



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA
MESTRADO EM QUÍMICA

CARLOS ALBERTO DE SOUZA JUNIOR

QUANTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS EM ABACATE (*Persea americana* Mill), MAMÃO (*Carica papaya* L.), TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum* Schum), DÃO (*Ziziphus mauritiana* Lam), INGÁ (*Inga edulis* Mart), TAMARINDO (*Tamarindus indica* L), SOLO E ÁGUA.

BOA VISTA

2013

CARLOS ALBERTO DE SOUZA JUNIOR

QUANTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS EM ABACATE (*Persea americana* Mill), MAMÃO (*Carica papaya* L.), TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum* Schum), DÃO (*Ziziphus mauritiana* Lam), INGÁ (*Inga edulis* Mart), TAMARINDO (*Tamarindus indica* L), SOLO E ÁGUA.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Química do Programa de Pós-Graduação em Química – PPGQ da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Química na área de concentração Análise de Traços em Matrizes Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Alves de Melo Filho

Boa Vista

2013

CARLOS ALBERTO DE SOUZA JUNIOR

QUANTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES METÁLICAS EM ABACATE (*Persea americana* Mill), MAMÃO (*Carica papaya* L.), TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum* Schum), DÃO (*Ziziphus mauritiana* Lam), INGÁ (*Inga edulis* Mart), TAMARINDO (*Tamarindus indica* L), SOLO E ÁGUA.

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Química da Universidade Federal de Roraima, defendida em 09 de dezembro de 2013 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Alves de Melo Filho
Orientador/Departamento de Química - UFRR

Prof.Dr. João Lúcio de Azevedo
ESALQ - USP

Prof^a. Dr^a. Josimara Cristina de Carvalho Oliveira
Departamento de Química - UERR

À Deus

“Por mais uma graça concedida”.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade concebida, conhecimento e energia.

A minha Mãe Kátia Betânia Costa Carvalho, Pai, Carlos Alberto de Souza, Irmã Roberta Cristina Carvalho de Souza, pelo incentivo, apoio durante a realização deste trabalho e compreensão dos muitos momentos de minha ausência.

Ao Prof. Dr. Antônio Alves de Melo Filho pela orientação, conhecimentos compartilhados e pela amizade.

A Prof^a. Dr^a. Teresa Maria Fernandes de Freitas Mendes, pelas contribuições e boa vontade com que sempre me atendeu.

Ao Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva, pelo incentivo e contribuição na elaboração da dissertação.

Ao Prof. MSc. Francisco dos Santos Panero, pela força e apoio dado ao longo deste trabalho.

A Pesquisadora da EMBRAPA/SC, Dr^a. Ana Rita de Araújo Nogueira pela disponibilização do laboratório para o preparo das amostras de solo.

Aos Professores do Mestrado em Química Ambiental pela contribuição ao longo da minha formação.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Grãos, Rubem Camelo, Mauro Marcos, Viviane Belo, Vânia Teles, Maria Gilda Santos, Magda Márcia Becker, Irailton Oliveira dos Santos, Denny, Leovergildo Farias e José Satelles pelo companheirismo e momentos de descontração.

A todos os amigos que auxiliaram de alguma forma na conclusão deste trabalho.

Ao CNPq/INCTAA e FINEP pelo apoio financeiro.

RESUMO

As espécies metálicas são de grande importância para se conhecer a concentração de metais em diversas matrizes verificando sua disponibilidade no solo, água e nas polpas das frutas estudadas, e podendo assim identificar o seu potencial de armazenamento de nutrientes relacionados ao meio que se encontram as matrizes estudadas. Foi aplicado um método de tratamento de amostras, calcinação (CA), para a quantificação de K, Na e Li por Fotometria de Chama (FOC) e Ca, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn por Espectrometria de Absorção Atômica por Chama (FAAS), em amostras de abacate (*Persea americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), dão (*Ziziphus mauritiana* Lam), ingá (*Inga edulis* Mart), tamarindo (*Tamarindus indica* L), e o solo e a água dessas regiões onde se encontravam essas matrizes em diferentes períodos denominados de seco e chuvoso. O método de CA mostrou-se eficiente, preciso, simples e exato para todas as espécies metálicas nas amostras sob estudo, com desvios padrões relativos abaixo de 10 % e recuperações na faixa de 90 a 110 %. Os teores de K, Na, Li, Ca, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn, demonstram limites de quantificação (LOQs) ideais ou aceitáveis, no método de (CA) para todas as amostras abordadas neste estudo. Os testes estatísticos, **F** e **t** emparelhado (95 % de confiança) aplicados aos resultados do método de (CA) mostram na maioria das comparações, que não existem diferenças significativas entre as suas precisões e concentrações em todas as espécies, bem como entre as amostras estudadas nos diferentes períodos denominados de seco e chuvoso. Diante disto, fez-se necessário aplicar as análises estatísticas PCA e HCA, para avaliar mais precisamente os resultados obtidos ao longo do trabalho. Diante disto, pode-se verificar que há uma similaridade entre as amostras através da visualização gráfica. O método de CA apresentou-se eficaz quando verificado a quantidade de reagente utilizado, etapas de manipulação e contaminação da amostra. A quantidade de água proveniente das épocas seca e chuvosa, interferem diretamente na concentração das espécies metálicas estudadas nas diversas matrizes, contudo o fato de se ter elevado teor de uma espécie metálica na água, não necessariamente interfere na concentração dessa espécie no solo e frutas dessa região.

Palavras-chaves: Frutas; solo; água; Roraima.

ABSTRACT

The metallic species are of great importance in order to know the concentration of metals in various matrices checking its availability in soil, water and fruit pulps studied and can therefore identify their potential of storage nutrients in areas related to matrices which are here studied . It was applied a method of treatment of samples, calcination (CA) for quantification of K, Na and Li by flame photometry (FOC) and Ca, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn Absorption by Atomic Spectrometry flame (FAAS), in samples of avocado (*Persea americana* Mill), papaya (*Carica papaya* L.), tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), (*Ziziphus mauritiana* Lam), Inga (*Inga edulis* Mart) , tamarindo (*Tamarindus indica* L), and soil and water in those regions where there were these matrices in different periods called dry and rainy. The method of CA proved to be efficient, accurate, simple and accurate for all metal species in the sample under study with relative standard deviations below 10%, and recoveries in the range of 90 to 110%. The levels of K, Na , Li , Ca, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn show limits of quantification (LOQs) optimal or acceptable in the method of (CA) for all samples discussed in this study. Statistical tests, **F e t** paired (95 % confidence) applied to the results of the method (CA) show mostly comparisons that there are significant differences between their accuracy and concentrations in all species, as well as between samples studied in different periods called dry and rainy. Given this, it was necessary to apply statistical analysis PCA and HCA, in order to more accurately assess the statistical results obtained throughout the work. Given this, we can have a conclusion that there is a similarity between the samples through the graphical visualization. The method of CA was found to be effective when checked the quantity of reagent used, manipulation steps and sample contamination. The amount of water from the dry and wet, directly affect the concentration of metal species studied in various matrices, but the fact that a species having a high concentration metal species in the water, not necessarily interferes with the concentration of that species in soil and fruits of this region.

Keywords: Fruits; soil; water; Roraima.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Imagem ilustrativa do abacate coletado.	20
FIGURA 2 - Imagem ilustrativa do cupuaçu coletado.....	22
FIGURA 3 - Imagem ilustrativa do dão coletado.	23
FIGURA 4 - Imagem ilustrativa do tamarindo coletado.	25
FIGURA 5 - Imagem ilustrativa do ingá coletado.	27
FIGURA 6 - Imagem ilustrativa do mamão coletado.	28
FIGURA 7 - Imagem ilustrativa do tomate coletado.	30
FIGURA 8 - Lâmpada de catodo oco (HARRIS, 2001).	45
FIGURA 9 - Queimador/Nebulizador FOC (VOGEL, 2002).....	46
FIGURA 10 - Localização de Roraima (BASTOS, 2005)	48
FIGURA 11- Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 84,02%, discriminação dos tipos de frutas	67
FIGURA 12 - Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 84,02%, influência das variáveis na discriminação dos tipos de frutas	68
FIGURA 13 - Gráfico dos “scores”, PC3 vs PC2, autoescalamiento, var. tot. 36,80%, discriminação dos tipos de frutas	69
FIGURA 14 - Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 36,80%, influência das variáveis na discriminação dos tipos de frutas	70
FIGURA 15 -Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamiento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação dos tipos de frutas	71
FIGURA 16 - Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 94,38% discriminação geográfica do mamão.....	72
FIGURA 17 - Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 94,38%, influência das variáveis na discriminação geográfica do mamão	75
FIGURA 18 - Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, var. tot. 94,38%....	74
FIGURA 19 - Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamiento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação geográfica do mamão.	75

FIGURA 20 - Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação dos períodos pluviométricos de acordo com a origem do mamão.....76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Composição química em 100 g da polpa úmida de cupuaçu.	21
TABELA 2 - Composição química em 100 g da polpa úmida de cupuaçu.	23
TABELA 3 - Composição química em 100 g da polpa úmida do dão.	24
TABELA 4 - Composição química em 100 g da polpa úmida do tamarindo.	26
TABELA 5 - Composição química em 100 g da polpa úmida do ingá.	27
TABELA 6 - Composição química em 100 g da polpa úmida do mamão.	29
TABELA 7 - Composição química em 100 g da polpa úmida do tomate.	31
TABELA 8 - Dados meteorológicos dos dias em que houve coleta de amostras de fruta, solo e água nas respectivas regiões de estudo.	49
TABELA 9 - Condições experimentais de operação do FAAS.	50
TABELA 10 - Condições operacionais do FOC.	50
TABELA 11 - Etapas do programa de aquecimento em forno mufla.	54
TABELA 12 - Resultados obtidos com o método CA para as amostras das polpas úmidas coletadas no verão, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M1, M2, A1, A2, TO e C) para n= 3.	60
TABELA 13 - Resultados obtidos com o método CA para as amostras das polpas úmidas coletadas no inverno, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M1, M2, A1, A2, TO e C) para n= 3, considerando-se 1= Boa Vista e 2=Alto Alegre.	61
TABELA 14 - Valores de F calculados para as espécies determinadas nas amostras de polpas úmidas coletadas no verão e inverno, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M1, M2, A1, A2, TO e C) para n= 3, considerando-se 1= Boa Vista e 2=Alto Alegre, através dos métodos CA, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; F crítico igual a 19,00).	62
TABELA 15 - Valores de t emparelhado, calculados para as espécies determinadas nas amostras de polpas úmidas coletadas no verão e inverno, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M1, M2, A1, A2, TO e C) para n= 3, considerando-se 1 = Boa Vista e 2 = Alto Alegre, através dos métodos CA, Obtendo-se,	

<p>graus de liberdade igual a 4; t crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.</p> <p>TABELA 16 - Valores de F calculados para as espécies determinadas nas amostras de solo coletadas nas estações seca e chuvosa, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracaraí, para $n= 3$, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; F crítico igual a 19,00).....</p> <p>TABELA 17 - Valores de t calculados para as espécies determinadas nas amostras de solo, coletadas nas estações chuvosa e seca, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracaraí, para $n= 3$, Obtendo-se, graus de liberdade igual a 4; t crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.</p> <p>TABELA 18 - Valores de F calculados para as espécies determinadas nas amostras de água coletadas no verão e inverno, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracaraí, para $n=3$. Através dos métodos de pré-concentração, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; F crítico igual a 19,00).....</p> <p>TABELA 19 - Valores de t calculados para as espécies determinadas nas amostras de água, coletadas no verão e no inverno, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracaraí, para $n= 3$, Obtendo-se, graus de liberdade igual a 4; t crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.</p>	<p>63</p> <p>64</p> <p>65</p> <p>66</p> <p>66</p>
---	---

SÍMBOLOS E ABREVIações

ANA: Agencia Nacional de Águas

CA: Método por Calcinação

DEF: Dicionário de Especialidades Farmacêuticas.

DECEA : Departamento de Controle do Espaço Aéreo.

DHN: Diretoria de Hidrografia e Navegação.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

ETAAS: do inglês *Eletrothermal Atomic Absorption Spectrometry* (Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica).

FAAS: do inglês *Flame Atomic Absorption Spectrometry* (Espectrometria de Absorção Atômica por Chama).

FAO: do inglês *Food and Agriculture Organization* (Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas).

FDA: do inglês *Food and Drug Administration* (Administração de Alimentos e Drogas dos Estados Unidos da América).

FEA: Fotometria de Emissão Atômica.

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo.

GRAS: Generally Recognized Safety (Centro de reconhecimento de segurança).

HCL: do inglês *Hollow Cathode Lamp* (Lâmpada de Catodo Oco).

HG-AAS: do inglês *Hydride Generation – Atomic Absorption Spectrometry* (Espectrometria de Absorção Atômica por Geração de Hidretos).

HB: Hemoglobina.

HMDE: Eletrodo de Mercúrio de Gota Pendente.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICP OES: do inglês *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado).

ICP-MS: do inglês *Inductively Coupled Plasma Massas Spectrometry* (Espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado).

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia.

IDR: Ingestão Diária Recomendada.

LOQ: do inglês *Limit of Quantification* (Limite de Quantificação).

MR: Material de Referência.

MI: Ministério da Integração.

ND: Não Determinado.

OMS: Organização Mundial de Saúde.

PET: Poli Etileno Tereftalato.

RSD: do inglês *Relative Standard Deviation* (Desvio padrão relativo).

SIBCS: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

TACO: Tabela de Composição de Alimentos.

WHO: do inglês *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde).

FLV: Frutas, legumes e verduras.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 ALIMENTOS	17
3.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS: DEFINIÇÕES	18
3.3 FRUTAS	18
3.3.1 Abacate	19
3.3.2 Cupuaçu	21
3.3.3 Dão	23
3.3.4 Tamarindo	24
3.3.5 Ingá	26
3.3.6 Mamão	28
3.3.7 Tomate	30
3.4 SOLO	31
3.4.1 Características do solo de Roraima	33
3.5 ÁGUA	34
3.6 ESPÉCIES METÁLICAS	37
3.6.1 Potássio (K)	37
3.6.2 Sódio (Na)	38
3.6.3 Lítio (Li)	38
3.6.4 Cobre (Cu)	39
3.6.5 Ferro (Fe)	39
3.6.6 Manganês (Mn)	40
3.6.7 Cálcio (Ca)	41
3.6.8 Zinco (Zn)	42
3.7 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DAS ESPÉCIES METÁLICAS	42
3.7.1 Calcinação	43
3.8 TÉCNICAS UTILIZADAS	44
3.8.1 FAAS	44
3.8.2 FOC	45
4 MATERIAIS E MÉTODOS	47
4.1 ÁREA DE ESTUDO	47
4.2 PARÂMETROS CLIMATOGRÁFICOS	49
4.3 MATERIAS E EQUIPAMENTOS	49
4.3.1 FAAS	50
4.3.2 FOC	50
4.4 MÉTODOS	51
4.4.1 Amostras e amostragem	51
4.4.1.1 Frutas	51
4.4.1.2 Solo	52
4.4.1.3 Água	52

4.5 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	52
4.5.1 Frutas	52
4.5.2 Solo	53
4.5.3 Água	53
4.6 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	53
4.6.1 Frutas	53
4.6.2 Solo	54
4.6.3 Água	55
4.7 FIGURAS DE MÉRITO E VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS	55
4.7.1 Comparação dos resultados e entre as amostras de fruta, solo e água	56
4.7.2 Tratamento dos resíduos gerados	56
4.8 QUIMIOMETRIA	56
4.8.1 PCA e HCA	58
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1 CALCINAÇÃO (CA)	59
5.1.1 Frutas: seco versus chuvoso	62
5.1.2 Solo: seco versus chuvoso	64
5.1.3 Água: seco versus chuvoso	65
5.2 PCA - FRUTAS VS METAIS	67
5.3 HCA - FRUTAS VS METAIS	70
6 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1 INTRODUÇÃO

Existem diversos estudos a cerca de micronutrientes, em âmbito mundial, por acreditar-se que muitos problemas de saúde estão relacionados, pelo menos em parte, a insuficiência de determinados nutrientes (ALMEIDA et al., 2009). A importância de adicionar minerais em uma dieta tem sido vastamente discutida em vários textos a cerca do estudo da nutrição humana (FRANCO, 2011; GONCALVES; TEODORO; TAKASE, 2007).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) relata que cerca de 65 a 80% da população que reside nos países em desenvolvimento depende basicamente das plantas para seus cuidados primários de saúde (CARVALHO et al., 2004).

Percebe-se que um elevado número de elementos minerais são essenciais para a nutrição humana e de outros mamíferos, desempenhando funções específicas no organismo (FRANCO, 2011; HARPER; MAYES; RODWELF, 1982). Muitos nutrientes minerais presentes em plantas são usados no combate a doenças, entretanto vale ser lembrado que níveis elevados desses minerais podem ser perigosos e tóxicos ao organismo (SILVA et al., 2010). Espécies metálicas como Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Se e Zn são essenciais à saúde humana por terem importância em diversas vias metabólicas, participando de processos associados a síntese de proteínas, vitaminas e controle do metabolismo de diversas enzimas, que atuam em processos de síntese e degradação, necessárias a vida humana (SEILER; SIGEL, 1988; SPERLIG; WELZ, 1999).

A sociedade tem passado por mudanças com influencias diretas e indiretas sobre o estilo de vida e as formas de consumo da população nas últimas três décadas (PAULILLO; PESSANHA, 2002). Muitos estudos tem dado conta de que os hábitos de consumo caminham em sentido da necessidade por qualidade de uma forma ampla, considerando, além dos aspectos intrínsecos ao produto, questões relacionadas à logística, à sanidade e a impactos sociais e ambientais gerados a partir dos processos produtivos (KOHLS, 2004).

Tanto a semente quanto o fruto, podem demonstrar algumas indicações sobre o tipo de armazenamento, viabilidade e métodos de semeadura (KUNIYOSHI, 1983). Diante disto, contribuem para uma ideal interpretação dos testes de germinação e à realização de trabalhos científicos (ARAÚJO; MATOS, 1991).

Muitas das espécies metálicas que se encontram no solo são fisiologicamente essenciais para o crescimento e a reprodução vegetal, como N, P e vários micronutrientes, entre eles alguns metais, como Zn, Mn, Fe e Co que compõem importantes ciclos enzimáticos nas plantas. Porém as espécies metálicas podem também produzir efeitos tóxicos, como necrose e clorose foliar como sintomas de toxidez de Zn e Cd em plantas quando absorvidos em quantidades elevadas, por isso a determinação de metais é importante para a avaliação de fertilidade do solo e no monitoramento de ambientes contaminados (ALLOWAY, 1995).

A performance de espécies metálicas a nível traço em sistemas aquáticos são amplamente complexas devido as possíveis interações que ocorrem com os componentes dissolvidos e particulados (FORSTNER; SALOMONS, 1984).

Diante disto, foi aplicado nesta pesquisa um método de pré-determinação de (CA) utilizando forno mufla (BECKER, 2012), para a determinação de espécies metálicas K, Li e Na por fotometria de chama (FOC) e Ca, Cu, Fe, Mn e Zn, por espectrometria de absorção atômica (FAAS), em amostras de abacate (*Persea americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), dão (*Ziziphus mauritiana* Lam.), Ingá (*Inga edulis* Mart.), tamarindo (*Tamarindus indica* L.), solo e água.

Por fim, este trabalho, apresenta novas informações nutricionais da composição inorgânica das espécies vegetais estudadas e seus respectivos, solos e água de irrigação utilizada, que podem contribuir para profissionais da saúde ou consumidores em geral.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar as espécies metálicas nas polpas de frutas procedentes do estado de Roraima, após tratamento das amostras por calcinação, bem como o solo onde são produzidos os respectivos vegetais e a água utilizada em suas irrigações.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as espécies metálicas Na, K e Li por Fotômetro de emissão atômica (FOC) e Ca, Cu, Fe, Mn, Zn por espectrometria de absorção atômica (FASS), das espécies vegetais: abacate (*Persea americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), dão (*Ziziphus mauritiana* Lam.), ingá (*Inga edulis* Mart.), e tamarindo (*Tamarindus indica* L.), bem como, solo e água.
- Compreender a análise dos fenômenos das espécies metálicas que se relacionam com o solo, água e frutas, e a realização de estudos comparativos, possibilitando, uma compreensão da dinâmica dos processos naturais.
- Verificar possíveis perdas e/ou interferências para as espécies metálicas estudadas.
- Avaliar a eficiência analítica quanto à precisão e exatidão dos resultados obtidos.
- Avaliar estatisticamente os resultados das espécies metálicas das polpas das frutas via HCA e PCA.
- Comparar os resultados das amostras estudadas, observando a influência das estações de seca e chuva na região em um período de um ano.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ALIMENTOS

A alimentação é essencial para o ser humano desde o nascimento. É da alimentação que ele retira os nutrientes ideais ao funcionamento do organismo, ou seja, à vida. Esses nutrientes estão nas carnes e nos vegetais, e o organismo consegue produzir grande parte das substâncias que necessitamos, através das diversas transformações bioquímicas dos nutrientes que ingerimos (BELITZ; GRAOSCH; SCHIEBERLE, 1999).

A importância da alimentação é bem maior do que somente manter as funções do organismo em perfeito estado. O processo de alimentação está associado a valores sociais, econômicos, políticos, culturais, afetivos e sensoriais. Muitas das vezes, a alimentação é um instante de prazer e compartilhamento em família e com os amigos. O alimento torna-se, assim, muito mais do que uma fonte de nutrientes. Fatores como cor, textura e qualidade são apreciados no processo de alimentação (BUAINAIN, 2007).

As cinco principais causas de risco relacionadas ao aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis, correspondendo a 2,6 milhões de mortes no mundo, estão relacionados ao consumo de frutas, legumes e verduras (FLV) (PATKINS, 1967). Devido à necessidade das frutas e dos vegetais na dieta habitual para a melhoria da saúde, muitos países têm criado estratégias para o aumento do consumo desses alimentos na população (SILVA; WILLIAMS, 1991).

O incentivo à alimentação saudável é uma das principais estratégias de saúde pública para lidar com a complexidade dos problemas alimentares e nutricionais da atualidade. É capaz de auxiliar para uma vida saudável, além de evitar ou reduzir doenças causadas por deficiências nutricionais.

A população infantil brasileira tem sofrido de doenças ligadas à alimentação, o que tem levado em muitos casos ao excesso de peso. Este problema é inquietante, pois, se essas doenças aparecem precocemente, existem mais chances de que persistam na fase adulta, com risco de que outras complicações se desenvolvam (BRASIL, 2008).

3.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS

Um alimento é definido como funcional se este traz benefícios para o corpo humano, além de obter os ideais efeitos nutricionais que permitem melhorar a saúde e diminuir o risco de uma doença (ROBERFROID, 2002). Então os alimentos funcionais objetivam somar produtos comestíveis de alta flexibilidade com moléculas biologicamente ativas, como métodos para alterar distúrbios metabólicos (WALZEM, 2004), resultando em diminuição dos riscos de doenças e melhoria da saúde (ANJO, 2004).

Podem alcançar várias funções corpóreas, importantes tanto para o estado de bem-estar e saúde como para a diminuição do risco de doenças. Estes compostos pertencem à nutrição e não à farmacologia, necessitando de um grupo próprio, que não tenham suplementos alimentares, mas o seu papel em função às doenças estará, na maioria dos casos, baseado mais na diminuição dos riscos do que na prevenção (ROBERFROID, 2002).

Com base nisto, o nutracêutico é um alimento ou parte de um alimento que adéqua benefícios médicos e de saúde, inclusive a prevenção e/ou tratamento da doença. Estes produtos podem abordar desde os nutrientes isolados, suplementos dietéticos na forma de cápsulas e dietas, produtos herbais e alimentos processados tais como cereais, sopas e bebidas (JUKES; KWAK, 2001; ROBERFROID, 2002; HUNGENHOLTZ; SMID, 2002; ANDLAUER; FÜRST, 2002).

Muitos nutracêuticos são desenvolvidos por meio de métodos fermentativos com o uso de microrganismos e podem ser difundidos como fibras dietéticas, ácidos graxos poliinsaturados, proteínas, peptídios, aminoácidos ou cetoácidos, minerais, vitaminas antioxidantes e outros antioxidantes (glutaciona, selênio) (ANDLAUER; FÜRST, 2002).

3.3 FRUTAS

Compreende-se que o fruto basicamente é o resultado do desenvolvimento de um ou mais ovário, em decorrência, da fecundação. Verifica-se também que o fruto pode incluir tecidos não provenientes do ovário com origem no cálice, no receptáculo (pseudofrutos) ou nos caules da inflorescência (infrutescências) (OLSON; SHILS; SHIKE, 1994).

Há muito tempo as frutas são consumidas no mundo, não só pelo seu sabor, mas, também, por serem fontes de minerais e vitaminas. Os minerais ajustam o metabolismo de várias enzimas, o balanceamento ácido-base, as pressões osmóticas, a atividade muscular e nervosa, que provocam a transferência de compostos essenciais através das membranas e, em determinados casos, fazem parte dos elementos constituintes dos tecidos do organismo (OLSON; SHILS; SHIKE, 1994).

Com base em suas funções e suas condições climáticas, o Brasil oferece uma grande potencialidade produtiva de frutas frescas para o mercado mundial, aproveitando a “onda naturalista” que o mundo atravessa. Recentemente, a população mundial obteve a visão de que alimentos não são somente para nutrir, mas oferecem também compostos ou elementos biologicamente ativos, que proporcionam benefícios adicionais à saúde (CARVALHO, 2010).

3.3.1 Abacate

O abacateiro (*Persea americana* Mill) tem origem no México e América Central pertence à família *Lauraceae*, gênero *Persea*, o qual abrange três variedades botânicas: *Persea americana* var. *americana*; *Persea americana* var. *guatemalensis* e *Persea americana* var. *drymifolia* (KOLLER, 1992; MARANCA, 1980; MONTENEGRO, 1951).

Cultivado em aproximadamente todo o território nacional, pelo fato de ser uma das plantas mais frutíferas por unidade de área cultivada (CARVALHO; SOARES; TANGO, 2004). O fruto do abacate, Figura 1, é constituído por ericarpo que é a camada externa do fruto que forma a casca, o mesocarpo que é a camada que corresponde à polpa, e endocarpo que compreende a camada interna que protege a semente. Assim como outras funções, o ericarpo, normalmente é verde amarelada, podendo também apresentar manchas mais ou menos extensas de cor purpúrea, ou pode ser completamente purpúrea escura a marrom. O mesocarpo é comumente de cor amarela clara, com tendência ao verde perto da casca, de consistência manteigosa, e espessura acima de 15 mm; a semente é grande, globosa e arredondada (MARANCA, 1980).

A polpa da fruta é a mais utilizada no Brasil, adicionada de açúcar, mel ou licores. Uma tinta castanho-arroxeadada é produzida a partir da polpa da fruta, própria

para marcação de roupas. As flores chamam a atenção das abelhas, denominando o abacate de planta melífera (CANTO; SANTOS; TRAVAGLINI, 1978).

Figura 1 - Imagem ilustrativa do abacate coletado.



Fonte: o Autor.

É uma árvore sempre verde, com altura média de seis metros, mas pode alcançar mais de 20 m, segundo as variedades. Sua madeira encontra-se de forma leve, frágil, fácil de quebrar com o vento, sendo de baixo valor, sejam para lenha carvão ou móveis, seus ramos baixos, sua copa é densa, podendo ser ereta ou espalhada (KOLLER, 1992; MARANCA, 1980).

Como cultura, tem enorme importância econômica no Brasil, que é considerado o quarto produtor mundial desta fruta com uma produção de 178 mil toneladas, atrás apenas do México, Indonésia e Colômbia, respectivamente (FAO, 2006). Sendo São Paulo o grande e maior produtor brasileiro, com 4.562 ha e uma produção de 91.961 toneladas (IBRAF, 2006).

Vêm sendo cultivado basicamente na maioria dos Estados do Brasil. Um grande número de variedades de abacate é encontrado nas diversas regiões do território nacional, cujos frutos demonstram composição química muito variável. Um grande teor de lipídeos nas polpas das frutas de abacate foram identificadas em estudos realizados em São Paulo (CARVALHO; SOARES ; TANGO, 2004).

Um alto teor de proteínas e vitaminas A, B, C, D e E é encontrado no mesocarpo do abacateiro sendo assim um alimento bastante energético e com um alto valor nutricional, quando comparado com outros frutos tropicais, por isso é recomendado para a nutrição humana, sendo relevante sua adição à dieta

(BLEINROTH; CASTRO, 1992; CANTO; SANTOS; TRAVAGLINI, 1980; TACO, 2006). A tabela 1, mostra algumas propriedades químicas do abacate

Tabela 1 - Composição química em 100 g de polpa úmida do abacate.

Constituintes	Abacate
Água (%)	83,8
Lipídeos (g)	8,4
Macronutrientes: Ca/K/Mg/P (mg)	8/206/15/22
Micronutrientes: Cu/Fe/Mn/Zn (mg)	0,15/0,2/0,17/0,2
Proteína (g)	1,2
Vitamina C (mg)	8,7

Fonte: TACO (2006).

Óleos podem ser obtidos a partir dos lipídeos extraídos da polpa do abacate sendo assim uma matéria-prima ideal para obtenção de óleos, considerando-se a quantidade de óleo que pode ser obtida por cisões de área cultivada (CARVALHO; SOARES; TANGO, 2004).

3.3.2 Cupuaçu

A espécie vegetal cupuaçu, tem origem na floresta tropical úmida, cujo fruto tem características ótimas sendo assim aproveitada pelas indústrias de um modo geral, e hoje em dia, a polpa do fruto é usada na produção industrial ou artesanal de refrescos, tortas, sorvete, néctar, doce, geleia, xarope, biscoito, bombom e iogurte. Partindo-se da polpa do cupuaçu na culinária caseira se sobressaem os cremes, pudins, tortas, bolos, sucos e pizzas (ESTELLER; JÚNIOR; LANNES, 2006).

O cupuaçu Figura 2, (*Theobroma grandiflorum*) é um fruto nativo do Brasil, sendo considerado ácido (pH = 3.2), com um alto teor em açúcares e um aroma bastante forte. Justamente por possuir uma grande quantidade de açúcares, o cupuaçu vem sendo muito utilizado na confecção de néctares, compotas, yogurtes e doces. Porém, por possuir, um valor de pH de aproximadamente 6, basta um simples processamento térmico suave, de pasteurização, para estabilizar o produto à temperatura ambiente. O cupuaçu é rico em gordura e proteína, sendo o alimento principal em algumas zonas da referida região. O pH deste fruto é de aproximadamente 6, sendo necessária uma esterilização para ser possível a sua

estabilização à temperatura ambiente. O cupuaçu, devido às suas características exóticas, oferecem potencialidades para comercialização e exportação a partir do Estado do Pará - Brasil. No entanto, é necessário encontrar as condições adequadas para a sua estabilização à temperatura ambiente (COSTA et al., 2003).

Figura 2 - Imagem ilustrativa do cupuaçu coletado.



Fonte: o Autor.

No Brasil, a Bahia e a região Norte são as principais produtoras de cupuaçu. A partir da semente do cupuaçu se produz o cupulate que é um produto semelhante ao chocolate (NAZARÉ, 1997; VILLACHICA, 1996).

Da semente do cupuaçu originam-se produtos como a manteiga de cupuaçu, e produtos para o cabelo e loções, batons, óleos para o banho, condicionadores e máscaras capilares, emulsões pós-barba, desodorantes cremosos, protetores solares, e ainda são muito utilizados no tratamento da pele para estimular o processo de cicatrização, Tabela 2, (ESTELLER; JÚNIOR; LANNES, 2006).

A casca do fruto expõe consideráveis teores de potássio ferro, manganês e outros nutrientes, e é usada, em mistura com outros resíduos da agroindústria de frutas, como adubo orgânico (TACO, 2006; MULLER, 1995).

Tabela 2 - Composição química em 100 g da polpa úmida de cupuaçu.

Constituintes	Cupuaçu
Água (%)	86,2
Lipídeos (g)	1,1
Macronutrientes: Ca/K/Mg/Na/P (mg)	13/331/18/3/21
Micronutrientes: Cu/Fe/ Mn/Zn (mg)	0,07/0,5/0,07/0,3
Niacina (mg)	4,34
Proteína (g)	1,2
Vitamina C (mg)	24,5

Fonte: TACO (2006); Teles (2010).

A polpa tem o teor de teobromina, substância com efeitos estimulantes como o da cafeína, bem menores que os do cacau. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), cada 100g do chocolate de cupuaçu tem 676 Kcal, 13g de proteínas, 58g de lipídios e 23g de carboidratos (MULLER, 1995).

3.3.3 Dão

O dão, *Ziziphus mauritiana* Lam, Figura 3, de origem indiana, pertence à família *Rhamnaceae*. A árvore do dão pode chegar até 12 metros de altura, muito ramificada, ramos constituídos com espinhos e folhas pequenas e largas, com bordo serrilhado, contêm dois espinhos na base do pecíolo e flores pequenas, alvas, agrupadas nas axilas das folhas (AZAM-ALI et al., 2006; DAHIRO; NADRO; WILLIAM, 2005).

Figura 3 – Imagem ilustrativa do dão coletado.



Fonte: o Autor.

O dão inicialmente começou a ser difundido e amplamente cultivado pela América Central em seguida entrou no país através das Guianas. Porém a sua origem, é extremamente longínqua, tendo em vista que o dão seja nativo da Índia ou do Sudeste Asiático, onde é muito apreciado e possui notável valor comercial (JAMA et al., 2008). Dados expostos na Tabela 3 a seguir, demonstram a composição química do dão em 100 g de polpa úmida.

Tabela 3 - Composição química em 100 g da polpa úmida do dão.

Constituintes	Dão
Água (%)	71,5 ^a
Lipídeos (g)	2,4 ^b
Macronutrientes: Ca/K/Mg/Na/P (mg)	30/489/10/8/38 ^b
Micronutrientes: Cu/Fe/ Mn/Zn (mg)	1,4/0,4/0,04 ^b
Niacina (mg)	0,1 ^b
Proteína (g)	0,8 ^b
Riboflavina (mg)	0,19 ^b
Vitamina C (mg)	66 a 133 ^c

Fonte: Fonte: FAO (2008)^a; (FOOD STANDARDS AUSTRÁLIA NEW ZEALAND, 2008 apud TELES, 2010^b); Azan-Ali et al., (2006)^c.

No estado de Roraima, é muito cultivado com alguma assiduidade em quintais e pomares de Boa Vista, largamente para consumo ao natural, e arborização de parques e praças públicas.

3.3.4 Tamarindo

O tamarindo (*Tamarindus indica* L.) refere-se à família Leguminosae (Cesalpinioideae) e tem a sua origem na África, de onde se dispersou por todas as regiões tropicais (BAL, 1993).

O tamarindo, Figura 4, é um fruto que expressa uma forma de vagem, com sua polpa macia e escura quando madura. Têm um sabor doce, porém muito ácido. É consumido *in natura* e conseqüentemente utilizado na produção de sucos, balas e doces. Largamente admirado principalmente na região Nordeste, entretanto o fruto e seus derivados também são encontrados por quase todo o Brasil (BAL, 1993).

Figura 4 – Imagem ilustrativa do tamarindo coletado.



Fonte: o Autor.

Pode ser encontrada em locais secos e quentes, mas também pode existir em climas úmidos. Pode resistir bem em áreas com boa drenagem e textura e ainda pode vegetar em solos ligeiramente ácidos, relativamente pobres ou crescer em solos que forneçam calcário, quando são feitas adubação e irrigação adequada nos períodos secos (SAVUR; SREENNIVASAN, 1947).

O potencial de conservação de um fruto está diretamente relacionado, não só com o manejo ideal após a colheita, mais também, com as alterações climáticas ao longo da produção e com os métodos culturais adotados. Desta forma, práticas inadequadas na colheita e pós-colheita aumentam as etapas de envelhecimento, atingindo sensivelmente a qualidade e limitando ainda mais o processo de comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Normalmente, são feitos sucos e sobremesas com a polpa do tamarindo, que são largamente consumidos pela sua característica de ser agridoce, notadamente ácido. Contudo, é empregado na fabricação de sorvetes, pastas, doces e licores e suas sementes. As etapas industriais do Tamarindo, têm sido em grande parte na produção de sucos e pastas preparados a partir da polpa (MATOS, 2002).

A partir do extrato de geleias originários da polpa dos frutos de tamarindo foram informadas funções tanto antioxidante quanto antimicrobiana contra fungos e bactérias causadoras de dermatoses e infecções no intestino. A polpa é usada especialmente como laxante suave no tratamento da prisão de ventre, tendo a propriedade de evitar a formação de cristais de oxalato de cálcio na urina, e já existem remédios à base de polpa de tamarindo indicado para o tratamento de intestino preso, tanto crônico como secundário e na preparação para os exames radiológicos e endoscópicos (MATOS, 2002).

Necessita-se de aproximadamente 245 dias para o tamarindo atingir o ponto de colheita. O fruto, Tabela 4, têm um peso que varia entre 10 e 15 g dividido basicamente em, 30% de polpa, 40% de sementes e 30% de casca. Entretanto verifica-se que a semente do tamarindo têm uma elevada quantidade de proteínas. Por ter uma grande riqueza em aminoácidos sulfurados, os seres humanos podem aproveitá-la como componente de um regime proteico à base de cereais (FRANÇA; KRZYZANOWSKY; VIEIRA, 1999).

Tabela 4 - Composição química em 100 g da polpa úmida do tamarindo.

Constituintes	Tamarindo
Água (%)	22 ^a
Lipídeos (g)	0,5 ^a
Macronutrientes: Ca/K/Mg/Na/P (mg)	37/723/59/0/55 ^a
Micronutrientes: Cu/Fe/ Mn/Zn (mg)	0,29/0,6/0,34/0,7 ^a
Niacina (mg)	traço ^a
Proteína (g)	3,2 ^a
Carboidratos (g)	71,8 ^b
Vitamina C (mg)	7,2 ^a

Fonte: (a) TACO (2006); (b) Grolier et al., (1998).

Porém não é de fácil digestão dificultando assim a sua valorização no consumo da alimentação humana. As sementes na forma seca têm aproximadamente de 4 a 11% de lipídios e 65 a 70% de polissacarídeos e amilopectina, sendo consideravelmente rico em minerais como o K e Ca (MATOS, 2002).

3.3.5 Ingá

Seus frutos também são comestíveis ao ser humano, de sabor levemente adocicado e polpa refrescante, mas hoje é bem raro encontrá-los na metrópole. Trata-se de uma árvore excelente para arborização de calçadas estreitas, e que atrai pássaros e abelhas, apresentando um porte médio e crescimento rápido.

A fruta é originária da Amazônia. O ingá produz frutos em vagem, grandes e verdes. A fruta é branquinha e levemente adocicada e as sementes são pretas. Deve ser consumida ao natural, pois, não serve para as preparações na culinária. É também utilizada para combater bronquites e cicatrizantes.

A árvore pode chegar a uma altura de 15 metros, sendo assim é muito utilizada para sombreamento dos cafezais e ornamento. A planta prefere solos

arenosos perto de rios (PLANTAMED, 2009). Suas folhas são compostas de 10 folíolos com pequena aba entre eles e flores brancas. Seus frutos possuem uma vagem cilíndrica, de até 10 cm, com sementes de dois cm cobertas por arilo branco comestível. Possui frutos comestíveis pela fauna e pelo homem (CLEMENT; FALCÃO, 2000).

Figura 5 – Imagem ilustrativa do ingá coletado.



Fonte: o Autor.

Dados expostos na Tabela 5 a seguir, demonstram composição química do ingá em 100 g de polpa úmida.

Tabela 5 - Composição química em 100 g da polpa úmida do ingá.

Constituintes	Ingá
Água (%)	84,9 ^a
Cinzas (%)	1,3 ^b
Carboidratos (g)	24,0 ^b
Fibras (g)	0,8 ^a
Lipídeos (g)	0,7 ^b
Macronutrientes: Ca e P (mg)	42 ^a
Fe (mg)	0,4 ^a
Niacina (mg)	0,50 ^a
Proteína (g)	2,6 ^a
Vitamina C (mg)	12,9 ^b

Fonte: (a) Villachica *et al.* (1996); (b) FAO y LATINFOODS (2009).

Mais da metade do fruto é constituído de casca, sendo o restante da composição estrutural distribuídos entre a semente e a polpa (LEAKEY, 1999; VILLACHICA, 1996; FALCÃO; CLEMENT, 2000).

3.3.6 Mamão

Pertencente à família (*Carica papaya*) o mamão é originário da América tropical e são muito populares em culturas na Índia, Sri Lanka, Arquipélago Malaio, América Central, Havaí e Antilhas. Porém vale ressaltar que a maior parte da sua produção está no Brasil, Peru, Venezuela e Filipinas. Sendo disponibilizado para o consumo ao longo de todo o ano e tem boa aceitação entre crianças e adultos (CORREA; SILVA; TARSITANO, 2004; AMAYA; SENTANIN, 2007).

Esta entre uma das mais formidáveis frutas tropicais cultivadas hoje em dia no mundo e no país, o mamão (*Carica papaya* L.) ocupando um lugar de destaque (SANTANA; MATSUURA; CARDOSO, 2004).

O Grande produtor de mamão na atualidade é o Brasil. Durante quase todos os meses do ano é produzido no Brasil *in natura* no mercado interno ou para exportação, onde seus maiores compradores são Estados Unidos, Cingapura, Hong Kong, China e Japão, (BENATO; CIA; 2005; MI, 2000; CORONEL; GOMES; SILVA, 2012).

Figura 6 – Imagem ilustrativa do mamão coletado.



Fonte: o Autor.

O mamoeiro é cultivado basicamente em todo o território brasileiro, sendo o Nordeste a maior região produtora, destacando-se o Estado da Bahia, seguido pela região Sudeste, destacando-se o Espírito Santo, responsáveis por cerca de 90 % da produção nacional, (IBGE, 2008). Diante disto é produzido ao longo do ciclo produtivo, onde ocorrem fatores como efeito da temperatura sobre o crescimento e maturação dos frutos, verificando a ocorrência de uma diminuição na produção e um

posterior aumento nos preços dos frutos em algumas estações do ano (MARIN; SILVA; MENDES; DANTAS; MORALES, 1996).

A sua principal forma de consumo vem a ser *in natura*, porem mesmo assim oferece produtos e subprodutos através da industrialização (CARDOSO; MATSUURA; SANTANA, 2004).

É muito usado no tratamento de doenças como a asma, diabete, pois possuem propriedades laxativas, calmantes, além de ser purificador do sangue, sendo indicado a pessoas que tenham um aparelho digestivo sensível ou irritado (AMAYA; SENTANIN, 2007; CORREA; SILVA; TARSITANO, 2004).

Dados expostos na Tabela 6 a seguir, demonstram composição química do mamão em 100 g de polpa úmida.

Tabela 6 - Composição química em 100 g da polpa úmida do mamão.

Constituintes	Mamão
Água (%)	88,6 ^a
Açúcares redutores (%)	22,3 ^c
Cinzas (g)	0,4 ^a
Lipídeos (g)	0,1 ^a
Macronutrientes: Ca/K/Mg/Na/P (mg)	22/126/22/2/11 ^a
Micronutrientes: Cu/Fe/ Mn/Zn (mg)	0,02/0,2/0,01/0,1 ^a
Niacina (mg)	1,03 ^b
Proteína (g)	0,5 ^a
Vitamina C (mg)	81,8 ^c

Fonte: (a) TACO (2006); (b) FAOSTAT (2011); (c) Santana et al., (2003).

Possui uma composição média que pode variar conforme os teores de nutrientes do solo, com a época do ano, a cultivar e o grau de maturação do fruto, mas normalmente, o pH do fruto varia de 5,0 a 5,7, a vitamina C, de 40 a 90 mg/100 g de polpa, a vitamina A, de 0,12 a 11,0 mg/100 g de polpa. Diante disto 100 g de polpa de mamão pode alcançar a (IDR) diária recomendada de vitamina C tanto para os homens quanto para as mulheres. Também contem a Papaína que é uma enzima proteolítica extraída dos frutos do mamão (*Carica papaya*), com ação proteolítica e antiinflamatória, empregada como agente debridante tópico (em ferimentos de pele) e no tratamento da doença de Peyronic por sua ação proteolítica nas bordas das placas fibróticas (DEF, 2008).

3.3.7 Tomate

O tomate é pertencente à família (*Lycopersicon esculentum* Mill), é inicialmente foi cultivado na parte ocidental das Américas Central e do Sul, e em regiões como o Peru, Chile, Bolívia e Equador (EMBRAPA, 1993). É produzido a uma altitude de aproximadamente 2.000 m dos Andes nas Ilhas Galápagos (CAMARGO, 1992; RICK, 1967).

Figura 7 – Imagem ilustrativa do tomate coletado.



Fonte: o Autor.

Sua floração e a frutificação são favorecidas por temperaturas diurnas de 18 a 25°C e noturnas de 13 a 24°C. A manutenção da temperatura acima de 28°C prejudica a firmeza e a cor dos frutos, que tendem a ficar amarelados devido à inibição da síntese do α -licopeno e outros pigmentos que lhes dão a coloração vermelha típica (RICK, 1967).

É uma hortaliça muito popular e cultivada, pelo fato de ter uma versatilidade culinária, e a segunda hortaliça em área cultivada e volume de produção, sendo superado somente pela batata (FAO, 2006). Dados expostos na Tabela 7 a seguir, demonstram composição química do tomate em 100 g de polpa úmida.

Tabela 7 - Composição química em 100 g da polpa úmida do tomate.

Constituintes	Tomate fresco
Água (%)	95,1 ^a
carboidratos (%)	3,40 ^d
Lipídeos (g)	0,2 ^c
Macronutrientes: Ca/K/Mg/Na/P (mg)	7/222/11/1/20 ^a
Micronutrientes: Cu/Fe/ Mn/Zn (mg)	0,04/0,2/0,07/0,1 ^a
Proteína (g)	0,9 ^b
Vitamina C (mg)	82,2 ^a

Fonte: (a) TACO (2006); (b) Alvarenga (2004); (c) EMBRAPA (1993); (d) ABDEL-RAHMAN (1982).

Uns dos principais destaques do tomate são os seus valores nutricionais, mostrando altos teores de carotenos, tiamina, niacina, vitamina C e licopeno. O licopeno é mencionado como um dos melhores supressores biológicos de radicais livres sendo indicado na prevenção de alguns tipos de cânceres (ANDREUCETTI et al., 2005).

A polpa do tomate fresco tem baixo poder calórico (cerca de 20 Kcal 100g⁻¹ de fruto), baixo teor de matéria seca, uma vez que oferece em sua composição 95 % de água, e um considerável teor de cálcio sendo assim uma boa fonte de ácido fólico. Cerca de 93% das substâncias minerais do tomate são compostas de K, N e P, além destes, o tomate contém outros componentes como vitamina E, vitamina K e flavonóides (JONES, 1999).

3.4 SOLO

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) define que o solo é um aglomerado constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos, em três planos complexos, que possuem minerais e compostos orgânicos que constituem uma grande parte do manto superficial das extensões continentais do planeta, contendo ainda matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde provavelmente são alterados por influencia antrópica (EMBRAPA, 2006).

No decorrer da composição do perfil de um solo nota-se que a mesclagem entre o solo e a microfauna e microflora altera a sua composição química. Dessa forma, o estudo e acompanhamento da composição da solução do solo vêm sendo

habitualmente utilizada em experimentos agrícolas, para averiguar a evolução da fertilidade do solo bem como da sua salinidade e em estudos ambientais, para monitorar a lixiviação de NO_3 de elementos-traço metálicos ou de compostos orgânicos (GIORDANO; SILVA, 2000).

Vários fatores dentre eles como superfície específica, atividade da fração sólida (argila > silte > areia) grau de intemperismo dos minerais, matéria orgânica em suspensão na água gravitacional, diferença entre a taxa rápida de liberação/retenção das espécies químicas (absorção, adsorção e atividade microbiana) estão relacionados à porosidade do solo. A soma dos fenômenos deveria resultar numa distribuição complexa e altamente variável dos íons na porosidade do solo (CLAESSEN et al., 1997).

Coleman et al. (1994) e Romig et al. (1995) para determinar a qualidade do solo no campo, com as seguintes características dentre elas, aparência de minhocas, erosão, estrutura, cor (úmida), compactação e infiltração criaram um questionário com um sistema de notas.

Segundo Van Put et al. (1994), as espécies metálicas que estão presentes no material de solo na forma de erosão, ao atingirem cursos d'água, tendem a serem liberados com alterações de certas condições físico-químicas do meio, dentre elas, pH, potencial de oxirredução e força iônica. Segundo esses pesquisadores, as etapas de oxirredução e o pH são os mais importantes nas mudanças de solubilidade desses metais adsorvidos na superfície de óxidos de Fe e Mn, que são fases do solo passíveis de sofrer redução, podendo ser liberados ao sofrerem mudanças no potencial redox, tornando-se, por isso, perigosos nessas condições redutoras (PARDO et al., 1990).

Entretanto, a solubilidade das espécies metálicas presentes nos sedimentos de rios, ao serem depositados na superfície do solo, dependerá da facilidade com que esses metais possam sofrer remobilização. Portanto, sob condições de oxidação, a solubilidade das espécies metálicas dos sedimentos de rios podem ser reduzidas, ocorrendo alterações através da passagem gradual desses elementos ligados a sulfetos metálicos para carbonatos, óxidos ou silicatos. As frações trocáveis e ligadas a carbonato poderão liberar os metais mais rapidamente por efeito da diminuição do pH (ALLOWAY, 1990).

Segundo Lindsay (1979), foram citados o controle das etapas de degradação da matéria orgânica do resíduo e posterior solubilidade e deslocamento de espécies

metálicas, existentes no solo, dentre elas pH, quantidade de matéria orgânica, aspecto e composição das argilas, potencial redox, competição entre metais pelos sítios de adsorção, reações de complexação, temperatura e atividade microbiana

Pesquisas realizadas a cerca do fracionamento de espécies metálicas realizadas por Amaral Sobrinho et al. (1997), relataram a necessidade dos óxidos de Fe e Al na fixação de metais, por meio de mecanismos de adsorção específica.

Pavan et al. (1984), propuseram que o comportamento de espécies metálicas podem ser influenciadas por interações com outros cátions, que estão presentes no solo, como solos tratados com CaSO_4 , verificando um aumento no Ca trocável seguido de lixiviação de Mn e Al.

3.4.1 Características do solo de Roraima

Roraima possui uma ou mais variedades no conjunto geomorfológico da Amazônia, onde estão presentes superfícies baixas e recobertas por sedimentos recentes que sobem gradualmente ou abruptamente. Esse grupo geomorfológico, com altitudes variando de 85 a 3000m, são estendidos ao longo de diferentes substratos geológicos (aluviões, sedimentos argilo-arenosos e arenosos, sienitos, arenitos fino, siltitos, folhelhos, granitos, gnaisses, vulcânicas ácidas, basaltos e diabásios surgidos desde o pré-cambriano superior até o quaternário mais recente) (BRASIL, 1975). Baseando-se nessas variedades de materiais de origem intensa, os componentes climáticos, agentes ativos do intemperismo, temperatura e precipitação pluvial, que determinam os padrões de drenagem e hidromorfismo, além do tipo de vegetação que reveste a paisagem e de outros organismos vivos. A região amazônica, dentre ela o estado de Roraima, é representado por basicamente dois climas, dentre eles, um primeiro clima tropical com estação seca, e um segundo clima que apresenta um regime hídrico bem diferenciado, com uma estação seca e uma estação chuvosa de aproximadamente seis meses cada, abrangendo as savanas tropicais (BARBOSA, 1997; BRASIL, 1975).

Na região amazônica, especificamente no Estado de Roraima os solos são do tipo latossolos amarelos, argissolos amarelos e argissolos vermelhos amarelos, plintossolos, planossolos e neossolos quatzarenicos Hidromórficos (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1982a, 1982b, 1983, 1990a e 1990b). De maneira geral, a estrutura dos solos são basicamente cauliniticos, distróficos e álicos, com algumas características

físicas como solos com coesão e problemas de drenagem, salvo pela ocorrência, em áreas isoladas, de solos com melhores condições químicas e físicas, associados a material de origem mais rico (diques de basalto e diabásio) e menores precipitações pluviais, caso da Colônia agrícola do Taiano com nitossolos vermelhos eutróficos e argissolos vermelhos eutróficos e a região da Maloca do Flechal, cujos solos são de natureza vértica e com melhor fertilidade natural (MELO, 2002).

3.5 ÁGUA

Deve-se estudar a determinação de espécies metálicas em água, devido a seus interesses tanto social, econômico e de saúde. Diante disto, Reinfelder et al. (1998), identificou que o aumento de espécies metálicas nos sistemas aquáticos tem despertado interesse sob várias percepções, dentre elas em relação ao destino e os possíveis efeitos desses contaminantes, no seu ciclo biogeoquímico e sua conduta e classificação na cadeia alimentar. A toxicidade, contudo, vai depender de muitos fatores que determinam a capacidade de disponibilidade da substância nos organismos, incluindo a fonte, a taxa de emissão, a concentração, transporte, fase de desenvolvimento e os processos bioquímicos de cada organismo (LAWS, 1993).

Por isso deve ser lembrado que a água é necessária à vida, vindo a ser talvez a fonte mais preciosa que o planeta disponibiliza para a humanidade, contudo observa-se muita negligência e falta de visão em relação a este recurso. Estudos demonstram que mesmo diante de esforços, a sua qualidade está se deteriorando cada vez mais rápido, devido a crescente concentração populacional, falta de saneamento básico, poluição industrial, transporte de petróleo e também pela contaminação por espécies metálicas nos diversos ambientes (MARENGO, 2006).

Por estes descasos da humanidade, pode-se observar que normalmente os metais em seu nível traço são persistentes, tóxicos, bioacumulativos e estão cada vez mais presentes em ambientes aquáticos, em função de atividades antrópicas. Em ambientes aquáticos os metais-traços existem em solução na forma de íons hidratados livres ou complexados por ligantes orgânicos e inorgânicos. Estão presentes na forma sólida, devido a várias combinações com sedimentos ou material particulado suspenso (STUMM, 1996).

Contudo, deve-se ressaltar que as espécies metálicas são diferentes dos compostos orgânicos tóxicos, pois são basicamente não degradáveis, de forma que

se acumulam na composição do ambiente onde manifestam sua toxicidade (BARD, 2002).

Utiliza-se no Brasil, a Resolução CONAMA nº 357 de 25 de março de 2005 para estudar a taxa e os limites máximos de contaminantes, gerando muitas polêmicas, por motivarem uma nova posição, principalmente nas indústrias. Diante disto, estudos do uso correto da água vêm sendo apreciados basicamente com relação a seu custo, que tende a aumentar (KUNZ, 2002). Além disso, a população em geral tornou-se ao longo do tempo cada vez mais apreensiva e crítica em relação à qualidade e ao impacto ambiental dos produtos que consomem. Por isso as indústrias têm buscado novas alternativas no estudo das suas linhas produtivas, observando sempre satisfazer esta nova demanda (ANASTAS, 2002). Em linhas gerais, as questões ambientais vêm sendo associadas aos negócios, as empresas que se preocupam em diminuir o impacto de seus rejeitos ao meio ambiente conseguindo associar valores aos seus produtos, por outro lado, aquelas que mantêm uma postura de aumentar seus lucros e compartilhar poluentes tendem a diminuir a competitividade. Mesmo diante de novas orientações, as atividades do ser humano ainda provocam impactos em diversos sistemas aquáticos, sabendo que os despejos de efluentes industriais e domésticos compõem a maior fonte antrópica de compostos químicos que são lançados nos corpos d'água (STAHL, 1991).

Verifica-se que várias metodologias têm sido propostas para a determinação de espécies metálicas em água, por diversos pesquisadores.

Spano et al. (2005), desenvolveram um microeletrodo de filme de grafite para avaliar por Voltametria de Redissolução Anódica traços e ultra traços do íon de Tl^+ em soluções aquosas em pH 3,5, na presença da solução de EDTA $1 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. A metodologia que foi proposta, TVE a validação e testes, no nível de ultra traços, em amostras de águas ambientais, mostraram baixos limites da detecção e de quantificação (0,01 e 0,03) $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente) e uma excelente capacidade para determinar também o analito na presença de um excesso muito elevado de íons interferentes. Além disso, a grande escala das linearidades, a falta de polarização, o pouco tempo necessário para cada medida e o baixo custo da instrumentação necessária são meios adicionais que suportam a aplicação do método como uma ferramenta de seleção na determinação direta da espécie iônica do tálio nas amostras ambientais.

Fischer et al. (1999), conseguiram avaliar Pb e Cd através da técnica Voltametria de Redissolução Anódica (VRA) com um eletrodo de filme de Hg. Tiveram dificuldades na formação do filme de mercúrio por sua má reprodutibilidade e pela impossibilidade de ser removido eletroquimicamente. Para solucionar colocaram o filme de Hg na presença de SCN^- para que o filme fosse totalmente extraído após cada varredura. Avaliações de características químicas como, pH, composição do eletrólito, tempo de depósito, estão entre um dos fatores estudados. Foram observadas condições ideais para a concentração da solução de $[\text{SCN}]^-$ a 5 M e o pH de 5,6. Verificou-se que o LD (3σ) foi de 5 pM para o Cd e de 8 pM para o Pb (desvios padrões de 1,7% e de 2 %) utilizando um tempo de depósito de aproximadamente 5 minutos. A metodologia aplicada na avaliação de Cd e Pb em águas de lago e amostras certificadas de água do mar após a digestão em UV, obteve resultados satisfatórios.

Iliadou et al. (1997), estudaram concomitantemente Ni, Co, Cd, Pb e Cu através da Voltametria Adsorviva de Redissolução, usando como agente complexante seletivo 1-fenilpropano-1-pentilsulfonilhidrazona-2-oxima. Separaram todos os metais por 120-220 mV, permitindo sua determinação sobre uma larga escala de concentração. Ghoneim et al. (2000), avaliaram o estudo na determinação simultânea de onze elementos, dentre eles os quais Cu em amostras de água, por Voltametria de Redissolução Anódica, utilizando eletrodo de mercúrio de gota pendente (HMDE). Uma mistura de HCl $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ e $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ de NaCl , foi sugerida pelos autores para uma melhor segregação e resolução, entre picos de Cu, Sb, Bi, evitando desta forma possíveis interferências nos estudos das determinações de Cu.

3.6 ESPÉCIES METÁLICAS

As rochas que formam a crosta terrestre são constituídas por aglomerados de minerais, ou de um único mineral, e realizam um processo natural denominado intemperismo que vem a ser um conjunto de processos, através dos quais as rochas se desintegram e se decompõem na superfície da crosta, onde são sujeitas às intempéries e, à medida que intemperizam reagem com outras substâncias químicas que se combinam, se rearranjam e os liberam para o ambiente, principalmente por

meio da água. Diante disto, o intemperismo pode ser químico, que vem a ser quando minerais são modificados ou dissolvidos por reações químicas e físicas, quando as rochas se fragmentam através de processos físicos, ou seja, onde não há alteração em sua composição química (CHANDRAJITH; DISSANAYAKE, 1999).

As espécies metálicas constituem funções de seus processos nocivos ao ambiente e à saúde dos seres vivos, pois não são biodegradáveis, e uma vez produzidos tem-se que lidar com eles de uma maneira ou de outra. De acordo com seu nível de ingestão e/ou concentração no organismo humano (FIGUEIREDO, 2000).

Estudos relatam que as toxidades de Cu e Zn provêm do consumo de água muito ácida contaminada por Cu de encanamentos ou por Zn de tanques galvanizados. O Mg na água para consumo humano, em áreas de mineração da Grécia, está relacionado ao aumento dos casos de síndrome neurológica parkinsoniana. O lixiviamento de solos ácidos e mineralizados são determinantes para a deficiência de I e Se (BROUWER; BRUIN; HAUTVAST, 1988; KONDAKIS; MAKRIS et al., 1989; SPITALNY et al., 1984; OMS, 1998).

3.6.1 potássio (K)

A maior parte do K^+ está contido em minerais tais como a muscovite, feldspatos dentre outros, que são insolúveis em água, tornando difícil a obtenção do K^+ a partir destes minerais. Por isso, contudo, ele pode ser obtido comercialmente por eletrólise de sais fundidos de alguns minérios refináveis. K vem a ser o sétimo mais abundante dos elementos na crosta terrestre, colaborando com 2,6 % do seu total (AFONSO; DUTRA; VAITSMAN, 2001).

O K é um elemento necessário não só para a vida vegetal como para a animal. Nos metabolismos das plantas, o K é absorvido do solo na forma de tartaratos e de oxalatos que, por sua vez, são transformados em carbonatos quando as plantas são queimadas. Nos seres humanos, os íons de potássio, K, em conjunto com os íons de sódio, Na^+ , atuam nas membranas celulares na transmissão de impulsos eletroquímicos dos nervos e fibras musculares e no balanceamento da atividade de alimentação e remoção de subprodutos, nas células (AFONSO; DUTRA; VAITSMAN, 2001).

Tanto um excesso como uma redução excessiva de K no organismo podem ser fatais. No entanto, a mera presença de potássio nos solos já garante a necessidade mínima indispensável do mesmo através da nossa alimentação, e o valor de IDR (Ingestão Diária Recomendada) de K, para um homem adulto, é de $3.550 \text{ mg dia}^{-1}$ e as suas principais fontes são as frutas secas, peixes e vegetais (ALTMAN, 1998).

3.6.2 Sódio (Na)

Os sais de sódio estão largamente espalhados na natureza. Contudo ao ingerir em excesso e habitualmente, o sal de cozinha, NaCl, com uma alimentação frequentemente salgada, pode causar sérios danos à saúde, levando a pessoa a tornar-se hipertensa (ALDERMAN; COHEN; MADHAVAN, 1998).

O sódio é o principal cátion do fluido extracelular. A característica principal desse eletrólito incide em modular a permuta de líquidos entre os vários compartimentos do corpo, o que admite uma troca ideal bem regulada dos nutrientes e dos produtos de desgaste entre a célula e o seu meio externo para manter o potencial elétrico da célula, esta precisa de uma baixa concentração de íon de Na^+ e de uma elevada concentração de íons de K^+ , dentro da célula, sendo essencial à manutenção da pressão osmótica do sangue, plasma e fluidos intercelulares (ABREU; PRATA; SOUZA, 1999).

3.6.3 Lítio (Li)

O Li não é encontrado isoladamente na natureza e mesmo combinado está longe de ser abundante. Sua distribuição na crosta terrestre é de aproximadamente 0,004%. É principalmente obtido a partir de espodumena, da lepidolite, da amblygonite ou ainda da petalite ebeucryptite, que são aluminossilicatos de lítio. Também foram detectados sais de lítio nas cinzas de algumas plantas, notadamente no tabaco, no leite, no sangue ou em fontes minerais (MELLOR, 1967).

Contudo a ingestão em excesso de compostos formadores de Li podem causar abatimentos nervosos e tonturas. Por vezes era recomendada a ingestão de LiCl, em certas dietas para substituir o tradicional NaCl, porém, na maior parte dos casos, pode dar origem a tonturas, distúrbios visuais, tremuras ou confusão mental. Ao observar esses sintomas, é desaconselhada a ingestão deste composto, apesar

de não ser cumulativo. Por fim, compostos de lítio, em quantidades específicas, são utilizados no tratamento de doenças maníaco-depressivas (ARAL; VECCHIO-SADUS, 2008; SCHRAUZER, 2002).

Não se considera o Li um elemento indispensável no desenvolvimento das plantas e os efeitos contrários devem-se basicamente aos distúrbios provocados pelo lítio no equilíbrio de sódio-potássio-cálcio das células vivas (O'DELL; SUNDE, 1997).

3.6.4 Cobre (Cu)

Assim como o Fe, o Cu participa de um número grande de funções e sistemas biológicos, estando entrelaçado em uma grande abundância de processos enzimáticos. A ausência de Cu causa um número expressivo de problemas e desordens, e uma variedade de enfermidades que podem estar correlacionadas claramente às deficiências desse elemento são conhecidas. Diante disto, pessoas que padecem de artrite reumatóide, úlceras gástricas, tumores cancerígenos ou episódios epilépticos, comumente apresentam altas quantidades de Cu no soro ou plasma. Existem mais questões associadas à deficiência de Cu (doença de Menkes), uma desordem de origem genética que conduz a uma rápida degeneração cerebral, habitualmente seguida por convulsões, hipotermia e retardos do crescimento (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

3.6.5 Ferro (Fe)

O Fe é o metal de transição em maior quantidade no organismo dos seres humanos participando de importantes e variadas séries de processos e funções, entre as quais o metabolismo do oxigênio (hemoglobina, mioglobina, oxigenases), o transporte de elétrons (citocromos, ferredoxinas), e em centros catalíticos de enzimas de diversos tipos (peroxidases, catalases, fosfatases ácidas púrpuras). Tornando o Fe um dos elementos cuja deficiência provoca grandes alterações e disfunções (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Estudos demonstram que o Fe está contido em algumas proteínas, mas sua principal função está associada com o transporte, estoque e utilização do oxigênio molecular. Diante disto, esse elemento é encontrado nas hemácias, originando a

estas o tom colorido com que são determinantes na caracterização dos glóbulos vermelhos do sangue, as hemoglobinas (HB) (BOBBIO, 1995).

As deficiências associadas ao metabolismo do Fe são fundamentalmente de dois tipos, por um lado anemias e processos similares agregados a deficiências do metal e, por outro, problemas de toxidez pautados à presença de ferro em excesso nos tecidos e fluidos biológicos. Por fim a ausência de Fe aparece como o problema nutricional mais diagnosticado no mundo, atingindo cerca de 24 % da população mundial (AFONSO; DUTRA; VAITSMAN, 2001; GOLDHABER, 2003).

3.6.6 Manganês (Mn)

O manganês é um elemento essencial para a vida tanto vegetal quanto animal, satisfazendo tanto o critério direto quanto o indireto de essencialidade. É um metal largamente distribuído na natureza, os óxidos (na pirulósita, braunita e manganita), os carbonatos e os silicatos constituem os compostos mais abundantes. A pirulósita contém cerca de 40-80% de óxido de manganês. O manganês tem grande aplicação no mundo moderno, sendo usado na fabricação de pilhas secas, eletrodos para soldas, ligas com o níquel e o cobre empregadas na indústria elétrica, na indústria de fertilizante e fungicidas (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Pela via respiratória as partículas com diâmetro inferior a um cm podem atingir as regiões mais profundas e ser parcialmente absorvidas pelo organismo. A maior parte do metal introduzido por via respiratória pode atingir a mucosa gastrointestinal e ser absorvido. Observa-se que a absorção gastrointestinal do Mn está associada com o teor de Fe na dieta. Contudo no homem esta absorção intestinal é de aproximadamente 3,0%, enquanto que indivíduos anêmicos os níveis de absorção podem atingir valores de 7,5% ou mais. Logo após o processo de absorção, o metal é difundido ao longo do organismo concentrando-se basicamente no fígado, pâncreas e rins (AZEVEDO; CHASIN, 2003; GOLDHABER, 2003).

O valor de IDR de Mn, para um vegetal adulto, é de 2 mg.dia⁻¹. As amêndoas, nozes, castanhas-do-pará, aveia integral, espinafres e ervilhas são consideradas fontes ricas deste micronutriente (ALTMAN, 2003; AFONSO; DUTRA; VAITSMAN, 2001).

Por outro lado, na presença de concentrações em excesso de suas formas trocável e solúvel no meio de crescimento, os tecidos vegetais demonstram

elevadas quantidades desse nutriente, chegando a alcançar níveis tóxicos. Diante disto a toxidez de Mn normalmente atinge mais severamente a parte aérea do que as raízes. Visivelmente, as plantas absorvem e transportam esse nutriente em excessivas quantidades, do que resulta um acúmulo nas folhas, produzindo-se sintomas bem definidos (BINGHAM; PAVAN, 1981). Contudo, o excesso de Mn pode causar sintomas de toxidez nas raízes, normalmente isso ocorre logo após as folhas terem sido destruídas (FOY, 1976; FOY, 1978).

3.6.7 Cálcio (Ca)

O Ca vem a ser um nutriente indispensável à vida tanto vegetal quanto animal. Nos animais esta associado possui com a contração muscular, mitose, coagulação sanguínea, transmissão do impulso nervoso ou sináptico e o suporte estrutural do esqueleto (JARVIS; MILLER, 2001).

Várias pesquisas abordam que o consumo de Ca evita doenças como a osteoporose, hipertensão arterial, obesidade e câncer de cólon (GUÉGUEN, 2000; HEANEY, 2006).

O íon Ca está contido no organismo do ser humano (1,5% - 2,0%), fazendo parte da estrutura dos dentes, unhas e ossos, e tendo primordial importância na sustentação e na formação da estrutura corporal. Pode-se frisar que também participa de etapas como a manutenção do batimento cardíaco, a coagulação sanguínea e a ativação de enzimas no cólon (GUÉGUEN, 2000).

3.6.8 Zinco (Zn)

Dentre as espécies metálicas traços o Zn é, após o Fe, o metal mais distribuído em grupos biológicos. Diante de suas funções químicas, eletrônicas e estruturais, o Zn é o exemplo típico de metal atrelado a processos catalíticos de tipo ácido-base. Contudo, participa igualmente de sistemas reguladores e estruturais (OLIVEIRA, 2009).

A carência de Zn são normalmente comuns nos seres humanos, porém difíceis de identificar. Essas carências têm um grande impacto no desenvolvimento, e cicatrização de feridas, na resposta imunológica e na reprodução, e atingem os órgãos gustativos, a visão e o tato. Têm sido associadas também aos quadros de

anorexia nervosa. Na presença de baixos níveis de Zn no organismo e em deficiências rigorosas, tem-se notado desordens emocionais, irritabilidade mental e diarreias crônicas, sendo que o nível de tolerância de Zn, para um adulto, é de 40 mg dia⁻¹ (AFONSO; DUTRA; VAITSMAN, 2001; GOLDHABER, 2003).

3.7 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DAS ESPÉCIES METÁLICAS

Há dificuldades na determinação de um procedimento de dissolução de amostra devido às possíveis interferências da amostra e/ou perdas dos analitos atrelados a esta etapa, sendo por esse motivo, considerada pela maioria dos analistas, como a etapa crítica de técnicas que necessitam ou envolvam um tratamento de amostra (HOENING, 1996).

O processo de tratamento baseia-se em submeter a amostra a um procedimento ideal observando sua preparação para as etapas seguintes da análise. O procedimento de decomposição da amostra vai depender da composição do elemento a ser determinado e sua posterior concentração, do método de análise e da precisão e exatidão desejada (COLLINS; JARDIM; QUEIROZ, 2001).

Variadas metodologias analíticas vem sendo aplicadas nas determinações de espécies metálicas. Contudo a maioria dos métodos que envolvem inicialmente um tratamento da amostra para separação e/ou pré-concentração dos analitos, são determinados por algumas técnicas instrumentais, dentre as mais comuns a espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS), com atomização eletrotérmica (ETAAS) ou por emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) (OLIVEIRA, 2003).

Nota-se que o tratamento de uma amostra envolve um conjunto de transformações das substâncias da espécie química a ser determinada, para obter-se uma forma apropriada para a aplicação do método de determinação selecionado. Dentre todas as etapas analíticas, a do pré-tratamento das amostras vem a ser uma das mais sensíveis. Em geral, é nesta etapa que se cometem mais erros e se gasta mais tempo, pois a etapa de preparação da amostra é comumente manual e decisiva para a precisão e a exatidão do método, demandando-se assim um maior tempo e empenho por parte do operador na seleção dos procedimentos rápidos,

com poucas etapas, capaz de produzir recuperações quantitativas e reprodutivas dos analitos (COLLINS; JARDIM; QUEIROZ, 2001).

É também a etapa de maior custo, pois há um gasto grande de reagentes e energia. Por isso, os passos de um procedimento de pré-tratamento de amostra deverão ser sempre cuidadosamente considerados. O pré-tratamento de amostras sólidas envolve digestão com ácidos (HF, HNO₃, e HCl) ou fusão com fundente (p.ex. metaborato de Li) (OLIVEIRA, 2003).

3.7.1 Calcinação

A calcinação consiste fundamentalmente em submeter uma amostra a altas temperaturas com a finalidade de eliminar toda a matéria orgânica presente no meio, sendo um método clássico. A temperatura de calcinação vai depender essencialmente do interesse e do material a ser analisado, podendo-se esta variar desde 400 °C até 550 °C, enquanto que para decompor o CaCO₃ deve-se atingir aproximadamente 900 °C. É uma operação em que se queima intensamente uma amostra sólida e seca. Para fazer a calcinação podemos usar cadinhos ou cápsulas que podem ser de metal (platina, prata, níquel, dentre outros), porcelana, amianto dentre outras. Diante disto a massa da amostra adicionada no cadinho ou na cápsula tarada, onde é feita uma pré queima em bico de Bunsen e, seguida pela queima total em forno mufla (ARRUDA, 2006).

A queima inicial em forno mufla deve ser feita tomando-se certos cuidados, para evitar a contaminação do ar do laboratório com os gases que se desprendem que podem ser tóxicos, além disso, nessa queima inicial há desprendimento de fumaça fuliginosa, quando a substância queimada tiver compostos orgânicos. Deve-se tomar o cuidado para não perder o analito, e nem que este seja projetado para fora do recipiente. Logo após o processo de queima total da amostra na mufla, sobram no interior do cadinho somente resíduos de origem mineral, que são chamados de cinzas ou de resíduo mineral fixo. Nos alimentos de origem animal, ou vegetal e em rações, esta análise é de extrema importância, já que o Ministério da Agricultura fixa valores máximos e mínimos de resíduo mineral fixo para vários produtos (HOENING; KERSABIEC, 1996).

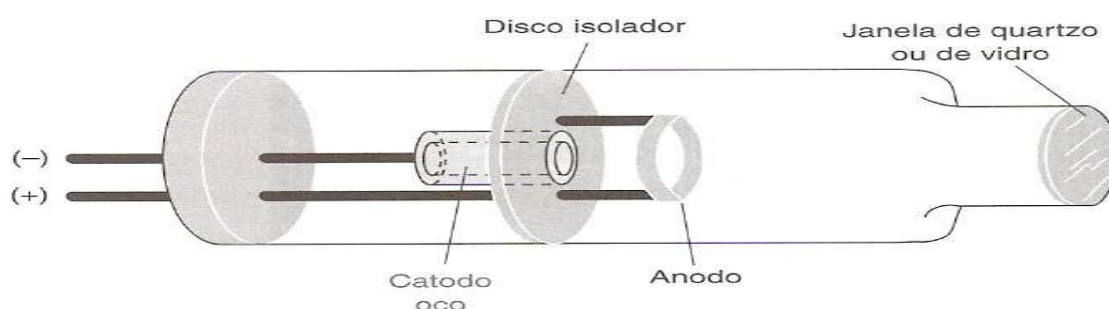
3.8 TÉCNICAS UTILIZADAS

3.8.1 FAAS

A Espectrometria de Absorção Atômica fundamenta-se na logística da absorção da energia radiante por espécies metálicas atômicas neutras, não excitadas, no estado gasoso. Cada espécie metálica, em sua dimensão atômica contém um respectivo espectro de absorção constituído por uma série de estreitas raias que caracterizam as transições eletrônicas envolvendo os elétrons externos. No processo de absorção atômica, os elementos a serem determinados são encaminhados às condições de uma dispersão atômica gasosa (atomizado) através da qual se faz passar, então, o feixe de radiação de uma fonte apropriada (SPERLING; WELS, 1999).

Através da fonte devem ser emitidas raias de ressonância dos elementos de interesse com largura menor que a raia de absorção e com uma frequência de magnitude e constância necessárias para que as medidas de absorção atômica possam ser realizadas com exatidões satisfatórias. Na Figura 8 é mostrado o esquema de uma lâmpada de catodo oco (SKOOG et al., 2009).

Figura 8 – Lâmpada de catodo oco



Fonte: Harris (2001).

Observa-se que a maioria das técnicas empregadas na atomização instrumental são as de Chama, eletrotérmica, dentre elas a de Forno de Grafite, Filamento de Tungstênio, Geração de Hidretos dentre outras.

A cela de proteção do filamento de tungstênio é construída com um tubo de quartzo ou vidro borossilicato de 10,0 cm de comprimento e 1,9 cm de diâmetro externo, apresentando um orifício circular (diâmetro de 0,4 cm) no centro da face superior do tubo de quartzo, que possibilita a introdução da amostra e o escape do

gás de proteção (90 % (v/v) Ar + 10 % (v/v) H₂). A introdução do gás de proteção é realizada através de duas entradas laterais simétricas (QUEIROZ et al., 2002).

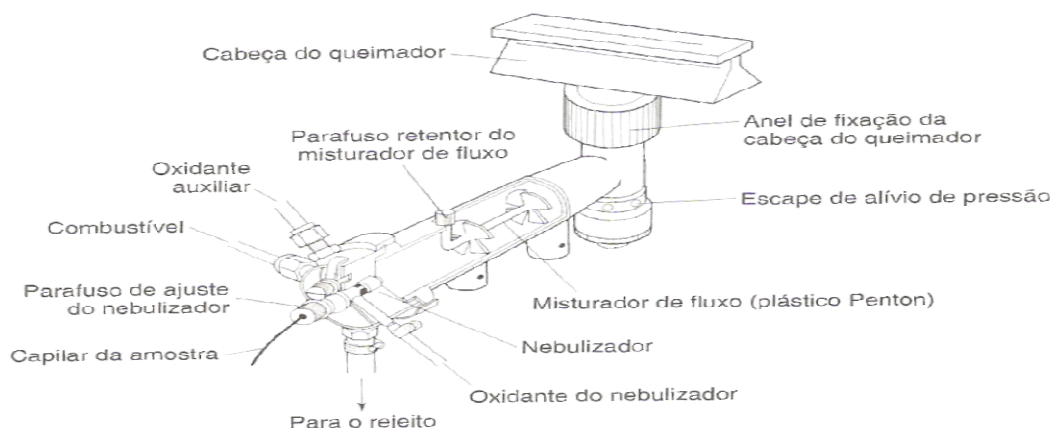
3.8.2 FOC

Ao ser introduzida uma espécie metálica na forma de um sal em uma chama de um bico de Bunsen, aparecem cores características de cada espécie analisada. Diante disto, este procedimento é comumente usado há muito tempo para identificar qualitativamente alguns elementos. Caso uma destas chamas passem por um meio de dispersão adequado surgem diversas linhas (ou raias), cada qual com uma cor característica. Nota-se que cada radiação tem um comprimento de onda definido, que lhe atribui uma posição fixa no espectro (JEFFERY, 1992).

As determinações espectrométricas de espécies metálicas só podem ser executadas quando o átomo individual ou íon elementar estiverem presentes em um meio gasoso produzindo uma fonte de energia externa. Inicialmente o processo de análise que vem a ser a atomização, onde uma amostra é volatilizada e decomposta de uma forma que gere íons e átomos em fase gasosa. O espectro óptico de emissão atômica é constituído por uma região do espectro de emissão da luz, denominado de fóton, onde são relacionados à energia emitida em um determinado comprimento de onda. Cada elemento tem um espectro de emissão atômica peculiar, sendo a quantidade diretamente proporcional à intensidade desses fótons (SKOOG, 2004).

A Fotometria de emissão atômica (FOC), Figura 9, realiza medição quantitativa da emissão óptica de átomos excitados para poder analisar e determinar a concentração das amostras estudadas. Observa-se que as espécies metálicas do analito em uma solução aquosa são posteriormente absorvidas na região de excitação onde se dissolvem, vaporizados e atomizados por uma chama, descarga ou plasma. Estas fontes de atomização a elevadas temperaturas distribuem a energia ideal para requerer os átomos a altos níveis de energia. Os átomos voltam a níveis mais baixos emitindo luz (MENDHAN et al., 2002).

Figura 9 – Queimador/Nebulizador FOC.



Fonte : Vogel (2002).

O emprego desta técnica é de ampla aplicação em análise elementar susceptível a interferências espectrais. Vem sendo aplicada em análise quantitativa e qualitativa e é um método de elemento simples. É mais comumente usada nas determinações de Na, K, Li e Ca em fluídos biológicos e tecidos (CIENFUEGOS; VAITSMAN, 2000).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estado de Roraima é o mais situado ao Norte, fazendo fronteira ao Leste com a República Cooperativista da Guiana, e ao Norte e Oeste com a república da Venezuela. Possui cerca de 966 km de fronteira com a Guiana e 955 km com a República Venezuelana, contendo uma área territorial de 225.111,5 km². Roraima faz fronteira com os Estados do Brasil sendo, ao Sul com os Estados do Amazonas e Pará, e a Oeste com o Amazonas (FREITAS, 1998).

Boa Vista é a capital do Estado de Roraima e se localiza as margens direita do rio Branco, com uma elevação de aproximadamente 92 m acima do nível do mar, ocupando uma área de 5.688,062 Km². Alto alegre que fica ao noroeste do Estado de Roraima, se situa as margens dos rios Uraricoera e Mucajaí, a 72 m acima do nível do mar, com uma área de 25 566,845 km². Caracarái ao sul de Roraima está localizada na margem direita do Rio Branco, abaixo da cachoeira do Bem-Querer, com uma área de 48 420,962 km². O município de Mucajaí, localiza-se á margem direita do rio Mucajaí com uma área de 13 584,255 km² ao sul do Estado (FREITAS, 1998).

O clima é ameno, oscilando a temperatura entre 14 °C e 21 °C, nas áreas dos planaltos mais elevados, acima de 1.900 m. Nas áreas mais baixas, a temperatura média mínima mensal é de 18 °C, e a máxima são de 41 °C. Em ambas as áreas, observa-se que o índice pluviométrico em um ano é superior aos 2.140 mm, sendo o período das chuvas entre abril e setembro. Já a estação seca, chamada de verão, é de outubro a março (SOUZA, 1999).

Contém basicamente três tipos de cobertura vegetal, bem distintas, no Norte, encontram-se as serras, que vem a ser uma vegetação de árvores mais rarefeitas e de baixa concentração demográfica. Existem nos vales uma grande quantidade de humos que facilitam o aparecimento de gramíneas de ótima qualidade e apropriada para criação de animais como, cavalos, gado, caprinos e ovinos. Na região central do Estado se detecta com grande facilidade a região denominada de lavrado, mas que tecnicamente é chamada de savana, onde se encontram árvores de pequeno porte, mas bastante resistentes à falta de água e de caule retorcidos, que são os caimbezeiros, muricizeiros. Define-se o baixo rio Branco que fica situado na região

sul como uma floresta tropical amazônica, densa e úmida. Dentre sua grande particularidade as árvores de grande porte (FREITAS, 1998). A Figura 10 apresenta o mapa de Roraima.

Figura 10 - Localização de Roraima



Fonte: Bastos (2005).

As regiões estudadas com base na Figura 10 compreendem a capital de Roraima, e os municípios de Alto Alegre, Boa Vista (Capital), Mucajaí e Caracaraí, sendo que foram coletadas frutas, e a água utilizada na irrigação e o solo onde os vegetais são cultivados.

4.2 PARÂMETROS CLIMATOGRÁFICOS

A compreensão de fenômenos e fatores como secas, enchentes e elevação de temperatura não devem ser uma preocupação exclusiva de cientistas e pesquisadores. Estudos demonstram, Tabela 8, que na atualidade, é necessário que todos percebam em que medida as ocorrências climáticas são frutos de fatores naturais ou da ação do homem (HARDY, 2003).

Tabela 8 - Dados meteorológicos dos dias em que houve coleta de amostras de fruta, solo e água nas respectivas regiões de estudo, Onde T - Temperatura média do ar; UR - Umidade relativa média; I - Insolação total; P - Pressão média; Pe - Precipitação total; Ev - Evaporação total.

Coleta	T (°C)	UR (%)	I (h)	P (mb)	Ev (mm)
17/06/11	23,6	71	4,8	935,8	1,9
17/06/11	25,4	75	5,1	931,5	2,3
03/11/11	34	95	12,5	1008	4,2
03/11/11	36	96	11,5	1006	4,5

Fonte: (a) INMET (2012).

Hoje em dia, por meio de vários órgãos dentre eles departamentos e institutos governamentais como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa, além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Ministério da Ciência e Tecnologia (INPE), e do Ministério do Meio Ambiente através da Agência Nacional de Águas (ANA) é possível observar variados fatores e condições que estão relacionadas às condições climáticas no Brasil.

4.3 MATERIAS E EQUIPAMENTOS

Os materiais utilizados (vidrarias e plásticos) foram previamente limpos e deixados em banho de HNO₃ a 10 % (v/v) por 24 horas, no mínimo, enxaguados com água e secos. Na preparação dos padrões e tratamento das amostras, foram utilizados reagentes de pureza analítica e água ultrapurificada (Purificador Human

up 900 a 18,3 MΩ cm). No pré-tratamento das amostras foi utilizado o forno mufla (Quimis, Q.318.24) e nas determinações das espécies metálicas foram empregadas às técnicas FAAS (Spectra AA 50B) e FOC (Digimed DM - 61).

4.3.1 FAAS

Utilizou-se na determinação das respectivas espécies metálicas Ca, Cu, Fe, Mn, e Zn a técnica do FAAS. Foram realizadas curvas analíticas com quatro ou cinco pontos, partindo de uma solução padrão contendo 1000 mg.L⁻¹ de Ca, Cu, Fe, Mn, e Zn a 2% (v/v) de HNO₃, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Condições experimentais de operação do FAAS.

Espectrômetro	Varian, Spectra AA 50 B
	Cu / 0,5 / 324,7
	Fe / 0,2 / 248,3
Espécie/Abertura da fenda (nm)/ λ* (nm)	Mn / 0,2 / 279,5
	Zn / 1,0 / 213,9
	Ni / 0,2 / 232,0
Lâmpada de Cátodo Oco	Multielementar: Mn Monoelementar: Cu, Fe, Ni e
Corretor de fundo	Lâmpada de Deutério
Combustível/Oxidante	Acetileno/Ar

* λ = comprimento de onda

Fonte: Manual Varian, Spectra AA 50 B.

4.3.2 FOC

Utilizou-se na determinação das respectivas espécies metálicas K, Na e Li a técnica do FOC, conforme Tabela 10 a seguir:

Tabela 10 - Condições operacionais do FOC.

Fotômetro	Digimed DM - 61
Aplicação manual	K, Na e Li
Pontos de calibração	2
Combustível	GLP de 13 kg
Pressão mínima	75 psi
Resolução	0,1

Fonte : Manual Digimed DM – 61.

Foi necessário a realização de uma linearização de K, Na e Li, de acordo com as instruções do fabricante, para cada analito determinado utilizou-se os padrões de 2,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0; 60,0; 70,0; 80,0 e 100,0 mg.L⁻¹, a partir da diluição de 1000 mg L⁻¹ de K, Na e Li a 2 % (v/v) de HNO₃.

4.4 MÉTODOS

4.4.1 Amostras e amostragem

Foram coletadas neste trabalho, frutas de abacate (*persea americana* mill), mamão (*carica papaya* l.), tomate (*lycopersicum esculentum* mill), cupuaçu (*theobroma grandiflorum* schum), dão (*ziziphus mauritiana* lam), ingá (*inga edulis* mart), tamarindo (*tamarindus indica* l), água e solo das respectivas regiões de Alto Alegre, Boa Vista, Caracaraí e Mucajaí em diferentes períodos denominados de seco e chuvoso, sendo a água coletada, utilizada na irrigação das frutas e o solo correspondente à região onde se encontravam as frutas estudadas neste trabalho, e a coleta foi realizada nos dias 17 de Junho de 2011, correspondente ao período chuvoso e três de dezembro de 2011 correspondente ao período seco.

4.4.1.1 Frutas

Nesta pesquisa utilizou-se uma amostragem simples, com frutas de cada região, onde essas frutas foram selecionadas com base em uma boa aparência para a posterior obtenção da polpa, foram armazenadas em caixas de madeira de boa qualidade e transportadas devidamente para o Laboratório de grãos da Universidade Federal de Roraima (BECKER, 2012; TELES, 2010). As frutas selecionadas e suas respectivas regiões foram abacate (*Persea americana* Mill) e mamão (*Carica papaya* L.) procedente do município de Boa Vista, abacate (*americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L.), e tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) procedentes do município do Alto Alegre, dão (*Ziziphus mauritiana* Lam.), ingá (*Inga edulis* Mart.) e tamarindo (*Tamarindus indica* L.) procedentes do município de Mucajaí e por fim o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) oriundo do município de Caracaraí.

4.4.1.2 Solo

O solo coletado de cada região onde se encontravam os vegetais foram determinados em uma amostragem simples, sendo assim, determinando-se o solo das seguintes frutas como, abacate (*Persea americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), dão (*Ziziphus mauritiana* Lam), ingá (*Inga edulis* Mart) e tamarindo (*Tamarindus indica* L). Com o auxílio de um trado, foram coletadas amostras de solo, as quais foram retiradas em quatro pontos opostos ao redor do caule do tomateiro em um raio de aproximadamente 20cm, na profundidade de até 20cm. Estas amostras foram armazenadas em sacos plásticos, e devidamente rotuladas e transportadas para o Laboratório de Grãos da Universidade Federal de Roraima onde foram secadas e armazenadas, até sua posterior determinação (FAITHFULL, 2002).

4.4.1.3 Água

Á água estudada das respectivas regiões foram cuidadosamente armazenadas em garrafas PET (Poli Etileno Tereftalato) de dois litros, sendo essas garrafas devidamente descontaminadas em banho de HNO₃ a 10% (v/v) por 24 horas, no mínimo, enxaguadas com água e deixadas para a secagem natural. As amostras de água, foram guardadas devidamente em refrigerador a temperatura de 5°C até a realização das determinações em um prazo máximo de 180 dias (SATELLES, 2011).

4.5 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

4.5.1 Frutas

As amostras de frutas como o abacate, mamão, cupuaçu, ingá, dão ao chegarem ao laboratório, foram lavadas abundantemente com água corrente e, em seguida, com água ultra-purificada e secadas a temperatura ambiente. Não foi necessário lavar o tamarindo. Extraíu-se as polpas de cupuaçu com o auxílio de um bisturi, pois as suas sementes encontram-se fortemente aderidas à polpa. As polpas do abacate, mamão, tamarindo e dão foram extraídas com auxílio de uma faca do

tipo (PET) e as do ingá foram removidas manualmente. Em seguida, cada polpa de fruta extraída foi triturada, separadamente, em multiprocessador doméstico (Britânia Multi pro) (TELES, 2010).

Após o processamento, todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, rotuladas e armazenadas em freezer até a sua análise.

4.5.2 Solo

Todas as amostras de solo foram limpas, isto é, foram retirados restos de galhos e folhas e secas à temperatura ambiente. Em seguida, foram destorroadas manualmente com o auxílio de um rolo de madeira, peneiradas em tela de *naylon* com malha de mesh de 2,0mm de diâmetro e acondicionadas em recipientes plásticos, até a sua respectiva determinação (FAITHFULL, 2002).

4.5.3 Água

As amostras de água provenientes da irrigação das frutas foram cuidadosamente coletadas em frascos de garrafa PET (Poli Etileno Tereftalato), devidamente descontaminadas (SATELLES, 2011). Após a coleta das amostras de água, estas foram armazenadas em *freezer* até a sua análise.

4.6 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

A metodologia de tratamento foi fundamentada de acordo com Becker (2012), por CA onde foram aplicadas a cada matriz relacionada neste trabalho sendo elas:

4.6.1 Frutas

Foram pesadas 5,0 g das amostras em triplicata de cada polpa de fruta estudada das respectivas regiões. Foram conseqüentemente transferidas devidamente para cadinhos, previamente calibrados, e em seguida adicionou-se 1,0 g de $Mg(NO_3)_2$ em cada um dos cadinhos, com o auxílio de uma colher de plástico descontaminada e assim homogeneizou-se a amostra com o $Mg(NO_3)_2$, após a homogeneização, foram adicionados 0,5 g de $Mg(NO_3)_2$ na forma de camada sobre

a amostra. Por fim levou-se a amostra juntamente com o $Mg(NO_3)_2$, ao forno mufla até 400 ± 15 °C, por 18 horas (BECKER, 2012). As etapas, tempo e temperatura são representadas conforme Tabela 11 a seguir.

Tabela 11 – Etapas do programa de aquecimento em forno mufla.

Etapas	1	2	3	4	5	6	7	8
Tempo (min)	30	30	30	30	30	30	30	*
Temperatura (°C)	50	100	150	200	250	300	350	400

*14,5 horas para as amostras de polpas de frutas de abacate, tomate, tamarindo, dão, ingá, mamão, e cupuaçu.

Após este procedimento, colocou-se no dessecador, os cadinhos, por 1 hora, para posterior pesagem na balança analítica. Com a massa fixa, dissolveu as cinzas de HNO_3 4 % (V/V), em seguida adicionou-se 10,0 mL de La^{3+} a 10.000 mg L^{-1} , diluindo-se para um balão de 50,0 mL, filtrando usando papel filtro de $0,45 \mu\text{m}$ de porosidade, para posterior leitura no FEA para o Na, K e Li e para o FASS o Ca, Cu, Fe, Mn e Zn (BECKER, 2012).

4.6.2 Solo

Para as determinações de K, Li e Na do solo foi feita de acordo com Faithfull, (2002), cujo procedimento consiste em transferir 10 g da amostra de solo para um *erlenmeyer* de 250 mL, em seguida adicionou-se 40 mL, de NH_4NO_3 1 mol L^{-1} , e 2,0 mL, de La^{3+} a 10.000 mg L^{-1} . Misturou-se em mesa agitadora por 30 minutos, filtrando com o auxílio de papel filtro descartável os primeiros 5,0 mL, sendo este filtrado utilizado sequencialmente na determinação de K, Li e Na por FEA. Conforme Faithfull (2002) as determinações de Fe, Cu, Zn, Mn e Ca, transferiu-se 10 g da amostra de solo para um *erlenmeyer* de 250 mL, em seguida adicionou-se 40 mL de uma solução contendo, 800 mL de dietileno-triaminopentacético (DTPA) $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, com 100 mL de trietilonamina (TEA) $0,2 \text{ mol L}^{-1}$, mais 1100 mL de cloreto de cálcio ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$) $0,02 \text{ mol L}^{-1}$, e por fim 2,0 mL de La^{3+} 10.000 mg L^{-1} . Foi necessário ajustar o pH da solução para 7,3 com HCl, da seguinte forma, adicionando-se 33 mL de HCl concentrado ($d=1,19 \text{ g L}^{-1}$) em cerca de 50 mL, de água ultra-purificada e completa para 100 mL. A mistura foi agitada por 2 horas, e

em seguida filtrada em papel filtro descartando os primeiros 5,0 mL, do filtrado transferiu-se 20 mL para um balão de 100 mL, que foi completo com água ultra-purificada, para posterior determinação de Fe, Cu, Zn, Mn e Ca, por FASS.

4.6.3 Água

Foi realizado uma pré-concentração dos analitos, retirando-se uma alíquota de 200,0 mL de cada amostra provenientes de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e Caracarái previamente filtrados com papel filtro Millipore 0,45 µm de porosidade, e em seguida aqueceu-se a amostra até 100 ° C durante 5 horas, até a redução deste volume para aproximadamente 25,0 mL. Elevou-se o volume de 25,0 mL da amostra para 50,0 mL com adição de água nas determinações de Cu, Fe, Mn e Zn, pré-concentrando-se assim 4 vezes, porém para o Li não foi-se necessário adicionar água e aumentar o volume para 50 mL, devido a dificuldade na leitura do Li, pré-concentrando-se assim 8 vezes o Li. Não foi necessário pré-concentrar o Na, K e Ca (BARRONCAS; SANTANA, 2007).

4.7 FIGURAS DE MÉRITO E VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS

Para verificar a qualidade das análises estatísticas, foram seguidos procedimentos tais como:

- Desvio padrão relativo (RSD) em porcentagem, para um número de determinações igual a três;
- Limite de detecção (LOD);
- Limite de quantificação (LOQ).

Os LODs e LOQs para as espécies Cu, Fe, Mn, Ni e Zn e as espécies nitrito, amônia e fósforo foram determinados de acordo com Skoog et al. (2002), através das expressões (1) e (2), em que S_{br} corresponde ao desvio padrão do sinal do branco do método para 10 determinações e α corresponde à inclinação da curva analítica.

$$LOD = \frac{3S_{br}}{\alpha} \quad (1)$$

$$LOQ = 10S_{br} \quad (2)$$

Os LODs e LOQs para as espécies K, Na e Li foram determinados, através de diluições sucessivas, uma vez que o fotômetro de chama não dispõe em seu sistema operacional uma visualização do valor da intensidade de emissão, podendo observar apenas a concentração das amostras (BECKER, 2012; TELES, 2010).

Diante disto, os LOQs das amostras estudadas foram determinados partindo-se de uma concentração previamente conhecidas em uma ordem decrescente até o menor nível detectável, com um RSD inferior a 25 % para triplicatas.

4.7.1 Comparação dos resultados e entre as amostras de fruta, solo e água

Com o objetivo de verificar as diferenças entre os resultados obtidos nas amostras pelos métodos CA, foram aplicados os testes estatísticos F e t emparelhado para avaliar, respectivamente, suas precisões e os valores médios das concentrações encontradas, conforme descrito por (SKOOG et al., 2008).

Para avaliar as similaridades entre os valores médios das concentrações dos metais nas amostras simples de uma mesma espécie vegetal, procedentes de locais distintos, foi aplicado o teste estatístico por Análise de Variância (ANOVA, com 95 % de confiança), de acordo com (SKOOG et al., 2008).

4.7.2 Tratamento dos resíduos gerados

Os resíduos das soluções utilizadas nas determinações das espécies metálicas foram neutralizados com uma solução de NaOH a 1 mol L^{-1} , considerando o pH de precipitação de cada espécie. Em seguida, o precipitado foi separado da fase aquosa por filtração em papel de filtro qualitativo e acondicionado em frasco de polipropileno, devidamente rotulado e armazenado no Laboratório de Águas da UFRR, para seu posterior reaproveitamento.

4.8 QUIMIOMETRIA

A abordagem e o levantamento de análise de dados multivariados tem se tornado, de modo crescente, uma importante área da química e de outras ciências (FERREIRA et al., 1999; WINEFORDNER, 2004).

Diante disto, pode-se observar uma tendência atual do pensamento científico envolvendo um raciocínio multivariado, principalmente devido ao desenvolvimento tecnológico atingido neste último século (BRO, 2006; FERREIRA et al., 1999).

Ao longo dos anos, o método de dados multivariados em química tem utilizado ferramentas desenvolvidas na área de ciências sociais como economia (econometria) e psicologia (psicometria). Mesmo sendo expressadas para objetivos específicos em cada área, a maioria destas ferramentas se baseia em sofisticados métodos matemáticos, estatísticos, computacionais e de lógica formal (KIERS, 2000; WINEFORDNER, 2004).

Especificamente em química, as diversas análises são úteis na elaboração e no planejamento de variados procedimentos experimentais obtendo o máximo da informação química relevante pela análise dos dados, diante de sistemas químicos estudados (CHAU et al., 2004).

De um modo geral, pode-se observar que a quimiometria é, basicamente, a aplicação de quaisquer métodos matemáticos e estatísticos para o tratamento de dados químicos. A quimiometria se inicia no século XVIII, contudo para a grande maioria dos estudiosos, a quimiometria se iniciou por volta de 1970 com diversos trabalhos científicos, livros e um simpósio, ocorrido em São Francisco, em dois de setembro de 1976, todos direcionados para a análise multivariada de dados químicos (ECO CHEMIE, 2002). A origem dessa disciplina foi um sucesso, principalmente, devido à automação dos laboratórios com o aumento significativo no número de instrumentos analíticos que fornecem dados multivariados, ou seja, métodos que geram mais de uma medida para uma dada amostra (BRUNS; NETO; SCARMINIO, 2001).

Vale ressaltar que outras importantes contribuições foram o acesso a tecnologias, métodos e softwares dedicados à realização de cálculos com dados multivariados (KIERS, 2000).

Hoje em dia a quimiometria está suficientemente estabelecida e seu uso disseminado (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978). Observa-se que as metodologias quimiométricas estão sendo melhoradas e ampliadas de maneira direcionada para os problemas de origem química ou de outras áreas (BURMAN; PLACKETT, 1946; BURTON; CHURCH; MORGAN, 1989).

Diante das diversas áreas da ciência química, nota-se que a química analítica é, presentemente, a mais influenciada pela quimiometria (KIERS, 2000). A Quimiometria em química vem sendo largamente aplicada na área de espectroscopia (MYERS; MONTGOMERY, 2002).

4.8.1 PCA e HCA

As técnicas de análise multivariada (PCA e HCA) foram utilizadas visando resumir em poucas e importantes dimensões a maior parte da variabilidade da matriz para a obtenção de relações entre os dados obtidos, extraíndo desta maneira a informação química mais relevante (PANERO et al., 2009).

Para efetuar a análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamento hierárquico (HCA) foi utilizado o software EINSIGHT. As análises químicas foram realizadas em triplicata, para a construção da matriz de dados.

Os dados foram previamente auto-escalados, antes de serem submetidos a análise de componentes principais e a análise de agrupamento hierárquico uma vez que há uma grande variação de respostas das diversas variáveis, ou seja, diferem em ordem de grandeza, atribuindo-se assim um mesmo peso para todas as variáveis (PANERO et al., 2009).

Para a obtenção do dendrograma do HCA foram utilizadas a distância euclidiana e o método de conexão incremental.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CALCINAÇÃO (CA)

Estudou-se analiticamente as concentrações (mg/100g) e as recuperações (%) com seus RSDs obtidos para as espécies metálicas nas amostras das polpas de frutas, que por sua vez foram devidamente avaliadas pelo método CA, com os respectivos, LODs e LOQs para as determinações por FAAS e FEA são apresentados esses resultados na Tabela 12 (verão), página 60 e Tabela 13 (inverno), página 61.

Diante dos resultados, observou-se que os valores de RSDs estão na faixa ideal para as espécies metálicas estudadas com os resultados inferiores ou iguais a 10 %, e uma boa recuperação das espécies estudadas para todas as amostras, obtendo-se resultados entre 90 % e 110 % indicando uma eficiência do método CA, sendo assim, houve boas adições inferiores e superiores e recuperações, respectivamente, em todas as espécies metálicas estudadas, independente da técnica empregada, seja ela FAAS ou FOC.

Os LOQs das espécies metálicas estudadas se encontraram favoráveis para todas as espécies determinadas, mostrando assim, uma boa precisão e exatidão diante dos resultados obtidos. Tanto os LOQs quanto os LODs em mg L^{-1} para cada espécie estudada são apresentados na Tabela 12 e 13, com seus respectivos comprimentos de onda.

As determinações das concentrações obtidas para as espécies metálicas estudadas foram determinadas através do Teste *t* (*student*), com o nível de confiança de 95% e quatro graus de liberdade, e teste **F** (Fischer), também com 95 % de confiança com 2 graus de liberdade no numerador e 2 graus de liberdade no denominador, para as amostras da maioria dos elementos químicos avaliados.

Tabela 12 – Resultados obtidos com o método CA para as amostras das polpas úmidas coletadas no período seco para n igual a 3.

Espécies		Na*	Li*	Ca**	K*	Cu**	Fe**	Mn**	Zn**								
LOD (mg L ⁻¹)		0,2	0,3	0,2	0,5	0,01	0,05	0,01	0,03								
LOQ (mg L ⁻¹)		1,3	0,6	1,5	2,7	0,02	0,07	0,02	0,05								
Concentrações mg/100g (RSD)	TA	5,1 (2,5)	2,6 (3,0)	40,3 (0,9)	404,5 (0,1)	0,4 (1,8)	0,5 (1,9)	0,3 (1,9)	0,2 (5,8)								
	D	8,6 (0,6)	4,2 (2,0)	9,3 (2,0)	138,2 (0,1)	0,4 (2,9)	0,7 (4,7)	0,3 (2,5)	0,3 (4,9)								
	I	2,3 (2,0)	2,8 (0,7)	9,4 (1,9)	133,1 (0,5)	0,3 (6,3)	0,6 (2,8)	0,2 (4,6)	0,2 (2,6)								
	M _{BV}	2,5 (5,4)	1,9 (3,2)	23,6 (0,6)	128,2 (0,2)	0,04 (5,3)	0,3 (4,0)	0,04 (6,2)	0,1 (2,3)								
	A _{BV}	5,2 (2,2)	3,0 (2,8)	9,0 (1,0)	222,3 (0,1)	0,2 (1,8)	0,4 (2,1)	0,2 (4,1)	0,2 (6,0)								
	M _{AL}	1,5 (1,9)	2,3 (0,3)	21,4 (0,6)	114,0 (0,1)	0,04 (1,5)	0,1 (2,4)	0,04 (5,7)	0,1 (7,8)								
	A _{AL}	7,9 (1,2)	3,6 (0,1)	8,0 (1,7)	201,7 (0,2)	0,2 (0,5)	0,2 (8,7)	0,1 (5,8)	0,4 (6,1)								
	TO	1,2 (2,8)	1,4 (1,2)	8,0 (0,1)	227,3 (0,1)	0,03 (1,0)	0,2 (3,5)	0,1 (6,5)	0,1 (3,9)								
C	3,7 (0,8)	7,4 (0,4)	12,9 (1,2)	338,4 (0,2)	0,7 (0,8)	0,6 (0,3)	1,5 (0,5)	0,4 (4,0)									
Adição (mg L ⁻¹)		5,0 a 10,0				10,0 a 20,0		1,0 a 2,0									
Recuperação (%) (RSDs)	TA	104,3 (7,5)	94,1 (0,3)	97,6 (3,1)	98,6 (2,2)	95,7 (1,3)	105,2 (2,4)	103,3 (5,6)	100,5 (2,5)	96,5 (8,1)	105,7 (2,9)	102,5 (3,4)	100,0 (2,5)	108,0 (1,3)	95,3 (1,1)	94,3 (1,5)	107,7 (0,7)
	D	100,0 (5,7)	99,0 (1,0)	99,0 (1,4)	97,5 (3,6)	105,0 (5,4)	92,6 (1,3)	99,6 (5,0)	92,8 (0,8)	92,0 (5,4)	100,3 (3,2)	110,0 (2,6)	103,3 (2,4)	94,0 (5,3)	104,3 (2,2)	96,3 (7,3)	101,2 (3,8)
	I	106,0 (0,7)	92,9 (2,7)	98,0 (4,3)	96,5 (5,9)	93,0 (1,8)	107,3 (1,1)	97,2 (1,5)	108,0 (0,7)	101,5 (6,3)	106,5 (3,3)	100,2 (3,5)	98,8 (2,5)	100,7 (5,1)	104,7 (1,4)	100,8 (3,5)	104,2 (2,4)
	M _{BV}	104,5 (2,2)	101,8 (3,5)	108,2 (1,3)	95,1 (0,7)	97,3 (2,4)	109,3 (1,1)	97,7 (5,9)	106,5 (1,2)	96,7 (8,4)	94,0 (2,3)	99,7 (5,8)	99,5 (7,3)	95,5 (3,7)	95,3 (1,9)	94,3 (2,7)	97,3 (1,8)
	A _{BV}	92,3 (1,2)	92,7 (1,9)	96,1 (5,9)	102,5 (0,7)	108,1 (1,0)	97,6 (0,6)	100,3 (7,6)	102,3 (0,7)	98,7 (2,6)	103,3 (1,7)	100,3 (4,5)	95,0 (3,7)	104,0 (2,0)	92,8 (2,7)	97,0 (5,2)	97,3 (1,8)
	M _{AL}	96,1 (2,4)	102,1 (4,1)	104,1 (4,1)	107,0 (0,7)	101,4 (2,6)	109,6 (0,5)	108,3 (1,8)	107,4 (0,3)	92,3 (3,8)	102,3 (3,1)	106,7 (2,7)	108,8 (1,6)	93,5 (2,3)	92,3 (1,9)	104,7 (5,8)	101,5 (2,8)
	A _{AL}	101,9 (1,1)	97,7 (7,2)	92,5 (3,1)	96,8 (0,7)	94,4 (1,7)	94,0 (0,6)	109,9 (1,9)	99,8 (1,3)	105,7 (3,0)	100,5 (2,1)	107,3 (2,7)	107,0 (3,3)	100,0 (2,8)	105,3 (1,7)	95,3 (3,2)	100,8 (1,8)
	TO	103,6 (2,2)	96,0 (2,8)	107,3 (2,6)	95,2 (0,7)	100,1 (3,6)	93,1 (0,8)	103,2 (1,7)	96,8 (0,4)	92,0 (1,5)	91,7 (0,8)	94,5 (3,7)	93,5 (2,7)	99,5 (0,7)	103,5 (1,4)	99,0 (7,1)	104,5 (1,7)
C	96,3 (0,1)	97,8 (3,2)	94,0 (3,0)	93,5 (2,3)	91,8 (1,4)	96,3 (2,1)	96,9 (2,1)	91,9 (0,4)	100,5 (4,9)	96,2 (3,0)	105,0 (1,3)	93,3 (4,1)	96,0 (2,9)	105,5 (1,3)	104,5 (3,4)	97,7 (3,9)	

tamarindo; dão; ingá; mamão; abacate; tomate e cupuaçu (TA, D, I, M_{BV}, M_{AL}, A_{BV}, A_{AL}, TO e C), *FOC e **FAAS .

Tabela 13 – Resultados obtidos com o método CA para as amostras das polpas úmidas coletadas no período chuvoso para n igual a 3.

Espécies		Na*	Li*	Ca**	K*	Cu**	Fe**	Mn**	Zn**									
LOD (mg L ⁻¹)		0,2	0,3	0,14	0,5	0,01	0,06	0,01	0,04									
LOQ (mg L ⁻¹)		0,6	0,5	1,17	2,0	0,02	0,08	0,02	0,05									
Concentrações mg/100g (RSD)	TA	3,8 (2,8)	1,9 (0,2)	28,3 (0,5)	209,5 (0,2)	0,3 (1,8)	0,4 (0,6)	0,3 (2,3)	0,1 (7,4)									
	D	7,5 (0,7)	2,6 (7,8)	7,8 (0,5)	129,1 (0,3)	0,3 (3,9)	0,5 (1,7)	0,2 (4,3)	0,2 (8,1)									
	I	1,7 (3,2)	2,1 (3,5)	7,7 (3,6)	123,5 (0,5)	0,2 (4,1)	0,5 (1,5)	0,2 (3,7)	0,1 (6,2)									
	M _{BV}	2,2 (2,4)	1,4 (0,8)	20,5 (0,6)	116,0 (1,1)	0,02 (7,4)	0,2 (1,5)	0,03 (4,5)	0,1 (3,9)									
	A _{BV}	4,4 (4,4)	2,2 (3,8)	7,5 (1,2)	207,8 (0,1)	0,1 (4,5)	0,1 (4,9)	0,2 (0,7)	0,2 (3,5)									
	M _{AL}	1,3 (1,4)	2,1 (1,4)	20,0 (1,0)	108,4 (0,1)	0,03 (6,2)	0,1 (2,5)	0,03 (4,6)	0,1 (5,8)									
	A _{AL}	7,2 (1,9)	3,2 (1,8)	7,4 (2,8)	186,6 (0,04)	0,2 (5,0)	0,2 (4,6)	0,1 (9,2)	0,3 (2,8)									
	TO	1,0 (1,6)	1,3 (1,5)	6,9 (1,7)	223,5 (0,1)	0,02 (5,8)	0,1 (1,4)	0,1 (3,6)	0,1 (3,0)									
C	2,8 (4,3)	6,6 (4,1)	11,0 (1,2)	327,0 (0,04)	0,5 (2,1)	0,6 (0,5)	1,2 (1,3)	0,3 (3,5)										
Adição (mg L ⁻¹)		5,0 a 10,0				10,0 a 20,0		1,0 a 2,0										
Recuperação (%) (RSDs)	TA	101,2 (7,7)	95,9 (6,3)	104,3 (2,9)	102,0 (2,1)	107,6 (3,0)	97,7 (4,3)	99,6 (4,5)	95,8 (6,2)	103,3 (4,1)	94,7 (2,9)	100,5 (3,5)	103,2 (5,0)	93,7 (3,0)	102,8 (6,9)	108,8 (4,5)	107,5 (4,3)	
	D	99,6 (7,8)	104,3 (1,5)	105,7 (1,3)	95,8 (3,7)	94,3 (6,0)	97,2 (1,2)	97,6 (1,6)	98,0 (1,4)	104,3 (3,4)	106,8 (1,6)	98,3 (7,3)	97,8 (3,1)	97,7 (2,6)	97,0 (1,4)	99,7 (3,5)	102,2 (2,2)	
	I	101,7 (7,6)	98,9 (6,0)	96,0 (7,4)	106,5 (1,3)	99,6 (1,7)	105,6 (5,6)	93,7 (2,3)	105,6 (2,7)	98,3 (5,8)	99,0 (3,1)	98,2 (3,6)	99,5 (6,3)	102,0 (5,0)	104,7 (3,9)	95,3 (5,9)	96,0 (2,1)	
	M _{BV}	94,9 (3,9)	98,4 (3,6)	94,9 (1,5)	103,4 (6,2)	103,7 (2,7)	103,0 (3,5)	104,3 (6,7)	97,2 (3,8)	95,0 (5,4)	105,7 (2,0)	93,7 (2,8)	95,6 (2,6)	90,8 (5,4)	101,9 (1,7)	107,3 (3,0)	103,3 (5,5)	
	A _{BV}	94,2 (3,8)	100,4 (9,5)	99,7 (1,4)	102,8 (4,8)	106,4 (4,3)	94,8 (0,7)	102,0 (5,7)	92,3 (0,8)	98,0 (6,7)	101,5 (1,4)	101,7 (2,5)	95,4 (6,3)	94,0 (3,0)	103,8 (3,7)	96,7 (4,2)	100,0 (0,7)	
	M _{AL}	100,9 (5,9)	99,4 (4,3)	99,3 (10,0)	100,6 (3,5)	101,8 (3,5)	100,8 (2,0)	98,3 (9,3)	107,7 (0,7)	102,0 (4,5)	97,0 (4,4)	102,3 (4,9)	104,7 (3,4)	101,8 (3,5)	100,9 (5,3)	101,7 (5,0)	103,0 (3,4)	
	A _{AL}	100,0 (5,1)	100,0 (0,7)	101,5 (9,1)	101,8 (5,6)	92,4 (1,1)	98,4 (7,5)	101,6 (3,5)	100,8 (1,7)	98,7 (4,6)	103,3 (5,1)	100,0 (5,0)	98,5 (3,6)	97,5 (3,6)	101,3 (1,7)	101,3 (4,9)	102,7 (2,8)	
	TO	95,4 (1,5)	104,4 (2,9)	103,3 (4,1)	92,4 (1,9)	93,0 (1,8)	106,1 (0,3)	104,7 (2,0)	107,5 (1,3)	91,7 (4,6)	95,0 (4,1)	91,7 (3,8)	95,0 (8,3)	92,5 (3,4)	104,0 (3,8)	102,5 (3,4)	92,5 (3,8)	96,5 (9,5)
C	96,7 (6,6)	105,2 (3,1)	98,7 (5,7)	103,3 (6,8)	94,6 (3,4)	97,0 (9,0)	103,1 (4,4)	99,3 (1,8)	97,5 (3,6)	96,7 (4,0)	103,3 (6,8)	94,7 (4,2)	100,8 (3,5)	92,9 (1,9)	101,7 (7,0)	100,0 (3,8)		

Tamarindo; dâo; ingá; mamão; abacate; tomate e cupuaçu (TA, D, I, M_{BV}, M_{AL}, A_{BV}, A_{AL}, TO e C), *FOC e **FAAS.

Tanto na estação seca, quanto na chuvosa, observa-se resultados satisfatórios para as recuperações obtidas em ambos os níveis de concentrações adicionados, pois os resultados estão de acordo com Skoog et al. (2008), compreendidos na faixa de 90 a 110 % para todas as espécies em todas as amostras, indicando-se assim, que o método de CA é eficaz.

Diante disto, o método de CA elaborado ao longo do trabalho, determinou uma amostra representativa da natureza complexa da matriz estudada, obtendo-se resultados precisos e exatos na quantificação de todas as espécies estudadas.

5.1.1 Frutas: seco versus chuvoso

Levando-se em consideração os resultados obtidos para todas as amostras estudadas nas diferentes estações seca e chuvosa, foram aplicados os testes **F** e **t** emparelhados a 95 % de confiança verificar se estes apresentam diferenças significativas entre suas precisões concentrações medias. A Tabela 14 apresenta os valores de **F** e a Tabela 15 os valores do teste **t** calculados.

Tabela 14 - Valores de **F** calculados para as espécies determinadas nas amostras de polpas úmidas coletadas no verão e inverno, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M_{BV}, M_{AL}, A_{BV}, A_{AL}, TO e C) para n= 3, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; **F** crítico igual a 19,00).

Espécies	Amostras								
	TA	D	I	M _{BV}	M _{AL}	A _{BV}	A _{AL}	TO	C
Ca	7,6	25,6	2,6	1,4	1,9	1,0	2,3	40,3	1,4
Cu	1,7	1,3	3,0	4,0	2,4	2,6	20,5	3,5	4,8
Fe	7,1	12,9	5,6	15,5	1,3	1,4	4,8	5,5	2,1
K	1,7	5,5	1,8	27,2	2,2	2,9	1,2	1,5	2,1
Li	160,0	6,6	10,4	35,5	12,3	1,1	18,7	1,8	92,4
Mn	1,1	1,8	2,9	5,7	5,0	23,3	1,2	4,5	2,6
Na	1,5	2,1	1,4	5,6	2,5	2,8	1,9	3,3	15,7
Zn	2,4	1,3	1,7	1,1	3,2	4,6	6,6	2,3	2,3

Uma vez que o número de determinações foi sempre igual a três, para ambos os métodos, os valores de **F** calculados foram para dois graus de liberdade para o

nível de confiança de 95 % com o valor crítico de **F** tabelado de 19,00 (SKOOG et al., 2007).

Os resultados do teste **F** para o Fe, Na e Zn demonstraram que há uma precisão semelhante nas espécies metálicas estudadas nas diferentes estações chuvosa e seca, entretanto, para o Ca no (D e TO), o Cu no (A_{AL}), o K no (M_{BV}), o Li no (TA, M_{BV} e C) e o Mn no (A_{BV}) apresentaram precisões não semelhantes considerando que suas variâncias não são iguais, com 95 % de confiança. Observando os resultados de Becker (2012) e Teles (2010), verificou-se uma similaridade nos resultados e respectivos rendimentos das análises estudadas.

Tabela 15 - Valores de **t** emparelhado, calculados para as espécies determinadas nas amostras de polpas úmidas coletadas no verão e inverno, de tamarindo, dão, ingá, mamão, abacate, tomate e cupuaçu (TA, D, I, M_{BV} , M_{AI} , A_{BV} , A_{AL} , TO e C) para $n=3$, Obtendo-se, graus de liberdade igual a 4; **t** crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.

Espécies	Amostras t (calculado)								
	TA	D	I	M_{BV}	M_{AL}	A_{BV}	A_{AL}	TO	C
Ca	53,2	ND	9,1	30,5	10,7	20,7	4,2	ND	14,9
Cu	17,8	15,5	4,7	6,7	7,3	ND	11,6	0,7*	20,4
Fe	12,1	9,7	41,6	26,1	46,5	51,8	2,77*	25,9	8,6
K	421,3	26,7	17,6	ND	33,2	37,5	46,1	19,4	25,3
Li	ND	12,5	16,9	ND	11,1	11,6	12,6	11,9	ND
Mn	14,2	11,1	7,3	5,8	11,0	ND	7,6	2,94	24,5
Na	12,8	24,2	12,0	3,4	8,0	6,2	7,4	6,8	13,5
Zn	12,1	7,8	13,0	16,9	ND	3,9	3,4	5,6	10,0

ND: Não Determinado.

* Resultados Similares (teste **t** emparelhado, 95 % confiança).

Os resultados obtidos pelo teste **t** sugerem que houve eficiência somente no Fe no (A_{AL}) e o Cu (TO), ou seja, somente nesses dois não houve diferença significativa, porém para os demais houve sim uma diferença significativa considerável, mostrando assim, que os efeitos agregados as diferentes estações, afetam sim no armazenamento das espécies metálicas por parte das polpas de frutas estudadas, o fator clima, atrelado a temperatura, pressão, e ciclos, afetam e interferem diretamente no armazenamento de espécies metálicas nas polpas de

frutas estudadas neste trabalho. Os Resultados vão de acordo com Oliveira (2009), para as matrizes estudadas.

5.1.2 Solo: seco *versus* chuvoso

Resultado das amostras de solo estudado nas diferentes estações seca e chuvosa e nas respectivas regiões de Alto alegre, Boa Vista, Caracarái e Mucajaí. Foram aplicados nas amostras, os testes **F**, Tabela 16, a 95 % de confiança.

Tabela 16 - Valores de **F** calculados para as espécies determinadas nas amostras de solo coletadas nas estações seca e chuvosa, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracarái, para n=3, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; **F** crítico igual a 19,00).

Espécies	Amostras			
	Mucajaí	Boa Vista	Alto Alegre	Caracarái
Ca	2,8	3,4	1,7	2,9
Cu	3,0	1,4	1,9	3,5
Fe	19,0	1,6	1,5	138,6
K	6,7	7,9	1,8	3,4
Li	2,1	2,3	1,2	1,0
Mn	2,7	1,2	2,8	1,1
Na	1,8	1,7	1,5	3,2
Zn	2,2	1,1	6,1	1,3

Considerando-se **F** crítico igual a 19,0 com 2 graus de liberdade no numerador e denominador, observa-se que somente o Fe de Caracarái não demonstrou uma boa variância nos resultados obtidos, ou seja, nas diferentes estações estudadas, contudo, todos os demais elementos químicos estudados nas diferentes regiões, demonstraram uma precisão ideal e aceitável. A Tabela 17 apresenta o teste **t** com 95% de confiança.

Tabela 17 - Valores de t calculados para as espécies determinadas nas amostras de solo, coletadas nas estações chuvosa e seca, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e Caracaraí, para $n=3$, Obtendo-se, graus de liberdade igual a 4; t crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.

Espécies	Mucajaí		Boa Vista		Alto Alegre		Caracaraí	
	t (calculado)	t (tabelado) com 95% confiança	t (calculado)	t (tabelado) com 95% confiança	t (calculado)	t (tabelado) com 95% confiança	t (calculado)	t (tabelado) com 95% confiança
Ca	111,0	2,78	45,6	2,78	50,7	2,78	48,0	2,78
Cu	7,65	2,78	14,2	2,78	26,0	2,78	18,8	2,78
Fe	10,84	2,78	48,3	2,78	25,2	2,78	ND	ND
K	134,2	2,78	123,5	2,78	400,7	2,78	174,2	2,78
Li	4,10	2,78	5,8	2,78	4,7	2,78	5,3	2,78
Mn	5,67	2,78	2,0*	2,78	5,4	2,78	4,1	2,78
Na	15,0	2,78	19,0	2,78	ND	ND	31,0	2,78
Zn	5,32	2,78	8,0	2,78	5,0	2,78	13,8	2,78

ND: Não Determinado.

* Resultados Similares (teste t emparelhado, 95 % confiança).

Verifica-se que somente o Mn determinado de Boa Vista, não demonstrou diferença significativa. Visivelmente, as plantas absorvem e transportam esse nutriente em excessivas quantidades, do que resulta um acúmulo nas folhas, produzindo-se sintomas bem definidos (BINGHAM; PAVAN, 1981). Contudo, o excesso de Mn pode causar sintomas de toxidez nas raízes, normalmente isso ocorre logo após as folhas terem sido destruídas (FOY, 1976; FOY, 1978).

5.1.3 Água: seco versus chuvoso

Tendo os resultados obtidos para todas as amostras de água estudadas nas diferentes estações seca e chuvosa e nas respectivas regiões de Alto alegre, Boa Vista, Caracaraí e Mucajaí, foram aplicados os testes F e t emparelhados a 95% de confiança a fim de verificar se estes apresentam diferenças significativas entre suas precisões e concentrações médias. A Tabela 18 apresenta os valores de F e a Tabela 19, os valores do teste t calculado.

Tabela 18 - Valores de **F** calculados para as espécies determinadas nas amostras de água coletadas no verão e inverno, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e Caracaraí, para n=3. Através dos métodos de pré-concentração, Obtendo-se, (graus de liberdade igual a 2; **F** crítico igual a 19,00).

Espécies	Amostras			
	Mucajaí	Boa Vista	Alto Alegre	Caracaraí
Ca	36,1	2,6	5,3	1,7
Cu	1,0	2,3	1,0	1,6
Fe	49,0	1,6	7,0	1,0
K	3,9	7,0	7,6	2,3
Li	1,0	7,0	2,3	1,3
Mn	4,0	4,0	4,0	4,0
Na	1,1	1,3	1,4	4,0
Zn	1,0	3,0	1,0	1,0

Verifica-se, que o município de Mucajaí, foi o único que apresentou dois resultados não precisos 36,1 para o (Ca) e 49,0 para o (Fe), porém para as demais espécies metálicas estudadas e os municípios observados obteve-se sim uma precisão favorável, podendo-se assim considerar suas variâncias semelhantes

Tabela 19 - Valores de **t** calculados para as espécies determinadas nas amostras de água, coletadas no verão e no inverno, nos municípios de Mucajaí, Boa Vista, Alto Alegre e caracaraí, para n= 3, Obtendo-se, graus de liberdade igual a 4; **t** crítico tabelado igual a (2,78, com 95 % de confiança) para todas as determinações.

Espécies	Mucajaí		Boa Vista		Alto Alegre		Caracaraí	
	t(calculado)	t(tabelado) com 95% confiança	t(calculado)	t(tabelado) com 95% confiança	t(calculado)	t(tabelado) com 95% confiança	t(calculado)	t(tabelado) com 95% confiança
Ca	ND	ND	22,7	2,78	11,0	2,78	17,9	2,78
Cu	10,6	2,78	9,5	2,78	8,5	2,78	6,8	2,78
Fe	ND	ND	8,5	2,78	0,5*	2,78	6,4	2,78
K	4,5	2,78	4,2	2,78	8,3	2,78	15,2	2,78
Li	8,0	2,78	10,6	2,78	9,5	2,78	11,3	2,78
Mn	1,6*	2,78	0,8*	2,78	1,2*	2,78	2,7*	2,78
Na	8,2	2,78	4,9	2,78	10,8	2,78	0,6*	2,78
Zn	6,37	2,78	1,5*	2,78	2,1*	2,78	1,2*	2,78

ND: Não Determi

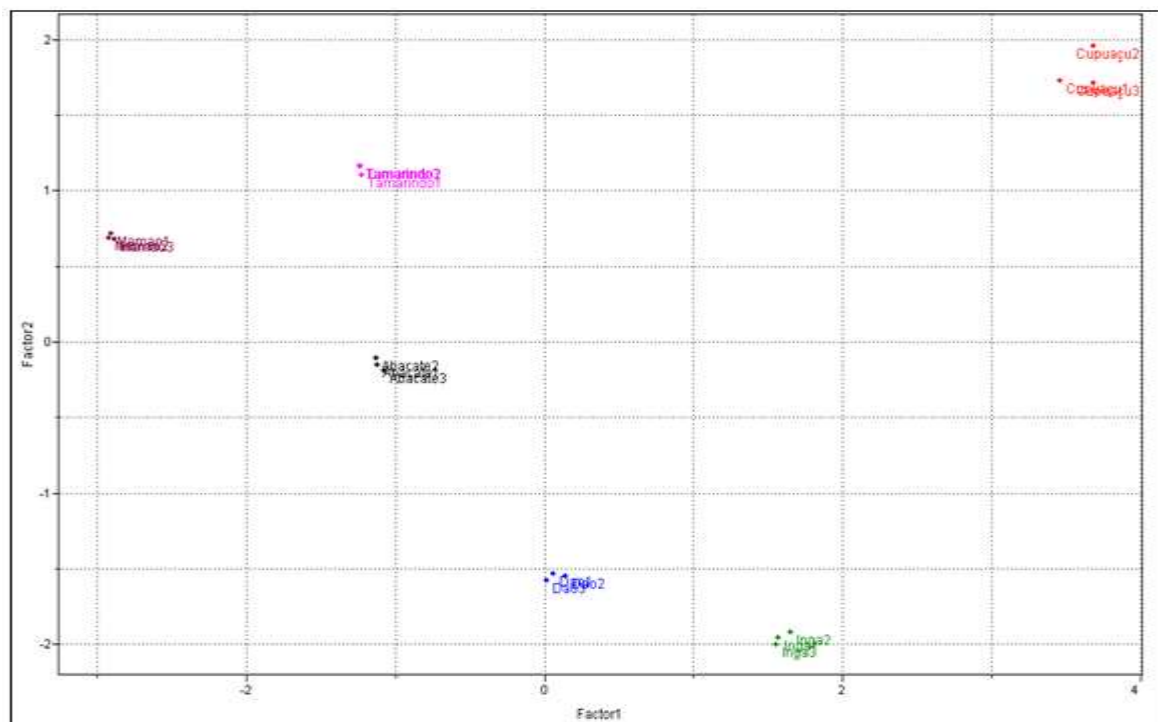
*Resultados Similares (teste **t** emparelhado, 95 % confiança).

Diante dos resultados estatísticos determinados, pode-se verificar que o Mn não tem uma diferença significativa independente da estação, podendo-se observar a estabilidade desta espécie metálica no meio avaliado. O Zn em Boa Vista, Alto Alegre e Caracaraí, também não mostrou diferença significativa, e por fim o Fe do alto alegre demonstrou-se não diferir ao longo da estação estudada. Contudo pode-se verificar que a maior parte das espécies metálicas, sofrem uma diferença significativa no decorrer do ano, podendo-se notar, que os fatores pluviométricos, de quantidade de água, e ciclo de estações interferem nas determinações das espécies-metálicas, sejam ela macro ou micro, que estão de acordo com Hardy (2003).

5.2 PCA - FRUTAS VS METAIS

Verifica-se que as componentes PC1 e PC2 descrevem 84,02% da variação total dos dados e fornecem informações discriminatórias das amostras. A primeira componente principal (PC1) descreve 59,04% da variação total e a segunda (PC2) 24,98%. A Figura 11 apresenta o gráfico de *scores* e observam-se seis agrupamentos.

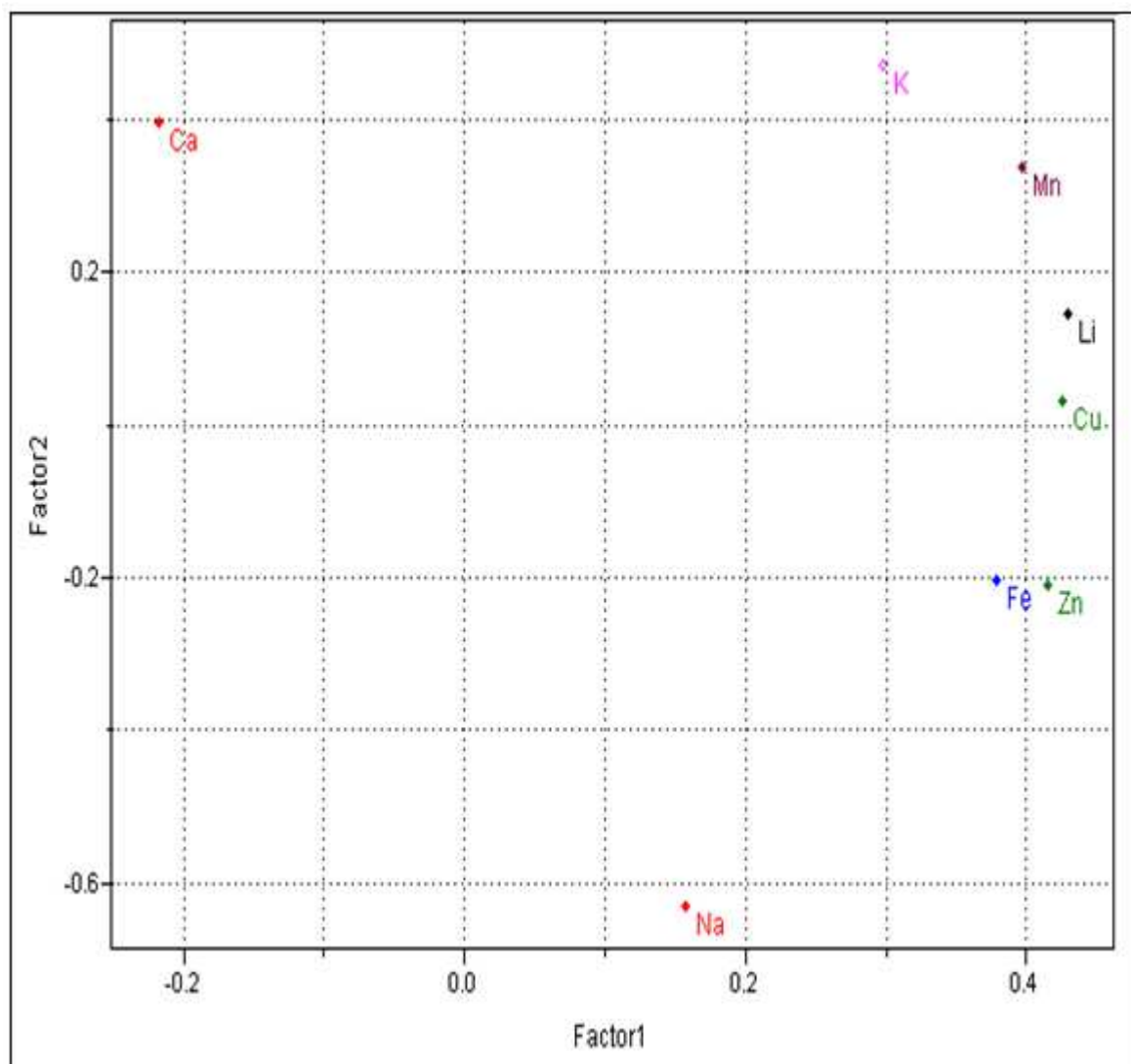
Figura 11 - Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamento, discriminação dos tipos de frutas.



Fonte: O autor.

Analisando a PC1 é possível observar a discriminação de seis grupos, ou seja, as amostras de diferentes tipos de frutas (mamão, abacate, cupuaçu, tamarindo, dão e ingá) provenientes do estado de Roraima. O gráfico dos *loadings* na Figura 12 mostra a influência das variáveis sobre as amostras. Observando PC1 do gráfico de scores, é possível observar que o cupuaçu encontra-se totalmente deslocado para a direita, desta maneira ao observar o a PC1 do gráfico de loadings percebe-se que o cupuaçu é a fruta que apresenta os maiores teores de Li, Mn, Cu, Fe, Zn e K. Ao analisar a PC2 do gráfico de scores, verifica-se que as frutas de Ingá e Dão encontram-se do lado negativo da PC2, e ao comparar com o gráfico de loadings observa-se que estas frutas apresentam os maiores teores de Na.

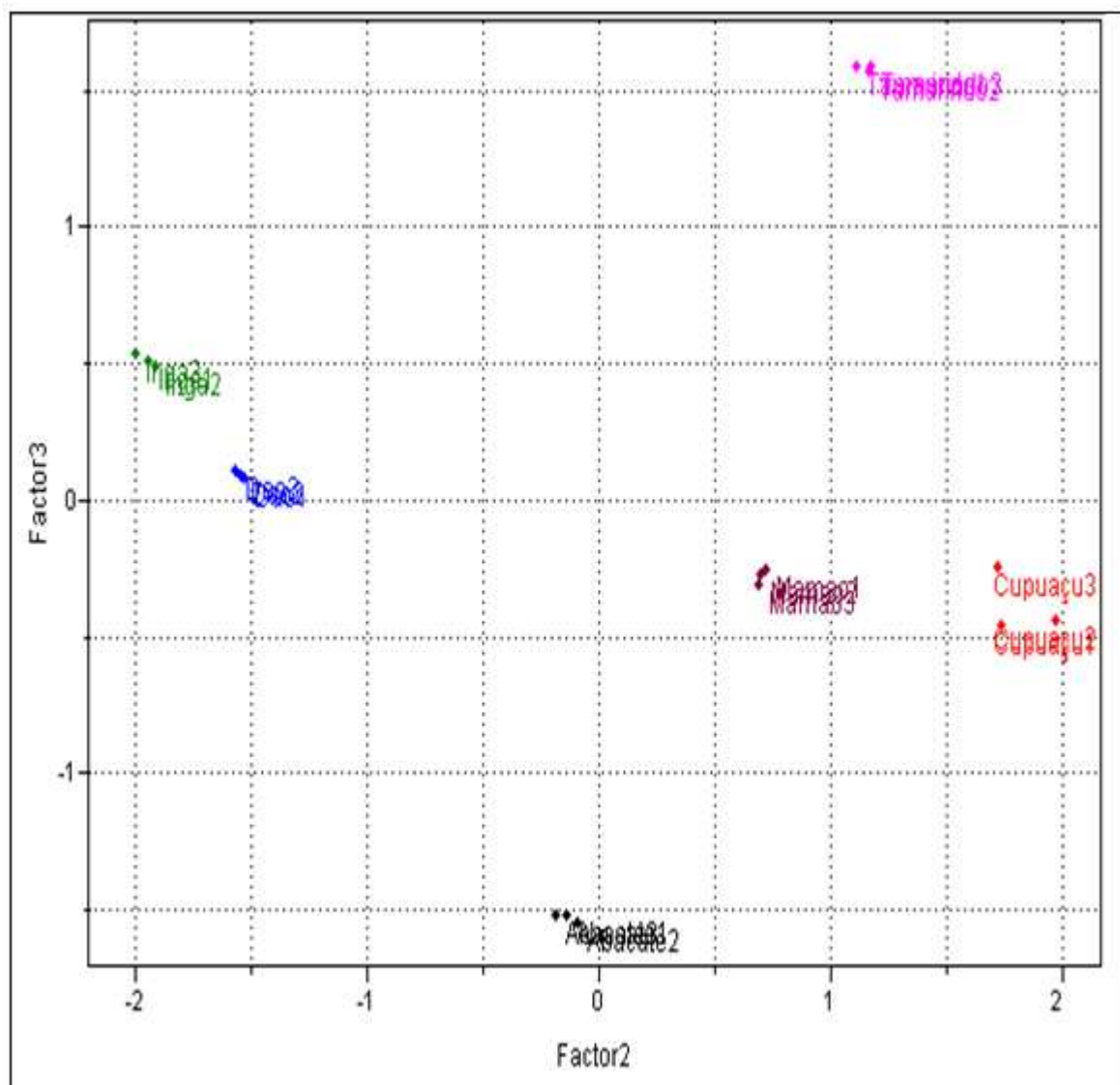
Figura 12 – Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamamento, influência das variáveis na discriminação dos tipos de frutas.



Fonte: O autor.

Como a fruta abacate encontra-se próxima ao eixo zero não foi possível identificar a variável responsável pela sua discriminação, assim como as demais frutas mamão e tamarindo, sendo assim, foi necessário comparar os gráficos de PC1 vs PC3 e PC2 vs PC3. A Figura 13, apresenta o gráfico de scores de PC2 vs PC3, onde é possível verificar a mesma discriminação de agrupamentos vista nos gráficos de PC1 vs PC2.

Figura 13 - Gráfico dos “scores”, PC3 vs PC2, autoescalamto, discriminação dos tipos de frutas.

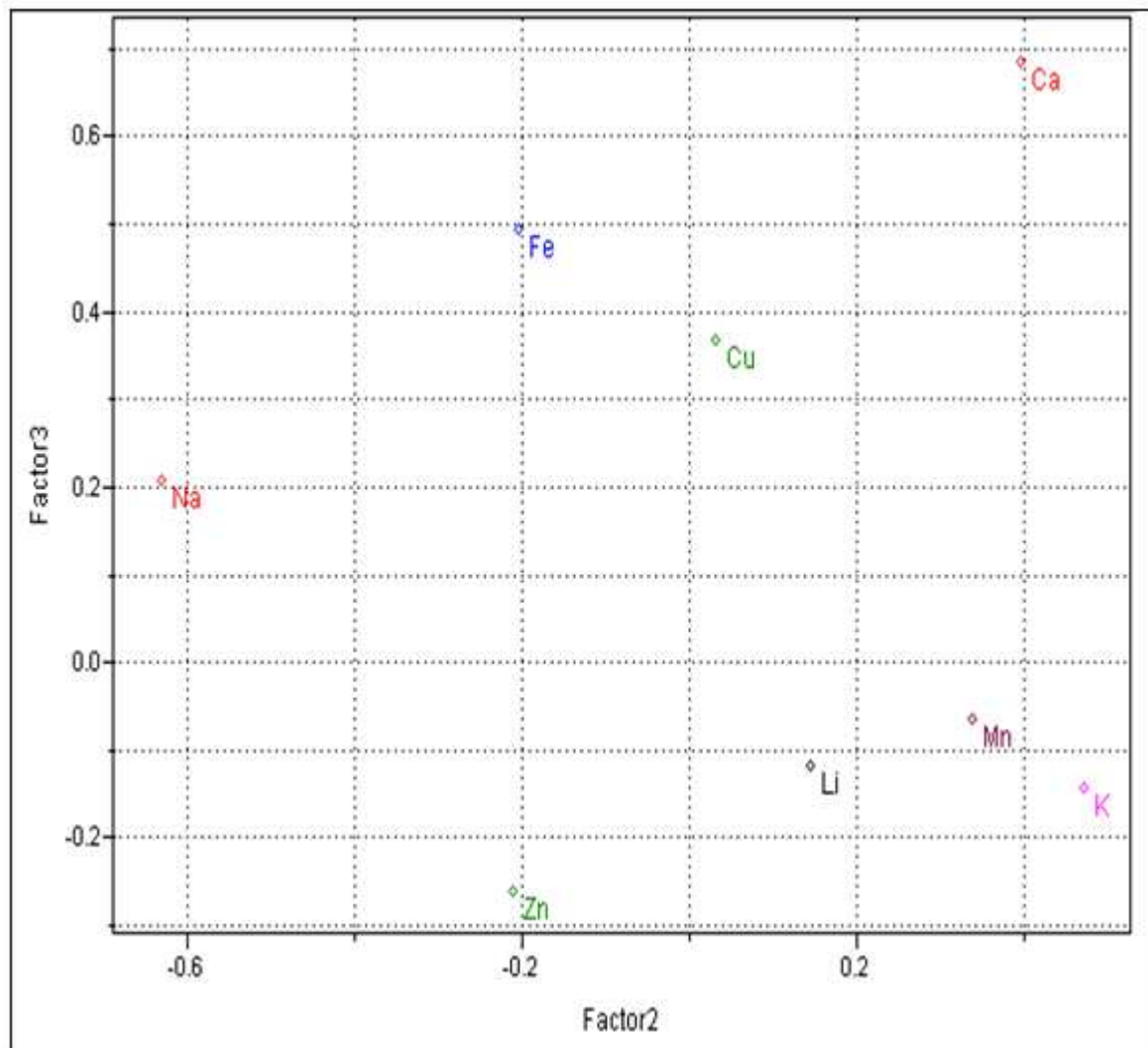


Fonte: O autor.

O gráfico dos *loadings* na Figura 14 mostra a influência das variáveis sobre as amostras. Observando PC2 do gráfico de scores, observa-se que a fruta abacate encontra-se praticamente no eixo zero, desta maneira ao observar o a PC2 do gráfico de *loadings* percebe-se que o abacate é a fruta que apresenta o menor teor

de Cu. Ao analisar a PC3 do gráfico de scores, verifica-se que a fruta tamarindo encontra-se no lado superior positivo, e ao comparar com o gráfico de loadings observa-se que esta fruta apresenta o maior teor de Ca. Já o mamão apresenta o menor teor de Li.

Figura 14 - Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamento, influência das variáveis na discriminação dos tipos de frutas.

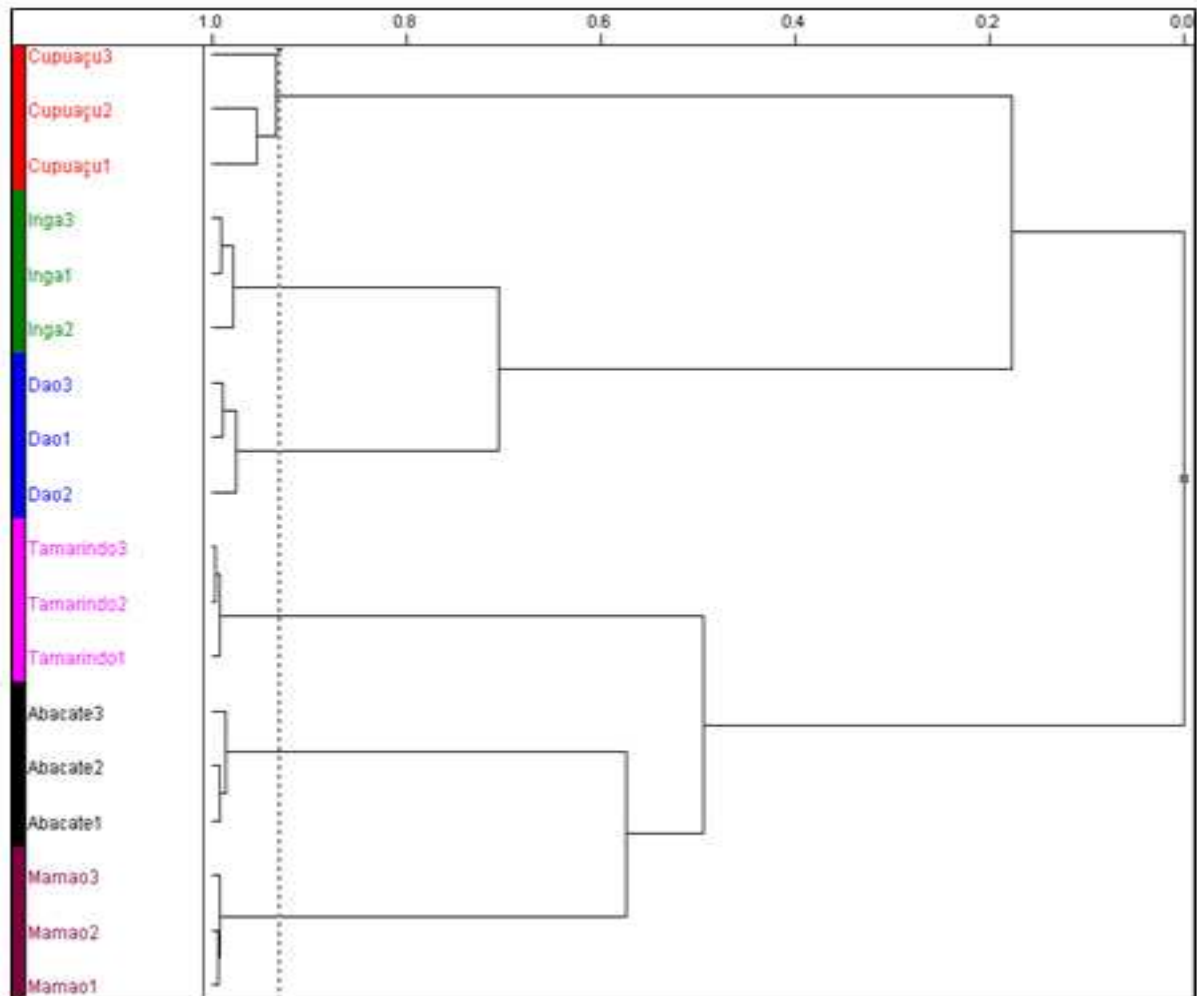


Fonte: O autor.

5.3 HCA - FRUTAS VS METAIS

As tendências observadas através da análise de componentes principais (PCA) foram confirmadas através do dendrograma obtido pela HCA (Figura 15), ou seja, é possível observar a formação de seis agrupamentos diferentes.

Figura 15 - Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamiento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação dos tipos de frutas.



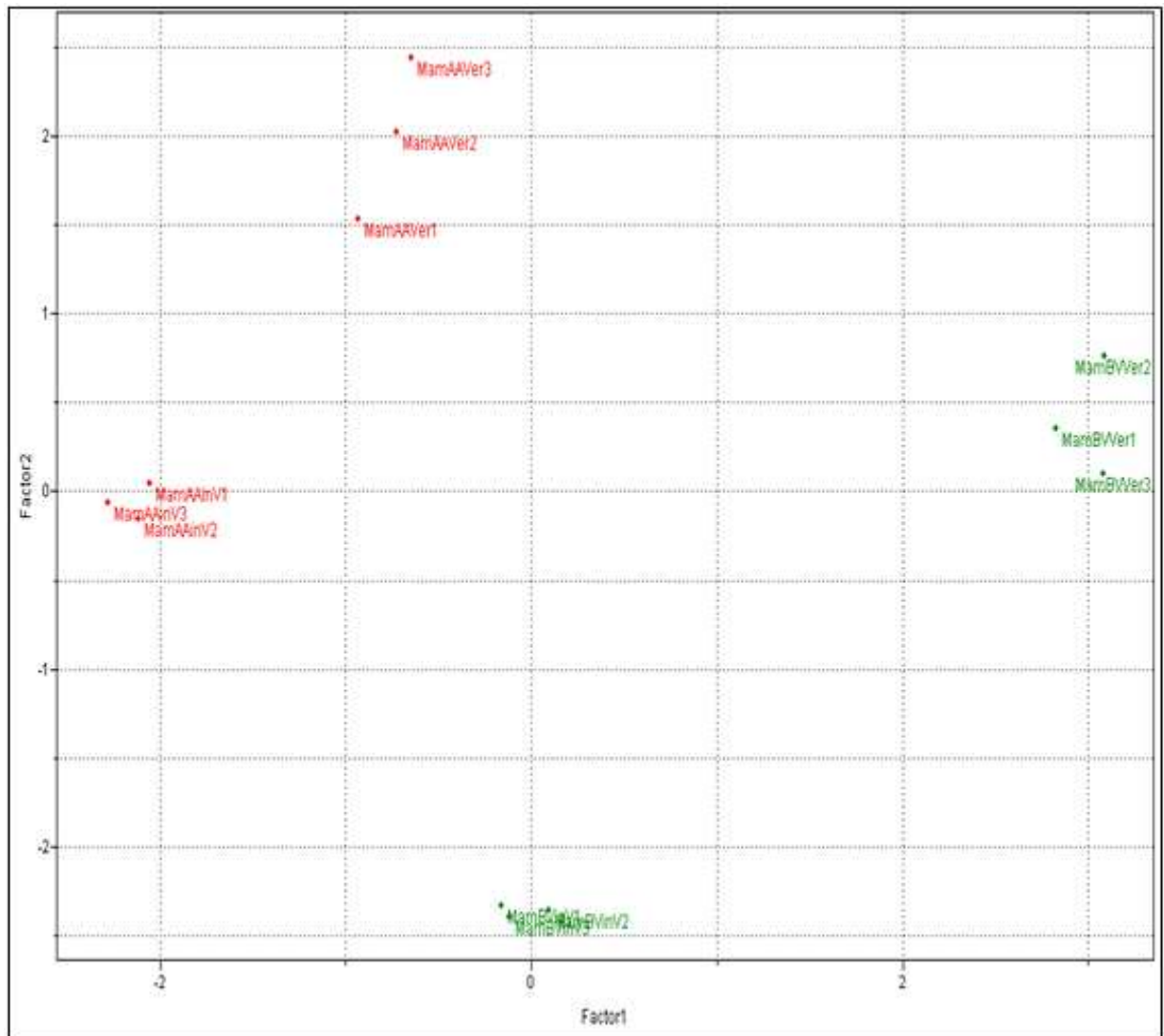
Fonte: O autor.

Na figura 15, foi aplicado o autoescalamiento nas variáveis, bem como, a distância Euclidiana e a técnica de conexão incremental para a produção do dendrograma.

Tendo em vista que o teste não apresentou diferença significativa entre os períodos de verão e inverno para a análise de metais nas frutas, inclusive tanto para o mamão produzido em Boa Vista, quanto o mamão cultivado em Alto Alegre. Para esta análise, utilizou-se a PCA e HCA para discriminação, pois são metodologias exploratórias que visam evidenciar similaridades ou diferenças entre amostras em um determinado conjunto de dados, na qual a análise univariada não consegue evidenciar.

Verifica-se que as componentes PC1 e PC2 descrevem 94,38% da variação total dos dados e fornecem informações discriminatórias das amostras. A Figura 16 apresenta o gráfico de *scores* e observam-se dois grandes agrupamentos, onde cada um está subdividido em dois grupos.

Figura 16 - Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamto, discriminação geográfica do mamão.

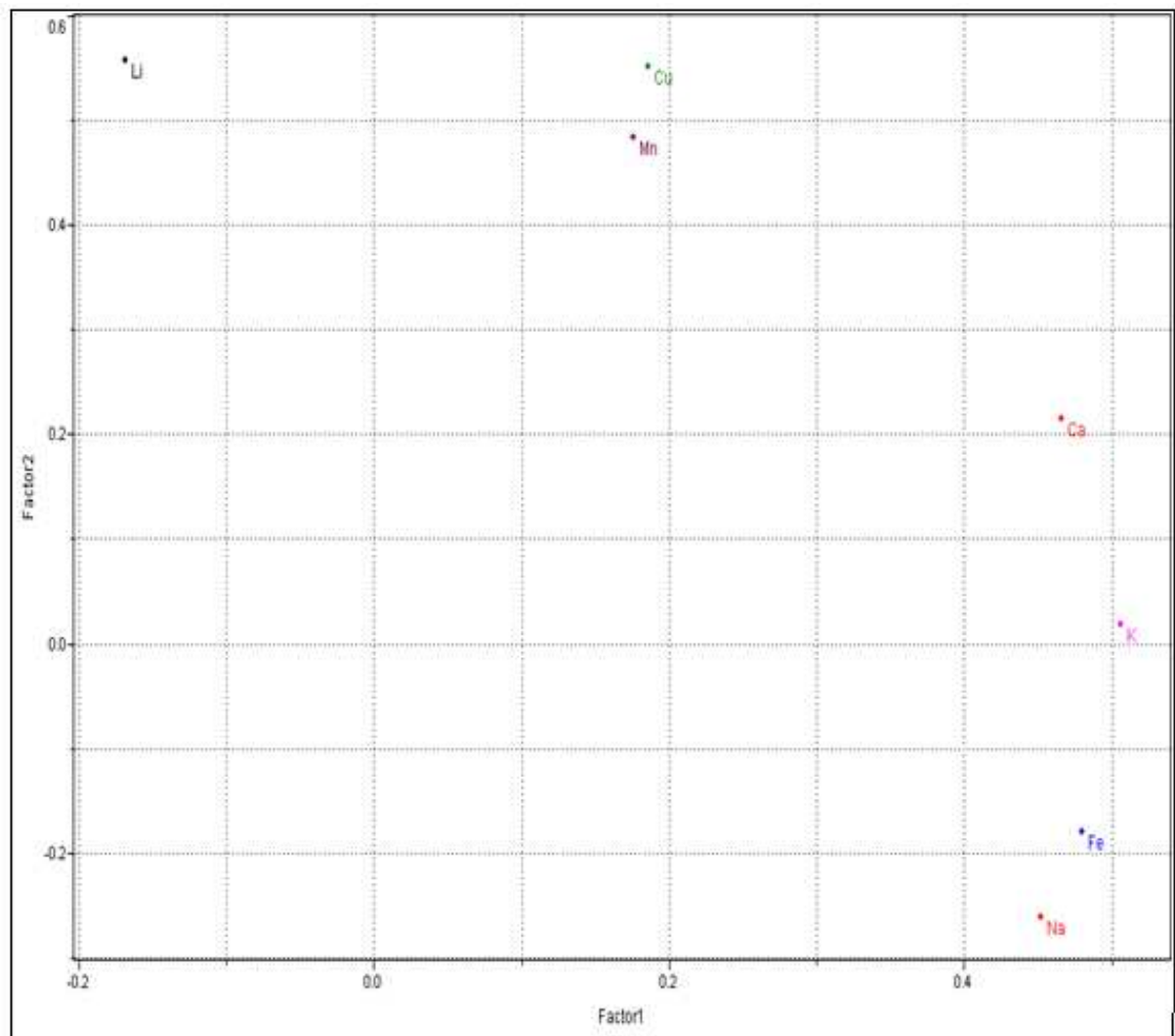


Fonte: O autor.

Analisando a PC1 é possível observar a discriminação de dois grupos, mamão proveniente de Boa Vista (em verde) e mamão proveniente de Alto Alegre (em Vermelho). O gráfico dos *loadings* na Figura 17 mostra a influência das variáveis sobre as amostras. Observando PC1 do gráfico de scores, é possível observar que o mamão de Boa Vista, está no lado positivo (à direita) dos scores, desta maneira ao observar a PC1 do gráfico de loadings percebe-se que o mamão

oriundo do Município de Boa Vista apresenta os maiores teores de Ca, K, Fe e Na. Já o mamão proveniente do Município de Alto Alegre apresenta os maiores teores de Cu, Mn e Li.

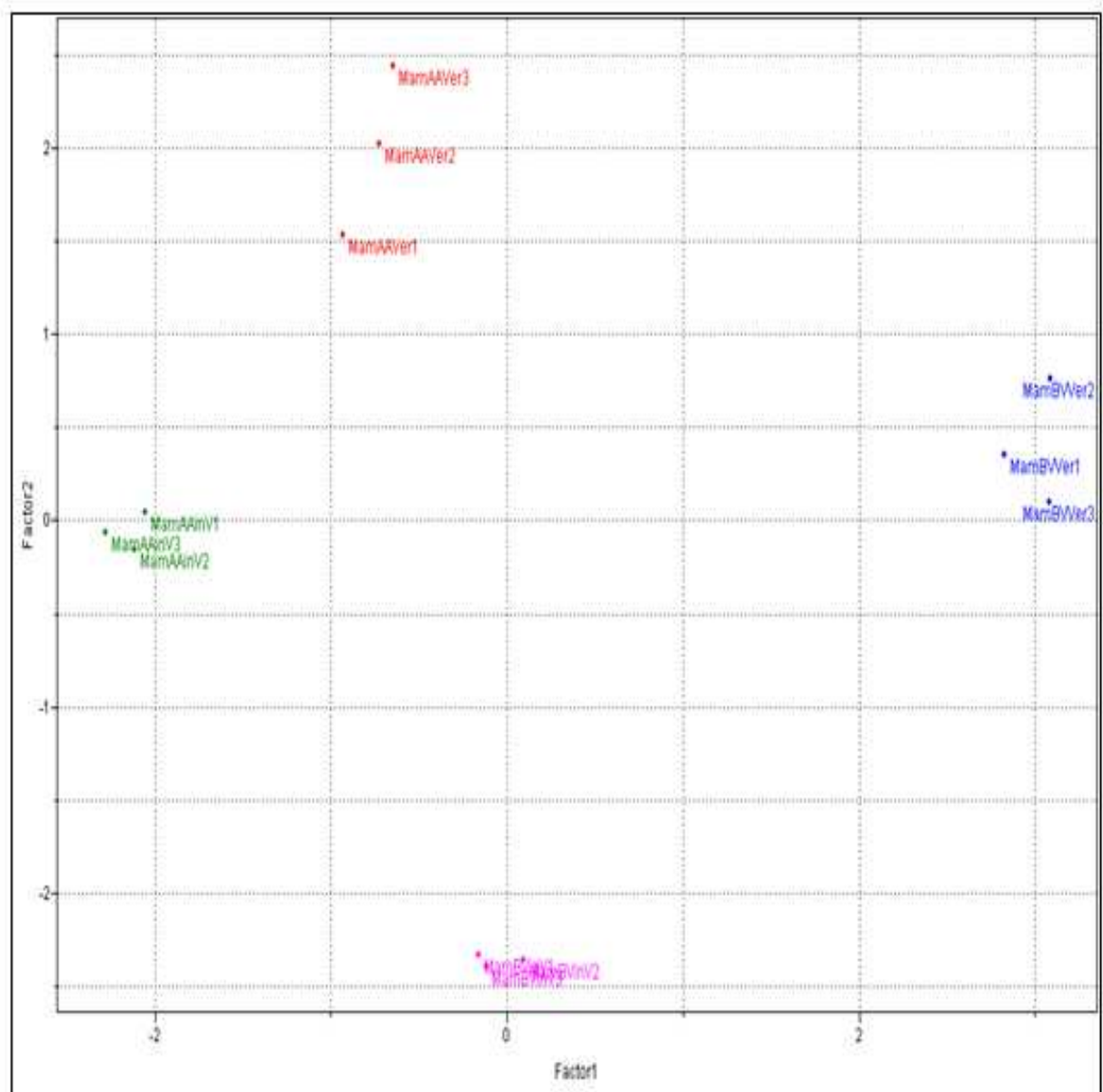
Figura 17 – Gráfico dos “loadings”, PC2 vs PC1, autoescalamiento, influência das variáveis na discriminação geográfica do mamão.



Fonte: O autor.

Na Figura 18, gráfico de scores é possível observar a diferenciação entre os períodos de verão e inverno tanto no município de Alto Alegre quanto no Município de Boa Vista. Analisando o PC2 todas as amostras analisadas no período de verão estão na parte positiva (superior) do gráfico, pois neste período os teores de metais são mais elevados que no período de inverno.

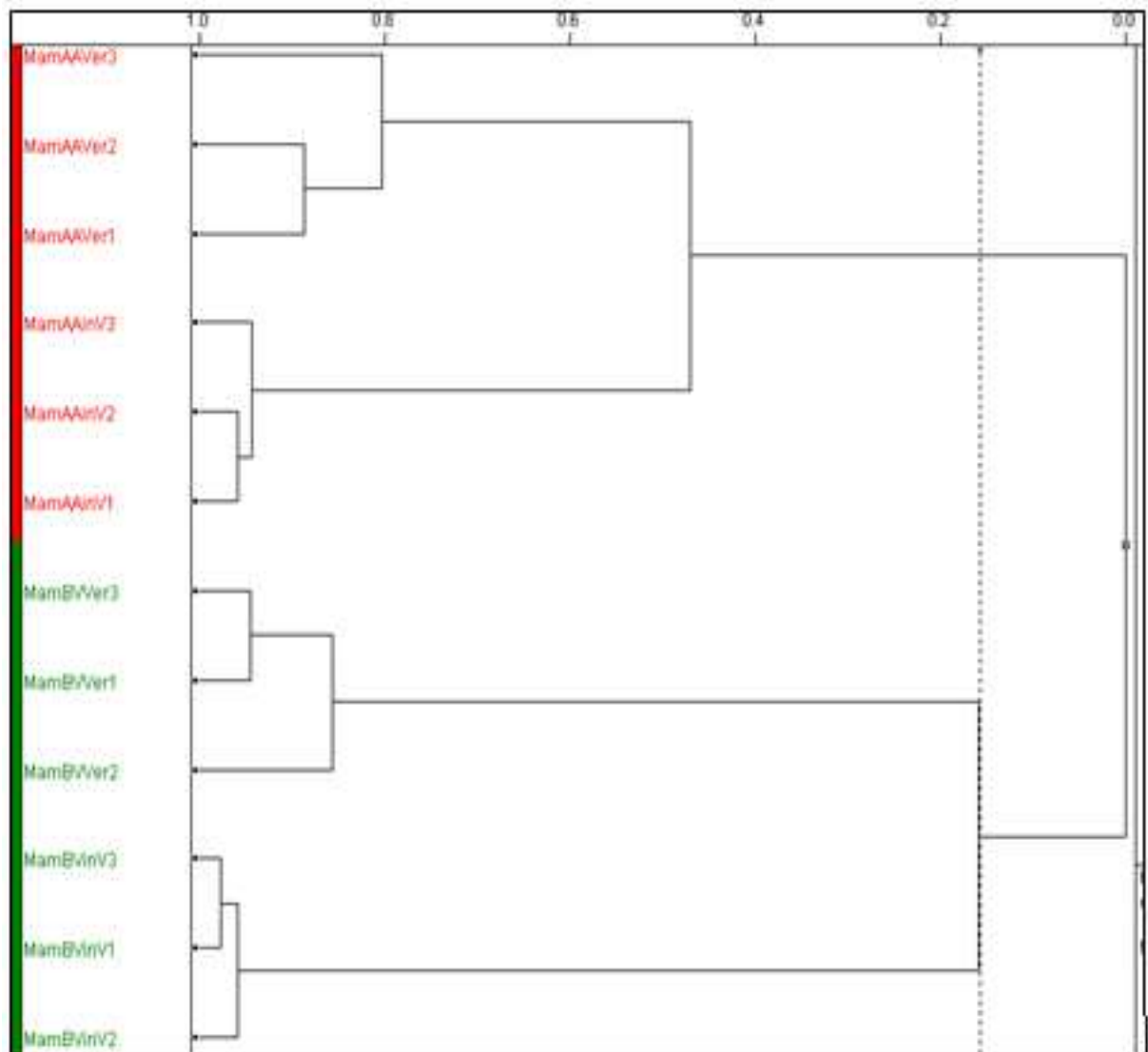
Figura 18 – Gráfico dos “scores”, PC2 vs PC1, autoescalamento, discriminação dos períodos pluviométricos de acordo com a origem do mamão.



Fonte: O autor.

As tendências observadas através da análise de componente principais (PCA) foram confirmadas através do dendrograma obtido pela HCA (Figuras 19 e 20), ou seja, é possível observar a formação de dois grupos referente à discriminação geográfica da produção do mamão de Alto Alegre e Boa Vista e a formação dos dois subgrupos, referente à diferenciação entre o período de verão e inverno.

Figura 19 - Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamiento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação geográfica do mamão.

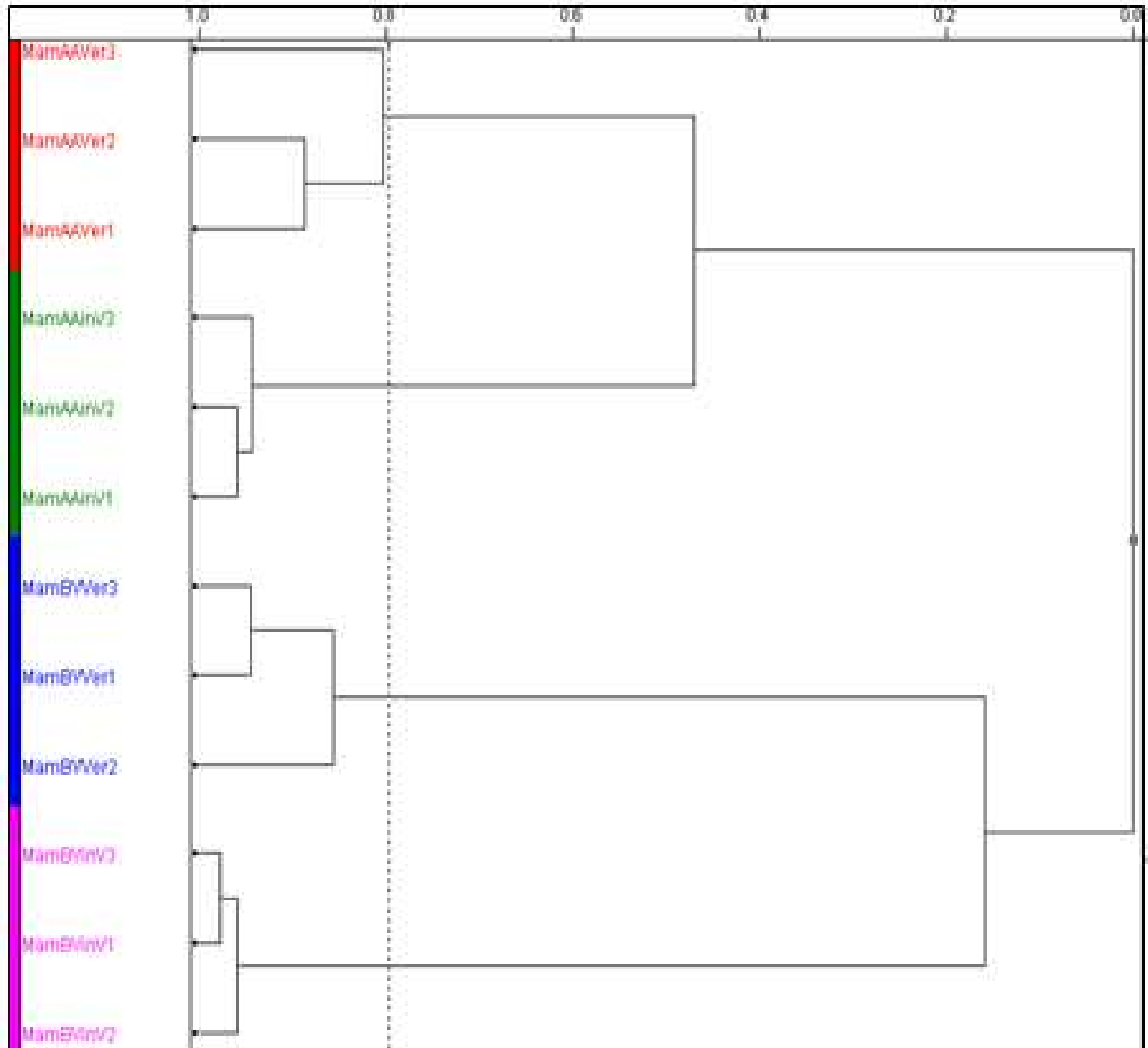


Fonte: o Autor.

Na Figura 19, foi aplicado o autoescalamiento nas variáveis, bem como a distância Euclidiana e a técnica de conexão incremental para a obtenção do dendrograma de discriminação geográfica do mamão.

A Figura 20 mostra o dendrograma das amostras, obtidas via HCA, utilizando o autoescalamiento, a distância Euclidiana e a técnica de conexão incremental para a discriminação dos períodos pluviométricos de acordo com a origem do mamão.

Figura 20 - Dendrograma das amostras (HCA), autoescalamiento, distância Euclidiana, técnica de conexão incremental, discriminação dos períodos pluviométricos de acordo com a origem do mamão.



Fonte: O autor.

Observa-se na Figura 20, que o mamão quando proveniente da mesma região e estação, em triplicata, possui uma certa semelhança, tanto para Boa Vista, quanto Alto alegre, porém conforme vai havendo a adição de fatores, como regiões diferente e estações, esses resultados vão se distanciando indo de encontro a uma diferença significativa. Desta forma os mamões mesmo sendo do mesmo local, sofrem variações nas concentrações das espécies metálicas ao longo da análise, quando comparados em estações diferentes. Diante disto, conforme a figura 10 era esperada uma diferença estatística entre os mamões provenientes de Boa Vista e Alto alegre, relacionando as duas estações, seca e chuvosa estudadas.

6 CONCLUSÕES

O método de CA estudado neste trabalho demonstrou resultados satisfatórios, em termos estatísticos para todas as espécies metálicas estudadas nas polpas das frutas de abacate (*Persea americana* Mill), mamão (*Carica papaya* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.), dão (*Ziziphus mauritiana* Lam.), ingá (*Inga edulis* Mart.), tamarindo (*Tamarindus indica* L.).

A metodologia de CA empregada neste trabalho obteve LOQs esperados para todas as amostras estudadas em suas respectivas espécies metálicas.

De acordo com a proposta observada por Skoog et al. (2008), todos os RSDs estudados neste trabalho apresentaram valores abaixo ou igual 10%, indicando que estão dentro da faixa analítica ideal e aceitável estatisticamente.

Em uma comparação feita entre as amostras das polpas das frutas, solo e água, estudadas nos diferentes períodos seco e chuvoso, observou-se que o teste **F** e **t**, com 95% de confiança, diferença significativa na precisão, devido a fatores químicos, físicos e biológicos, que se alteram com a demanda diferente de água ao longo do período de análise.

A demanda de água proveniente no período chuvoso interfere nas concentrações das espécies estudadas, porque dilui as espécies metálicas analisadas tanto nas frutas, solo e água.

De modo geral, foi possível verificar que as concentrações mais elevadas nas polpas de frutas de um determinado nutriente não apresentam, necessariamente, concentrações mais elevadas destes nutrientes em seu respectivo solo e água.

A PCA identificou os diferentes tipos de frutas, bem como a discriminação geográfica da origem do mamão e o período pluviométrico de acordo com a análise realizada, e a HCA confirmou os resultados produzidos pela PCA.

Desse modo, com o avanço tecnológico dos programas computacionais: na área de Quimiometria, tornou-se popular a utilização destes recursos, sendo que diante de várias áreas que se aplicam a quimiometria, dentre elas estão à área de alimentos, que utilizam os métodos multivariados corretamente, para a construção de modelos de previsão ou classificação, com o objetivo de prever o tipo de fruta, a origem de amostras alimentares, bem como o período na qual foi coletada.

Por fim, essa pesquisa tem uma grande importância didática, oferecendo novos resultados e informações auxiliares para a Indústria de alimentos, e áreas afins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-RAHMAN, A.Y. **The chemical constituents of tomato seeds.** Food chemistry, Barking, v.9, 1982.

ABREU, F.; SOUZA, T. F.; PRATA, M. M. **Hiponatremia: abordagem clínica e terapêutica medicina Interna.** Vol. 6, N. 1, 1999.

ALDERMAN M.H.; COHEN, .H.; MADHAVAN, .S. **Dietary sodium intake and mortality: the National Health and Nutrition Examination Survey.** Lancet, p.351-781,1998.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soil.** Ed 2 Chapman & Hill, 1995.

ALMEIDA, M.M.B.; SOUSA, P. H. M.; FONSECA, M. L.; MAGALHAES, C. E. C.; LOPES, M. F. G.; LEMOS, T. L. G. **Avaliacao de macro e micronutrientes em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro.** Ciênc. Technol. Aliment., v. 29, n.3, p. 581-586, 2009.

ALTMAN, T. A. **FDA and USDA Nutrition Labeling Guide – Decision diagrams, checklist, and regulations.** Chapter 4: Mandatory Nutrients Declarations, sections: Dairy Value Reference (DRV); Chapter 5: Nutrients Content Claims, section:reference Daily Intakes (RDI), Claiming Good Source, High, More or Lean. Ed. Technomic Publishing CO. Pennsylvania, p. 4.6, 4.8 and 5.13, 1998.

ALVARENGA, M .A .R. **Tomate: Producao e campo,em casa de vegetação e em hidroponia.** lavras, UFLA, 2004.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X. & OLIVEIRA, C. **Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico.** R. Bras. Ci. Solo, 21:9-16, 1997.

ANDLAUER, W.; FÜRST, P. **Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook.** Food Research International. v. 35, p. 171-176, 2002.

ANJO, D. L. C. **Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular.** Jornal Vascular Brasileiro. v. 3, n. 2, p.145-154, 2004.

ANTUNES, A .S . A.; PITA, L. M; RICARDO , S. S. S.; STORPIRTIS, S; ROSÁRIO, J. M. **Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica.** Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol. 42, n. 2, abr./jun, 2006.

ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; GUTIERREZ, A.S.D.; TAVARES, M. **Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP: perfil dos atacadistas.** Horticultura Brasileira, Brasília, v. 23, n.2, p.324-328, 2005.

ANASTAS, P. T.; Kirchoff, M. M.; **Origins, current status and future challenges of green chemistry.** Acc. Chem. Res., 35, 686, 2002.

ARAUJO, S.S. MATOS, V.P. **Morfologia de sementes e de plântulas de *Cassia fistula* L.** Revista Árvore, Viçosa, v.15, n.13, p.217-230, 1991.

ARAL, H.; VECCHIO-SADUS, A. **Toxicity of Lithium to humans and the environment – a literature review.** Ecotoxicology and Environment Safety, n. 70, p. 349-356, 2008.

ARRUDA, M. A. Z. **Trends in Sample Preparation.** Ed. Nova Science Publishers, New York, p. 53-86, 2006.

AZEVEDO, A. F.; CHASIN, M. A . **Metais: gerenciamento da toxidade.** Ed. Atheneu, São Paulo, 2003.

AZAM-ALI, S.; BONKOUNGOU, E.; BOWE, C., DEKOCK, C.; GODARA, A.; WILLIAMS, J.T. **Ber and other jujubes.** Southampton: Ed. International Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, p. 27-31, 2006.

BAL, S. **Functional and nutritional properties of tamarind (*Tamarindus indica*) kernel protein.** Harvest Technology Centre, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India 1993.

BARBOSA, I. R. Distribuição das chuvas em Roraima. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima.** INPA, Manaus, 1997. p325-335.

BARD , J. **An Introduction to Bioinformatics.** Bioinformatics for Beginners, Oxford University, 2002.

BASTOS, A. V. B. **Mapas cognitivos e a pesquisa organizacional: explorando aspectos metodológicos**. Ed. Abril, 2005.

BECKER, M , M. **Quantificação de espécies metálicas em Jambú (acmella oleracea) por espectrometria atômica**. Boa Vista, 2012. Dissertação (mestrado em Química Ambiental). Universidade Federal de Roraima.

BELITZ, H.D.; GRAOSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. Springer-Verlag Berlin. 2nd Ed., 1999.

BLEINROTH, E. W.; CASTRO, J. V. de. **Matéria-prima**. In: **ABACATE – Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1992.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistic for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building**. 1 ed.; John Wiley & Sons Inc: New York, 1978.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista parte das Folhas NA. 21. Tumucumaque, Na. 20 Roraima e Na. 21. RJ, v.8, 1975.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção Básica. Departamento de Atenção Básica. **Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição**. Manual **operacional para profissionais de saúde e educação**. **Promoção da alimentação saudável nas escolas**. Brasília, 2008.

BRO, R. Review on **multiway analysis in chemistry - 2000-2005**. *Crit. Rev. Anal. Chem.* 2006, 36, (3-4), 279-293.

BROUWER, I. D.; BRUIN, A.; HAUTVAST, J. G. **Unsuitability of World Health Organization guidelines for fluoride concentrations in drinking water in Senegal**. *Lancet*, p.223-225, 1988.

BOBBIO, F.A. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Livraria Varela, 1995.

BOWIE, S.H.U.; THORNTON, I. **Environmental geochemistry and health: report to the Royal Society S British National Committee for Problems of the Environment (Hardcover)**. Organização Mundial de Saúde. São Paulo: Roca, 1998.

BUAINAIN, M. A.; BATRALHA, O. M. **Cadeia produtiva de frutas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Brasília-DF, janeiro, 2007.

CAMARGO, L. S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, p.253, 1992.

CAMPOS, J. S. **Cultura racional do abacateiro**. São Paulo: ICONA, p.11-136, 1985

CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. **Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa**. Estudos Econômicos. Campinas: ITAL, p.144, 1980.

CANTO, W. L.; SANTOS, L. C.; TRAVAGLINI, M. M. E. **Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa**. Campinas: ITAL, p.144, 1980.

CARVALHO, M. J.; MIRANDA, L. D. **As exportações brasileiras de frutas: um panorama atual**. Universidade de Brasília, Brasília-DF-Brasil, 2010.

CARVALHO, A. C. B.; FERNANDES, M. G.; SANTOS, E. J. V.; MELO, A. F. M.; MEDEIROS, I. A.; DINIZ, M. F. F. M. **Avaliação legal da propaganda e publicidade de medicamentos fitoterápicos anunciados na Paraíba (Brasil)**. Acta Farm. Bonaerense, v.23, n.3, p. 413-417, 2004.

CASQUET, E. **Principios de economía agraria**. Zaragoza: Acribia, p.368, 1998.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora UNICAMP, Campinas, 2ª edição, 2003.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora UNICAMP, Campinas, 2ª edição, 2009.

CHAU, F. T.; LIANG, Y. Z.; GAO, J.; SHAO, X. G. **Chemometrics: From Basics to Wavelet Transform**. In Chemical analysis, 1 ed.; Winefordner, J. D., Ed. John Wiley & Sons Inc: New Jersey, 2004, Vol. 164.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, p.785, 2005.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise Instrumental**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2000.

CIA, P.; BENATO, E. A. **Doenças do mamão**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 26, n. 228, p.25-29, 2005.

CLAESSEN, C. E. M.; BARRETO, O. W.; PAULA, L. J., DUARTE, N. M. **Manual de métodos de análise de solos**. 2nd ed. Rio de Janeiro, Brazil: EMBRAPA; 1997.

COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA. p. 159-168, 1994.

COSTA, E. L. **Exportação de nutrientes em frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng.) Schum.) em três solos da Amazônia Central**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Amazonas/INPA, Manaus, 2006.

COSTA, M. C.; MAIA, G. A.; SOUZA, M. S. M. F.; FIGUEIREDO, R. W.; NASSU, R. T.; MONTEIRO, J. C. S. **Conservação de polpa de cupuaçu [*Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum] por métodos combinados**. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 25, n. 2, p. 213-215, 2003.

DAHIRU, D.; WILLIAM, E. T.; NADRO, M. S. **Protective effect of *Ziziphus Mauritiana* leaf extract on carbon tetrachloride-induced liver injury**. African Journal of Biotechnology. v. 4, n. 10, p.1177-1779, 2005.

DEF. **Dicionário de Especialidades Farmacêuticas**. São Paulo, 2008.

DIAS, A. L. S.; SOUZA, J. N.; ROGEZ, H. **Enriquecimento de compostos fenólicos de folhas de *inga edulis* por extração em fase sólida: Quantificação de seus compostos majoritários e avaliação da capacidade antioxidante**. Química Nova, v. 33, n. 1, p. 38-42, 2010.

DISSANAYAKE, C.B.; CHANDRAJITH, R. **Medical geochemistry of tropical environments**. Earth-Science Reviews, 1999.

DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J. C.; SACRAMENTO, C. K. **Frutas exóticas**. Jaboticabal: FUNEP, p.279, 1988.

ECO CHEMIE, B. V. **General purpose electrochemical system (GPES) for windows, 4.9.004**; Eco Chemie: Utrecht, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do tomateiro (para a mesa)**. Brasília: Embrapa - SPI, p.92, 1993.

EMBRAPA. - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA; 2006.

EMBRAPA. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da área do Polo Roraima**. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 1983. (Boletim de Pesquisa nº 23).

EMBRAPA. - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos da Aptidão Agrícola das Terras de áreas ao longo da BR-174, na Região do Rio Anuá, Município de Caracaraí T. E. de Roraima**. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 1982b. 173p (Boletim Técnico nº 79).

EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento Semidetalhado das Terras do Campo Experimental do Monte Cristo do CPAF-RR, Estado de Roraima**. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 1990a. (Bol. de Pesquisa s/n).

EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento Semidetalhado das Terras do Campo Experimental do Água Boa CPAF-RR, Estado de Roraima**. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 1990b. 127p. (Bol. de Pesquisa s/n).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo de tomate para industrialização. 2.ed.gama:Embrapa hortaliças, 2006**. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/Tomatendustrial_2ed/importancia.htm>acesso em 8 de novembro de 2011.

ESTELLER, M.S.; JÚNIOR, O.Z; LANNES, S.C. **Bolo de “chocolate” produzido com pó de cupuaçu**. Rev. Bras. Cienc. Farm. 2006.

FAITHFULL, N. T. **Methods in Agricultural Chemical Analysis: a practical handbook**. United King: CABI Publishing , 2002. 206p.

FALCÃO, M. A.; CLEMENT, C. R. **Fenologia e produtividade do Ingá cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central.** Acta Amazônica, v. 2, n. 30, p.173-80, 2000.

FAO y LATINFOODS – **Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação: Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina.** <<http://www.rlc.fao.org/es/bases/alimento/print.asp?dd=4829>>. Acesso em novembro de 2009.

FAO. **Food and Agriculture Organization.** Statistics database. <http://www.apps.fao.org> <Acesso em: 14 set. 2006>

FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O. **Chemometrics I: Multivariate calibration, a tutorial.** *Quim. Nova* 1999, 22, (5), 724-731.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e Ambiente. Campinas SP.** Editora da Unicamp, 2000.

FISCHER, E., Constant M.G. v. d. Berg. **Anodic stripping voltammetry of lead and cadmium using a mercury film electrode and thiocyanate.** *Analytica Chimica Acta* 385, 273–280, 1999.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION STATISTICAL DATABASES (FAOSTAT). 2006. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/default.aspx>>. Acesso em: 18 dez. 2006.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION – FAO (2004). **Statistical database.** Disponível em: <www.apps.fao.org> Acesso em: 8 de nov. 2011.

FOY, C.D. **Differential aluminium and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils.** *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.28, n.2, p.150-155, 1976.

FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. **The physiology of metal toxicity in plants.** *Annual Review of Plant Physiology*, Lancaster, v.29, p. 511-566, 1978.

FRANCO, G. V. E. TACO - **Tabela de composicao química dos alimentos. 4ª. Ed revisada e ampliada.** Rio de Janeiro: Livraria Alheneu, 2011.

FREAR, D.E. **A method for the estimation of the acid-base balance in the ash of plants.** Journal of biological chemistry, v.88, p.675-681, 1930.

FREITAS, A. **Estudos Sociais - RORAIMA: Geografia e História.** 1 ed. São Paulo: Corprint Gráfica e Editora Ltda, 1998.

FREITAS, A. **Estudos Sociais - RORAIMA: Geografia e História.** 1 ed. São Paulo: Corprint Gráfica e Editora Ltda, 83p, 1998.

GHONEIM, M. M.; HASSANEIN, A. M.; HAMMAM, E.; BELTAGI, A. M. **Simultaneous determination of Cd, Pb, Cu, Sb, Bi, Se, Zn, Mn, Ni, Co and Fe in water samples by differential pulse stripping voltammetry at a hanging mercury drop electrode.** Fresenius's J. Anal. Chem. v. 367 p. 378-383. 2000.

GOLDHABER, S. B. Trace element risk assessment: essentiality vs. toxicity. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v.38, p. 232-242, 2003.

GONCALVES, E. C. B. A.; TEODORO, A. J.; TAKASE, I. **Teores de cobre em extratos de carne in natura e processada.** Ciênc. Tecnol. Aliment., v.27, n.2, p.298-302, 2007.

GROLIER, C.; DEBIEN, C.; DORNIER, M.; REYNIER, M. **Principales caracteristiques et voies de valorisation du tamarin.** Paris, v. 53, p. 271-280, 1998.

GUÉGUEN, L. **The Bioavailability of Dietary Calcium.** 2000.

GURJÃO, K. C. O.; BRUNOLL, R. L. A.; ALMEIDA, F. A. C.; PEREIRA, W. E.; BRUNO, G. B. **Desenvolvimento de frutos e sementes de tamarindo.** Revista Brasileira de Fruticultura, São Paulo, v. 28, n. 3, 2006.

HARDISSON, A.; RUBIO, C.; BAEZ, A.; MARTIN, M.; ALVAREZ, R. **Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife.** Food Chemistry, n. 73, p. 153-161, 2001.

HARDY, J. T. **Climate Change: Causes, effects, and solutions.** England: John Wiley & Sons, 2003.

HARPER, H. A.; RODWELF, V.W.; MAYES, R.A. **Manual de Química Fisiológica.** 5 ed., Atheneu, Sao Paulo, 1982.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos, 2001.

HASHIMOTO, G. **Plantas medicinais brasileiras**. <<http://www.brazilianplants.com/br/database.cfm>> . Acesso em outubro de 2009.

HEANEY, R.P. **Calcium Intake and Disease Prevention**. 2006.

HOENIG, M.; KERSABIEC, A. M.. Sample preparation steps for analysis by atomic spectroscopy methods: present status. **Spectrochimica Acta Part B**, 51, p. 1297-307, 1996.

HUNGENHOLTZ, J.; SMID, E. J. **Nutraceutical production with food-grade microorganisms**. Current Opinion in Biotechnology. v. 13, p. 497-507, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção agrícola municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>> Acesso em: 24 set. 2008.

IBRAF. **Instituto Brasileiro de Fruticultura**. 2006. <http://www.ibraf.org.br/> <Acesso em: 14 set. 2011>.

ILIADOU, E. N., S. T. Girousi, U. Dietze, M. Otto, A. N. Voulgaropoulos e C. G. Papadopoulos, **Simultaneous Determination of Nickel, Cobalt, Cadmium, Lead and Copper by Adsorptive Voltammetry Using 1-Phenylpropane-1-Pentylsulfonylhydrazone-2-Oxime as a Chelating Agent** The Analyst, vol. 122, 597-600, June 1997.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/queima/parametros.html>. acesso em julho de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS (IBRAF). Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 15 jan. 2011.

JAMA, B.A., MOHAMED, A. M., MULATYA, NJUI, A.N. **Comparing the “Big Five”:** A framework for the sustainable management of indigenous fruit trees in the drylands of East and Central Africa. Ecological Indicators, n. 8, p. 170-179, 2008.

JEFFERY, G. H.; Bassett, J.; Mendham, J.; Denney, R. C. Vogel – **Análise Química Quantitativa**. 5ª Edição. Rio de Janeiro – RJ. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1992.

JOHNS, T.; DUQUETTE, M. **Detoxification and mineral supplementation as functions of geophagy**. American Journal of Clinical Nutrition, p.448-456, 1991.

JONES, J.B. **Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden**. New York: CRC Press, p.199, 1999.

KIERS, H. **Towards a standardized notation and terminology in multiway analysis**. *J. Chemometr.* 2000, 14, (3), 105-122.

KOHL, V.K. **As ênfases estratégicas de empresas agroalimentares: estudo de casos na região de Pelotas- RS**. Tese (Doutorado em Administração) - Escola de Administração, PPGA/UFRGS, 2004.

KOLLER, O. C. **Abacaticultura**. Porto Alegre: UFRGS, p.138, 1992.

KONDAKIS X.G.; MAKRIS, N.; LEOTSINIDIS, M.; PRINOU, M.; PAPAPETROPOULOS, T. **Possible health effects of high manganese concentration in drinking water**. Archives of environmental health, p.175-178, 1989.

KRUG, F. J.; NOBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. **Espectrometria de absorção atômica**. Parte 1: fundamentos e atomização com chama. São Paulo: CENA-USP, 2004.

KRZYZANOWSKY, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Londrina, p.218, 1999.

KUNIYOSHI, Y.S. **Morfologia da semente e da germinação de 25 espécies arbóreas de uma floresta de araucária**. 1983. 233f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1983.

KUNZ, A.; Peralta-Zamora, P.; Moraes, S. G.; Duran, N.; **Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis**. Quim. Nova, Vol.25, 78, 2002.

KWAK, N.; JUKES, D. J. **Functional foods. Part 1: the development of a regulatory concept.** Food Control. v. 12, p.99-107, 2001.

LAWS, E.A. **Aquatic pollution: an introductory text.** 2. ed. Interscience publication, John Wiley & Sons, INC. New York, 611p, 1993.

LEAKEY, R. R. B. **Potential for novel food products from agroforestry trees: a review.** Food Chemistry. n. 66, p.1-14, 1999.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils.** New York, John Wiley & Sons, 1979.

MARANCA, G. **Fruticultura comercial Manga e Abacate.** São Paulo, Nobel, p.81-133, 1980.

MARENGO, J.A. **Mudanças Climáticas Globais e Seus Efeitos Sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI.** Brasília: MMA, 2006. (Série Biodiversidade, v.26).

MARIN, S. L. D.; SILVA, J. G. F.; MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. **Aspectos econômicos e mercados para a cultura do mamoeiro do grupo solo na região norte do Espírito Santo.** Cruz das Almas: EUFBA/EMBRAPA, p.3-20, 1996.

MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais – guia de seleção e emprego de plantas usadas em fitoterapia no nordeste do Brasil.** Imprensa Universitária/Edições UFC, Fortaleza, p.344, 2002.

MELLOR, W. J. **Modern Inorganic Chemistry.** Longmans, London, 1967.

MELO, V.F. **Solos e indicadores de uso agrícola em Roraima: Áreas Indígena Maloca do Flechal e de colonização do Apiaú.** Viçosa, UFV, 2002. 145p. (Tese de Doutorado). MI. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Frutisérie, Brasília, novembro, 2002.

MENDHAN, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. K. **Vogel: Análise Química Quantitativa.** Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MILLER G.D; JARVIS J.K. **The Importance of Meeting Calcium Needs with Foods.** 2001.

MONTENEGRO, H. W. S. **A cultura do abacateiro.** São Paulo, Melhoramentos, n.11, p.102, 1991.

MORGAN, E.; BURTON, K. W.; CHURCH, P. A. **Practical Exploratory Experimental Designs.** *Chemometrics Intell. Lab. Syst.* 1989, 5, 283-302.

MARANCA, G. **Fruticultura comercial Manga e Abacate.** São Paulo: Nobel, p.81-133, 1980.

MULLER,F.J **A cultura do cupuaçu.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. Brasília, 1995.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C.; **Response Surface Methodology.** John Wiley & Sons Inc: New York, 2002.

NAGY, S.; SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses.** p.375-406, 1980.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **The contribution of drinking water to mineral nutrition humans. In: Drinking water and health.** Vol. 3, Washington, DC, National Academy Press, Chapter 5. in OMS. –São Paulo: Roca, 1998.

NAZARÉ, R.F.R. **Processos agroindustriais para o desenvolvimento de produtos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*).** SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTADO- REINO E CUPUAÇU, Belém, 1996.

NETO, B. B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria.** Editora Unicamp: Campinas, 2001; p 401.

NEUMANN, P. **Alimentos saudáveis, alimentos funcionais, fármaco alimentos, nutraceuticos.** v. 14, p.19-23, 2002.

O'DELL, B. L.; SUNDE, R. A. **Handbook of nutritionally essential mineral elements.** Marcel Dekker, New York, 1997.

OLIVEIRA, E. **Sample preparation for Atomic Spectroscopy: Evolution and future trends**. Journal of the Brazilian chemical society, São Paulo, v:14, n.2, p.174-182, 2003.

OLIVEIRA, J.S. Distribuição de espécies metálicas no tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, DO CULTIVAR "ALTO ALEGRE". Boa Vista, 2009. Dissertação (mestrado em Química Ambiental). Universidade Federal de Roraima.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B. GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. **Fontes vegetais naturais anti-oxidantes**. Química Nova, v. 32, n. 3, p.689-702, 2009.

_____. – Micronutrient assessment at the country level. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990 (FAO Soils Bulletin 63) in OMS. – **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. Organização Mundial de Saúde; [tradução Andréa Favano]. São Paulo: Roca, 1998.

OKOMURA, F.; CAVALHEIRO, E. T. G.; NÓBREGA, J. A. **Experimentos simples usando fotometria de chama para ensino de princípios de espectrometria atômica em cursos de química analítica**. Química Nova, São Paulo, v.27, n.5, p.832-836, 2004.

PANERO, F.S.; VIEIRA, M. F. P.; CRUZ, A. M. F.; Moura, M. F. V.; SILVA, H. E. B. **Aplicação da análise exploratória de dados na discriminação geográfica do quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco**. Eclética Química. v.34, n. 3, p 20-26, 2009.

PARDO, R.; BARRADO, E.; PEREZ, L. & VEGA, M. **Determination and speciation of heavy metals in sediments of the Pisuerga river**. Water Res., 24:373-379, 1990.

PAULILLO, L.F.; PESSANHA, L. **Segurança alimentar e políticas públicas: conexões, implicações e regionalização**. Reestruturação agroindustrial - políticas públicas e segurança alimentar regional. São Carlos: Edufscar, 2002.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. **Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol**. Soil Sci. Soc. Am. J., 48:33-38, 1984.

PAVAN, M. A; BINGHAM, F.T. **Toxidez de metais em plantas. I. Caracterização de toxidez de manganês em cafeeiros.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 16, n.6, p.825-821, 1981.

PLANTAMED - Plantas e Ervas Medicinais e Fitoterápicos. Disponível em: <http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Inga_edulis.htm>. Acesso em setembro de 2011.

PLACKETT, R. L.; BURMAN, J. P. **The design of optimum multifactorial experiments.** *Biometrika* 1946, 33, (4), 305-325.

PUT, A.; van GRIEKEN, R. WILKEN, R.D. & HUDEC, B. **Geochemical characterization of suspended matter and sediment samples from the Elbe river by EPXMA.** *Water Res.*, 28:643-655, 1994.

QUEIROZ, S. C. N.; COLLINS, C. H.; JARDIM, I. C. S. F. **Methods of extraction and/or concentration of compounds found in biological fluids for subsequent chromatographic determination.** *Quím. Nova*, São Paulo, v. 24, p. 68-76, 2001.

QUEIROZ Z, F.; OLIVEIRA P ,V.; NÓBREGA J, A.; SILVA C, S.; RUFINI I, O.; SOUZA S, S.; KRUG F, J. **Surface and gas phase temperatures of a tungsten coil atomizer.** *Spectrochim. Acta Part B.* 57, 1789-1799, 2002.

REINFELDER, J. R.; FISHER, N. S.; LUOMA, S. N.; NICHOLS, J. W.; WANG, W. X. **Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model approach.** *The Science of the Total Environment.* v.219. p. 117-135, 1998.

RICK, C. M. **Fruit and pedicel characteristics derived from Galapagos tomato.** n. 21, p.171-184, 1967.

ROBERFROID, M. **Functional food concept and its application to prebiotics.** *Digestive and Liver Disease.* v. 34, Suppl. 2, p.105-10, 2002.

ROMIG, D. E.; GARLYND, M. J.; HARRIS, R. F.; McSWEENEY, K. **How farmers assess soil health and quality.** *Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny,* v. 50, p. 229-236, 1995.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. **Metals in the hydrocycle.** Springer-Verlag. 349p, 1984.

SANTANA, P. G.; BARRONCAS, R. S. P. **Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM).** VOL. 37(1) 111 – 118, 2007.

SANTANA, R. R. L.; MATSUARA, C. A. U, F.; CARDOSO, L. C. **GENÓTIPOS MELHORADOS DE MAMÃO (*Carica papaya* L.): AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DOS FRUTOS NA FORMA DE SORVETE.** Salvador-BA, 2003.

SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. C. **Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 2004.

SATELLES, L. J . **Influência do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico no igarapé grande em Boa Vista/RR. Boa Vista, 2011.** Dissertação (mestrado em Química Ambiental). Universidade Federal de Roraima.

SAVUR, R. G; SREENIVASAN, A.. **Insolation and characterization of tamarind seed (*Tamarindus Indica* L.)** Polysacaccharide –Department of Chemical Technology, Bombay University, Bombay India, 1947.

SCHRAUZER, G. **Lithium: occurrence, dietary intakes, nutritional essentiality.** Journal of the American College of Nutrition, v. 21, n. 1, p. 14-21, 2002.

SCHWEDT, G. **The essential guide to Analytical Chemistry.** 2 ed. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 1997.

SEILER, H. G.; SIGEL, H. **Handbook on toxicity of inorganic compounds.** New York: Marcel Dekker, 1988.

SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. **Teores de carotenóides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2007.

SHILS, M.E., OLSON, J. A., SHIKE, M. **Modern nutrition in health and disease.** 8^a ed. Philadelphia, Lea & Febiger, 2v, 1994.

SHIMADZU. **Instruction Manual - AA-6800 serie.** Shimadzu Corporation, Analytical Instruments Division, Kyoto, Japão, 2010.

SILVA, C. S.; NUNES, P. O.; MESCOUTO, C. S. T.; MULLER, R. C. S.; PALHETA, D. C.; FERNANDES, K. G. **Avaliação do uso da casca do fruto e das folhas de *Caesalpinia férrea* Martius como suplemento nutricional de Fe, Mn e Zn.** Ciênc. Tecnol. Aliment., v. 30, n.3, p. 751-754, 2010.

SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V. **Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*.** Revista Universitária de Alfenas, Alfenas, v. 4, p. 11-18, 1998.

SILVA, A. F.; GOMES, M. F. M.; CORONEL, A. D.; GOMES, M. T. M. **Competitividade das exportações brasileiras de mamão, 1995 a 2008.** Revista de economia e agronegócio, vol.9, nº 3, 2012.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, p.168, 2000.

SILVA, J. F.; WILLIAMS, R. J.P. **The Biological Chemistry of the Elements; Clarendon Press; Oxford; 1991.**

SILVA, M. C. A.; TARSITANO, M. A. A.; CORREA, L.S. **Análise do custo de produção e lucratividade do mamão formosa, cultivado no município de Santa Fé do Sul (SP).** Revista Brasileira de Fruticultura, São Paulo, v. 26, n.1, p. 40-43, 2004.

SILLANPÄÄ, M. **Micronutrients and the nutrient states of soils: a global study.** Elementos traço na nutrição e saúde humanas. Organização Mundial de Saúde. São Paulo: Roca, 1998.

SKOOG, D. A. **Fundamentals of Analytical Chemistry.** 8ª Edição. Canadá. Editora Thomson, 2004.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NILMAN, T. A.; **Princípios de Análise Instrumental,** 5th ed, Bookman Companhia, Editora: Porto Alegre, 2002.

SKOOG, D. A., WEST, D. M., HOLLER, F. J., CROUCH, S.R. **Fundamentos de Química Analítica,** 8ª edição, Thomson Learning, São Paulo, 2008.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F.J.; & NIEMAN, T.A. - **Princípios de Análise Instrumental,** 6ª. ed., Porto Alegre/São Paulo, Artmed - Bookman ,2009.

SOUSA, A. F . **Noções de Geografia e História de Roraima**. Manaus: Gráfica Palácio Real, 1999.

SPANO, N. A.; PANZANELLI, P. C.; PIU, M. I.; PILO, G.; SANNA, R. ;SEEBER, A. ;TAPPARO, **Anodic stripping voltammetric determination of traces and ultratraces of thallium at a graphite microelectrode: Method development and application to environmental waters**. *Analytica Chimica Acta* 553, 201–207, 2005.

SPITALNY, K.C.; BRONDUM, J.; VOGT, R.L.; SARGENT, H.E.; KAPPEL, S. – **Drinking water induced copper intoxication in a Vermont family**. *Pediatrics*, 1984.

STAHL, R. G. J.; **The Genetic Toxicology of Organic Compounds in Natural Water and Wastewater, Ecotoxicology and Environmental Safety**: New York, 1991.

STUM, W .; MORGAN , J. **Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters**. *Aquatic Chemistry* , New York, 3 edição, 1996.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS-TACO/NEPA-UNICAMP.- Versão II., 2ª ed. São Paulo: Campinas, 2006.

TACO - TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS-TACO/NEPA-UNICAMP.- Versão II., 2ª ed. São Paulo: Campinas, 2011..

TAIPINA, M. S.; FONTS, M. A. S.; COHEN, V. H. **Alimentos funcionais – nutracêuticos , higiene Alimentar**. v. 16, p 28-29, 2002.

TANGO , S. J.; CARVALHO, L. R. C.; SOARES. B . N . **Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo**. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, v. 26, n. 1, p. 17-23, Abril 2004.

TELES, V. L. G. **Espécies metálicas nas polpas das frutas cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum), dão (*Ziziphus mauritana* Lam), ingá (*Inga edulis* Mart) e folhas de dão**. Boa Vista, 2010. Dissertação (mestrado em Química Ambiental). Universidade Federal de Roraima.

VAITSMAN, D. S.; DUTRA, P. B.; AFONSO, J. C. **Para que servem os elementos químicos**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2001.

VILLACHICA, H. L.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H.; CAMILO DIAZ, J.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promissorios de la Amazonia**. Lima, 1996.

VOGEL, A. I.; **Análise Química Quantitativa**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos, 2002.

WALLACE, T. **Trace elements in plant physiology**. Waltham: Chronica Botanica, p.31- 9, 1950.

WALZEM, R. L. **Functional Foods**. Trends in Food Science and Technology. v. 15, p.518, 2004.

WELZ B, SPERLING M. **Atomic Absorption Spectrometry**. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Alemanha, 1999.

WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. 2. ed., New York: Labi Publishing, 662p, 1997.

WINEFORDNER, J. D. **Chemometrics: From basics to wavelet transform**. John Wiley & Sons Inc: New Jersey; Vol. 164, p 292, 2004.

Wikipedia: The free encyclopedia. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Zizyphus_jujuba>. Acesso em junho de 2008.