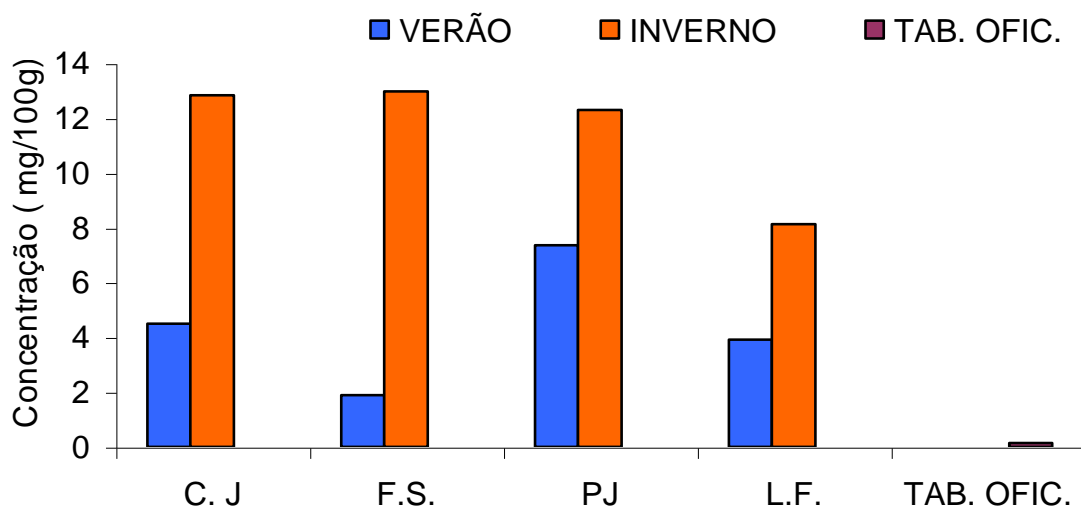
As amostras que possui o mineral ferro, apresentou-se na estação de inverno $14,15 \pm 3,15 \text{ mg}/100\text{g}$ e no verão $12,76 \pm 2,57 \text{ mg}/100\text{g}$ maiores teores em Pirajá (PJ) e estes foram bem superiores aos valores tabelados. A cidade de Feira de Santana (FS), quase que não houve variação.

Os valores literários ENDEF, 1996 (1,9 mg/100g), FRANCO, 2001 (2,6 mg/100g), FOOD PRODUCTION ENCYCOPLEDIA (ano) (1,7 mg/100g), pode-se notar que os valores tabelados são diferentes e comparando-se com a figura 7, também os valores encontrados são bem maiores.

No entanto, para o homem de 11 a 51 anos a recomenda-se a ingestão diária para o ferro e de (10 a 18 mg/100g), para lactantes e crianças, também é recomendável, todavia, para mulheres em gestação não é recomendável, devido ao fato desta hortaliça ser abortiva.

(f) ZINCO

FIGURA 8 COMPARAÇÃO DA QUANTIDADE DE Zn NAS AMOSTRAS DE AGRIÃO COMERCIALIZADA NA CIDADE DE SALVADOR NO VERÃO E INVERNO.



O mineral zinco é abundante nas plantas, microorganismos e animais. Existe 1,4 a 2,3 gramas de zinco no corpo adulto. O fígado, pâncreas, rins e músculos, possuem a maior concentração.

Na estação de inverno, as amostras de agrião convencionais contêm os maiores teores de zinco, em todas as cidades: Conceição de jacuípe, $12,83 \pm 0,51$ mg/100g, Feira de Santana (FS) $12,98 \pm 0,51$ mg/100g e Pirajá (PJ) $12,29 \pm 0,91$ mg/100g.

No agrião hidropônico, na estação de verão a cidade de Feira de Santana, foi encontrada o menor teor deste mineral $3,41 \pm 1,19$ mg/100g. Estes valores quando comparados com os valores tabelados encontraram-se superiores, como por exemplo: FRANCO, 2001, (0,15mg/100g) e Assis et ali, 2002, (0,19 a

0,20mg/100g). No entanto, as recomendações diárias estabelecem para o homem 11 a 51 anos um teor meio de (12 a 18mg/100g).

Relacionando os teores dos minerais das tabelas 7,8 e 9 com os teores encontrados no estudo do agrião convencional e hidropônico na estação de verão e inverno, pode-se observar que os minerais em estudos foram maiores. Isto ocorre devido a vários fatores que devem ser levados em conta, tais como: solo, umidade, luminosidade, temperatura e regionalidade, visto que o Brasil é um país continental, torna-se muito difícil encontrar valores próximos, para as hortaliças e modo geral.

Segundo Assis et ali [94], onde os pesquisadores analisaram agrião convencional para os minerais cobre e zinco, os valores encontrados também foram diferentes, dos valores da tabela oficial, o que comprova a variação dos fatores externos.

Ocorreu uma variação grande para alguns minerais estudados, nas estações de verão e inverno. O mineral cálcio a sua variação não foi significativa, entre os agriões convencionais e hidropônicos de acordo com as recomendações diárias, como ocorreu com o magnésio, o teor foram maiores no verão como foi mostrado.

As tabelas de resultados encontrados, recomendações diárias e as tabelas oficiais, mostraram que os valores, das recomendações e os valores encontrados estão coerentes.

TABELA 2 RESULTAOS OBTIOS NA MINERALIZAÇÃO DO MATERIAL E REFERÊNCIA ANALIZADO

Elementos	Folhas e maçã		Folha de pomar	
	SRM1515		SRM 1517	
	Valor certificado	Valor encontrado	Valor certificado	Valor encontrado
Cálcio %	1,52 ±0,015	1,52± 0,03	2,09±0,03	1,94±0,06
Magnésio%	0,271± 0,008	0,270±0,01	0,620±0,02	0,570±0,01
Zinco µg/g	12,5 ± 0,3	13,3±0,4	25,0±3	25,0±0,4
Cobre µg/g	5,54 ± 3	6,16±1,8	12,0±1	13,0±2,1
Manganês µg/g	54,0 ± 3	53,0±1,1	91,0±4	83,0±1,8
Ferro µg/g	83,0 ± 5	85,0±4,4	270±20	257,0±8,3

11 CONCLUSÃO

A recuperação dos metais foi em torno de 95%;

O método escolhido para a mineralização das amostras, foi à irradiação por microondas, por ter uma melhor eficiência e o tempo de dissolução é menor além de ser um método moderno;

O forno de microondas tornou-se, é uma ferramenta indispensável nos laboratórios de análises, podendo atender dessa forma a demanda por resultados rápidos e confiáveis.

O agrião apresenta concentrações de minerais diferentes dos valores apresentados nas Tabelas de Composição Mineral dos Alimentos encontrada na literatura;

O cálcio e o magnésio foram os elementos que apresentaram teores bem expressivos em mg/100g;

O cobre apresentou a menor quantidade de minerais; dentre os elementos estudados;

Houve variações nos teores nas estações de verão e inverno;

A regionalidade é um fator importante na determinação dos teores dos minerais;

Deve-se salientar que o agrião possui um alto valor nutricional, comprovando assim a sua importância na alimentação humana;

Esta hortaliça, não é recomendado para mulheres grávidas, devido ao fato de ser abortivo;

Diante destes resultados, verificou-se a necessidade da construção de uma Tabela de Composição Mineral Regional.

[¹] CRAWFORD, A. M. D; Seleção e Preparo. Distribuidora Record de Serviços de Imprensa. Rio de Janeiro. 387p,1966

[²] FRANCO, G.. **Tabela de Composição Química dos Alimentos** 9 ed.;São Paulo, Atheneu, 2001,307p.

[³] ALFONS, B. BOARIM, D.S.F. *As Hortaliças na Medicina Natural* ; 2^a. EDIÇÃO 1992, p.36 - 44

[⁴] Revista, Atualizada e Condensada, *As Hortaliças Na Medicina Domesticas* Edições Vida Plena 26^a Itaquaquecetuba – São Paulo.

[⁵] PIMENTEL, A. PANTOJA; *Olericultura no Trópico Úmido Hortaliças na Amazônia*, SÃO PAULO: ED. AGRONÔMICA “CERES” LTDA ,1985.

[⁶] http://www.tanamesa.com.br/rio/tnm_news/nutrinews/index_230501.htm.

[⁷]<http://www.clubedofazendeiro.com.br/GuiaProd/GuiaProduto.asp?codigo=58&Item=6>

[⁸] LAJOLO,F.M. Grupo de trabalho: Composição de Alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, SBCTA, v. 29, n. 1, p. 57-69, 1995.

[⁹] Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - FIBGE . *ESTUDO NACIONAL DE DEFESA FAMILIAR*; (ENDEF) Tabela de composição de Alimentos; v.3; p.137; Ed 4^a; Publicações Especiais; Rio de Janeiro; 1996

[¹⁰] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Estudo Nacional da Despesa Familiar. Tabelas de Composição de Alimentos, 4ed, Rio de Janeiro, 1996, 137p.

[¹¹] Furlani, P. R.; *A Hidroponia Moderna*, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC).

[¹²] Alberone, R. B.; *Hidroponia* , Editora: Nobel 1998.

[¹³] Douglas, J. S. e Mangifiaco, S.; *Hidroponia,cultura sem terra*, São Paulo, 2002.

[¹⁴] Santos, R.C., *FLORES D'ÁGUA AGRICULTURA*, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP Jornal da Pg 20 ,Unicamp Janeiro de 2001.

[¹⁵] BETTYE. M. JACOBS, E.; *Como Cultivar e Utilizar com Sucesso*, Editora: Nobel, Edição: 1, ANO sd.

[¹⁶] Carmello, Q. A. C., *Solução Nutritiva Nutrição de Plantas do Departamento de Química da ESALQ - USP*. - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e pelo IAC -Instituto Agrônomo de Campinas.

[¹⁷] AGROCERES, Igarapé, 43 p. (Apostila) 1996.

[¹⁸] SUTCLIFFE, J. F.; *AS PLANTAS E A ÁGUA*, [Tradução de Héstia Etedo Tenfuss Maciel] USP; São Paulo; 1980.

[¹⁹] FURLANI, P. R.; *Cultivo de Alface Pela Técnica de Hidroponia - NFT*. Campinas, Instituto Agrônomo, 18 p. (Documento IAC,55), 199.

[²⁰] MORGANO, M. A, QUEIROZ, S. C. Nascimento e FERREIRA, Márcia Miguel Castro. *Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES)*. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, set./dez. 1999, vol.19, no.3, p.344-348. ISSN 0101-2061.

[²¹] Moraes, C. A. G. , *HIDROPONIA - COMO CULTIVAR TOMATES EM SISTEMA NFT* (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes).

[²²] Hydroconsult online; *produtos e projetos em Cultivo sem Solo*. Veja www.hidroponia.com.br, Campinas – SP, 2002

[²³] BRASIL, *Leis e Decretos. Resolução 12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões de alimentos, Compêndio da Legislação de Alimentos, Consolidação de Normas e Padrões de Alimentos*. 1978.

[²⁴] Cobbe A. Vicente E Jabuonski R, Eurides, *A IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL DAS PLANTAS OLERÍCOLAS* Anais do Simpósio Sobre Nutrição E Adubação De Hortaliças, Jabuticabal –Sp, 22 A 25 De Outubro 1990.

[²⁵] <http://www.lowcucar.com.br/site/vidasaudavel/piramidedosalimentos4.ht>

[²⁶] BENEVIDES, C. M. J. e FURTUNATO, D. M. N.; *HORTALIÇAS ACIDIFICADAS*. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, vol.18, no.3, p.271-274. ISSN 0101-2061, Ago./Out. 1998.

[²⁷] Filgueira, Fernando Antônio Reis; *Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças*. São Paulo, Ed. Ceres, 1972.

[²⁸] Vanderlinde, B. L. Daleth W. e SASAKI, R.; ***Atividade pró-vitáminica a de folhas brasileiras, cruas e cozidas***. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* v.20 n.1 Campinas 1999.

[²⁹] LAJOLO, F.M. Grupo de trabalho: Composição de Alimentos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos-SBCTA*, v.29, n.1, p.57-69, 1995.

[²⁹] HOLDEN, J.M. *Assessment of the quality of data in nutritional databases*. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos-SBCTA*, v.31, n.2, p. 105- 108, 1997.

[³⁰] PEDROSA² L. F. *COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE MINERAIS E PEIXES CRUS E COZIDOS DA CIDADE DE NATAL/RN* *Ciênc. Tecnol. Aliment.* v.20 n.2 Campinas . 2000.

[³¹] PEDROSA² L. F.*; Franciscato, S. M. *COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E DE MINERAIS DE MARISCOS CRUS E COZIDOS DA CIDADE DE NATAL/RN* Ciênc. Tecnol. Aliment. v.21 n.2 Campinas maio/ago. 2001.

[³²] BELITZ, H. D.; GROSCH, W. *Química de los alimentos*. 2ed. Zaragoza: Acribia, 2000, 1087p

[³³] COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de minerais. **Revista de Nutrição da PUCCAMP**. Campinas, v. 10, n. 2, p. 87-98, jul/dez, 1997.

[³⁴] PHILIPPI, S.T., L., C., R.,N. *ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TABELAS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ALIMENTOS, PARA AVALIAÇÃO DE DIETAS*. Ver. de Nutrição da Puc Camp, São Paulo, V.8, N.2, P.200-213.

[³⁵] MALAVOLTA, E. E. *NUTRIÇÃO MINERAL DAS PLANTAS PRINCÍPIO E PERSPECTIVAS*, Escola Superior de Agricultura, USP, 1975.

[³⁶] Castro, P.R.C; Awad, M. *ABSORÇÃO E TRANSPORTE DE ELEMENTOS* Escola Superior de Agricultura, USP

[³⁷] Camargo, P. N.; *PRINCÍPIOS DE NUTRIÇÃO FOLIAR* Escola Superior de Agricultura, USP, 1979.

[³⁸] ANGELIS, R.C. *Fome Oculta, Impacto para a População do Brasil*. Liv. Atheneu, São Paulo, SP, 1999, 36p.

[³⁹] FORBES, R.M.; PARKER,H.M.; ERDMAN,J.W.; Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 114, n.7 p. 1421-1425, july, 1984

[⁴⁰] MAGA, J. A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bethesda, v. 30, n. 1, p. 1-9, 1982

[⁴¹] SGARBIERI, V. C. **Alimentação e Nutrição. Fator de Saúde e Desenvolvimento**. São Paulo, ed. UNICAMP, 1987, 387p.

[⁴²]LUENGO, R.F.A, Parente, M. R. Lima, M. F. B.F., Parmangnani, M. R.;**Tabela de Composição das Hortaliças Brasília:Embrapa Hortaliças**, 2000.

[⁴³] MORGANO, M. A, et al. Avaliação Química e Nutricional da farinha composta. Relatório final. INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. ITAL, Campinas, 1995, 10p

[⁴⁴] ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONTAMINANTES INORGÂNICOS, 8., E SIMPÓSIO SOBRE ESSENCIALIDADE DE ELEMENTOS NA NUTRIÇÃO HUMANA 3., Rio de Janeiro: **Resumos**, 2002, p. 53-54.

[⁴⁵]ODUMODU, C. U. Antinutrients content of some locally available legumes and cereals in Nigeria. **Journal Tropical and Geographical Medicine**. v. 44,n. 3, p. 260-263, 1992.

[⁴⁶] Barros, L., F., *DEFINIÇÃO DE HIDROPONIA*, Escola Profissional Agrícola Torres Vedras – Portugal

[⁴⁷] MOHMER, A. E.; Trace element levels in same kids of date. **Food Chemistry** 70 (2000) 9-12

[⁴⁸] Santos, H. C. Avaliação de quatro Métodos Alternativos na Mineralização de Frutas Regionais para Análise por Espectrometria Atômica, 1998. Exame de Dissertação (Mestre em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia.

[⁴⁹] AWAD, M.; CASTRO, P.R.C.; *INTRODUÇÃO À FISIOLOGIA VEGETAL*, SÃO PAULO, ED. NOBEL, 1983.

[⁵⁰] SUCTCLIFFE, James Frederick. *AS PLANTAS E A ÁGUA* [Tradução de Hestia Ettedo Tenffus Maciel]; São Paulo: EPU; USP – 1980.

[⁵¹] KRAMER, Paul Jackson; *WATER RELATION OF PLANTS*, Department of Botany; Duke University; 1983.

[⁵²] CRAVES, F. MANGANESE BALANCE AND CLINICAL OBSERVATION IN YOUNG MEN FED A MANGANESE DEFICIENT, *Journal of Nutrition*, v.117, p.133 – 143, 1987.

[⁵²] O'DELL, B.L. ; BURPO,C.E.; SAVAGE,J.E. Evaluation of zinc availability in foodstuffs of plant and animal origin. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 102,n.5,p.653-0660, may1972

[⁵³] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*, 16^a ed., AOAC. Washington,D.C., 1141,1995

[⁵⁴] SEVERINO, J. A. Metodologia do Trabalho Científico. 20^o ed. São Paulo : Cortês. 1996. 272 p.

[⁵⁵]MAGALHÃES, J.R. DIAGNOSE DE DESORDENS NUTRICIONAIS EM HORTALIÇAS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças – CNPH; Brasília – DF, 1988.

[⁵⁶] NÓBREGA, A. J. Preparo de Amostras. In: CURSO DE PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS DE SOLUBILIZAÇÃO DE AMOSTRAS, 1998 . São Carlos . Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos. 1998. 45 p.

[⁵⁷] VOGEL A..I. Análise Química Quantitativa. Revista por G.H. Jeffery, J. Basset, J. Mendlam & R. C. Denney. Tradução por Horácio Macedo . 5^a Ed. Rio de Janeiro : LTC – Livros Técnicos e Científicos. 1992. 712 p. Tradução de *Textbook of Qualitative Chemical Analysis*

[⁵⁸] Epstein, Emanuel; *MINERAL NUTRITION OF PLANTS: PRINCIPLE AND PERRSPESCTIVES* Departament of soils and Plant Nutrition – University of California – Davis; 1978.

[⁵⁹] SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (SBCTA) & ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROFISSIONAIS DE QUALIDADE DE ALIMENTOS (PROFIQUA). Amostragem de Alimentos para Empresas de Alimentos . 1ª ed. Campinas – SP : SBCTA. 1995, 36 p. (Manual Série Qualidade).

[⁶⁰] INSTITUTO ADOLFO LUTZ. NORMAS Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3ª ed. São Paulo:IAL, 1985, V.1. 533p.

[⁶¹] BENNEDETTI – PICHLER , A. A. – Essentials of Quantitative Analysis on Introduction to the Basic Unit Operations . The Ronald Press Company – New York. 1956 . 666 p.

[⁶²] JURAN, J. M. & GRAYNA, F. M. – Controle de Qualidade . Métodos Estatísticos Clássicos Aplicados à Qualidade. Vol. VI. Tradução por: Maria Claudia de O. Santos . São Paulo : Mc Graw – Hill Ltda. 1992. 487 p. Tradução de Quality Control Handbook- 4 th edition

[⁶³]DELVES, H.T. *COPPER AND ZINC* In: In: MCKENZIE, H.A.; SMYTHE, L.E., Ed. *QUANTITATIVE TRACE ANALYSES OF BIOLOGICAL MATERIALS* . Local: Elsevier Science Publishers. 1988, p – 439 – 450.

.

[⁶⁴]PRASSAD, A . S. *ZINC DEFICIENCY IN WOMEN, INFANTS AND CHILDREN*, *Juornal Americam Nutrition*, v. 67, p. 113 – 120, 1996.

[⁶⁵] CRAVES, F. *MANGANESE BALANCE AND CLINICAL OBSERVATION IN YOUNG MEN FED A MANGANESE DEFICIENT*, *Journal of Nutrition*, v.117, p.133 – 143, 1987.

[⁶⁶] BOCK, R. A. *HANDBOOK OF DECOMPOSITION METHODS IN ANALYTICAL CHEMISTRY*, Wiley, New York, 1979

[⁶⁷] Abu-Samra, A.A., Morris J.S., e Koirtyohann, S.R., *Anal. Chem.*, 47, 8, 1475, 1975.

[⁶⁸] SMITH, G. F. , *ANALYTICAL CHIMICA ACTA* 17, 175,(1957).

[⁶⁹] CARIUS, L. *Liebigs Am.Chem.*, 116, 1, (1860)

[⁷⁰] Zlotorzynski, A. *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 25, 1, 43, 1995.

[⁷¹] Baghurs, D.R. e Mingos, D.M., *J. Chem. Soc. Chem. Commun.*, 647, 1992.

[⁷²] Abu-Samra, A.; Morris, J. S.; Koirtyohann, S. R. "Wet Ashing of Some Biological Samples in a Microwave Oven" *Trace Substances in Environmental Health*, 9, 297-301, 1975.

[⁷³] Abu-Samra, A.; Koirtyohann, S. R.; Morris, J. S. "U.S. PATENT 4,080,168", 1978.

[⁷⁴] HARTSTEIN, A . M.; FREDMAN, R.W. and PLATTER, D.W..*anal.Chem.*, 45,611,(1973).

[⁷⁵] STOEPLER, M., MULLE, K. P., BACKHAUS, F., Z., Anal. Chem., 297,107 (1973)

[⁷⁶] Bodinski, L. H. Dictoterapia Princípios e Prática Ed.ATHENEU. São Paulo pág.397.

[⁷⁷] SCHNTZER, G.; SOUBELET, A. TESTU,C. and CHAFEY C., Mikrochimica Acta, 119,199, (1995).

[⁷⁸] KINGSLEY, G. R. And SCHAFFERT, R.R., Anal. Chem., 23, 914, (1951).

[⁷⁹] NADKARNI, R. A. Anal.Chem., 56, 2233, (1984).

[⁸⁰] Labrecque, J. M.; Chapter 10: Manual and Robotically Controlled Microwave Pressure Dissolution of Minerals In Introduction to Microwave Sample Preparation: Theory and Practice; Jassie, L. B., Kingston, H. M., Eds.; ACS: Washington, D.C., 203, 1988.

[⁸¹] Abu-Samra, A.; Morris, J. S.; Koirtyohann, S. R. "Wet Ashing of Some Biological Samples in a Microwave Oven" Trace Substances in Environmental Health, 9, 297-301,1975.

[⁸²] Abu-Samra, A.; Koirtyohann, S. R.; Morris, J. S. "U.S. PATENT 4,080,168", 1978.

[⁸³] Kingston, H. M.; Walter, P. J.; Settle Jr., F. A.; Pleva, M. A.; Encapsulation and Transfer of Standard Methods Using Automated Equipment In Advances in Laboratory Automation Robotics; Vol. 8, 1991

[⁸⁴] Bock, R. A Handbook of Decomposition Methods in Analytical Chemistry, 1^a ed.; John Wiley and Sons: New York, 1979

[⁸⁵] Suzuki, T., *Anal. Chim. Acta*, 245,43,1991

[⁸⁶] GARY, D. C. ANALYTICAL Chemistry. 5^a ed. Library of Congress Cataloging in Publication data, 1994. 812p.

[⁸⁷] Moore, G..L (1989). Introduction to inductively coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, Amsterdam

[⁸⁸] SETTLE, A. F. Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry . New Jersey : Precision Graphic Services, Inc. 1997. 994 p.

[⁸⁹] SKOOG, A. D. HOLLER, J. F. , NIEMAN, A. T. Principles of Instrumental Analysis. 5^a Ed . Harcourt Brace College Publishers, 1988 837 p.

[⁹⁰] SKOOG, D. A. WEST, D. M. , HOLLER, F. J. Fundamentals of Analytical Chemistry . 7^a ed. Sanders College Publishers, 1996 , 849 p.

[92] GINÉ, M. F. Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-AES). Centro de Energia Nuclear na Agricultura. CENA/USP, Piracicaba: CENA/USP, 1988, 143p

[⁹¹] KRUG, J. F. Pré-tratamento de Amostras. In : II WORKSHOP SOBRE MÉTODOS DE DECOMPOSIÇÃO DE AMOSTRAS, 1989 . São Paulo . Centro de Energia Nuclear na Agricultura USP. Novembro / 1998, 108 p.

[⁹²] BURKNEKA, J.B –Microwave assisted extraction for trace element analyses of plant materials by ICP – OES J. Analytical chemistry, vol 368 p. 633-637 2000, Springer – Verlag.

[⁹⁴] ASSIS S. A. et ali **DETERMINAÇÕES DOS TEORES DE COBRE E ZINCO EM HORTALIÇA DO TIPO A** Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos. SBCTA-2002 p1785 - 1788