

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO DA ALFACE POR METAIS
PESADOS NO MUNICÍPIO DE GURUPI - TO**

ELIANE IARA ALEBRANDT DOS SANTOS

**GURUPI-TO
AGOSTO-2009**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO DA ALFACE POR METAIS
PESADOS NO MUNICÍPIO DE GURUPI - TO**

ELIANE IARA ALEBRANDT DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Tocantins, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Fidêncio

**GURUPI-TO
AGOSTO-2009**

Trabalho realizado na Universidade Federal do Tocantins, campus de Gurupi,
sob a orientação do Professor Dr. Paulo Henrique Fidêncio.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Henrique Fidêncio

Professor da Universidade Federal do Tocantins
(Orientador)

Profª Drª. Valéria Gomes Momenté

Professor da Universidade Federal do Tocantins
(Avaliadora)

Profª. Drª. Juliana Barilli

Professor da Universidade Federal do Tocantins
(Avaliadora)

Prof. Dr. Clovis Maurílio de Souza

Professor da Universidade Federal do Tocantins
(Avaliador)

Dissertação defendida e aprovada em 25 de Agosto de 2009, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

“Algo só é impossível até que alguém duvide e acabe provando o contrário”

Albert Ainsten

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível”

São Francisco de Assis

“Ninguém pode chegar ao topo armado somente pelo talento, o talento trabalhado transforma em gênio”

Ana Pavlova

DEDICATÓRIA:

Dedico a minha família, em especial a meu esposo Gilberto e filhas: Luisa, Caroline e Lívia, por parcialmente me dividirem com meus estudos, com a Ciência, com meu trabalho e muitas vezes com colegas em função de melhorar, crescer e me qualificar, preocupada acima de tudo com nosso futuro. Tive lições de vida muito importantes com cada um de vocês. Espero corresponder a vocês e só dar motivos para orgulhá-los. Amo-os de todo o meu coração, nunca se esqueçam disto.

AGRADECIMENTOS

A DEUS que é tudo;

A Nossa Senhora Aparecida, mãe intercessora e Santa protetora;

Aos meus pais (in Memória), pelos ensinamentos e formação moral;

À tia Remo (Jurema), minha mãe do coração;

A tia Edi, irmã de minha mãe pelo carinho e incentivo;

À Família (marido e filhas) pelo apoio incondicional;

A sogra Silita pelas orações e ajuda;

Aos irmãos Célio Paulo e Elaine Ieda que mesmo à distância, deram força;

Aos cunhados, sobrinhos e afilhados pela amizade e alegrias;

À Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade na realização do curso;

Aos professores Doutores pela oportunidade em conhecer o Curso de Produção Vegetal e seus desafios, aprimorando meus conhecimentos;

Ao professor e orientador Dr. Paulo Henrique Fidêncio, pela orientação e ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do Mestrado e do trabalho pelas orientações, palavras de apoio e ajuda nas dificuldades encontradas no decorrer do curso;

Aos funcionários da Universidade Federal do Tocantins pela dedicação e apoio neste período que estive aqui;

Aos amigos pela companhia e palavras de incentivo;

À Diretoria Regional de Ensino por favorecer meu trabalho concomitante com o curso;

À SEDUC por acreditar e oportunizar os servidores em sua qualificação profissional;

Aos que torceram pelo meu insucesso, onde a força de Deus e a persistência intercederam a meu favor, proporcionando-me êxito;

Aos que torceram pelo meu sucesso, que não venha desapontá-los pela credibilidade em mim depositada.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE SIGLAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO GERAL.....	2
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. A NUTRIÇÃO ALIMENTAR DAS HORTALIÇAS.....	4
2.2. VARIEDADES.....	4
2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS HORTALIÇAS.....	5
2.4. ALFACE.....	5
2.5. TIPOS DE HORTAS.....	7
2.6. ADUBAÇÃO.....	7
2.6.1 Adubação Mineral.....	8
2.6.2. Adubação Orgânica.....	9
2.7. PRAGAS E DOENÇAS.....	10
2.8. COLHEITA.....	11
2.9. METAIS.....	11
2.9.1. Fontes de Exposição e Legislação.....	14
2.9.2. Aspectos toxicológicos dos Metais Tóxicos.....	16
2.9.3. Metais Pesados e seus Efeitos.....	19
2.9.4 Remoção de Metais Pesados das Águas.....	20
2.9.5. Mobilidade e retenção de Metais.....	21
2.9.6 Absorção de Metais Pesados pelas plantas.....	22
2.10. ÁGUA.....	25
2.10.1. Principais Causas da Poluição dos Rios.....	28
2.10.2. Legislação Brasileira sobre Poluição Hídrica.....	30
2.10.3. Transporte e Translocação de Água e Solutos dentro da Alface	31

2.10.4. Absorção da Água pelas Raízes.....	33
2.11. ANÁLISE MULTIVARIADA.....	34
2.11.1. Análise Hierárquica de Agrupamento.....	34
2.11.2. Análise das Componentes Principais.....	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1. Localização do experimento.....	37
3.2. Amostragem.....	37
3.3. Preparação do substrato para semeadura.....	38
3.4. Condução da Cultura.....	38
3.5. Coleta da Alface.....	39
3.6. Preparação para Análise dos Metais.....	39
3.7. Teor de Elementos Metálicos.....	40
3.8. Análise Estatística.....	40
3.9. Análise da Água.....	41
3.10. Análise do substrato.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1. Análise Estatística da Alface.....	43
4.2. Análise dos Elementos da Alface.....	44
4.3. Análise Hierárquica de Agrupamento.....	45
4.4. Análise dos Elementos Químicos na Alface por Componentes Principais.....	47
5. CONCLUSÃO.....	52
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	53

LISTA DE FIGURAS:

FIGURA	DESCRIÇÃO	Pág.
01	Representação matricial da somatória de produtos dos vetores escores e pesos.....	35
02	Representação de um componente principal para as variáveis.....	36
03	Dendograma representando as 80 amostras analisadas da alface Elba(<i>Lactuca sativa</i>), considerando as treze variáveis (elementos químicos), grupos identificados pelas letras A, B, C, D e E.....	46
04	Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP1 x CP2) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência do elementos químicos na amostra.....	48
05	Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP1 x CP3) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência do elementos químicos na amostra.....	49
06	Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP2 x CP3) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência do elementos químicos na amostra.....	51

LISTA DE TABELAS:

TABELA	DESCRIÇÃO	Pág.
01	Concentração máxima permissível de metais solos agrícolas (mg/ha) nos países.....	23
02	Teores totais de Metais pesados considerados FITOTÓXICOS.....	24
03	Resíduos orgânicos tradicionalmente utilizados na agricultura com resíduos de metais pesados.....	24
04	Conteúdo de metais pesados no Vermicomposto (esterco bovino) g.kg ⁻¹	25
05	Teores de metais que são permitidos acumularem no solo pela aplicação sucessiva de lodo de esgoto.....	25
06	Análise da água realizada no LASF Universidade Federal de Goiás (mg/kg) e K (dag/kg).....	41
07	Análise preliminar do solo no laboratório do campus de Gurupi, do substrato utilizado no experimento com a alface.....	42
08	Análise do solo realizada no LASF, Universidade Federal de Goiás.....	42
09	Média geral de metais das 80 amostras da alface (<i>Lactuca sativa</i>)	44

LISTA DE QUADROS

QUADROS	DESCRIÇÃO	Pág.
01	Metais pesados onde são encontrados e seus efeitos no ser humano	21

LISTA DE SIGLAS:

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

UFT – Universidade Federal do Tocantins

SEPLAN – Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente

LASF – Laboratório de Análise de Solo e Foliar

UFG – Universidade Federal de Goiás

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Biológica de Oxigênio

DQO – Demanda Qualidade de Oxigênio

IT – Índice de Toxicidade

RESUMO

AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO DA ALFACE POR METAIS PESADOS NO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO. SANTOS, E.I.A.

A alface (*Lactuca sativa*) é uma das olerícolas mais utilizadas pela população brasileira e em outras partes do mundo, sendo um alimento rico em sais minerais e vitaminas A, B, C, D e E. Importante para a saúde, fonte reguladora do organismo, sua parte comestível são as folhas. Favorecem a agricultura familiar, economicamente viável, de boa produtividade e de fácil adaptabilidade, suportando acidez fraca dos solos. É cultivada no Tocantins e contribui na dieta dos habitantes de Gurupi. Em decorrência de doenças associadas ao consumo de alimentos contendo aditivos, pesticidas, toxinas naturais ou ainda outros tipos de substâncias tóxicas tem havido contribuição para o aumento da demanda por produtos saudáveis. A alface é uma hortaliça que apresenta em seus componentes principais a sílica, potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, manganês, zinco, alumínio, ferro flúor e cobre como também traços de selênio. Alguns desses elementos quando em excesso apresentam danos à saúde humana, desta forma passam a exercer ação tóxica e devem ser monitorados como forma preventiva e de controle ambiental. No experimento realizado com a alface Elba com bioindicador feita à análise deste material permitiu quantificar e qualificar a alface vendida no comércio quanto à contaminação de metais pesados. Desta forma foi utilizado técnicas de análise multivariada (Análise dos Componentes Principais - PCA). O experimento realizado apresentou os seguintes resultados: Os teores de elementos apresentados tanto na água quanto no solo, não ultrapassam os valores permitidos na legislação, exceto o cromo; Na cidade de Gurupi há ainda poucas indústrias e o quantitativo de metais liberados ainda não apresenta efeitos nocivos nos córregos Mutuca e Matinha; Os metais pesados são acumulados e não degradados no organismo. Precisa-se fazer análise da água que será utilizada em qualquer experimento de forma responsável primando pela saúde, qualidade da hortaliça e proteção ao meio ambiente; Na análise

estatística dos elementos, foi possível identificar que a variação nas determinações dos teores dos elementos o desvio em muitos casos são pequenos, mostrando uma boa determinação realizada experimentalmente e uma absorção bem semelhante das alfaces; A Análise Hierárquica de Agrupamento mostrou-se satisfatória, mas não tanto conclusiva quanto a formação de grupo e as variáveis que influenciam os grupos. Na Análise das Componentes Principais, foi possível identificar as semelhanças e diferenças das amostras, pela influência das variáveis consideradas e estudar o comportamento dessa influência baseada nas componentes principais 1, 2 e 3. Desta forma os métodos empregados mostraram que é possível identificar o nível de contaminação para os diferentes tratamentos e poder sugerir um manejo diferente na cultura da hortaliça de forma a evitar a contaminação das mesmas para que o consumo seja seguro e de qualidade.

Palavras chaves: Alface, saúde, metais pesados, níveis de contaminação, análise multivariada.

ABSTRACT

ASSESSMENT OF CONTAMINATION OF LETTUCE BY HEAVY METALS IN THE CITY OF GURUPI-TO. SANTOS, E.I.A.

Lettuce (*Lactuca sativa*) is one of the most olerícolas used by the Brazilian population and in other parts of the world, one rich in minerals and vitamins A, B, C, D and E. Important to health, source regulatory body, its edible part is the leaves. They promote family farming economically viable, good productivity and easy adaptability, supporting weak acidity of the soil. It is grown in Ontario and contributes to the diet of the inhabitants of Le Point. As a result of illnesses associated with consumption of foods containing additives, pesticides, natural toxins or other toxic substances have been contributing to the increasing demand for healthy products. Lettuce is a vegetable that has its main components in the silica, potassium, phosphorus, calcium, sodium, magnesium, manganese, zinc, aluminum, iron, fluorine and copper as well as traces of selenium. Some of these elements when present in excessive damage to human health, thus come to a toxic action and should be monitored as a preventive and control measures. In the experiment with lettuce Elba bioindicator made with the analysis of this material to quantify and qualify the lettuce sold in the shop about the contamination of heavy metals. Thus we used multivariate analysis (Principal Component Analysis - PCA). The experiment showed the following results: The levels of evidence submitted both in the water in the soil do not exceed the values allowed in the legislation except the chrome, the city of Le Point there is little industry and the amount of metals released yet does not have adverse effects streams and Cano Matinha; Heavy metals are not degraded and accumulated in the body. They need to analyze the water to be used in any experiment in a responsible manner striving for health, quality of green spaces and protecting the environment, the statistical analysis of the elements could be identified that the variation in the determinations of element contents in the diversion many cases are small, showing good determination made experimentally and absorption much like lettuce, A hierarchical cluster analysis was satisfactory, but not as conclusive as the training group and the variables that influence the groups. In the Principal Components Analysis was possible to identify the similarities and differences of the samples, the influence of the variables considered and to study the influence of behavior based on principal components 1, 2 and 3. Thus the methods used showed that it is possible to identify the level of contamination for the different treatments and may suggest a different management culture of vegetables to avoid contamination of the same for consumption is safe and of quality.

Key words: Lettuce, health, heavy metals, contamination levels, multivariate analysis.

1. INTRODUÇÃO

Em razão do uso excessivo e às vezes inadequado dos recursos naturais bem como a degradação da natureza, resulta em problemas que atingem o ser humano de maneira gradativa, exigindo um novo olhar e ações imediatas para minimizar os estragos e preservar o que temos para as gerações futuras. Um dos grandes problemas ambientais da época atual são as enormes quantidades de efluentes liberados pelas indústrias. Esses elementos quando dispostos sem tratamento no ambiente poluem o solo, a água superficial e subterrânea, além de prejudicar a qualidade de vida da população. Uma vez lançados no meio ambiente, os metais pesados tendem a acumular-se no solo e nas plantas, atingindo diversos níveis da cadeia alimentar, afetando a saúde humana. Isso não significa que todo metal presente no solo atingirá a cadeia alimentar.

Em decorrência de doenças associadas ao consumo de alimentos contendo aditivos, pesticidas, toxinas naturais ou ainda outros tipos de substâncias tóxicas tem havido contribuição para o aumento da demanda por alimentos saudáveis e produtos naturais

A Alface (*Lactuca sativa*) além de servir na alimentação humana é um excelente bioindicador utilizado para verificar a contaminação de solos ou de água de irrigação. Para demonstrar que a utilização da água dos rios pode ser altamente contaminante foi realizado o experimento, esta contaminação é feita por metais pesados, que são resultantes de efluentes industriais

Dentre os grupos de alimentos naturais devem ser citados; carboidratos, minerais, proteínas, vitaminas, ácidos graxos e água. As substâncias inorgânicas representadas pelas cinzas têm como principais componentes a sílica, potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, manganês, zinco, alumínio, ferro, flúor e cobre como também traços de selênio. Alguns desses elementos quando em excesso apresentam danos à saúde humana, desta forma passam a exercer ação tóxica e devem ser monitorados como forma preventiva e de controle ambiental.

A tradição da horticultura no Brasil vem dos anos 50, iniciada por imigrantes italianos e japoneses. A produção de hortaliças podem se dar durante todo o ano, mesmo que as áreas de plantio estejam localizadas em

regiões secas. Neste caso, as técnicas de irrigação são a alternativa para assegurar a produtividade contínua.

As hortaliças são de grande valor na alimentação, apesar de não existir o hábito de incluir diariamente as hortaliças em nossas refeições. Em algumas regiões, como no Tocantins existe certa escassez em sua produção, alcançando estes produtos preços bastante elevados. A produção de hortaliças pode ser feita em pequena escala, a nível caseiro ou comunitário, e numa escala maior, em propriedades rurais, mas também próximas às cidades muitas pessoas desenvolvem essa prática. e ações agrícolas.

É fundamental para realização de todo o trabalho o uso de computadores para analisar dados químicos e isto cresceu drasticamente nos últimos vinte anos, em parte devido aos recentes avanços em "hardware" e "software". Por outro lado, a aquisição de dados principalmente na área de química analítica, atingiu um ponto bastante sofisticado com o interfaceamento de instrumentos aos computadores produzindo uma enorme quantidade de informação, muitas vezes complexa e variada.

Segundo Martens (1989), uma das características mais interessantes dos modernos instrumentos é o número das variáveis que podem ser medidas em uma única amostra. Um exemplo notável é a intensidade de absorção em mil ou mais comprimentos de onda que é rotineiramente registrada em um único espectro. De posse de tal quantidade de dados, a necessidade de ferramentas novas e mais sofisticadas para tratá-los e extrair informações relevantes cresceu muito rapidamente, dando origem à Quimiometria, que é uma área especificamente destinada à análise de dados químicos de natureza multivariada.

A quimiometria não é uma disciplina da matemática, mas sim da química, isto é, os problemas que ela se propõe a resolver são de interesse e originados na química, ainda que as ferramentas de trabalho provenham principalmente da matemática, estatística e computação. As ferramentas quimiométricas são veículos que podem auxiliar os químicos a se moverem mais eficientemente na direção do maior conhecimento. Isto nos leva a uma definição formal de quimiometria: uma disciplina química que emprega métodos matemáticos e estatísticos para planejar ou selecionar experimentos de forma

otimizada e para fornecer o máximo de informação química com a análise dos dados obtidos.

1.1. OBJETIVO GERAL:

Determinar o grau de contaminação de metais pesados em Alface (bioindicador) pelo uso da águas dos córregos Matinha e Mutuca na cidade de Gurupi-TO.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Identificar o teor de contaminação por metais essenciais ou tóxicos em Alface Elba;

Avaliar se os teores de metais pesados encontrados estão de acordo com os níveis permitidos pela Legislação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A NUTRIÇÃO ALIMENTAR DAS HORTALIÇAS

A nutrição mais do que qualquer coisa, é responsável pelo fornecimento de nutrientes benéficos e sabe-se que o organismo necessita de certos elementos que regulem o funcionamento dos diversos órgãos sem os quais não haverá saúde (ANVISA, 2002).

Esses elementos são as vitaminas A, B₁, B₂ e os sais minerais encontrados em grande quantidade nas hortaliças, além do cálcio e do ferro. A alface (*Lactuca sativa*) é uma olerícula muito utilizada pela população brasileira e em outras partes do mundo. Importantes para a saúde são fontes reguladoras do organismo e sua parte comestível são as folhas. (TRANI, 2001).

Pelo fato de ser consumida crua, conserva todas as suas propriedades nutritivas. De agradável paladar, é aconselhada nas dietas de baixa caloria, devido ao seu pequeno valor energético (MARQUES et al, 2002).

Por isso, os médicos recomendam o seu consumo, tanto em regimes alimentares quanto para composição do cardápio diário, pois a sua deficiência nutricional pode provocar doenças tais como: cegueira noturna e alterações dos epitélios, descamação da pele e dificuldade de cicatrização causada pela carência de vitamina A, sais minerais e ferro (MURAYMA,1995).

2.2. VARIEDADES

As diferentes variedades se agrupam em cinco tipos bem distintos de cabeça crespa, de cabeça lisa, romana, de folha e de haste.

Embora a maneira de cultivar qualquer um dos tipos seja a mesma, eles diferem bastante entre si quanto à sua adaptação às condições ambientais, resultando um produto comercial inteiramente distinto para cada tipo. (MIYAZAWA et al, 2001)

Pertencem aos dois primeiros tipos as variedades repolhudas que, comercialmente falando, são as mais importantes.

Nos Estados Unidos, o mercado consumidor tem preferência por um conjunto de variedades selecionadas e altamente produtivas, quase todas de cabeças repolhudas, bem fechadas, grandes, firmes e de textura crespa. Dentre elas se destacam as seguintes: "Nova York", "Imperial" e "Great Lakes".

As variedades da alface lisa mais disseminada, por terem se adaptado bem às nossas condições ambientais, são; "Repolhuda Francesa", "Sem Rival" e "Gigante" (MURAYMA, 1995).

2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS HORTALIÇAS

As hortaliças constituem um grande grupo de plantas alimentares que se caracterizam pelo sabor e alto valor nutritivo, principalmente pela presença das vitaminas e dos sais minerais imprescindíveis à regulação do metabolismo (CENTEC, 2004).

Metabolismo é o conjunto de reações bioquímicas que ocorre em um organismo para que ele funcione em sua totalidade. O metabolismo se divide em dois fluxos opostos de reações químicas que ocorrem no organismo: em um dos fluxos, os alimentos degradam-se em moléculas menores, gerando energia para o funcionamento do organismo. Isto é conhecido como catabolismo. Outro fluxo utilizando a energia gerada pelo catabolismo constrói diversas moléculas que formam a célula e a isto chamamos de anabolismo.

A nossa dieta deve ser diversificada e conter os macronutrientes que são os alimentos requeridos em grandes quantidades, como as proteínas, carboidratos e gorduras; micronutrientes que são os alimentos requeridos em pequenas quantidades que são os sais minerais e vitaminas (GUPTA, 2005).

O plantio de hortaliças é denominado horta, e estas podem ser classificadas.

Segundo sua finalidade e tamanho.

2.4. ALFACE

Com o nome derivado do árabe aalhaç, a tenra alface é velha conhecida do homem. Originária da Ásia chegou ao Brasil no século 16, através dos portugueses.

Existem quatro grupos principais de variedades de alface e todas necessitam de idênticas condições para cultivo, embora muitas variedades tenham estações específicas no que se diz respeito à semeadura e colheita, que podem garantir boas safras (FILGUEIRA, 2008).

Características principais da alface: estão presas a um pequeno caule, as folhas podem ser lisas ou crespas e verdes, arroxeadas ou amarelas. Podem ou não formar “cabeça”, dependendo das inúmeras variedades. (RAVEN et al, 2001).

Seu ciclo é anual. Na fase reprodutiva, emite haste com flores amarelas agrupadas em cacho, e produz em maior quantidade uma substância leitosa e amarga chamada lactário (QUEIROZ, 1999).

Suas sementes podem ser aproveitadas para novos plantios. As sementes da alface são muito pequenas por isso devem ser semeadas em sementeiras ou bandejas antes de plantadas para o canteiro ou vaso definitivo

Base das saladas de verdura do brasileiro, a alface não tem valor nutritivo proporcional à sua grande popularidade, embora contenha quantidades razoáveis de vitaminas A e C, de cálcio, fósforo e ferro.

Contém ainda um princípio calmante muito eficaz, indicado para as pessoas que têm insônia ou são muito tensas e agitadas. É usada crua, em saladas e também em sucos. Para diminuir o sabor levemente amargo do suco e torná-lo mais saboroso, misture-o ao suco de cenoura possui também uma substância leitosa muito utilizada em cosméticos, os famosos rejuvenescedores de pele.

Quanto mais escuras as folhas da alface, maior a riqueza nutritiva. Esse princípio, aliás, vale para todas as verduras de folhas.

A alface prefere as temperaturas amenas, na faixa dos 12 aos 22°C, quando produz folhas e “cabeças” de melhor qualidade. Resiste ao frio de 7°C. Nas temperaturas acima de 25°C, o florescimento ocorre com maior facilidade, o que prejudica as boas características para o consumo. Não há variedades próprias para o cultivo em áreas e períodos mais quentes. Para corrigir essa desvantagem, o bom seria fazer a plantação em canteiros protegidos da luz

solar intensa nos períodos mais quentes do dia, como por exemplo, fazendo um jirau coberto com folhas de coqueiro, bananeira, etc. (LUENGO e CALBO, 2001).

O solo mais indicado é o arenoso, limpo, fofo, destorroado, rico em material orgânico, bem drenado e com acidez fraca. Não gosta de solos argilosos (barrentos) e não tolera os encharcados (EMBRAPA, 1997).

Escolhendo a variedade adequada para as condições de clima da época, pode-se cultivá-la o ano todo. Normalmente, as melhores ocorrem nos meses de temperaturas amenas. (KANASHIRO, 1999)

2.5. TIPOS DE HORTAS

Segundo os cadernos tecnológicos publicados pela CENTEC em 2004 (Cadernos Tecnológicos) as hortas são classificadas da seguinte forma:

- Doméstica: para abastecimento de uma família.
- Comunitária: conduzida por várias pessoas ou famílias que dividem o trabalho, as despesas e os produtos.
- Pequena horta comercial: visando complementação de renda em pequena propriedade ou mesmo em casas com quintal grande.
- Grande horta comercial: quando é a principal fonte de renda do agricultor ou propriedade. Há ainda as hortas feitas pelo processo hidropônico.
- Escolar ou institucional: com finalidade didática, nas escolas, ou para abastecer instituições com orfanatos, asilos e outras da mesma natureza.

2.6. ADUBAÇÃO

A retirada dos nutrientes pelas colheitas sucessivas, o arrastamento do solo pela erosão e a perda de nutrientes para as camadas mais profundas são as maneiras mais comuns pelas quais os solos perdem os seus nutrientes.

A restauração ou manutenção da fertilidade do solo ocorre através da reposição desses e é pela adubação (KIEHL, 2001).

As folhas, raízes, caules, ramos, frutos, flores das árvores voltam a terra depois de um ciclo. E ali, bilhões dos organismos decompõem aquela matéria orgânica até formarem o prato predileto para as plantas. Esses nutrientes penetram pelas raízes, assim como água, dando condições para a planta crescer e produzir.

Para a planta produzir substâncias tais como, sais minerais, vitaminas e outras necessitam de nutrientes indispensáveis ao seu desenvolvimento. Alguns desses nutrientes são:

Nitrogênio (N): Auxilia a formação da folhagem e favorece o rápido crescimento da planta;

Fósforo (P): estimula o crescimento e formação das raízes.

Potássio (K): aumenta a resistência da planta e melhora a qualidade dos frutos (FERREIRA, 1993).

É importante saber que além desses nutrientes, existem outros que mesmo sendo utilizados em menores proporções são também essenciais para as plantas. Dentre eles, podemos destacar: cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), etc.

Dessa forma, existem dois grandes grupos de nutrientes indispensáveis para o desenvolvimento das plantas - o do macronutrientes e do micronutrientes. (GARCIA, 1982).

Essa divisão é feita de acordo com as quantidades exigidas pelas plantas. Este é formado pelos elementos nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).

Os micronutrientes são aqueles exigidos pela planta em pequenas quantidades: boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), e zinco (Zn). (ALVARENGA et al, 2003).

2.6.1. Adubação Mineral

Os adubos minerais são utilizados para corrigir deficiências de nutrientes no solo a fim de proporcionar maior produtividade na exploração das culturas.

Estes apresentam maiores concentrações dos nutrientes de forma mais facilmente absorvida pelas hortaliças. São vendidos na forma de pó ou granulados com um só nutriente ou em fórmulas compostas. (SILVA, 1999).

As fórmulas são conhecidas pelas porcentagens de nitrogênio (N), fósforo (P), e potássio (K) que contém. Assim, a fórmula 4-14-8 que contém 4% de N, 14% de P e 8% de K. No comércio são encontradas as mais diversas formulações que são indicadas nas mais diversas situações.

No decorrer de seus ciclos de vida, as hortaliças necessitam de diferentes tipos e quantidades de nutrientes.

- **Plantio:** geralmente, na primeira fase de desenvolvimento, as plantas exigem quantidades maiores de fósforo, para garantir uma boa formação do sistema radicular. O nitrogênio e o potássio são usados em quantidades menores.
- **Formação;** nesta fase, o elemento mais requisitado é o nitrogênio, para garantir um rápido crescimento e formação da massa verde. O fósforo e o potássio são menos solicitados.
- **Produção:** na época de produção, o nitrogênio e o potássio são necessários em quantidades maiores e mais ou menos equivalentes. O fósforo é menos consumido nesta fase (MALAVOLTA, 2006).

2.6.2. Adubação Orgânica

Os adubos orgânicos são utilizados com a finalidade de aproveitar os nutrientes neles contidos propiciando, em certos casos, redução nos custos da adubação. Além desta, os adubos orgânicos apresentam outras vantagens, entre as quais podemos destacar a melhoria das propriedades físicas do solo, tornando-o mais poroso e arejado (KEENEYE et al, 1986).

Quando se fala em adubo orgânico logo se pensa em esterco. Na verdade, ele é apenas uma das formas de enriquecer organicamente o solo e, de preferência, deve ser usado com um dos ingredientes na preparação do composto, embora também possa ser empregado desde que seja curtido.

Algumas dicas sobre o uso do esterco:

Não coloque esterco fresco nos canteiros: ele pode “queimar” a planta. Com ou material vegetal, ele deve ficar “curtindo” ao ar livre, com as pilhas de composto. Amontoe-o em local levemente inclinado, e se possível, cubra-o com uma leve camada de terra argilosa para evitar a perda de nitrogênio e a visita indesejável de moscas.

Por cima do esterco, uma cobertura de palhas ou de folhas é indicada para a proteção da ação do sol, do vento e do excesso de água. O tempo de cura do esterco puro e amontoado, sem aeração, é relativamente longo: de seis a doze meses (FERREIRA, 1993).

As hortaliças folhosas são exigentes em nitrogênio. Às vezes, esse elemento pode faltar, e há uma maneira simples e rápida de fornecê-lo ao solo: toma-se por (exemplo, um tambor de 200 litros) e se preenche até dois terços de seu volume com esterco fresco. Complete o restante com água. Mexe-se com pedaço de pau e deixa-se descansando por um mês (KIEHL, 1985).

Depois desse tempo, está bom para ser usado. O caldo, que chamamos de esterco líquido ou chorume, é colocado no solo ao redor da planta em cobertura (isto é, sem revolver a terra) na base de quatro litros por metro quadrado. Se os sintomas de falta de nitrogênio como o amarelecimento das folhas não cessarem, repete-se o tratamento uma semana depois.

Alguns estercos são mais ricos do que outros. O mais rico é o de galinha: ele já vem com as dejeções sólidas e líquidas misturadas e costuma valer o dobro de outros animais. Assim, em toda receita que pedir certa quantidade de esterco de curral, pode reduzir à metade se usar o de galinha (KIEHL, 1998).

Além do esterco existem outros tipos de adubos orgânicos: restos de vegetais (palha, resíduos de beneficiamento e adubos verdes), dentre outros. Esses adubos podem ser combinados transformando-se em composto.

Composto é uma mistura de restos vegetal e animal, existente ou produzido na propriedade, preparados para fim de adubação. Esse processo é chamado de compostagem (COSTA, 1991).

2.7. PRAGAS E DOENÇAS

Doença é a denominação geral usada para qualquer desvio da normalidade em plantas e animais. Já pragas são doenças causadas por insetos (RÊGO, 2000).

Citaremos algumas doenças comuns nas hortaliças: causadas por bactérias, fungos e vírus. As pragas mais comuns são: besouros, lagartas, cochonilhas, pulgões e nematóides (FILGUEIRA, 2008).

2.8. COLHEITA

Os cadernos tecnológicos da CENTEC (2004) explicam que no momento da colheita é preciso saber que cada hortaliça apresenta em certa fase do crescimento suas características de sabor, aparência e qualidade. E é nessa ocasião que ela ser colhida

O reconhecimento do ponto de colheita é feito pela idade da planta, desenvolvimento das folhas, frutos raízes ou outras partes que serão consumidas, ou pelo amarelecimento e secagem das folhas. Se a hortaliça for colhida antes do seu completo desenvolvimento pode apresentar-se tenra, mas sem sabor. Por outro lado se for colhida tardiamente estará fibrosa ou com o sabor alterado.

Em geral as hortaliças são colhidas quando estão tenras e, de preferência, nos horários mais frescos do dia.

2.9. METAIS

Por definição, metais pesados são elementos químicos que possuem peso específico maior que 5 g/cm^3 ou número atômico maior do que 20. A expressão metal pesado engloba metais, semi-metais e mesmo não metais, como o selênio. Essa expressão é também usada para designar os metais classificados como poluentes do ar, água, solo, plantas e alimentos, ou seja, do meio ambiente em geral (FILGUEIRA, 2007).

Alguns deles são benéficos em pequenas quantidades para microrganismos, plantas e animais, porém em concentrações elevadas, tornam-se perigosos, podendo contaminar as plantas, os animais e o homem (COOKER e MATHEUS, 1983).

Na última década tem aumentado muito a quantidade desses elementos despejados no ambiente, em razão de sua maior utilização nos processos industriais ou de seu descarte como resíduos de mineração, causando preocupação quanto aos riscos de contaminação do meio ambiente. (McBRIDE, 1995).

Os metais pesados representam um grupo de poluentes que requer tratamento especial, pois não são degradados biológica ou quimicamente, de forma natural, principalmente em ambientes terrestres e em sedimentos aquáticos. Ao contrário, são acumulados e podem se tornar ainda mais perigosos quando interagem com alguns componentes existentes no solo (COSTA, 1991).

As principais fontes de poluição por metais pesados são provenientes dos efluentes industriais, de mineração e de lavouras (AGUIAR et al., 2002).

Para Jardim (1986), a poluição aquática por metais pesados é considerada como uma das formas mais nocivas de poluição ambiental, uma vez que tais metais não são degradáveis e tendem a acumular-se em organismos vivos, cujas conseqüências poderão ir desde a dizimação da biota até a intoxicação e envenenamento dos seres vivos.

A preocupação com o nível de metais pesados advém da capacidade de retenção pelo solo, da sua movimentação no perfil deste, da possibilidade de atingirem o lençol freático e, sobretudo, da sua absorção pelas plantas, podendo atingir, assim, a cadeia alimentar. (COSTA, 1991).

Nos seres vivos, tais elementos reagem com ligantes presentes em membranas, o que muitas vezes, lhes conferem propriedades de bioacumulação e biomagnificação na cadeia alimentar, persistindo no ambiente e provocando distúrbios nos processos metabólicos (TAVARES e CARVALHO, 1992).

A presença de metais muitas vezes está associada à localização geográfica, seja na água no solo, e pode ser controlada, limitando o uso de produtos agrícolas e proibindo a produção de alimentos em solos contaminados com metais pesados.

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais dependendo da dose e da forma química. Muitos metais essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde as bactérias até mesmo o

ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações e podem danificar sistemas biológicos (COSTA, 1994).

Difere-se de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados e nem destruídos pelo homem. São necessários serem consumidos em pequenas quantidades para a realização de funções vitais nos organismos dos seres vivos, porém níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos (RAMALHO, 2001).

Entretanto, o termo “metais pesados” é utilizados para elementos químicos que contaminam o meio ambiente, provocando diferentes danos à biota, podendo ser metais, semi-metais e mesmo não metais como o selênio. Os principais elementos químicos enquadrados neste conceito são: alumínio, antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cobalto, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco (COSTA, 1994).

Esses elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações inferiores àquelas consideradas como tóxicas para diferentes organismos vivos. Entre os metais, o arsênio, o cobalto, o cromo, o cobre, o selênio e o zinco são essenciais para os organismos vivos.

Para Jardim (1986) a toxidez devido ao metal pesado para a planta e para o animal, deve ser acompanhada e por isso medida pelas seguintes variáveis: diminuição no crescimento ou redução na colheita, sintomas visíveis e concentração no tecido. O primeiro efeito ou manifestação pode ser devido à interferência provocada pelo elemento na absorção, transporte ou funções de outro.

O sintoma visível, que poderá não ser específico, é o resultado de uma cadeia de acontecimentos que começa com uma alteração ao nível molecular, continua com modificação subcelular que, por sua vez, conduz a uma alteração celular a qual, finalmente, resulta em modificação no tecido, isto é, no sintoma.

Incidência de doenças ataque de pragas, condições de clima (insolação, chuva, seca, frio) podem provocar sintomas parecidos com os de toxidez. Para saber se a anormalidade visível é causada pela toxidez de um elemento devem ser considerados os seguintes aspectos: a) generalização: o sintoma deve aparecer em áreas relativamente grandes e não em plantas isoladas; b) gradiente: de um modo geral os sintomas são mais acentuados em folhas mais

velhas, as mais novas mostrando-as menos pronunciados; c) simetria: folhas de um mesmo par ou próximas umas das outras devem mostrar a anomalia.

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais, alguns desses elementos sendo benéficos, enquanto outros, danosos ao sistema biológico, dependendo da dose e da forma química em que se encontram (OGA, 2003).

Segundo Rodella et al (2001), os metais são classificados:

1– **Micro-contaminantes ambientais:** arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio;

2– **Elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes:** cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel.

Para Camargo et al (1998), classificaram os elementos em três grupos fundamentais:

a) Elementos essenciais

- **Macroelementos:** necessários na ordem de gramas (sódio, potássio, magnésio e cálcio);

- **Elementos em traço:** necessários na ordem de miligrama (ferro, zinco, cobre e manganês);

- **Elementos em ultratraço:** necessários na ordem de micrograma-nanograma (vanádio, cromo, molibdênio, cobalto, níquel, silício, arsênio, selênio e boro).

b) Microcontaminantes ambientais

São elementos de origem natural e/ou de atividade humana, como: produtiva, habitação e tráfego (chumbo, cádmio, mercúrio, berílio, tálio, antimônio, tungstênio, alumínio, estanho e titânio).

c) Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes

Atualmente compreendem os seguintes elementos: cromo, estanho, manganês, níquel, ferro, zinco, arsênio, molibdênio e cobalto.

Metais essenciais, por sua vez, podem tornar-se nocivos ao organismo quando ingeridos através de alimentos em quantidades muito acima das

nutricionalmente desejáveis, ou quando ocorra uma exposição por outras vias que não a oral.

Considera-se metal tóxico todo aquele que pertence a um grupo de elementos que não possui características benéficas e nem essenciais para o organismo vivo, produzindo efeitos danosos para as funções metabólicas normais, mesmo quando presentes em quantidades traços (MIDIO, 2000 e PARMIGIANE, 1995).

2.9.1. Fontes de Exposição e Legislação

Os metais são amplamente distribuídos no meio ambiente sendo depositados na água (lagos, rios e oceanos), acumulados no solo, nas plantas, animais em decorrência de processos naturais, da lixiviação do solo e como produto do desenvolvimento da tecnologia moderna (poluição atmosférica, fonte antropogênica).

No homem além da exposição ambiental aos metais, através da água contaminada, dos alimentos de origem vegetal e animais contaminados e do ar contaminado, ele pode ainda estar exposto ocupacionalmente no ambiente de trabalho (nas indústrias de baterias, na produção de PVC, na indústria automobilística, na galvanoplastia, no refino de minérios, na produção de fertilizantes e praguicidas, na produção de munições, tintas, corantes, na petroquímica, etc.), assim como também, pelo uso de medicamentos convencionais e fitoterápicos, cosméticos, utensílios domésticos e outros, aumentando a biodisponibilidade desses metais no organismo.

A quantidade do metal que será absorvida e retida pelo organismo depende das características físico-químicas da substância, da composição dos alimentos, do estado nutricional e de fatores genéticos do organismo exposto (MIDIO, 2000).

Os alimentos de origem animal ou vegetal possuem ampla faixa de concentração de metais, refletindo a distribuição destes elementos no ambiente e as condições de produção e processamento.

Os equipamentos em que os alimentos são processados ou os recipientes em que são armazenados ou acondicionados representam fontes em potencial de contaminação de metais. A utilização de material inadequado na fabricação ou reparo destes materiais pode resultar na produção de alimentos contaminados (OGA, 2003).

Os utensílios utilizados no cozimento de alimentos são considerados como prováveis fontes de contaminação. A lixívia (água impregnada de cinza com que se lava a roupa - barrela) de metais tóxicos destes utensílios, a liberação de metais de tintas e pigmentos empregados nas colorações ou decorações são fontes adicionais de exposição.

A contaminação de alimentos por metais pesados é uma das principais fontes de exposição humana, não ocupacional, e tem merecido atenção constante dos órgãos mundiais. Em 1976 criaram-se programas para monitoramento de contaminações em alimentos gerenciado pela JOINT UNEP/FAO/WHO *Expert Committee ON Food Additives* (JECFA), com objetivo de conhecer e divulgar os teores de contaminações em alimentos, assim como a contribuição destes para a contaminação humana (VULCANO, 2003 e MOY, 1993).

Segundo Vulcano (2003) o controle de metais pesados, nas mais diversas amostras (tecidos biológicos, água, solo, alimentos, etc.), tem se tornado um assunto relevante para se avaliar, principalmente, o grau de exposição e possíveis conseqüências para a saúde humana, sendo o controle em medicamentos de vital importância, podendo até mesmo, constituir-se em problema de saúde pública.

2.9.2. Aspectos Toxicológicos dos Metais Tóxicos

Tem sido observado que muitos metais pesados são extremamente tóxicos aos animais e ao homem submetidos à exposição crônica ou aguda.

Apesar de o vapor de mercúrio ser tóxico, metais como arsênio, cádmio e chumbo, não são de elevada toxicidade como elementos livres, sendo, contudo, extremamente perigosos na forma de seus cátions ou quando ligados a cadeias curtas de átomos de carbono (OGA, 2003).

Bioquimicamente, o mecanismo de sua ação tóxica se eleva a partir da forte afinidade de seus cátions metálicos com o enxofre. Deste modo, agrupamentos sulfidríla (SH), que ocorrem comumente em diferentes enzimas que são responsáveis pelo controle da velocidade de reações metabólicas críticas no corpo humano, podem ser extremamente afetados na presença destes contaminantes, conduzindo a enfermidades várias, comprometendo o metabolismo vital e muitas vezes podendo conduzir à morte do paciente (OGA, 1996).

Os metais não essenciais e os tóxicos, com configuração eletrônica e propriedades similares aos essenciais, originam produtos de complexação e, de maneira semelhante aos essenciais, são facilmente absorvidos, distribuídos e eliminados. Desta maneira, os metais tóxicos competem com os essenciais, possibilitando a ocorrência da inibição de suas funções (OGA, 1996).

Os derivados do **arsênio** e do **antimônio** já eram conhecidos séculos antes da era cristã. A solução de Fowler, uma solução aquosa de arsenito de potássio, ainda costuma ser prescrita. Um derivado triazínico de As (inicialmente denominadas Mel-B), hoje conhecido como melarsopol foi desenvolvido durante a Segunda Guerra como antídoto para o gás de guerra Lewisite (KOROLKOVAS, 1986).

A terapia do **bismuto** é relativamente recente, uma vez que sua utilidade foi estabelecida pela primeira vez no século XVII. Estes fármacos passaram então a serem empregados como adjuvantes a terapia arsenal, substituindo os mercuriais no tratamento de quase todo o tipo de sífilis. Entretanto, desde o advento dos antibióticos, seu uso não é mais recomendado. Ainda assim, continua sendo comercializado: cerca de 70 % da produção mundial de bismuto são consumidos em aplicações farmacêuticas. Hoje em dia, os compostos de Bi (bismuto) são empregados contra a artrite reumática e para problemas de úlceras estomacais, já que o composto forma uma espécie de membrana que envolve as regiões ulcerosas, prevenindo o ataque dos ácidos estomacais e assim os processos dolorosos (KOROLKOVAS, 1986).

O **cádmio** é um elemento não essencial à vida humana e potencialmente tóxico em baixas concentrações. A primeira descrição dos efeitos tóxicos produzidos pelo cádmio no homem deve-se a Sovet em 1858. Somente nas últimas décadas tivemos um significativo aumento no número de estudos científicos sobre o metal. No Japão, em 1950, como consequência da ingestão de alimentos contaminados pelo Cd(cádmio), ocorreu intoxicação caracterizada por osteomalácia e proteinúria (MOY et al, 1993).

O cádmio tornou-se então, um dos metais mais pesquisados, e as observações mostraram ser ele um elemento de lenta excreção, meia vida biológica longa (décadas) nos músculos, rins, fígado e em todo o organismo humano. Verificou-se também que como resultado da ingestão de alimentos contaminados, o referido metal poderia causar danos renais e distúrbios no metabolismo do cálcio (OGA, 1996).

Na região de Belo Horizonte e cidades circunvizinhas tem-se alto índice de rochas fosfatadas ricas em **cádmio**, o que leva a contaminações do meio ambiente com este metal (SILVA, 2002).

Há também a ativa produção mineral de metais como ferro, ouro e manganês, com mais de 58 companhias de mineradoras em ação; tais atividades mineradoras têm mostrado que o solo belorizontino apresenta altas doses de **arsênio**, o que contribui também para a contaminação dos lençóis freáticos.

Um agravante ao problema de contaminação do meio ambiente e dos recursos hídricos por metais pesados é o fato de que cidades grandes como Belo Horizonte apresentam um grande número de indústrias e de rejeitos urbanos que mostram altos níveis de metais como **chumbo, cádmio, cromo**, além de **prata, mercúrio**, etc.(FIGUEIREDO, 2000).

A toxicidade de mercúrio já é conhecida há mais de um século. No caso de mercúrio elementar ser incorporado pelo sistema digestivo não aparecem sintomas patológicos evidentes. Por outro lado, seus vapores são mais perigosos, pois como gás pode ser inalado e alcançar os alvéolos dos pulmões. Supõe-se que mercúrio elementar, somente depois de transformado na forma iônica, pode chegar a ter efeito tóxico (GREEWOOD, 1984).

Os compostos com ligações orgânicas de mercúrio, como o metil e dimetil mercúrio são de alta toxicidade para o homem. As ligações alquil de

cadeia curta são facilmente absorvidas, l metabolizadas e têm um longo tempo de permanência no corpo (CLARKSON, 1972).

O Estado de Minas Gerais trata-se de um Estado tradicionalmente de garimpo, no caso do garimpo O de ouro, em que é utilizado mercúrio, esta atividade de extração pode ser muitas vezes precatória ao meio ambiente e prejudicial à saúde dos trabalhadores e da população exposta.

Segundo Cecílio (1998) estudos realizados no Ribeirão do Carmo, no município de Ouro Preto, com amostras de água, sedimento e peixe têm demonstrado a presença do metal e estudos em peixes da Bacia do Rio Piracicaba/MG de Obserdá (1996) demonstraram a bioacumulação do metal. Também a ocorrência de mercúrio natural nessa região tem sido relatada no trabalho de Palmiere (2004).

Amostras de sedimento e material em suspensão coletadas em cinco rios da parte leste do Quadrilátero Ferrífero foram analisadas para teor de mercúrio segundo Zeferino (1997) e mostraram que as concentrações podem ser muito elevadas. Daí a importância de estudos desse metal também em matrizes biológicas, fornecendo informações ainda inexistentes em literatura.

Há mais de 4.000 anos o homem utiliza o **chumbo** sob várias formas. O nível de contaminação dos alimentos produzidos próximos às regiões industrializadas é afetado pelas características das indústrias existentes.

Os organismos que vivem em ambiente aquático captam e acumulam o chumbo existente na água e nos sedimentos. A carga do contaminante existente nos vegetais é gerada pela captação do metal pelas raízes e pela deposição no vegetal de matéria finamente particulada.

O chumbo pode também ser incorporado aos alimentos durante os processos de industrialização, ou no preparo doméstico, especialmente quando são utilizados utensílios de cerâmica, chumbo-cristal ou metálicos (OGA, 1996).

2.9.3. **Metais Pesados e seus Efeitos**

Metais pesados são metais quimicamente altamente reativos e bio-acumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de eliminá-los. Esses quando absorvidos pelo corpo humano, se depositam no tecido ósseo e gorduroso,

ocupando o lugar de minerais nobres dos ossos e músculos para a circulação. Esse processo provoca doenças (MULLER, 2008).

Efeitos tóxicos dos metais sempre foram considerados efeitos de curto prazo, agudos e evidentes, como diarreia sanguinolenta, decorrentes da ingestão de mercúrio. Atualmente ocorrências a médio e longo prazo são observadas, e as relações causa-efeito são pouco evidentes e quase sempre subclínicas.

Geralmente esses efeitos são difíceis de serem distinguidos e perdem em especificidade, pois podem ser provocados por outras substâncias tóxicas ou por interações entre esses agentes químicos (SILVA et al, 2002).

O consumo habitual de água e alimentos - como peixes de água doce ou do mar – contaminados com metais pesados coloca em risco a saúde. As populações que moram nas imediações fábricas de baterias artesanais, indústrias de cloro-soda que utilizam mercúrio, indústria navais, siderúrgicas e metalúrgicas, correm maior risco e contaminação.

Recentemente, tem sido noticiado na mídia escrita e falada a contaminação de adultos, crianças, lotes e vivendas residenciais, com metais pesados, principalmente por chumbo e mercúrio. Contudo, a maioria da população não tem informações precisas sobre os riscos e as conseqüências da contaminação por esses metais para a saúde humana. (MULLER, 2008).

2.9.4. Remoção de Metais Pesados

O processo mais eficiente para a remoção de metais pesados é o que se baseia no fenômeno de troca iônica, empregando-se resinas catiônicas em sua forma primitiva de hidrogênio ou na forma sódica (CECÍLIO, 2002).

Este processo permite uma remoção percentual bastante significativa dos metais presentes na água, viabilizando seu uso para finalidades industriais específicas e permitindo também o reuso de efluentes industriais. O que é troca iônica, como funciona?

No campo do tratamento de efluentes, o processo mais utilizado é o da precipitação química na forma de hidróxidos metálicos. (OLIVEIRA, 2003).

Cada íon metálico tem o seu valor de pH ótimo de precipitação como hidróxido, de forma que, quando se têm misturas de diversos metais, pode ser

necessário que se trabalhe em mais de uma faixa de pH. Como normalmente as vazões de efluentes são baixas, os tratamentos são desenvolvidos de forma estática, em regime de batelada, o que facilita o uso de mais de uma faixa de pH. Nos processos contínuos, ter-se-ia que utilizar uma série de sistemas de mistura e decantação (RODELLA et al, 2001).

Um problema importante dos processos à base de precipitação química que deve ser levado em consideração é a produção de quantidades relativamente grandes de lodos contaminados com metais. Estes devem ser encaminhados a sistemas adequados de tratamento ou disposição final, que nem sempre encontram-se disponíveis (OBERDÁ, 1996).

Os recentes avanços tecnológicos na área do tratamento de águas apontam a possibilidade do emprego de processos de membrana como a osmose reversa para a remoção de metais pesados das águas, o que pode ser usado como tratamento final, ou polimento seqüencial a outros processos mais simples, de forma a preservar as membranas do ataque de outros constituintes presentes nos efluentes, reduzindo-se assim os custos operacionais do sistema (AYERS, 1991).

Quadro 1- Metais pesados, onde são encontrados e seus efeitos no ser humano

METAIS	DE ONDE VEM	EFEITOS	NÍVEIS TOL.
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; serralheria; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água.	Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica.	0,2 mg/L
Cádmio	Soldas; tabaco; baterias, pilhas e curtumes.	Câncer de pulmões e próstata; Lesão nos rins	0,005 mg/L
Chumbo	Fabricação e reciclagem de baterias de autos; indústria de tintas; pintura em cerâmica; soldagem.	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão	0,01 mg/L

		renal e cerebral)	
Cromo	Indústria de corantes, esmaltes, tintas, liga com aço, níquel, cromagem de metais e curtumes.	Asma (bronquite); câncer.	0,05 mg/L
Níquel	Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.	Câncer de pulmão e seios paranasais	1,0 mg/L

2.9.5. Mobilidade e Retenção de Metais

A possibilidade de contaminação ambiental por metais pesados está diretamente relacionada com os processos de adsorção-dessorção desses elementos nos solos. A matéria orgânica desempenha importante papel na adsorção de metais, devido à grande quantidade de sítios ativos disponíveis presentes nas substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos). Essas substâncias, também conhecidas como polímeros naturais, são ricas em grupos funcionais com cargas negativas.

Os cátions metálicos, ao interagirem com moléculas húmicas, podem deslocar átomos de hidrogênio de seus grupamentos funcionais, resultando na formação de sais complexos. A complexação dos metais com as substâncias húmicas, ou com os compostos produzidos por microorganismos e pelas plantas, ocorre principalmente por reação com os grupos carboxílicos e/ou fenólicos e alcoólicas (STEVENSON e FITCH, 1986).

A formação de complexos orgânicos por meio da quelatação é importante mecanismo de retenção dos metais. O termo quelatação é segundo Ellis e Knezek (1977), utilizado na denominação da reação de equilíbrio entre um íon metálico e um agente complexante, sendo caracterizada pela formação de mais uma ligação entre o metal e grupos funcionais do complexante, que resulta na formação.

de uma estrutura anelar que incorpora este íon metálico. A estrutura exata dos complexos não é bem conhecida, mas modelos têm sido propostos com citados por CAMARGO (1988).

No solo os metais pesados podem estar: adsorvidos eletrostaticamente nos sítios de troca; na solução do solo; dissolução e ligados a compostos orgânicos. As duas primeiras foram consideradas bio disponíveis e as outras três, não-disponíveis, a não ser que ocorrem mudanças no ambiente como, por exemplo, pH, potencial redox e força iônica.

Diversas características dos solos, como pH, capacidade de troca catiônica, teor e tipo de matéria orgânica, teor e tipo de argila e condições de oxirredução, influenciam a concentração dos metais pesados e conseqüentemente, a sua disponibilidade para as plantas.

2. 9.6. Absorção de Metais Pesados pelas Plantas

São apresentados por alguns autores internacionais, dados sobre os teores de metais pesados em diferentes tipos de plantas, tais como, trigo, aveia, alface, capim, citro, chá, girassol, espinafre, milho, pinheiro e videira. Observa-se que, os teores podem variar muito conforme as partes das plantas, espécies e idade fisiológica.

Pesquisas realizadas por diversos autores avaliaram a absorção de metais pesados provenientes de biossólidos nas seguintes culturas: trigo, soja, alfafa, cevada e feijão. Pelas análises dos resultados obtidos, conclui-se que, cada metal pesado é absorvido de modo diferente para cada cultura (ELLIS e KNEZEK, 1977).

É importante salientar que o consumo de plantas com elevados teores de metais pesados é uma fonte de contaminação para o homem. Os teores de metais pesados das plantas cultivadas em solos não contaminados, geralmente não causam problemas à saúde humana. (SILVA, 1999).

Tabela 1- Concentrações máximas em mg/ha em solos agrícolas de diferentes países.

País	Concentração máxima permissível de metais em solos agrícolas (mg/ha)										
	Ar	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Comunidade Européia	-	1/3	-	50/14 0	-	1/1, 5	-	30/75	50/30 0	-	150/ 300
Alemanha	-	3	100	100	-	2	-	50	100	-	300
França	-	2	150	100	-	1	-	50	100	10	300
Inglaterra	20	3	600	135	500	1	4	75	250	3	300
Itália	-	3	150	100	-	-	-	50	100	-	300
Escócia	12	1,6	80	60	-	0,4	2	40	80	2,4	150
Áustria	-	3	100	100	-	2	-	50	100	-	300
Canadá (Ontário)	14	1,6	120	100	-	0,5	4	32	60	1,6	220
Espanha	-	1	100	50	-	1	-	30	50	-	150
Dinamarca	-	0,5	30	40	-	0,5	-	15	40	-	100
Finlândia	-	0,5	200	100	-	0,2	-	60	60	-	150
Noruega	-	1	100	50	-	1	-	30	50	-	150
Suécia	-	0,5	30	40	-	0,5	-	15	40	-	100
Nova Zelândia	-	3,5	600	140	-	1	-	35	300	-	300
Estados Unidos	-	20	1500	750	-	8	-	210	150	-	1400

(Adaptado de Grossi, 1993).

Tabela 2. Teores totais de Metais pesados considerados FITOTÓXICOS

Elemento	Nível tóxico (mg.kg ⁻¹)
Ag	2

As	15 - 20
B	25 - 100
Be	10
Br	10 a 20
Cd	2 - 8
Co	25 - 50
Cr	75 - 100
Cu	60 - 125
F	200 - 1000
Hg	0,3 - 5
Mn	1500 - 3000
Mo	2 a 10
Ni	100
Pb	100 - 400
Sb	5 a 10
Se	5 a 10
Sn	50
Ti	1
V	50 - 100
Zn	70 - 400

Fonte: EPA (1995)

Tabela 3: Os resíduos orgânicos tradicionalmente utilizados na agricultura com resíduos de metais pesados:

Vermicomposto (esterco bovino curtido) g.kg⁻¹

C - 486	K - 32	S - 3	Fe - 7336	Zn - 128
N - 27	Ca - 30	B - nd	Mn - 552	
P - 18	Mg - 9	Cu - 160	Mo - 16	

Fonte: Weber et al (1990)

Tabela 4: Conteúdo de metais pesados no Vermicomposto (esterco bovino) g.kg⁻¹.

Cu - 38	Zn - 330	Cd - 0	Cr - 0
Mn - 0	Pb - 152	Ni - 30	Hg - 0

Fonte: Raij et al (1996).

Tabela 5 Teores de metais que são permitidos acumularem no solo pela aplicação sucessiva de lodo de esgoto.

Metal	Concentração (mg.kg ⁻¹)
Arsênio	41
Cádmio	39
Cobre	1500
Chumbo	300
Mercúrio	17
Níquel	420
Selênio	100
Zinco	2800

Fonte: CETESB (1999)

2.10. ÁGUA

A água é fundamental para o planeta. Nela, surgiram as primeiras formas de vida, e a partir dessas, originaram-se as formas terrestres, as quais somente conseguiram sobreviver na medida em que puderam desenvolver mecanismos fisiológicos que lhes permitiram retirar água do meio e retê-la em seus próprios organismos. A evolução dos seres vivos sempre foi dependente da água.

A utilização da água pelo homem depende da captação, tratamento e distribuição e também, quando necessário, da depuração da água utilizada. As formas de utilização da água são: doméstico, público, industrial, comercial, recreacional, agrícola e pecuário, energia elétrica e transferência de bacia (DOORREMBOS, 2000).

Felizmente nosso conhecimento sobre a natureza da água tem avançado rapidamente. Os problemas mais freqüentes têm sido estudados intensamente e atualmente, conhecemos os sintomas e as soluções para os problemas da água.

Para a garantia da população, a água é tratada nas estações de tratamento através dos processos de decantação, filtração e cloração, onde são utilizados equipamentos especiais e reagentes químicos, tornando a água potável, pronta para ser consumida sem riscos à saúde (CONAMA, 1986).

Ainda na zona rural as pessoas utilizam da água do rio para diversos fins, inclusive molhar as hortas. A água se não for tratada, pode tornar-se um importante veículo de transmissão.

A Organização mundial da Saúde (OMS) define saneamento como controle de fatores que atuam sobre o meio ambiente e que exercem, ou podem exercer, efeitos prejudiciais ao bem-estar físico, mental ou social do homem. Portanto o objetivo fundamental de todos os seres humano.

Somente 0,8 do total da água do planeta é água doce e grande parte dessa reserva já está poluída. Água é um poderoso solvente. Ela dissolve algumas porções de quase tudo com o que entra em contato.

Na cidade é contaminada por esgoto, monóxido de carbono, poluição, produtos derivados do petróleo e bactérias. O cloro utilizado para proteger a água pode contaminá-la ao reagir com as substâncias orgânicas presentes na água, formando os nocivos trihalometano (substância cancerígena).

A agricultura contamina a água com fertilizantes, inseticidas, fungicidas, herbicidas e nitratos que são carregados pela chuva ou infiltrados no solo, contaminando os mananciais subterrâneos e os lençóis freáticos. (AYERS, 1991).

A água subterrânea também é contaminada por todos estes poluentes que infiltram no solo, atingindo os mananciais que abastecem os poços de água de diversos tipos.

A água da chuva é contaminada pela poluição que se encontra no ar, podendo estar contaminada com partículas de arsênio, chumbo, outros poluentes e inclusive ser uma chuva ácida (AYERS, 1991).

A indústria contamina a água através do despejo nos rios e lagos de desinfetantes, detergentes, solventes, metais pesados, resíduos radioativos e derivados de petróleo. Os contaminantes da água podem estar:

- Dissolvidos – fazendo parte da composição química.
- Em suspensão – fazendo parte da composição física: sedimentos, partículas, areia, barro, etc.

- Biológicos – a água é um excelente meio para o crescimento microbiano.

Os metais pesados surgem nas águas naturais devido aos lançamentos de efluentes industriais tais como os gerados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias, que se espalham em grande número nas periferias das grandes cidades. Além destas, os metais pesados podem ainda estar presentes em efluentes de indústrias químicas, como as de formulação de compostos orgânicos e de elementos e compostos inorgânicos, indústrias de couros, peles e produtos similares, indústrias do ferro e do aço, lavanderias e indústria de petróleo.

Os metais pesados constituem contaminantes químicos nas águas, pois em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde. Desta forma, podem inviabilizar os sistemas públicos de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros. Os metais pesados constituem-se em padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 1.469 do Ministério da Saúde.

Devido aos prejuízos que, na qualidade de tóxicos, podem causar aos ecossistemas aquáticos naturais ou de sistemas de tratamento biológico de esgotos, são também padrões de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos, tanto na legislação federal quanto na do Estado de São Paulo. Nesta última, são definidos limites para as concentrações de metais pesados em efluentes descarregados na rede pública de esgotos seguidos de estação de tratamento de forma diferenciada dos limites

O processo mais eficiente para a remoção de metais pesados é o que se baseia no fenômeno de troca iônica, empregando-se resinas catiônicas em sua forma primitiva de hidrogênio ou na forma sódica. Este processo permite uma remoção percentual bastante significativa dos metais presentes na água, viabilizando seu uso para finalidades industriais específicas e permitindo também o reuso de efluentes industriais. O que é troca iônica, como funciona?

No campo do tratamento de efluentes, o processo mais utilizado é o da precipitação química na forma de hidróxidos metálicos.

Cada íon metálico tem o seu valor de pH ótimo de precipitação como hidróxido, de forma que, quando se têm misturas de diversos metais, pode ser necessário que se trabalhe em mais de uma faixa de pH. Como normalmente

as vazões de efluentes são baixas, os tratamentos são desenvolvidos de forma estática, em regime de batelada, o que facilita o uso de mais de uma faixa de pH. Nos processos contínuos, ter-se-ia que utilizar uma série de sistemas de mistura e decantação.

Um problema importante dos processos à base de precipitação química que deve ser levado em consideração é a produção de quantidades relativamente grandes de lodos contaminados com metais. Estes devem ser encaminhados a sistemas adequados de tratamento ou disposição final, que nem sempre se encontram disponíveis (BAIRD, 2002).

Os recentes avanços tecnológicos na área do tratamento de águas apontam a possibilidade do emprego de processos de membrana como a osmose reversa para a remoção de metais pesados das águas, o que pode ser usado como tratamento final, ou polimento seqüencial a outros processos mais simples, de forma a preservar as membranas do ataque de outros constituintes presentes nos efluentes, reduzindo-se assim os custos operacionais do sistema (SENA et al,2000).

2.10.1. Principais Causas da Poluição dos Rios

As principais causas de poluição são: químicas crônicas, biológicas, físicas, mecânicas e térmicas. Quando os resíduos de uma água poluída mais ou menos rica em nitratos e fosfatos se tornam demasiado abundantes em relação á quantidade de água pura disponível, surge o fenômeno de eutrofização.

Este fenômeno manifesta-se nos rios lentos e, sobretudo, nos lagos, onde a correnteza é insuficiente para evacuar as águas usadas. Começa a haver um processo de acumulação de detritos no leito, ameaçando ou fazendo desaparecer as espécies da fauna e da flora originais ocasionando o surgimento de uma camada de algas, produtoras de substâncias tóxicas. Com contínua população de algas na superfície, as águas tornam-se turvas e cada vez mais poluídas (CONAMA, 1986).

A Legislação estadual referente ao Controle de Poluição Ambiental (Decreto nº 8.468 de 8/9/76) estabelece no artigo 7º quatro tipos de classificação de água:

Classe 1: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento prévio ou simples desinfecção.

Classe 2: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho).

Classe 3: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e flora, e a matar a sede de animais.

Classe 4: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à irrigação e aos usos menos exigentes.

Não é qualquer água que se preste à potabilização pelo tratamento convencional típico da prática da engenharia sanitária.

A avaliação da intensidade da poluição biológica pode ser feita pelo padrão DBO (Demanda Biológica de Oxigênio), DQO (Demanda Qualidade Oxigênio) e o IT (Índice de Toxicidade).

Problemas mais comuns na água são:

- a turbidez (é a presença de partículas de sujeira, de barro e areia, que retiram o aspecto cristalino da água, deixando-a com aparência túrbida e opaca);
- Gostos e cheiros estranhos ou indesejáveis, como bolor, de terra ou de peixe, são causados pela presença de algas, humos e outros detritos que naturalmente estão presentes nas fontes de água como rios e lagos;
- cor estranha (a presença de ferro e cobre pode deixá-la amarronzada. Além do aspecto visual, essa água pode manchar pias e sanitárias. A água que causa manchas pretas possui partículas de manganês); Cheiro de ovo podre (este cheiro é causado pela presença de hidrogênio sulfídrico, produzido por bactérias que se encontram em poços profundos e fontes de águas estagnadas por longos períodos);
- gosto de ferrugem/gosto metálico (excesso de ferro e metais alteram o sabor e aparência da água, mesmo que a coloração esteja normal, pois a coloração

enferrujada só aparece depois de alguns minutos em contato com o ar) e gosto e cheiro de cloro.

O que é água potável? É a água que pode ser consumida sem riscos à saúde. Ela preenche todos os requisitos de natureza física, química e biológica, seguindo os padrões estabelecidos pela legislação nacional e internacional. Por isso, deve-se, de preferência, utilizar a água tratada.

Qual a diferença entre água contaminada e poluída? *Água poluída* – é a água que apresenta alterações físicas, como: cheiro, turbidez, cor ou sabor. Normalmente, a alteração física é consequência da contaminação química, geralmente devido à presença de substâncias, como: elementos estranhos ou tóxicos. *Água contaminada* – é a água que contém agentes patogênicos vivos, sejam bactérias, vermes, protozoários ou vírus. Essa água não é potável, logo não deve ser utilizada.

Fontes de Contaminação – *Como a água tratada pode ser contaminada? E nascentes e poços?* A água de abastecimento passa por um tratamento rigoroso e, somente depois, é distribuída para as residências, onde existem ligações domiciliares. Ali, a água é armazenada em caixas d'água. É nessa etapa que pode ocorrer à contaminação.

Também as nascentes, minas e cisternas, que são fontes de suprimento de água, podem apresentar contaminação, seja por se localizarem na proximidade de fossas, onde há grande presença de matéria orgânica, ou pelo acesso de animais, água de chuvas ou outras fontes de contaminação e poluição. Por que a água contaminada ou poluída é prejudicial à saúde?

Porque a água contaminada ou poluída pode conter organismos patogênicos ou substâncias químicas capazes de causar doenças ao homem, sendo estas denominadas doenças de veiculação hídrica.

2.10.2. Legislação Brasileira sobre Poluição Hídrica

A Constituição Federal artigos 20, 21 e 22, a Constituição Estadual, Leis Federais e Municipais, que definem os usos e a proteção dos recursos hídricos de cada região brasileira estabelecendo que sejam bens da União os rios, lagos, córregos etc.

Código das águas. Lei 24.643 de 10 de julho de 1934, alterado por leis posteriores para ampliar a força de seus preceitos. O código Florestal (Lei 4771 de 15 de setembro de 1965) tem preceitos para proteção das matas ciliares ou protetoras das águas.

Outra “lei importante a Lei da Natureza ou Crimes Ambientais (Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998) declarou como crime causar poluição hídrica” em cursos de água de abastecimento público.

A classificação das águas é feita através da Resolução nº 2/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta resolução define a qualidade das águas doces, salobras e salinas.

2.10.3. Transporte e Translocação de Água e Solutos dentro da Alface

Segundo Thaiz e Zeiger (2006) a água é importante para a vida das plantas porque ela constitui matriz e o meio onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos essenciais à vida. A estrutura e as propriedades da água influenciam profundamente a estrutura e as proteínas, das membranas, dos ácidos nucléicos e de outros constituintes celulares.

Na maioria das plantas terrestres, a água é continuamente perdida para a atmosfera e absorvida do solo. O movimento da água é governado por uma redução em energia livre e a água pode se mover por difusão, por transporte em massa ou por combinação destes mecanismos fundamentais de transporte em agitação térmica.

A água difunde-se porque as moléculas estão em constante agitação térmica, o que tende a eliminar as diferenças de concentração. A água move-se por transporte em massa em resposta a uma diferença de pressão, sempre

que há uma rota apropriada para movimento em massa de água. A osmose, o movimento de água pelas membranas, depende de um gradiente de energia livre da água pela membrana – um gradiente normalmente medido com uma diferença de potencial hídrico.

Concentração de soluto e pressão hidrostática são dois principais fatores que afetam o potencial hídrico, embora, quando distâncias verticais grandes estão envolvidas, a gravidade também é importante. Tais componentes do potencial hídrico podem ser somados como segue: $\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$. As células vegetais atingem equilíbrio de potencial hídrico com o ambiente local das mesmas absorvendo ou perdendo água. Normalmente tal mudança no volume celular resulta em uma mudança no Ψ_p celular, acompanhado por mudanças mínimas no Ψ_s celular. A taxa de transporte de água através da membrana depende da diferença de potencial hídrico através dessa membrana e da condutividade hidráulica da mesma.

Além de sua importância no transporte, o potencial hídrico é uma medida útil do status hídrico das plantas.

Os mecanismos de transporte de água do solo, através do corpo da planta para a atmosfera, incluem difusão, fluxo de massa e osmose. (RAVEN et al., 2001).

Os principais fatores que influenciam o potencial hídrico em plantas são concentração, pressão e gravidade. O potencial hídrico é simbolizado por Ψ_w (letra grega psi). Os termos $\Psi_s + \Psi_p + \Psi_g$ expressam os efeitos de solutos, pressão e gravidade, respectivamente, sobre a energia livre da água.

A necessidade de resolver o conflito vital determina boa parte da estrutura da planta: (1) um sistema radicular extenso para extrair água do solo; (2) uma rota de baixa resistência por meio de elementos de vaso e traqueóides para trazer água até as folhas; (3) uma cutícula hidrofóbica cobrindo as superfícies da planta para reduzir a evaporação; (4) estômatos microscópios na superfície foliar para permitir trocas gasosas; (5) células – guarda para regular o diâmetro (e resistência à difusão) da abertura estomática.

O resultado é um organismo que transporta água do solo à atmosfera puramente em resposta a forças físicas. Nenhuma energia é despendida

diretamente pela planta para translocar água, embora os desenvolvimentos das estruturas necessárias para um transporte de água eficiente e controlado requeiram acréscimo considerável de energia.

A água na planta pode ser considerada como um sistema hidráulico contínuo, conectando a água no solo ao vapor de água na atmosfera. A transpiração é regulada principalmente pelas células-guarda, as quais regulam o tamanho do poro estomático para atender a demanda fotossintética de aquisição de CO₂ enquanto minimizam a perda de água para a atmosfera. A evaporação da água das paredes celulares das células do mesófilo foliar gera grandes pressões negativas (ou tensões) na água apoplástica. Tais pressões negativas são transmitidas ao xilema e puxam a água por meio dos longos condutos do xilema.

2.10.4. Absorção da Água pelas Raízes

Um contato íntimo entre a superfície radicular e o solo é essencial para a absorção efetiva da água pelas raízes. Esse contato proporciona a área de superfície necessária para absorção de água e é maximizado pelo crescimento das raízes e dos pêlos radiculares no solo. Pêlos radiculares são extensões microscópicas das células da epiderme radicular, que aumentam significativamente a área de superfície radicular, proporcionando, assim maior capacidade para absorção de íons e água do solo (THAIZ e ZEIGER, 2006).

A água penetra na raiz mais prontamente na porção apical radicular, que inclui a zona de pêlos radiculares. As regiões mais maduras das raízes normalmente têm uma camada mais externa de tecido de proteção denominada exoderme ou hipoderme, a qual contém material hidrofóbico em suas paredes e é relativamente impermeável à água.

O contato íntimo entre o solo e a superfície radicular é facilmente rompido quando é perturbado, razão pela qual as plantas e as plântulas recentemente transplantadas precisam ser protegidas da perda de água durante os primeiros dias após transplante. A partir daí, o novo crescimento

radicular no solo restabelece o contato solo-raíz e a planta pode suportar melhor estresse hídrico (ABREU et al, 2005)..

A absorção de água decresce quando as raízes são submetidas a baixas temperaturas ou condições anaeróbicas. A explicação para exata para tal efeito ainda não está clara. Por outro lado, o decréscimo no transporte de água nas raízes proporciona uma explicação para a murcha de plantas em solos encharcados: raízes submersas logo ficam sem oxigênio, o qual é normalmente provindo pela difusão no espaço de ar no solo.

Há vários questionamentos sobre os metais pesados não nutrientes, principalmente na questão do processo de sua absorção pelas plantas e a sua entrada na cadeia alimentar, bem como cobre, o seu limite de acumulação no solo sem que ocorra absorção pelas plantas. Há experimentos controlados que mostram que a quantidade absorvida dos metais pesados varia com o vegetal, ou seja, absorção de chumbo pela alface é grande, enquanto que sua absorção pelo pepino é desprezível (BAIRD, 2002).

2.11. ANÁLISE MULTIVARIADA

2.11.1. Análise Hierárquica de Agrupamentos

Análise Hierárquica de Agrupamentos (AHA) é um importante método multivariado de análises de dados. Seu propósito inicial é exibir os dados assim eles enfatizam seus agrupamentos naturais e padrões. São apresentados os resultados de natureza qualitativa na forma de um dendograma que permite a visualização de amostras ou variáveis num espaço 2D.

Neste método, as distâncias entre amostras ou variáveis são calculadas e transformadas em uma matriz de similaridade S cujos elementos são os índices de similaridade. Para quaisquer duas amostras k e l , o índice de similaridades são definidos como $S_{kl} = 1,0 - ((d_{kl})/(d_{max}))$, onde S_{kl} é um elemento de S , d_{max} é a maior distância para qualquer par de amostras no conjunto de dados, d_{kl} é a distância euclidiana entre as amostras k e l . A escala de

similaridade varia de zero a um. É entendido que o maior índice S_{kl} , reflete na menor distância entre k e l . Conseqüentemente, S_{kl} reflete sua similaridade diretamente. A técnica de agrupamento com incremento que emprega uma soma de aproximação de quadrados para calcular o agrupamento mais próximo, foi usado neste trabalho (Massart et al.,1988).

2.11.2. Análise das Componentes Principais

A Análise das Componentes Principais (PCA, do inglês "Principal Component Analysis") (GELADI, 1986) é uma ferramenta quimiométrica que pode ser utilizada na visualização de propriedades de amostras. Comumente é empregada, para identificação de grupos distintos, na seleção de amostras e na construção de modelos para calibração multivariada. O objetivo da PCA é reduzir o número de variáveis envolvidas na modelagem, através de combinação linear estabelecida entre os dados.

A PCA é um método para decompor uma matriz de dados X , como uma soma de matrizes de posto igual a um, como pode ser visto na equação:

$$X = M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_h \quad (1)$$

Sendo o posto um número que expressa a verdadeira dimensão de uma matriz.

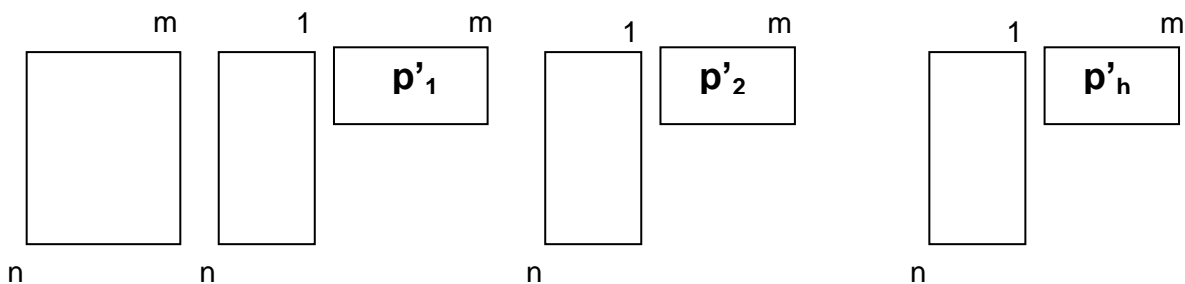
Assim essas novas matrizes de posto igual a 1, são produtos de vetores chamados escores t_h e pesos p_h . Os escores e os pesos podem ser calculados par a par por um processo iterativo, mostrado na equação:

$$X = t_1 p_1 + t_2 p_2 + \dots + t_h p_h \quad (2)$$

Esta equação pode ser representada de uma maneira geral para expressar a somatória dos vetores em matrizes, como mostra a equação:

$$X = TP' \quad (3)$$

De uma forma mais clara, esta soma de vetores pode ser vista por uma representação gráfica de matrizes dos vetores. Como mostra a figura 02.



$$X = t_1 p_1 + t_2 p_2 + \dots + t_h p_h$$

Figura 1 - Representação matricial da somatória de produtos dos vetores escores e pesos.
 Uma melhor exemplificação da PCA pode ser vista na figura 1.

Onde os vetores t_h e p'_h estão representados no plano de duas variáveis x_1 e x_2 . A figura 2A mostra uma componente principal que é a reta que aponta para a direção de maior variabilidade das amostras da figura 2B, aqui numeradas de 1a 6. Na figura 2A, estão representados os pesos (p_1 e p_2) que são os cossenos dos ângulos do vetor de direção, na figura 2B estão representados os escores (t_1 e t_2) que são as projeções das amostras na direção da componente principal.

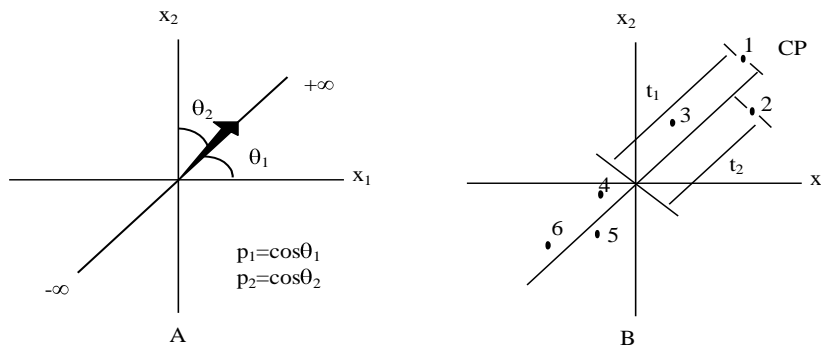


Figura 2. Representação de um componente principal para as variáveis x_1 e x_2 : A) representação dos pesos (p_1 e p_2); B) representação dos escores (t_1 e t_2).

A análise das Componentes Principais tem como finalidade a redução de dados obtidos através de combinações lineares das variáveis originais. A ACP é um método exploratório, pois ajuda na elaboração de hipóteses gerais de dados coletados.

Segundo SENA et AL.(2000), atualmente esta técnica tem sido usada no estudo de combinações de solos por metais pesados e outros poluentes.

As técnicas de análise multivariada possibilitam avaliar, permitem interferências sobre o conjunto de características sejam feitas em nível de significância conhecido. O seu emprego vem aumentando muito nos últimos anos. A análise de agrupamento tem sido um dos métodos estatísticos de análise multivariada. (RODELLA, 2001)

A análise por agrupamento tem por finalidade reunir, por algum critério de classificação as unidades amostrais em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos. (MELO, 2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização do Experimento

Para desenvolver todo o procedimento do trabalho com a alface Elba utilizou-se o espaço físico da Universidade Federal do Tocantins (UFT), localizado no Campus de Gurupi à Rua Badejos, Chácara 69/72, Lote 7, Zona Rural Gurupi – TO, CEP 77402-970.

A água coletada para o experimento foi obtida nos seguintes locais:

a) O Córrego Matinha é um afluente do córrego Bananal. O acesso é pela estrada vicinal GUR-32, saindo pela rua lateral ao Setor São José.

b) O Córrego Mutuca afluente que passa pela chácara no Campus de Gurupi da UFT. Esta água está disponível e acessível para irrigação na realização dos experimentos no campus de Gurupi.

3.2. Amostragem

Foram utilizadas para análise dos elementos químicos 80 amostras de alface Elba plantadas em vasos de polietileno. Vinte amostras foram molhadas com água proveniente do córrego Mutuca utilizada nos experimentos da UFT, até a época da colheita; outras vinte com água do córrego Mutuca por 30 dias e 15 dias com água proveniente do córrego Matinha. O terceiro lote constituído, também, por vinte amostras molhadas com água proveniente do córrego Matinha durante o tempo de crescimento e vinte testemunhas provenientes do Sacolão da Horta na Avenida Goiás em Gurupi.

3.3. Preparação do substrato para semeadura

Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se uma mistura de vermicomposto bovino com terra preta como substrato numa proporção de 1:1. Este composto foi colocado em vasos com capacidade para 2 litros com furos na parte inferior. Em seguida, a mistura de substrato, no vaso, foi molhada com o intuito de facilitar a homogeneização. As sementes foram adquiridas comercialmente na cidade de Gurupi.

Para semear as sementes de alface Elba utilizou-se uma bandeja com 100 células, onde foram distribuídas três sementes por células. Com a

germinação de todas as sementes, procedeu-se o desbaste deixando uma planta por célula. Após dez dias de germinação e crescimento as alfaces foram transplantadas para os vasos contendo o substrato e irrigadas até o ponto de colheita. Molhando-as com regador duas vezes ao dia: uma vez pela manhã antes da 8:00 horas e outra à tarde após às 6:00 horas.

3.4. Condução da Cultura

Para o plantio da alface Elba conduziu-se o experimento aplicando o mesmo substrato nas três etapas, no período de outubro de 2008 a maio de 2009.

O preparo do solo para cultivo da alface Elba no campo experimental de Gurupi – TO foi feito em vasos durante o período chuvoso, não alterando o experimento, pois o manejo foi controlado em ambiente com cobertura plástica e regado duas vezes ao dia com 100 ml por vaso.

A semente da Alface Elba foi plantada nas células da bandeja no dia 31/10/08 e o transplante para vasos foi no dia 09/11/08 (10 dias após a semeadura) com um total de 40 (quarenta) vasos regados com água da UFT desde o início.

Foram separadas 20 (vinte) plantas regadas com água retirada da caixa de água da UFT, oriunda do córrego Mutuca até o final do tratamento. No dia 06/12/08, 20 (vinte) dos vasos foram colocados em cobertura fechada e as alfaces foram regadas com água do córrego Matinha localizadas nas extremidades da cidade de Gurupi próximo às indústrias de refrigerante Imperial e o curtume BMZ da cidade, durante 15 (quinze) dias (PASSOS, 2007).

Necessitou-se de 80% de água para que a cultura da alface se desenvolvesse. Utilizaram-se dois procedimentos com água do córrego Matinha e do córrego Mutuca para fazer o comparativo e constatar a diferença discrepante ou similaridade entre os metais pesados absorvidos pelas alfaces. Como testemunhas, utilizaram-se vinte plantas do Sacolão da Horta.

3.5. Coleta da Alface

Realizaram-se três coletas da alface Elba de outubro de 2008 a maio de 2009 até o ponto de colheita, usando como referência o perfil comercial e uma testemunha do Sacolão da Horta. Foram coletadas 60 plantas que se encontravam em vasos e as outras vinte, restantes, coletadas pelo proprietário da horta.

A alface teve um crescimento rápido sem problemas de ataque de viroses ou lagartas. As folhas ficaram tenras e de aspecto agradável. No dia 20/12/08 (após 51 dias) foram colhidas após atingir o ponto comercial, lavadas com água corrente e preparadas para serem levadas à estufa do laboratório do Campus da UFT, para secagem, preparando-as para a análise.

3.6. Preparação para Análise dos Metais

A alface Elba depois de colhida foi lavada pé por pé em água corrente, pendurada no varal para tirar o excesso de água. Separou-se a raiz da parte aérea e uma folha da outra, foram colocadas em papel pardo grampeado e levadas para a estufa localizada no laboratório da UFT, sob temperatura de 65° C durante 72 (setenta e duas horas).

Quando retiradas da estufa foram colocadas em caixa de isopor em seguida maceradas em copo de madeira adquirido para este propósito. O material macerado foi separado em dois pacotes de papel pardo previamente identificado com nome e número. Uma amostra ficou guardada no laboratório da UFT e a outra encaminhada ao laboratório LASF (Laboratório de Análise de Solo e Foliar), em Goiás, na Universidade Federal de Goiás Escola de Agronomia, com entrada dia 23 /04 /09 e saída em 15 /07 /09, logo as últimas recebidas no dia 25 / 07 /09.

O solo foi analisado no laboratório, dentro dos procedimentos normais na UFT e retirado o sobrenadante (Melich) encaminhado para o LASF dia 20/04/09 e enviado resultado dia 24/07/ 09.

As amostras da água coletada deram entrada no LASF dia 19/ 05/09 e saída dia 23/ 06 /09. Foram protocoladas com nº 197 água do córrego Matinha e nº 198 do Campus da UFT do córrego Mutuca.

3.7. Teor de elementos Metálicos

As amostras foram levadas para Capela no Bloco digestor, onde foi adicionado 6 ml da solução nitroperclórica (mistura de ácido nítrico com ácido perclórico na proporção 2:1 v/v) EMBRAPA (1997). Após adicionar a solução nas amostras no bloco digestor aumentou-se a temperatura, inicialmente a 40° C a cada 20 (vinte) minutos, até o volume reduzir pela metade (cerca de 40 minutos). Depois aumentou se a temperatura até atingir 210 °C, até as amostras apresentarem fumo branco de HClO₄ e o extrato tornar-se incolor ou transparente.

Os tubos foram retirados do bloco e colocados em repouso até a temperatura ambiente.

Depois de frio, foi adicionado 10 ml de água destilada, em seguida pipetou-se 6 ml da solução e realizou-se a leitura na absorção atômica. Conforme metodologia de análise estabelecida pela EMBRAPA (1997). As análises e os parâmetros avaliados foram realizados no Laboratório de Análise de Solo e Folhas (LASF) na Universidade Federal de Goiás (UFG), para identificação dos elementos metálicos.

3.8. Análise Estatística

Os dados obtidos das amostras foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste “F”, nos níveis de 5% e 1% de probabilidade (DUARTE, 2003)

As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% e teste Duncan a 5% de probabilidade. Para análises estatísticas dos resultados referentes aos teores de metais pesados e dos micronutrientes analisados nas alfices foram usados os programas estatísticos Sas e Sisvar.

Aplicou-se também o método estatístico multivariado, o qual considera as amostras e as variáveis em conjunto, ou seja, análise multivariada que possibilita visualizar todo conjunto de dados (MOURA et al. 2006). Com este método torna-se possível obter informações complementares à análise univariada. A técnica de análise utilizada foi Análise Hierárquica de Agrupamento e a Análise das Componentes Principais (ACP) no programa Math Lab.

3.9. Análise da Água

Foram analisados os metais da água utilizada nos tratamentos, as amostras de água coletada deram entrada no LASF dia 19/ 05/09 e saída dia 23/ 06 /09. Foram protocoladas com nº 197: água do córrego Matinha e nº 198: no Campus da UFT do córrego Mutuca. Segue os resultados:

Tabela 6: Análise da água realizada no LASF Universidade Federal de Goiás (mg/kg) e K (dag/kg) dentro do valor permissível pela legislação.

	Cu	Fe	Mn	Zn	Cr	Cd	Pb	K	Ca	Mg
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	dag/kg	mg/kg	mg/kg
1 MAT	3	335	25	2,3	0,2	0,1	0,2	0,84	0,9	1,0
2 UFT	2	337	23	2,4	0,2	0,1	0,1	1,00	0,8	0,8

3.10. Análise de Substrato

Como pode ser observado comparando os valores das tabelas 7 e 8, houve uma diferença significativa nos valores apresentados para K e CTC. A análise da amostra de substrato feita no LASF antes passou por uma pré-extração feita no laboratório da UFT, o que não deveria ter causado diferença significativa.

Tabela 7– Análise preliminar do substrato no laboratório do campus de Gurupi, do substrato utilizado no experimento com a alface.

	Ca+Mg	10
	Ca	8,8
	Mg	1,2
	Al	0,1
Cmol/dm ³	H+Al	2,1
	K	0,6
	CTC(T)	12,6
	SB	10,5
	CTC(t)	10,6
mg/dm ³ (ppm)	K	223,3
	P(Mel)	59
%	V	83,5
	m	0,8
Mat.org	%	4,5
	g\dm ³	44,6
pH	CaCl ₂	4,5
	H ₂ O	5,6
Textura(%)	Areia	65,7
	Silte	7,2
	Argila	27,2
Textura (g\kg)	Areia	656,8
	Silte	71,6
	Argila	271,6

Laboratório de Solos – UFT.Gurupi

Tabela 8 - Análise do solo realizada no LASF, Universidade Federal de Goiás.

Cu(Mehl) mg/dm ³	Fe(Mehl) mg/dm ³	Mn(Mehl) mg/dm ³	Zn(Mehl) mg/dm ³	P(Mehl) mg/dm ³	K mg/dm ³	Al cmolc/dm ³	CTC cmolc/dm ³
1,6	103,0	85,3	34,3	88,3	93,0	0,0	0,2

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo e pesquisa realizada sobre a alface Elba no experimento tiveram como prioridade a análise das águas de dois córregos, uma delas provinda do córrego Matinha, a outra água do córrego Mutuca. O solo e as alfaces plantadas também foram analisados para verificar a presença dos nutrientes e metais pesados.

Foi feita uma análise preliminar do substrato no Campus de Gurupi com o objetivo de conhecer os teores de alguns elementos, para servir de comparação com os elementos que foram absorvidos pela alface.

Os resultados são representados na tabela 7. Foram avaliados os teores de Ca+Mg, Ca, Mg, Al, H+Al, K, CTC(T), SB, CTC(t), K, P, V, % de Matéria Orgânica, pH em CaCl₂, pH em H₂O, Areia, Silte e Argila. Na tabela 8, são apresentados os resultados da análise do solo para os elementos Cu, Fe, Mn, Zn, P, K, Al e CTC, feitos no Laboratório de Análises de Solo e Folhas na UFG.

Não poderá ser realizado comparativo e discussão em nível de trabalho científico, pois é a primeira dissertação realizada dentro da análise multivariada com a cultura da alface.

4.1. Análise Estatística da Alface

Na tabela 9 estão mostrados os valores referentes aos elementos químicos com suas respectivas médias e valores mínimos e máximos, bem como o desvio padrão indicando a pouca variação nas determinações realizadas no LASF.

Tabela 9 - Média geral dos teores dos elementos das 80 amostras da alface Elba.

Tratamento	Valor	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Cd	Cr	Pb
		mg dm ⁻³												
SH	Med.	1,98	0,43	1,57	1,04	0,46	0,25	3,57	1,98	8,64	1,84	0,26	0,75	1,63
	Min.	1,86	0,41	1,57	0,94	0,44	0,06	3,36	1,85	7,88	1,51	0,24	0,60	1,57
	Max.	2,09	0,44	1,69	1,14	0,48	0,44	3,78	2,12	9,40	2,17	0,28	0,90	1,69
	D.p. ¹	0,07	0,01	0,03	0,05	0,04	0,01	1,32	25,07	4,99	1,14	0,02	0,05	0,04
RIO	Max.	2,01	0,45	1,82	1,32	0,65	0,06	3,95	2,20	9,86	2,60	0,26	0,78	1,82
	Min.	1,33	0,40	1,71	1,06	0,50	0,06	3,73	2,07	1,11	2,33	0,20	0,60	1,71
	Med.	1,67	0,43	1,76	1,19	0,80	0,06	3,95	2,33	5,49	2,46	0,23	0,69	1,76
	D.p.	0,12	0,02	0,05	0,09	0,07	0,01	2,35	25,07	4,99	1,13	0,02	0,05	0,04
UFT	Max.	2,21	0,44	1,65	1,24	0,70	0,07	3,96	2,12	8,80	2,26	0,28	0,88	1,65
	Min.	1,89	0,39	1,58	0,88	0,44	0,06	3,50	1,91	1,01	1,99	0,16	0,64	1,58
	Med.	2,05	0,41	1,62	1,06	0,57	0,07	3,73	2,02	4,90	2,13	0,22	0,76	1,62
	D.p.	0,12	0,02	0,05	0,09	0,07	0,01	2,35	25,07	4,99	1,13	0,02	0,05	0,04
RiT	Max.	1,47	0,39	1,60	1,10	0,76	0,05	3,88	3,88	9,48	2,80	0,26	0,78	1,60
	Min.	1,38	0,32	1,51	1,22	0,62	0,05	3,32	2,34	1,04	2,41	0,20	0,64	1,46
	Med.	1,43	0,36	1,55	1,16	0,69	0,05	3,60	3,11	5,26	2,61	0,23	0,71	1,53
	D.p.	0,12	0,02	0,05	0,09	0,07	0,01	2,35	25,07	4,99	1,13	0,02	0,05	0,04

¹Desvio padrão.

4.2. Análise dos Elementos na Alface

Os experimentos descritos anteriormente no procedimento com a alface, tiveram os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr e Pb avaliados pelo teste estatístico de Tukey. Numa segunda etapa os dados foram avaliados empregando uma análise por agrupamento, ou seja, Análise Hierárquica de Agrupamento (AHA), com o objetivo de identificar grupos existentes pela distância influenciada pelos valores semelhantes ou diferentes dos teores dos elementos existentes e analisados nas amostras de alface.

Em outra etapa os teores dos elementos foram submetidos à Análise das Componentes Principais, com duplo objetivo de notar a formação de grupos e identificar as variáveis, ou seja, os elementos que tem maiores influência por estar agrupando as amostras e por estar diferenciando-as.

Para obter as respostas da análise multivariada aconteceram os procedimentos padrões. As 20 plantas analisadas em cada tratamento foram divididas em quatro grupos, de cinco em cinco, perfazendo 80 amostras. Avaliando as treze variáveis para ser realizado o teste Tukey.

4.3. Análise Hierárquica de Agrupamento

Na avaliação da formação de grupos entre as amostras de alface, a AHA foi testada considerando os teores dos elementos como variáveis no agrupamento por similaridade, conforme o dendograma dos dados auto-escalados pela distância para o vizinho mais próximo, mostrado na figura 3, foi possível identificar 5 grupos distintos.

O grupo A engloba as amostras RT1 e RT2. O grupo B com as amostras RIO3, RIO4, UFT3 e UFT4. O grupo C as amostras S.H.1, S.H.2, S.H.3, S.H.4 e UFT2. No grupo D foram separados as amostras RT3, RT4, RIO1 e RIO2. E no grupo E tem-se apenas a amostra discrepante UFT1.

O grupo C, formado principalmente pelas amostras do “Sacolão da horta” está sendo influenciado negativamente pelo PC 3, assim como pelos macronutrientes N, P, K e Fe, e ainda pelos metais pesados Cr, Pb e Cd, o que indica maiores concentrações destes elementos nestas amostras em relação às demais.

Nota-se que maiores concentrações de S na amostra UFT 1 foram responsáveis pela sua discrepância em relação às outras amostras, diferenciando-o no grupo E. Em oposição o Grupo A, influenciado positivamente pelo PC 3, apresenta os menores valores de S, com grande influência das concentrações de Ca e Mg na diferenciação destas amostras. Altas concentrações de Zn e Mn nas amostras RT3 e RT4 foram responsáveis pela proximidade das amostras classificadas no grupo D juntamente com amostras RIO1 e RIO2, estas aproximadas por maiores concentrações de Cu e o grupo todo.

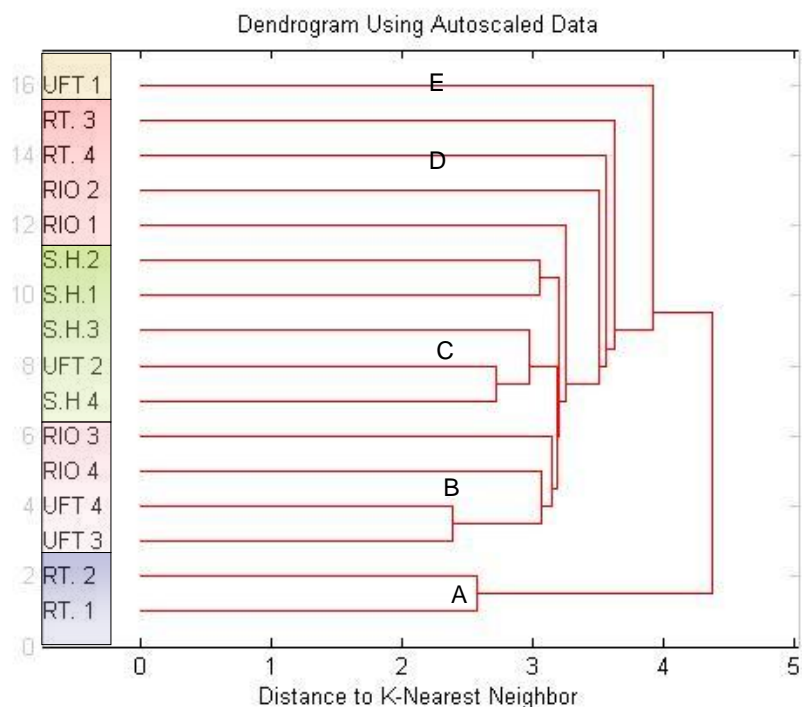


Figura 3. Dendrograma representando as 80 amostras analisadas da alface Elba (*Lactuca sativa*), considerando as treze variáveis (elementos químicos), grupos identificados pelas letras A, B, C, D e E.

Explicação das abreviações da figura 3.

EXPERIMENTAÇÃO	SIGNIFICADO DAS SIGLAS
RIO 1, 2, 3 e 4	ALFACE REGADA 30 DIAS CÓRREGO MUTUCA E 15 DIAS CÓRREGO MATINHA
UFT 1, 2, 3 e 4	ALFACE REGADA COM ÁGUA DO CÓRREGO MUTUCA NA UFT
SH 1, 2, 3 e 4	ALFACE ADQUIRIDA COMERCIALMENTE NO SACOLÃO DA HORTA
RT 1, 2, 3 e 4	ALFACE REGADA TEMPO TODO COM ÁGUA DO CÓRREGO MATINHA

4.4. Análise de elementos Químicos na Alface por Componentes Principais

Na avaliação dos resultados obtidos foram estudados os efeitos de três componentes principais que acumularam a maior quantidade de variância no modelo gerado na Análise das Componentes Principais.

Dos valores dos elementos obtidos nas 80 amostras (*escores*) da alface de todos os tratamentos foram analisados treze variáveis (*pesos*), que gerou treze componentes principais, os valores dessas componentes explicam que da variância total dos dados em função do tratamento e das treze variáveis estudadas, fazendo com que houvesse a necessidade de analisar os efeitos das CP1 X CP2, CP1 X CP3 e CP2 X CP3 cujos os valores acumulados para as três componentes principais contribuem com 67,63% da variância.

A distribuição dos pontos amostrais dos tratamentos das alfaces no plano cartesiano pode ser observada, juntamente com distribuição das variáveis dos pesos (figura 4), que contribuem para a formação de todas as CPs e posicionamento dos pontos amostrais.

A figura 4 mostra que a CP1 que acumulou 32,59% da variância, separa amostras do RT e SH na parte negativa e na parte positiva ocorre as amostras do RIO e UFT, onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP1, são influenciadas pelos maiores teores de P, K, Ca, Mg, Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, N e S o elemento Cd tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras RT e SH.

O que mostra que estas amostras são diferenciadas pelos valores maiores de Cd nas alfaces, que pode ser explicado pelo tipo de aplicação de larvicida e pelo tipo de adubação feita no cultivo dessa hortaliça.

Já a CP2 separa amostras do RT e SH na parte negativa e na parte positiva ocorre as amostras do RIO, RT e UFT (3 e 4), onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP2, são influenciadas pelos maiores teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn.

Os elementos k, P, N, S, Pb, Fe, Cr e Cd tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras SH e UFT (1 e 2).

Esta separação pela CP2 que tem acumulada 23,23% de variância representa que a maioria dos elementos tem influência negativa principalmente nas amostras do Sacolão da Horta em que o monitoramento de aplicação de larvicida e o tipo de água, ou seja, a origem não foi informada.

Além disso, outros fatores como o material usado para molhar as plantas podem levar alguns desses elementos ao solo e incorporar na hortaliça pela absorção.

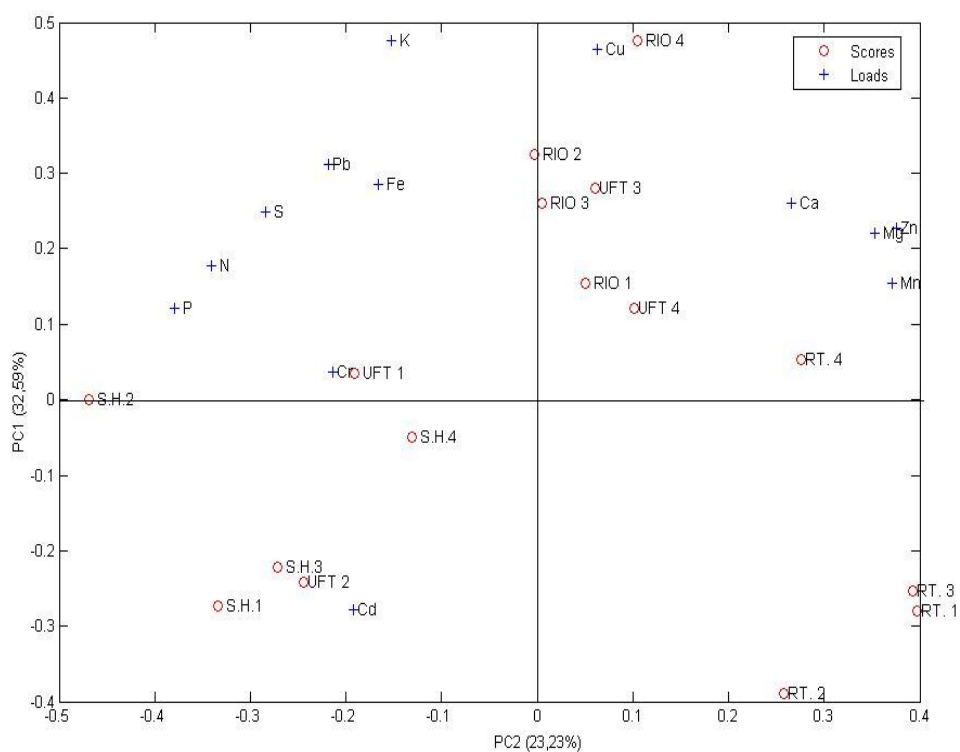


Figura 4. Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP1 x CP2) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência dos elementos químicos na amostra. Em que se têm os tratamentos do Sacolão da Horta (SH), tratamento com a água do córrego Matinha por quinze dias (RIO), tratamento com a água do córrego Matinha todos os dias (RT) e tratamento com a água do córrego Mutuca (UFT).

Na figura 5, mostra que a CP1 que acumulou 32,59% da variância, separa amostras do RT e SH na parte negativa e na parte positiva ocorre as amostras do RIO (1 e 4), RT (1 e 2), SH (1 e 3) e UFT (1, 3 e 4), onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP1, são influenciadas pelos maiores teores de P, Ca, Mg, Cr, N e S.

Os elementos K, Pb, Cd, Cu, Zn, Mn e Fe tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras RT (3 e 4), RIO (2 e 3), UFT (2) e SH (2 e 4).

Já a CP3 separa as amostras do RT, RIO e UFT (3 e 4) na parte positiva e na parte negativa ocorre as amostras SH e UFT (1 e 2), onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP3, são influenciadas pelos maiores teores de Ca, Mg, Cu, Mn e Zn.

Os elementos k, P, N, S, Pb, Fe, Cr e Cd tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras SH e UFT (1 e 2).

Esta separação pela CP3 que tem acumulada 11,81% de variância representa que a maioria dos elementos tem influência negativa principalmente nas amostras do Sacolão da Horta em que o monitoramento de aplicação de larvicida e o tipo de água, ou seja, a origem não foi informada.

Além disso, outros fatores como o material usado para molhar as plantas podem levar alguns desses elementos ao solo e incorporar na hortaliça pela absorção.

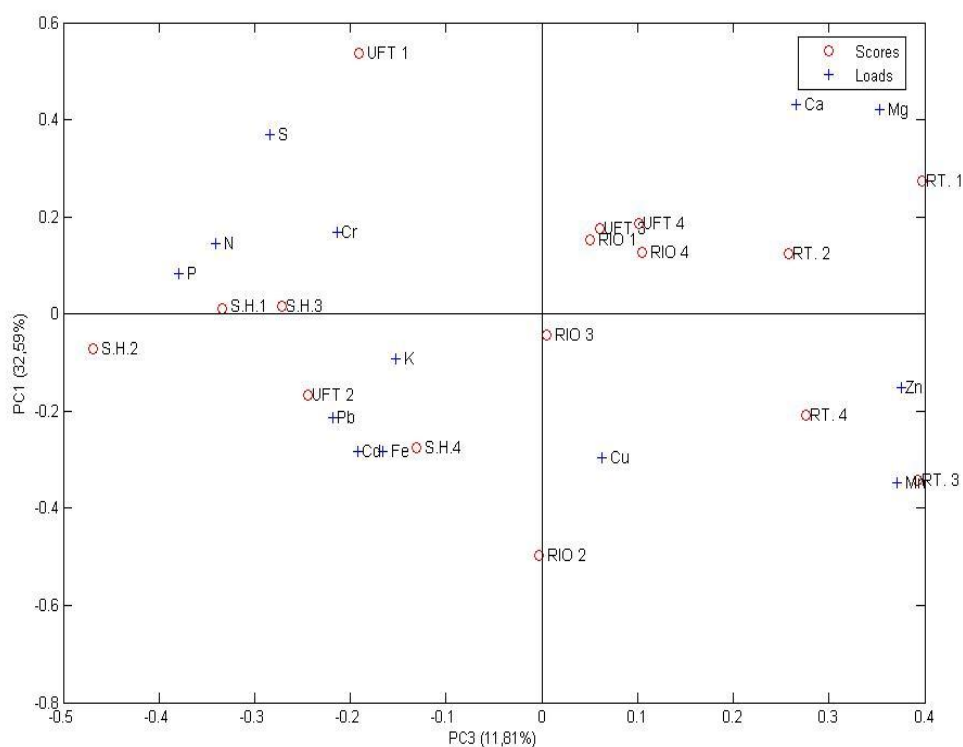


Figura 5. Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP1 x CP3) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência do elementos químicos na amostra. Em que tem-se os tratamentos do Sacolão da Horta (SH), tratamento com a água do córrego Matinha por quinze dias (RIO), tratamento com a água do córrego Matinha todos os dias (RT) e tratamento com a água do córrego Mutuca (UFT).

Na figura 6, mostra que a CP2 que acumulou 23,23% da variância, separa amostras do RT (3 e 4), UFT (2), RIO (2 e 3) e SH (2 e 4) na parte negativa e na parte positiva ocorre as amostras do RIO (1 e 4), RT (1 e 2), SH (1 e 3) e UFT (1, 3 e 4),

Onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP2, são influenciadas pelos maiores teores de Cr, P, N, Mg, Ca e S,

Já os elementos K, Pb, Cd, Cu, Zn, Mn e Fe tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras RT (3 e 4), RIO (2 e 3), UFT (2) e SH (2 e 4). Já a CP3 separa as amostras do RT (4), RIO e UFT (1, 3 e 4) na parte positiva e na parte negativa ocorre as amostras SH, RT (1, 2 e 3) e UFT (2), onde pela figura os pesos mostram a contribuição das variáveis, as amostras da parte positiva na CP3, são influenciadas pelos maiores teores de todos os elementos menos o Cd.

Desta forma, o elemento Cd tem maior influência em separar as amostras na parte negativa que são as amostras SH, RT (1, 2 e 3) e UFT (2).

Esta separação pela CP3 que tem acumulada 11,81% de variância representa que a maioria dos elementos tem influência negativa principalmente nas amostras do Sacolão da Horta em que as condições de manejo da cultura e o emprego de diferentes fontes de substrato e aplicação de defensivos podem ser um diferencial para estas amostras

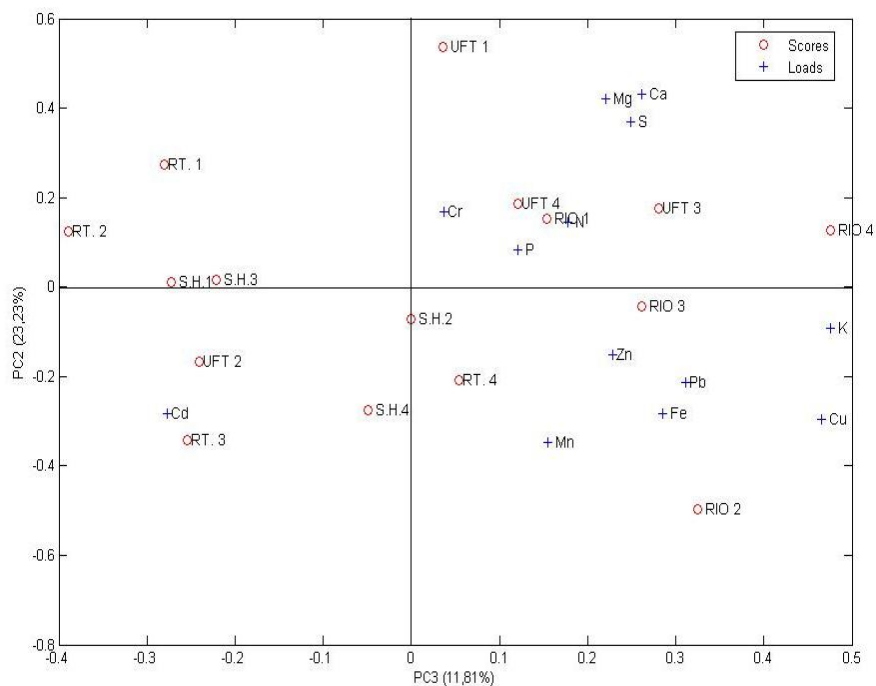


Figura 6. Disposição dos escores e pesos nas Componentes Principais (CP2 x CP3) no plano cartesiano, indicando a distribuição das amostras conforme o tratamento e conforme a influência dos elementos químicos na amostra. Em que se têm os tratamentos do Sacolão da Horta (SH), tratamento com a água do córrego Matinha por quinze dias (RIO), tratamento com a água do córrego Matinha todos os dias (RT) e tratamento com a água do córrego Mutuca (UFT).

5. CONCLUSÃO

- Os teores de elementos apresentados tanto na água quanto no solo, não ultrapassam os valores permitidos na legislação, exceto para o cromo.
- Na cidade de Gurupi há ainda poucas indústrias e o quantitativo de metais liberados ainda não apresenta efeitos nocivos nos córregos Mutuca e Matinha.
- Os metais pesados são acumulados e não degradados no organismo. Precisa-se fazer análise da água que será utilizada em qualquer experimento de forma responsável primando pela saúde, qualidade da hortaliça e proteção ao meio ambiente.
- Na análise estatística dos elementos, foi possível identificar que a variação nas determinações dos teores dos elementos o desvio em muitos casos são pequenos, mostrando uma boa determinação realizada experimentalmente e uma absorção bem semelhante das alfaces;
- A Análise Hierárquica de Agrupamento mostrou-se satisfatória, mas não tanto conclusiva quanto a formação de grupo e as variáveis que influenciam os grupos.
- Na Análise das Componentes Principais, foi possível identificar as semelhanças e diferenças das amostras, pela influência das variáveis consideradas e estudar o comportamento dessa influência baseada nas componentes principais 1, 2 e 3.
- Desta forma os métodos empregados mostraram que é possível identificar a quantidade de metais contidos e verificar o nível de contaminação para os

diferentes tratamentos e podera-se-á sugerir um manejo diferente na cultura da hortaliça de forma a evitar a contaminação das mesmas para que o consumo seja seguro e de qualidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso Agrícola de resíduos orgânicos: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In: **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do solo, v. IV 2005. P. 391- 470.

AGUIAR, M.R. NOVAES, A.C; GUARINO, A.W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Quim. Nova**, v.25 (6B), p.1145 – 1154, 2002.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 29, Revisado 1).

ALVARENGA, M.A.R.; SILVA, E.C. da; SOUZA, R.J; CARVALHO, J.G. **Teores e acúmulo de macronutrientes em alface americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar**. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.27, p.1569-75, dez., 2003. Edição Especial.

ANVISA 2002. Programa de Análise de Resíduos em *Alimentos*: relatório anual, 30/06/2002. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002. 579p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 20, 18 de junho de 1986. Estabelecer a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. CONAMA. **Resoluções CONAMA – 1984/86**. Brasília, DF: 1986. p.72 -86.

CAMARGO, O. A. **Micronutrientes no solo**. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. (ed.). REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1988. Anais. p. 103 -120.

CECÍLIO, R. V.; “**Determinação de Metais Pesados no Ribeirão do Carmo, Mariana - M. G. e Sugestão para Descontaminação**”, tese de mestrado, UFMG, Belo Horizonte, M. G., 1998.

CLARKSON, T. W. "The Pharmacology of Mercury Compounds", *Ann. Rev. Pharmacol.*, **12**, 375-406. 1972.

COOKER, E. G.; MATTHEUS, P. J. **Metals in Sewage Sludge and their Potential Effects in Agriculture**. *Water Sci. Technol.*, v. p. 209 -225, 1983.

COSTA, C. A.; CASALI, V. W. D. LORES, E. G.; CECON, P. R.; JORDÃO, C. P. **Teor de Metais pesados em Alface (*Lactuca sativa* L.)** Adubada com Composto Orgânico de Lixo Urbano. *Rev. Ceres*, v. 41, n. 238, p.629 – 640, 1994.

COSTA, E. D. **Adsorção e competição de alguns metais por ácidos húmicos extraídos de latossolo húmico da Região Araponga, Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica). Universidade Federal de Viçosa, 1991.

COSTA, C. A. **Crescimento e teores de sódio e de metais pesados da alface e da cenoura adubadas com composto orgânico de lixo urbano**. 1994. 89f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

DOOREMBOS, J; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2000.221p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, nº33, tradução Gheyi, H. R e outros. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000).

DUARTE, R.P.S. **Avaliação do Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), níquel (Ni) e Zinco (Zn) em solos, plantas às margens de uma rodovia de tráfego intenso de veículos**. 2003. 127p. Tese (Doutorado em Agronomia) - faculdade de Ciências agrônômicas do campo de Botucatu – UNESP, Botucatu 2003.

ELLIS, B. G.; KNEZEK, B. D. A adsorption reactions of micronutrients in soils. In: DINAVER, R. C., ed **Micronutrients in agriculture**. Madison, 1977. 556 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-**Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1997. 205 p.. 212p.

FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. **Nutrição e Adubação de Hortaliças**, 1993. Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato (POTAFOS), Piracicaba – SP, 1993.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2007 e 2008. 234p.

FIGUEIREDO, B. R.; Borba, R. P.; **Livro de Resumos do VII Encontro Nacional sobre contaminantes inorgânicos**; Campinas, p.19-21, 2000.

GARCIA, L.L.C. **Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), Cv. Brasil 48 e *clause's aurelia***. 1982. 78 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1982.

GELADI, P.; KOWALSKI, B. R.; *Anal. CHIM. Acta*. **Avaliação do uso de métodos quimiométrico em análises de solo**. Scielo. 1986, 185, 1.

GREWOOD M. R. (1984), Quecksilber, em: **Metalle in der Umwelt**, Verlag **Chemie Weinheim** 1984, cap. II.18, 511.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos Tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; 2005 p. 345-390.

JARDIM, W. F. **Metais pesados um dano irreparável**. Rev. Bras. Tecnol., Brasília, v. 14. n.2, p. 41 -45, 1983. Nitrogen transformations in flooded Rice soil. Fertilizer Research, Hague, v.9, p. 15 – 38, 1986.

KANASHIRO, S. **Efeitos de diferentes substratos na produção das espécies**. *Aechmea fasciata* (Lindley) Baker em vasos. 1999. 79 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

KEENEYE, D. R.; SAHRAWAT, K. L. **Nitrogen transformations in flooded rice soil**. Fertilizer Research, Hague, v.9, p. 15 -38, 1986.

KIEHL, J. C. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212. 2001. p. 40 -52.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Ed. Agronômica "CERES", 1985. cap. 3, p. 85.

KIEHL, E. J. Manual de Compostagem: **Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba. 1998. 172 p.

KOROLKOVAS A., **Química Farmacêutica**. Guanabara Koogan S. A, Rio de Janeiro, 1986.

LUENGO, R. F.; CALBO, A. G. **EMBRAPA HORTALIÇAS**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília – DF, 2001

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto Ambiental: Micronutrientes e Metais pesados, Mitos, Mistificação e Fatos**. São Paulo, PRODUQUÍMICA, 1994. 153 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.

MARQUES, J. J. G. S. M.; CURI, N. SCHULZE, D. G. Trace elements in Cerrado soils. In: **Tópicos em Ciências do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de Ciência do solo, v.III, 2002, p. 103 -142.

MARTENS, H.; NAES, T.; "**Multivariate Calibration**"; John Wiley & Sons, New York, 1989.

MASSART, D.L., VANDEGINSTE, B.G.M., DEMING, S.N., MICHOTTE, Y., KAUFMAN, L., 1988. **Chemometrics: A Textbook**. Elsevier, Amsterdam.

McBRIDE, M. B. **Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective?** J. Environ Quality. v. 24, p.5 -18, 1995

MELO V. P. **Propriedades químicas e disponibilidade de metais pesados para a cultura de milho em dois Latossolos que receberam adição de lodo de esgoto**. 2002 134p. (Tese de Doutorado) – FCAV/ UNESP, Jaboticabal, 2002.

MIDIO, A. F.; Martins, D. I. Toxicologia de Alimentos. São Paulo: Varela Editora e Livraria LTDA, 2000.

MOURA, M. C. S.; LOPES, A. N. C.; MOITA, G. C.; MOITA NETO, J. M. Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n.3, p. 429-435, maio / junho, 2006.

MOY B.Y.G.; KÄFERSTEIN, F.; Kim, Y.M.; MOTARJEMI, Y.; QUEVEDO, F. **Dietary exposure to lead, cadmium, mercury and polychlorinated biphenyls**. *Arch. Lebensmittelhygiene* v. 44, p. 25-56, 1993.

MULLER, A. C., **Introdução à Ciência Ambiental, Curitiba** – PUC – PR, uso didático. 2008. p. 65 -73.

MURAYMA, S. 1914. **Horticultura**, 2. Ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1983. Reimpressão 1995. Campinas – São Paulo. Brasil.

MIYAZAWA, M.; KHATOUNIAN, C.A; ODENATH-PENHA, L.A. **Teor de nitrato nas folhas de alface produzidas em cultivo convencional, orgânico e hidropônico**. *Agroecologia Hoje*, Botucatu, Ano II, v.7, p.23, fev./mar, 2001.

OBERDÁ, S. M.; “**Estudo de Metais Pesados Presentes na Bacia do Rio Piracicaba e Sugestão Biotecnológica de Descontaminação**”, tese de mestrado, UFMG, Belo Horizonte, M. G., 1996.

OGA S. **Fundamentos de Toxicologia**. Atheneu Editora, São Paulo, 1996.

OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**. Atheneu Editora São Paulo, 2^a edição, São Paulo, p. 405 – 426 e 367 – 379, 2003.

OLIVEIRA, C. et al. Solubilidade de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto enriquecido. **R Bras Ci Solo**. V.27, p.171-181, 2003.

PASSOS, T. M. F. **O Controle de Qualidade no Processo Produtivo: Caso do Refrigerante Imperial LTDA**. Faculdade UNIRG, Monografia da Bacharelada em Administração, 2007.

PALMIERI, H. E. L.; LEONEL, L. V.; FAGUNDES, O. R.; MENEZES, M. A. B. C.; WINDMOLLER, C. C.; Santos, R. C.;HERMÍNIO Jr., A. N. (2004), “**Speciation and Quantification of Mercury in Soils from the Tripuí Ecological Station, Minas Gerais, Brazil**” 7th International Conference on Mercury as a Global Pollutant, (Slovenia).

PARMIGIANE, M. P. C. V. D; MIDIO, A. F. **Chumbo na alimentação da população infantil**. **Cadernos de Nutrição**, vol. 9, p.25-34, 1995.

Produtor de Hortaliças/Instituto do Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC). – 2. Ed. Ver. – Fortaleza: Edições Demócrito Rocha; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. 88 p.: il. color. – (**Caderno Tecnológicos**).

QUEIROZ, M.; A. de RAMOS, S. R.; MOURA, M. da C. C. L. COSTA, M. S. V. SILVA, M. A. S. da. Situação atual e prioridades do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de curcubitáceas do Nordeste brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.17, p. 25-29, 1999.

RAMALHO J. F. P. G., AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Metais pesados em solos cultivados com cana – de- açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Floresta e Ambiente** v.8, p.120-129, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Guanabara Koogan S.A. Cap. 31. p.720 -739. Rio de Janeiro, 2001.

RÊGO, A. M.; CARRIJO, I. V. Doenças das curcubitáceas. In: ZAMBOLIM, L.; VALE F. X. R. do; COSTA, H. (Ed.). **Controle de doenças de plantas hortaliças**: vol.1. Viçosa, 2000.p.535-598.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C.; Legislação sobre micronutrientes e metais pesados. In: FERREIRA, M. E. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; FAPESP, Potafos, 2001.599p.

SENA, M. M.; POPPI, RJ; SHIRAISSHI, R. T.; VALARINI, P. J. Avaliação do Uso de Métodos Quimiométricos em Análises de Solos. **Química Nova**, São Paulo v. 23, n.4, p. 547-556, julho/ agosto, 2000.

SILVA, J. B. B.; **Instituto Mineiro de Pesquisas Agro-Pecuárias. 2002.**

SILVA, J. B. B., Silva M. A. M., Curtius A. J., Welz B.. Determination of Cd in Biological Samples **Solubilized with Tetramethylammonium Hydroxide by ET AAS**, Using Ru as Permanent Modifier. *Talanta*, 60, p. 977-982, **2003**.

SILVA, F.B. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizante**. Brasília: EMBRAPA. Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

STEVENSON, F. J.; FITCH, A. Chemistry of complexation of metal ions with soil solution organics. In: HUANG, P. M.; SCHINITZER, M.; ADAMS, Jr. R. S.; SOSITO, G. WHITE, J.L., ed. **Interaction of soil minerals with natural organics and microbes**. 1. ed. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1986. p.29 -58.

TAVARES, T. M. CARVALHO, F. M. **Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano**. Quim. Nova, v. 15, p. 147 – 154, 1992.

THAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed.. p. 116 – 135. Porto alegre: Artmed, 2006.

TRANI, P.E. **Hortaliças folhosas e condimentos**. In: PEREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, p.293-310, 2001.

VULCANO, I.R. C. **Teores de chumbo e cádmio em amostras de chás de camomila e erva-mate comercializados em Belo Horizonte**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Alimentos, Faculdade de Farmácia da UFMG, 2003.

ZEFERINO, J.; HEITZMANN Jr., J. F.; TOBSCHALL, H. J., ROESER, H. (1997), "**Accumulation and transport of mercury due to gold processing activities in selected river systems of Quadrilátero Ferrífero**, Minas Gerais, Brazil", Zbl. Geol. Palaont. Teil I, H. 3-6, p847-854.