

 **PDF Complete**
*Your complimentary use period has ended.
Thank you for using PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features](#)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



FACULDADE DE FARMÁCIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

NÍVEL MESTRADO

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE MANGANÊS EM ALIMENTOS PROCEDENTES DO
MUNICÍPIO DE SIMÕES FILHO ó BA**

CRISTINA PONDÉ PRISCO PARAÍSO SARNO SOARES

SALVADOR

2009



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

PRISCO PARAÍSO SARNO SOARES

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE MANGANÊS EM ALIMENTOS PROCEDENTES DO
MUNICÍPIO DE SIMÕES FILHO Ó BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dr^a Maria Spínola Miranda.

Co-orientador Prof.º MSc José Antonio Menezes Filho

SALVADOR

2009



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Maria da P. Spínola Miranda
(Orientadora / PGALI ó UFBA)

Prof^a Dr^a Janice Isabel Druzian
(PGALI - UFBA)

(Membro externo)

SALVADOR

2009



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Sistema de Bibliotecas - UFBA

S676 Soares, Cristina Pondé Prisco Paraíso Sarno.

Avaliação do teor de manganês em alimentos procedentes do município de Simões Filho - BA /
Cristina Ponde Prisco Paraíso Sarno Soares - 2009.
51 f.: il.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Spínola Miranda.

Co-orientador: Prof. Msc. José Antônio Menezes Filho.

Dissertação - (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia, Salvador, 2009.

1. Manganês - Aspectos ambientais - Simões Filho (BA). 2. Alimentos - Toxicologia - Simões Filho (BA). 3. Malpighia punicifolia. 4. Musa paradisiaca L. 5. Manihot utilíssima. Banana - Toxicologia. 6. Acerola - Toxicologia. I. Miranda, Maria Spínola. II. Menezes Filho, José Antonio. III. Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia. IV. Título.

CDU - 615.9

CDD - 363.7384



PDF
Complete

Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Aos meus amados pais, Tânia e Francisco (in memoriam), queridos irmãos, Eliana e Francisco, amada sobrinha e afilhada, Kaili e ao meu amado esposo e companheiro, Sérgio, pela felicidade de ter uma família muito especial

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, pela luz que me enviou todos os dias durante o desenvolvimento deste trabalho, que só assim consegui ter inspiração e motivação para continuar.

À **minha orientadora, prof^a Dr^a Maria Spínola Miranda**, pela amizade, respeito, paciência, incentivo e pelas orientações transmitidas que me possibilitaram elucidar dúvidas e direcionar as pesquisas.

Ao meu co-orientador, prof. MSc. Antônio José Menezes Filho, pelo convite realizado para a execução desse estudo e co-orientação.

A todos os professores do Mestrado em Ciência de Alimentos, em especial prof^a Eliete Bispo, pelo grande incentivo e apoio dispensado.

Aos professores da ENUFBA, em especial prof^a Márcia Regina da Silva, Dalva M^a Furtunato e Ivaldo Trigueiro, pelo grande apoio bibliográfico e transmissão de conhecimentos.

Aos colegas de mestrado, em especial Leonardo Maciel, Cassiane Almeida e Margareth Ribeiro, pela amizade, pela oportunidade de aumentar meus conhecimentos através da troca de informações e colaboração na realização do presente trabalho.

À **UFBA e, em especial à Faculdade de Farmácia, aos funcionários, à secretária Priscila Oliveira, à discente Roseane Carinhonha**, pelo pronto-atendimento, disponibilidade e apoio indispensável para a realização do estudo.

Ao Departamento de Toxicologia (Farmácia) e ao Instituto de Geociências.

Ao prof. Antônio Fernando de Souza, do Instituto de Geociências, pela acolhida e oportunidade da realização das análises.

Ao laboratórios de Toxicologia, em especial Ciro e Patrícia, pelo atendimento cordial e eficiente oferecido durante o mestrado.

Ao laboratório LEPETRO, em especial à coordenadora Karina Garcia, Jorge Mário Palma e Sarah Rocha, pela colaboração nas análises realizadas, pela disponibilidade de material e estrutura física, pela paciência, amizade e fornecimento de informações preciosas, fundamentais para a realização do presente trabalho.

Ao prof. Pedro Sanches, pela transmissão de conhecimentos e fornecimento da amostra de referência durante o desenvolvimento do método analítico.

Aos colegas e amigos da FIB, pela amizade, compreensão e carinho dispensados.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para a realização do presente trabalho.

Muito obrigada!

As experiências da vida
servem para nos dar uma nova consciência
do grande potencial que há em nós.

Algumas vezes, podemos crer
que não possuímos a necessária coragem
para defrontarmo-nos com alguma experiência;
podemos sentir que alguma dúvida
está se animando em nosso coração;
pode parecer até que a vida
está nos empurrando na direção
de uma situação que está além
da nossa capacidade de resolver.

Quando enfrentamos desafios,
ganhamos novo vigor e novo entendimento,
que nos preparam para enfrentar
outras experiências da vida.

Toda a vida é uma preparação
para maiores acontecimentos.

Quanto mais superamos os obstáculos,
maiores descobertas fazemos
do nosso potencial interior e Divino.

SUMÁRIO GERAL

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE SIGLAS.....	x
RESUMO GERAL.....	12
GENERAL ABSTRACT.....	13
INTRODUÇÃO GERAL.....	14
OBJETIVOS	16
GERAL	16
ESPECÍFICOS	16
Capítulo 1:	17
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.1 Caracterização do manganês	17
1.2 Toxicidade do manganês.....	19
1.3 Concentração de Mn em alimentos e recomendações diárias de ingestão	22
1.4 Histórico das áreas de estudo.....	25
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
Capítulo 2: ARTIGO: Avaliação do Teor de Manganês encontrado na Banana-prata (<i>Musa paradisíaca L.</i>), Acerola (<i>Malpighia puniceifolia</i>) e Farinha Fermentada de Mandioca...	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.2 Métodos	35
2.2.1 Caracterização da área do estudo.....	35
2.2.2 Preparo das Amostras	37
2.2.3 Digestão das Amostras.....	37
2.2.4 Análise Estatística	39
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4. CONCLUSÕES.....	39
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	51

STA DE FIGURAS

Capítulo 2 - Artigo

FIGURA 01. Mapa do município de Simões Filho com as áreas da Vila Cotegipe nas proximidades da eletrosiderúrgica. 37

FIGURA 2. Fluxograma de digestão das amostras (acerola, banana prata e puba) para extração de manganês. 39

FIGURA 03. Teores de Mn em acerola de acordos com as áreas da Vila de Cotegipe. 43

FIGURA 04. Teores de Mn em banana de acordo com as áreas da Vila de Cotegipe. 44

FIGURA 05. Teores de Mn na farinhade puba de acordo com as áreas da Vila de Cotegipe. 45

STA DE TABELAS

Capítulo1 - Revisão Bibliográfica

TABELA 01 ó Concentração de Mn presentes em alimentos selecionados nos EUA.	23
TABELA 02 ó Recomendações Nutricionais Diárias ó IDRs e Ingestão Alimentar Diária Estimada, Adequada e Segura (Estimated Safe and Adequate Daily Dietary Intake ó ESADDI), em diferentes faixas etárias.	24
TABELA 03 ó Produção de alimentos (toneladas ou frutos/ano) em Simões Filho ó BA.	25

Capítulo 2 - Artigo

TABELA 01 - Programação do forno de microondas (Programa 50), nº 35, para extração do teor de Mn em frutas (banana prata e acerola) e puba, no Distrito de Cotegipe, Município de Simões Filho ó Bahia.	38
TABELA 02 - Valores de umidade obtidos das coletas de banana prata, acerola e puba no distrito de Cotegipe ó BA.	40
TABELA 03 ó Valores de manganês encontrados na amostra padrão de referência, real de certificação e recuperação.	40
TABELA 04 ó Concentração de Mn nas frutas e na farinha fermentada de mandioca das duas áreas da Vila de Cotegipe.	42
TABELA 05 - Valores médios com desvio padrão do teor de manganês (mg.Kg^{-1}) em alimentos cultivados e consumidos em Cotegipe de baixo e Cotegipe de Cima, distrito de Simões Filho ó BA	44
TABELA 06 - Estudo comparativo do teor de Mn nas amostras de frutas e puba das duas áreas da Vila de Cotegipe com outros estudos.	46
TABELA 07 - Valor de Mn em alimentos publicados em tabelas de composição de alimentos comparados com o teor de Mn encontrado em amostras de alimentos consumidos na creche-escola de Cotegipe, município de Simões Filho ó BA.	47

ABREVIATURAS E SIGLAS

- ANVISA** ó Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Cb ó Cotegipe de baixo
Cc ó Cotegipe de cima
EAA ó Espectrofotômetro de Absorção Atômica
ESADDI - *Estimated Safe and Adequate Daily Dietary Intake*
FAO ó Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FDA - *Food and Drug Administration*
GEMS - *Global Environmental Monitoring System*
HSDB - Hazardous Substances Data Bank
IBGE ó Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDR ó Ingestão Diária Recomendada
INSP - Instituto Nacional de Saúde Pública
IOM ó *Institute of Medicine*
LAPAAC ó Laboratório de Controle de Qualidade
LDM - Limite de Detecção do Método
LEPETRO - Laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais
LM ó Limite Máximo de Ingestão Tolerável
Mn ó Elemento químico Manganês
MnSOD - Manganês Superóxido-Dismutase
NIST - *National Institute of Standard and Technology*
PROSA - Programa de Segurança Alimentar
RDC ó Resolução de Diretoria Colegiada
SNC . Sistema Nervoso Central
TACO ó Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
UFBA ó Universidade Federal da Bahia
US EPA ó Agência de Proteção Ambiental Americana
WHO ó Organização Mundial de Saúde

RESUMO GERAL

Introdução: O manganês (Mn) é um importante micro-elemento essencial envolvido na mineralização dos ossos e cartilagens, especialmente para as crianças em crescimento. Contudo, este pode desenvolver efeitos neurotóxicos se a exposição excessiva ultrapassa os mecanismos de controle da homeostasia. **Objetivo:** Detectar o teor de Mn em alguns alimentos cultivados nas vizinhanças de uma planta siderúrgica de ligas ferro-manganês e também alimentos fornecidos pelo Governo para a creche-escola de Cotegipe, distrito de Simões Filho - Bahia. **Métodos:** Os teores de Mn na banana (*Musa paradisiaca* L.), acerola (*Malpighia puniceifolia*) e na farinha fermentada de mandioca (*Manihot utilissima*) foram determinados por espectrometria de absorção atômica eletrotérmica. Amostras dos alimentos foram coletadas (n=20 de cada) em duas áreas entre 2007-2008: Cotegipe de Baixo (CB), mais próximo à planta (distância média 1,5 km) e Cotegipe de Cima (CC), uma área elevada e mais distante e fora da predominância dos ventos (distância média 2,5 Km). **Resultados:** As concentrações médias de Mn na acerola foram $18,69 \pm 8,79$ mg.Kg⁻¹ e $28,13 \pm 13,57$ mg.Kg⁻¹, para CC e CB, respectivamente. Na banana, os teores médios de Mn foram $93,60 \pm 41,03$ mg.Kg⁻¹ e $66,73 \pm 62,23$ mg.Kg⁻¹ para CC e CB, respectivamente. Na farinha fermentada, conhecida como "puba", os teores médios de Mn foram $2,26 \pm 1,29$ mg.Kg⁻¹ e $2,64 \pm 1,51$ mg.Kg⁻¹ em CC e CB, respectivamente. Os níveis de Mn detectados em frutas cultivadas na Vila de Cotegipe são muito altos quando comparados com os valores de literatura (0,7 mg.Kg⁻¹ para acerola e 4,2-6,7 mg.Kg⁻¹ para banana). Estes níveis são aproximadamente 4 a 5 vezes mais altos para a puba quando comparados com os valores reportados (0,5 mg.Kg⁻¹). Foi observada diferença estatisticamente significativa (p=0.015) entre as médias de Mn na acerola das duas áreas da Vila de Cotegipe. **Conclusões:** Os resultados mostram que os teores de Mn em alimentos produzidos nesta localidade vizinha a uma siderúrgica de ferro-manganês estão muito elevados, alcançando concentrações de Mn que podem ultrapassar a ingestão diária segura (2-5 mg/dia).

Palavras-chave: Manganês, *Malpighia puniceifolia*, *Musa paradisiaca* L., *Manihot utilissima*, Contaminação Ambiental.

GENERAL ABSTRACT

Background: Manganese (Mn) is an important essential micronutrient involved in bone mineralization, especially for growing children. However, it can also be a neurotoxin if high exposure levels surpass the body homeostatic mechanisms. **Objective:** To detect the manganese concentration in food crops grown in the vicinity of a ferro-alloy plant in order to evaluate the quality of products cultivated in such impacted area and food also supplied by the Government to the day care-school of Cotegipe, district of Simões Filho - Bahia. **Methods:** Mn levels in banana (*Musa paradisiaca* L.), acerola (*Malpighia puniceifolia*) and in fermented manioc (*Manihot utilissima*) flour were determined by electrothermal atomic absorption spectrometry. Food crops were sampled (n=20 of each) in two areas between 2007-2008: Cotegipe de baixo (Cb) close to the plant (avg. distance 1.5 km) and Cotegipe de cima (Cc) a hill area a little bit further and not in the wind direction (avg. distance 2.5 Km). **Results:** Mean Mn levels in acerola were 18.69 ± 8.79 mg.Kg⁻¹ and 28.13 ± 13.57 mg.Kg⁻¹, for CC and CB, respectively. In banana, mean Mn levels were 93.60 ± 41.03 mg.Kg⁻¹ and 66.73 ± 62.23 mg.Kg⁻¹ for CC and CB, respectively. In manioc flower, locally known as "puba", mean Mn levels were 2.26 ± 1.29 mg.Kg⁻¹ and 2.64 ± 1.51 mg.Kg⁻¹ in CC and CB, respectively. Mn contents in fruits grown in Cotegipe Village are very high when compared to literature values 0.7 mg.Kg⁻¹ for acerola and 4.2-6.7 mg.Kg⁻¹ for banana). It is also approximately 4 to 5 times higher in manioc flower when compared to reported values (0.5 mg.Kg⁻¹). Statistical difference in mean Mn levels between products from the two localities was only observed for acerola (p=0.015). **Conclusion:** The results show that the Mn levels in food product locally grown in the vicinity of a ferro-alloy plant are very high, reaching Mn contents that surpass the estimated safe daily ingestion of Mn (2-5 mg/day).

keyword: Manganese, *Malpighia puniceifolia*, *Musa paradisiaca* L., *Manihot utilissima*, Environmental Impacts.

RODUÇÃO GERAL

Nos últimos 50 anos, as atividades humanas têm influenciado as características físico-químicas da água, dos alimentos, dos sedimentos em ambientes aquáticos de circulação restrita (lagos, baías, estuários, etc.) e, conseqüentemente, dos organismos situados próximos a regiões altamente industrializadas e com alta densidade populacional. Como estas atividades alteram-se processos que levam milhões de anos para atingir o estágio atual, a forma como a natureza reage a esta perturbação tem sido, na maioria das vezes, imprevisível e danosa a ecossistemas (SANTOS, 2002).

A concentração de metais nos alimentos, independentemente de sua origem, é função das condições ambientais de onde o alimento foi produzido, bem como das técnicas usadas no seu processamento e das condições de armazenamento (MIDIO & MARTINS, 2000). A contaminação de metal pesado nos vegetais não pode ser subestimada porque estes gêneros alimentícios são componentes importantes da dieta humana. Os vegetais são fontes ricas em 45 vitaminas, minerais, fibras e têm também efeitos antioxidantes benéficos. Entretanto, a entrada de elementos contaminantes nos vegetais pode ser um risco à saúde humana. A ausência de contaminação por metal pesado no alimento é um dos aspectos mais importantes para assegurar a sua qualidade (MARSHALL, 2004; RADWAN & SALAMA, 2006; WANG *et al.*, 2005; KHAN *et al.*, 2008). Os regulamentos internacionais e nacionais na qualidade do alimento têm níveis permissíveis de ingestão máximos (LM) abaixado dos níveis de metais tóxicos nos alimentos, devido a um risco de contaminação destes metais na cadeia alimentar (RADWAN & SALAMA, 2006).

Do ponto de vista de saúde pública é importante assegurar à população que a ingestão de todos os nutrientes seja adequada numa dieta normal. Ao mesmo tempo, a dieta não deve conter elementos tóxicos acima dos níveis permissíveis. Com exceção da exposição ambiental, a maior entrada desses elementos, essenciais e tóxicos, no organismo humano, ocorre via cadeia alimentar (FÁVARO *et al.*, 2000).

O manganês é um elemento químico que atua em vários processos fisiológicos, de vegetais e animais. Nos vegetais, participa dos processos relacionados à respiração, sendo essencial para a enzima oxidante lactase. É um elemento essencial para a fisiologia animal, em processo de

iva e metabolismo de lipídios e carboidratos (AZEVEDO *et al.*, 2003). Para os seres humanos, o manganês é um nutriente essencial, que tem um importante papel na mineralização óssea, no metabolismo energético e protéico, na proteção celular sobre os radicais livres e na formação de glicosaminas. Entretanto, a exposição a altos níveis por inalação ou ingestão, podem causar efeitos adversos à saúde. Doses de ingestão de manganês alcançam o cérebro através da inalação, seguindo da ingestão, e a maioria dos efeitos tóxicos à saúde, estão associados à ingestão crônica desse mineral (WHO, 1999).

Por via oral, os sais de Mn têm pouca toxicidade. Entretanto, a inalação de óxido de manganês como resultado da exposição industrial pode causar uma doença psicótica, com efeito no sistema nervoso central, especialmente no sistema motor extrapiramidal, doença conhecida como parkinsonismo mangânico, ou seja, as lesões e os sintomas são similares aos da doença de Parkinson, com degeneração lenta de neurônios dopaminérgicos na substância negra. Acredita-se que o mecanismo dessa neurotoxicidade ocorra pela formação de radicais de oxigênio em função do ciclo redox entre íons Mn^{2+} e catecolaminas (COZZOLINO, 2007).

Devido à proximidade da comunidade de Cotegipe com a siderúrgica de ligas de ferro-manganês e estudos anteriores desenvolvidos por Menezes-Filho (2009), terem revelado elevada contaminação da água, poeira, sangue e cabelo de crianças residentes nas duas áreas da Vila de Cotegipe (Cotegipe de baixo e Cotegipe de cima), foi proposta a realização do presente estudo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar o teor de manganês em amostras de banana prata (*Musa paradisiaca L.*), acerola (*Malpighia puniceifolia*) e farinha fermentada de mandioca-puba (*Manihot utilissima*), coletadas no município de Simões Filho (Cotegipe de cima ó Cc e Cotegipe de baixo - Cb).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1) Determinar o teor de manganês em alimentos fornecidos para a creche-escola da comunidade de Cotegipe;
- 2) Selecionar as áreas de estudo de acordo com dados obtidos por Menezes-Filho (2009), em relação ao risco de exposição e contaminação do Mn na região;
- 3) Verificar se os teores de Mn encontrados estavam de acordo com a literatura;
- 4) Contribuir com dados para subsidiar a realização da avaliação de risco para crianças da comunidade de Cotegipe.

CAPÍTULO I

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Caracterização do Manganês

O manganês é um elemento essencial e o corpo humano, sob condições normais, contém, geralmente, pequenas quantidades do metal. As algas e plânctons podem consumir e concentrar o manganês. O metal pode ter sua concentração aumentada no ambiente, em função da atividade industrial e da decomposição de combustíveis fósseis (AZEVEDO *et al.*, 2003). O manganês (Mn^{2+}) possui propriedades químicas semelhantes aos íons metálicos do Ca, Mg, Fe e Zn, e, com isso, esses metais tendem a inibir a absorção e transporte do Mn^{2+} , para a planta e vice-versa, principalmente a inibição do ferro, devido a uma competição entre eles, causando a deficiência de um pelo excesso do outro (GARCIA, 2005). Possui número atômico 26 e peso atômico 54,938. Constitui fator importante na nutrição de plantas e animais, sendo também usado em terapêutica sob a forma de cloreto e sulfato (FRANCO, 2007).

No organismo, o manganês exerce papel importante na síntese da protrombina na presença de vitamina K e das enzimas glicosiltransferases, participando da síntese de mucopolissacarídeos e intervindo indiretamente na condrogênese e osteogênese. É essencial para o metabolismo do colesterol, crescimento corpóreo e reprodução. Sua deficiência causa modificações nas estruturas celulares, deformações específicas do esqueleto, podendo ter sua causa associada, muitas vezes, à presença de cálcio, fosfato, ferro e carbonato, que reduzem a absorção do manganês (FRANCO, 2007). Nutricionalmente é um elemento mineral essencial e potencialmente tóxico. Pesquisadores ainda estão trabalhando para esclarecer os efeitos diversos da deficiência de manganês e sua toxicidade em organismos vivos (HIGDON, 2001); por ser muito importante em vários sistemas enzimáticos, constitui uma parte da enzima arginase relacionada com a formação da uréia, funcionando como um catalisador na síntese dos mucopolissacarídeos das cartilagens. Outra enzima importante, que tem em sua composição o manganês, é a piruvato-carboxilase, metaloproteína que está envolvida com a metabolização da glicose (FRANCO, 2007) e a Manganês Superóxido-Dismutase (MnSOD) no compartimento mitocondrial, que integra o sistema de defesa do organismo contra os radicais livres (CORREIA, 2001).

O excesso de manganês na dieta e no organismo pode reduzir a absorção de ferro, provocando anemia e, além de afetar o sistema nervoso central, acomete também o sistema reprodutivo e respiratório. A deficiência de ferro leva a um maior transporte de Mn^{2+} no duodeno e jejuno (ROELS *et al.*, 1997). Aproximadamente 3% do Mn^{2+} ingerido é absorvido por via gastrointestinal junto com alimentos e água. A taxa de absorção depende diretamente das concentrações dietéticas e é controlada por mecanismos de homeostase, ou seja, indivíduos com deficiência de ferro têm a velocidade de absorção do manganês aumentada (WHO, 1999). A suplementação de magnésio (200mg/dia) e de cálcio (500mg/dia) tem mostrado uma significativa redução na biodisponibilidade de manganês em adultos (HIGDON, 2001).

O manganês é aparentemente absorvido em toda a extensão do intestino delgado, sendo mais absorvido em mulheres do que por homens. Sua absorção varia de 3 a 12% da ingestão oral. O cálcio e o fósforo da dieta diminuem sua absorção (FRANCO, 2007). A excreção ocorre principalmente nas fezes após secreção no intestino através da bile. A excreção urinária e pancreática é realizada em menor quantidade. A deficiência de manganês é rara em humanos porque esse elemento é comum em diversos alimentos (WASSERMAN *et al.*, 2006). Quando ela se instala, pode causar perda de peso, dermatite, náusea, vômito, assim como afeta a capacidade reprodutiva, a função pancreática e o metabolismo de carboidratos. Seu excesso, acumulado no fígado e no sistema nervoso central produz os sintomas do tipo Parkinson (BASU & DICKERSON, 1996). O teor total de manganês no organismo é de 10 a 20 mg distribuídos pelos tecidos, achando-se também associado com melanina. Sua taxa no sangue é de 5-12 $\mu g.mL^{-1}$ (FRANCO, 2007).

O minério de manganês é um recurso natural que ocupa papel importante no Brasil, seja pelas reservas existentes, seja pela essencialidade na produção de ferroligas e aço, para a qual ainda é um insumo fundamental. O espectro de consumo ainda abrange a produção de pilhas eletrolíticas, cerâmicas, ligas especiais, produtos químicos, etc. O principal setor consumidor é o siderúrgico, que, em nível mundial, representa 85% da demanda por manganês (COSTA & FIGUEIREDO, 2001).

O manganês é um metal distribuído nos ambientes geológicos nas formas de óxido, hidróxido, silicatos e carbonatos. Porém, os óxidos constituem as mais importantes fontes comerciais tais

forma coloidal, psilomelana; manganita ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$) e hausmanita (Mn_3O_4) (COSTA & FIGUEIREDO, 2001).

1.2 Toxicidade do manganês

Os metais apresentam uma longa e remota intimidade com a história da humanidade. Mas apesar de tanta e tão extensa convivência, nem todos os registros são positivos. Isto é, muitos dos metais, ao lado de seus indiscutíveis benefícios, também se mostram associados a um legado de injúrias e dores, no plano coletivo e individual. É bem verdade que esses fatos negativos não derivam de malignidades inerentes aos metais, mas sim de uso inadequado que, por várias vezes, deles foram feitos. Além de suas vantagens, já bem conhecidas e dominadas, os metais podem trazer riscos à saúde, quando inalados ou ingeridos em excesso e por um longo tempo (MARTINS & LIMA, 2001).

Nas últimas décadas, tem aumentado a preocupação com a potencial contribuição das poeiras na toxicidade dos metais pesados. São extremamente tóxicos, a exemplo, o chumbo (Pb), arsênio (As), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e manganês (Mn). Esses metais atuam como potenciais co-fatores, iniciadores ou promotores em muitas doenças, inclusive doenças cardiovasculares, neurológicas e câncer (SAI *et al.*, 2003). As poeiras sempre contêm concentrações elevadas de uma ampla faixa de elementos tóxicos com consequências na qualidade ambiental e sobre a saúde humana, especialmente das crianças, dada a sua maior suscetibilidade a certos compostos e a maior probabilidade de ingerir inadvertidamente quantidades significantes de poeira, devido ao hábito de levar objetos e o dedo à boca. Em um estudo realizado em Salvador, em 1997, foi observado que crianças de baixo nível sócio-econômico tinham elevada chance de acometimento de plumbemia ($> 10 \mu\text{g/dL}$). Os autores sugeriram que este resultado pode ser consequência da exposição freqüente e intensa às partículas do solo, das populações mais carentes (MENEZES-FILHO *et al.*, 1998).

Os estudos sobre a toxicodinâmica do manganês são inconclusos. É provável que o mineral interaja com diferentes substratos biológicos e, deste modo, é bastante difícil elucidar a lesão bioquímica inicial responsável pelo aparecimento da intoxicação mangânica. A semelhança clínica entre o manganismo e o parkinsonismo, associada à excelente resposta obtida com o uso da L-DOPA em indivíduos intoxicados, demonstra que as anormalidades bioquímicas que

no sistema nervoso central nos dois casos são semelhantes.

O comprometimento do sistema extrapiramidal no manganismo é evidenciado pelo fato de que as principais alterações histológicas se localizam predominantemente no gânglio basal (LARINI, 1997). Em situações de intoxicação crônica, verifica-se a redução da resistência às infecções pulmonares, maior incidência de abortos espontâneos, desenvolvimento de psicoses maníaco depressivas, (CORREIA, 2001), assim como anemia, esquizofrenia e doença de Parkinson em pessoas expostas a ambiente de pó de manganês (FRANCO, 2007).

O manganês é a causa ambiental mais conhecida do parkinsonismo. Os sintomas são significativamente diferentes do parkinsonismo idiopático. A exposição aguda de manganês ao alto nível ocupacional causa uma síndrome clinicamente distinta (manganismo) caracterizado por parkinsonismo progressivo e sintomas de distonia e neuropsiquiatria (FABIANI *et al.*, 2007). Alguns estudos recentes investigaram os efeitos do manganês sobre o desempenho neurocomportamental em adulto (BOUCHARD *et al.*, 2005; RODRÍGUEZ-AGUDELO *et al.*, 2006). Em um artigo de revisão Weiss (2006), discute o aumento da prevalência nas faixas etárias mais jovens do mal de Parkinson relacionado com a toxicidade do Mn e suas implicações econômicas. Em crianças, somente um estudo foi identificado. Wasserman *et al.* (2006), investigaram a função cognitiva de 142 crianças de 10 anos de idade em Araihaazar, Bangladesh, que consumiam água de poço com concentração média de 795 g Mn/L. Após ajuste por variáveis sócio-demográficas, foi encontrada associação entre Mn na água com a redução nos escores da escala total, de desempenho e verbal, com relação dose-resposta.

O manganês, um metal de transição, é um nutriente essencial para os humanos e os animais. Como muitos outros metais essenciais, entretanto, a exposição excessiva está associada com efeitos adversos à saúde, como neurotoxicidade (WASSERMAN *et al.*, 2006). As toxicidades oral e dérmica do manganês são reduzidas devido à baixa solubilidade do metal. A exposição a altas concentrações ambientais pode originar inflamação nos pulmões. A alta incidência de pneumonia foi associada com concentrações acima de 210 mg/m³ de Mn no ambiente de trabalho. Monitoramentos não têm detectado pneumonia em trabalhadores expostos a níveis próximos aos padrões propostos. Efeitos, como tosse seca, náusea, dor de cabeça, fadiga e dispnéia, são observados após exposição a altas concentrações de óxido de manganês (BARCELOUX, 1999).

próximas a indústrias que utilizam o manganês ou de descartes de materiais industriais pode estar exposta a altos níveis de material particulado, mas esta exposição é menor do que a dos trabalhadores. A contaminação do ambiente de trabalho ocorre, potencialmente, em todas as indústrias que utilizam o manganês, o que se dá, de acordo com a operação desenvolvida, com aerodispersóis, do tipo poeira ou fumo. A exposição do trabalhador ao ambiente contaminado pode ocasionar o aparecimento de alterações orgânicas e, em algumas circunstâncias, de moléstia profissional irreversível, conhecida como manganismo (MARTINS & LIMA, 2001). Os sintomas são movimentos mais lentos e falta de coordenação, tremores semelhantes aos do Mal de Parkinson, fraqueza muscular e até esquizofrenia, afirma a Organização Mundial da Saúde, assim como anorexia, apatia e lentidão na fala (CEVALLOS, 2008; WASSERMAN *et al.*, 2006).

A contaminação por metais pesados em diversos alimentos é um dos aspectos mais importantes que interfere no comprometimento da qualidade dos alimentos. Normas nacionais e internacionais em qualidade de alimentos têm diminuído bastante os níveis permitidos de metais tóxicos em alimentos, devido a um aumento da consciência dos riscos e inúmeros prejuízos que os metais tóxicos podem causar contaminando a cadeia alimentar (SHARMA *et al.*, 2008). O LM (Limite Máximo de Ingestão Tolerável) do manganês, segundo o Institute of Medicine - IOM (2001) e WHO (2005), é de 11mg/dia para adultos, adolescentes (9mg/dia) e crianças de 1 a 13 anos, 2 - 6mg/dia (HIGDON, 2001). Efeitos críticos adversos ocasionam um aumento desse mineral no sangue e neurotoxicidade (WHO, 2005).

O efeito neurotóxico, principalmente através da inalação do manganês está muito bem descrito na literatura. Um estudo realizado por Oshima-Franco *et al.* (2005) foram demonstrados os efeitos potentes e reversíveis de íons de manganês (Mn^{2+}) na transmissão neuromuscular. O Mn^{2+} causa bloqueio reversível à junção neuromuscular e foi investigado em nervo-diafragma de ratos. O Mn^{2+} produziu um rápido bloqueio neuromuscular (50% em menos de 4 minutos), porém em baixa concentração reverteu espontaneamente. Manganês age como antagonista competitivo do cálcio (Ca^{2+}).

Um estudo realizado no estado Mexicano de Hidalgo, onde foi explorado o manganês, os adultos expostos apresentavam tremores, como se sofressem de mal de Parkinson, e as crianças tiveram menor grau de inteligência. Pesquisas feitas pelo INSP (Instituto Nacional de Saúde Pública), em áreas próximas às jazidas da Autlán (início da exploração em 1960),

ngo, Lolotla, Xochicoatlán e Tlanchino, que em conjunto representam mil quilômetros quadrados e pouco mais de 60 mil habitantes indicam que o manganês, que é explorado há décadas, causa importantes estragos sanitários. Em 2007, foram colhidas amostras de sangue e de cabelo em 300 crianças de 7 a 11 anos. Uma parte das amostras correspondeu a moradores de áreas próximas das minas e outra de locais com semelhantes condições de desenvolvimento, porém afastados das minas. As descobertas foram alarmantes. No caso das crianças que moravam perto dessas instalações, foi comprovado que sua capacidade intelectual e de aprendizagem foi 20% menor do que as das crianças que moravam longe das minas. (CEVALLOS, 2008).

Os órgãos críticos da ação tóxica do manganês são o cérebro, nas exposições aguda e crônica e o pulmão, na exposição aguda. O acúmulo do metal no cérebro é considerado o fator determinante de sua vulnerabilidade. Os efeitos mais críticos do Mn relacionam-se com o distúrbio do metabolismo das monoaminas biogênicas (dopamina, catecolaminas, serotonina, inibição da Ltirosina hidroxilase) e com função e integridade dos neurônios ôdopaminérgicosô envolvidos manifestações psicóticas e neurológicas de origem extra-piramidal (MERGLER, 1994).

1.3 Concentrações de Mn em alimentos e recomendações diárias de ingestão

A fruta e os vegetais são componentes chaves de uma dieta saudável. São alimentos pobres em calorias e lipídios, relativamente ricos em vitaminas, sais minerais e outros compostos bioativos, assim como são uma boa fonte de fibras (MCDOWELL *et al.*, 2007). Nos alimentos, as fontes mais ricas em manganês são os grãos integrais, aveia, leguminosas, amêndoas, nozes e chás. As frutas e vegetais são fontes moderadas (BASU & DICKERSON, 1996). A **tabela 01** demonstra a concentração de manganês em diversos alimentos.

presentes em alimentos selecionados nos EUA.

Tipo de alimento	Intervalo de concentração mg.kg⁻¹
Noz e seus produtos	18,21 ó 46,83
Grãos e seus produtos	0,42 ó 40,70
Legumes	2,24 ó 6,63
Frutas	0,20 ó 10,38
Suco de frutas e bebidas	0,05 ó 11,47
Vegetais e seus produtos	0,42 ó 6,64
Sobremesas	0,04 ó 7,98
Comidas infantis	0,17 ó 4,83
Carne bovina, peixes e ovos	0,10 ó 3,99
Mistura de iguarias	0,69 ó 2,98
Condimentos, gorduras e adoçantes	0,04 ó 1,45
Bebidas (como chá)	0,00 ó 2,09
Sopas	0,19 ó 0,65
Leite e seus derivados	0,02 ó 0,49

Fonte: WHO, 1999.

A ingestão do metal depende da dieta alimentar. Por exemplo, se uma xícara de chá média pode conter de 0,4 a 1,5 mg de manganês, então um indivíduo que consome três xícaras de chá/dia pode ingerir 4 mg/dia do metal, somente através desta fonte. Maiores concentrações do manganês são encontradas em grãos (até 41 mg.kg⁻¹), em noz (até 47 mg.kg⁻¹) e nos cereais (até 41 mg.kg⁻¹). Baixos níveis são encontrados em leite e seus derivados (0,02 a 0,49 mg.kg⁻¹), na carne bovina, nos peixes e ovos (0,10 a 3,99 mg.kg⁻¹), e nas frutas (0,2 a 10,4 mg.kg⁻¹). Chás e folhas de vegetais são fontes significativas de manganês (WHO, 1999).

Para a maioria das pessoas, o alimento é a fonte primária de exposição ao manganês. Foi estimado que a ingestão típica de manganês é de 4,6 x 10⁻⁴ mg/dia (através do ar), 8,0 x 10⁻³ mg/dia (água), e 3,8 mg/dia (alimento) (US EPA, 2000). O Comitê de Alimentos do National Research Council (EUA) sugeriu que a Ingestão Diária Estimada Segura é de 2-5 mg de manganês/dia para crianças, a partir de 11 anos, a adulto.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (2006), o teor de manganês na banana prata crua é de 4,2 mg.Kg⁻¹, acerola crua (0,7 mg.kg⁻¹) e mandioca crua (0,5 mg.kg⁻¹), respectivamente. Franco (2007), informa que a banana prata contém 6,7 mg.kg⁻¹, porém não fornece informações sobre a acerola e a mandioca.

A disponibilidade de manganês proveniente de vegetais é significativamente menor do que os outros grupos de alimentos, talvez pela presença de alguns componentes, tais como as fibras. Apesar do manganês ser considerado um elemento essencial, os dados são insuficientes para estabelecer um valor para a ingestão diária. Todavia, o US National Research Council estabelece níveis para ingestão alimentar diária estimada adequada e segura (Estimated Safe and Adequate Daily Dietary Intake ó ESADDI ó CODEX ALIMENTARIUS - WHO, 1999; BRASIL, 2005) e valores estimados recomendados por diferentes faixas etárias (IDRs), descritos na **tabela 02**.

TABELA 02 ó Recomendações Nutricionais Diárias ó IDRs e Ingestão Alimentar Diária Estimada, Adequada e Segura (Estimated Safe and Adequate Daily Dietary Intake ó ESADDI), em diferentes faixas etárias.

Grupo	Idade	ESADDI (WHO, 1999) mg/dia	IDR (RDC, 2005) mg/dia
Lactentes	0 ó 6 meses	0,3 - 0,6	0,03
	7 ó 12 meses	0,6 - 1,0	0,6
Crianças	1 ó 3 anos	1,0 ó 1,5	1,2
	4 ó 8 anos	1,5 - 2,0	1,5
Homens	9 ó 13 anos	1,5 - 2,0	1,9
	14 ó 18 anos	2,0 ó 5,0	2,2
	> 19 anos	2,0 ó 5,0	2,3
Mulheres	9 ó 18 anos	2,0 ó 5,0	1,6
	> 19 anos	2,0 ó 5,0	1,8
	Gestação	2,0 ó 5,0	2,0
	Lactação	2,0 ó 5,0	2,6

Fontes: WHO, 1999; BRASIL, 2005.

Segundo o Global Environmental Monitoring System (GEMS) Food Europe (2001), a ingestão diária de manganês recomendada é de $5,8 \times 10^{-2}$ mg/Kg peso/dia e 97% de recomendação da ingestão derivada de concentrações encontradas em alimentos.

O Hazardous Substances Data Bank (HSDB, 2000) refere um valor de Ingestão Diária Aceitável para o manganês total de 2,5 a 5,0 mg/dia, mas não especifica a faixa-etária. Nos

a Recomendável (IDR) é de 2,1 ó 2,3 mg/dia para homens e 1,6 ó 1,8 mg/dia para mulheres (HIGDON, 2001).

1.4 Histórico das áreas de estudo

Simões Filho foi fundada em 1961, possui atualmente uma população de 109.269 habitantes, área total de 192,0 Km² e densidade demográfica de 571,3 hab./ Km², localizada a 22 km da cidade de Salvador, perfazendo uma área territorial de 193,0 Km². Seu clima é tropical, quente e úmido, temperatura anual 24,7°C. A tabela 03 demonstra a produção (ton./ano) dos alimentos produzidos e plantados em Simões Filho. Não foi encontrado informações a respeito da produção de acerola, apesar de ser comumente plantada na região.

TABELA 03 ó Produção de alimentos (toneladas ou frutos/ano) em Simões Filho ó BA.

Alimentos	Produção (ton. ou frutos/ano)	Área plantada e colhida (hectares)
Banana prata	1950	130
Mandioca	1260	90
Acerola	ne	ne
Cana-de-açúcar	1400	28
Laranja	112	8
Manga	39	3
Cacau	19	53
Côco-da-baía	200.000	25
Milho	8	20

Fontes: IBGE, 2008. ne ó não encontrado

Cotegipe é uma comunidade rural, localizada dentro do município de Simões Filho, de baixo nível sócio-econômico, com grande número de pessoas analfabetas, entretanto, quase todas as crianças em idade escolar, freqüentam a escola regularmente, segundo um estudo prévio epidemiológico, realizado pela FUNDAÇÃO CRÊ (2002). O povoado de Cotegipe, em 2002, era composto por 719 habitantes com idade média de 25,2 anos (54,1% do sexo masculino e 45,9% do sexo feminino). Um fato que chamou a atenção é a distribuição por sexo de crianças de menos de um ano é quase 2:1 (62,9% meninos vs. 37,5% meninas). A distribuição por idade é típica das comunidades de baixo nível sócio-econômico: 33,2% <15 anos; 40,8% entre 15 ó

...,5% maiores de 65 anos, sendo oito não respondentes. Foi constatado que mais de 50% da população habitava Cotegipe por mais de 10 anos. A subsistência advém, principalmente, da plantação de mandioca e banana, da fabricação de farinha e puba (farinha fermentada da mandioca) com a tecnologia da época de escravidão, quando as famílias se reuniam em mutirão para o processamento e em seguida, comercializam esses produtos no mercado de Simões Filho e Salvador, sendo esta a principal fonte de renda (MENEZES-FILHO, 2007).

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. da M.; MARTINS, I. **Metais: Gerenciamento da Toxicidade**. Ed. Atheneu, São Paulo, 2003, 554p.
2. BARCELOUX, D. G. Manganese. **Clinical Toxicology**, New York, v.37, n.2, p.293-307, 1999.
3. BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC Nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para Proteína, Vitaminas e Minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 de dezembro de 2005.
4. BASU, T. K.; DICKERSON, J. W. T. Vitamins in Human Health and Disease. Wallingford, **CAB International**, p.345, 1996.
5. BOUCHARD, M.; MERGLER, D.; BALDWIN, M. Manganese exposure and age: neurobehavioral performance among alloy production workers. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v.19, p. 687-694, 2005.
6. CEVALLOS, D. **Mineração de manganês prejudica inteligência das crianças**, 2008. Disponível em: <http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=4398>. Acesso em: 09 de janeiro de 2009.
7. CORREIA, P. R. M. **Determinação Simultânea de Manganês/Selênio e Cobre/Zinco em Soro Sanguíneo por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica**. São Paulo, 2001, 85p. Dissertação (Mestrado e Química Analítica) - Instituto de Química - Universidade de São Paulo ó USP, 2001.
8. COSTA, M. do R. M.; FIGUEIREDO, R.C. Manganês. **Balanco Mineral Brasileiro**, 2001, 19p.
9. COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de Nutrientes**. Barueri: Manole, 2007, 878p.

- SKI, E.; WIEDERKEHR, J. C.; KHOURI, J.; CIANTARANO, A. Liver Transplantation in a patient with rapid onset Parkinsonism-dementiacomplex induced by Manganism secondary to liver failure. **Arq. Neuropsiquiatric**, p. 685-688, 2007.
11. FÁVARO, D. I. T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M. B. A.; COZZOLINO, S. M. F. Determinação de elementos minerais e traços por ativação neutrônica, em refeições servidas no restaurante da Faculdade de Saúde Pública/USP. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, vol.20, n.2, Campinas, p. 176-182, 2000.
 12. FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. Editora Atheneu, 9ª edição, São Paulo, 2007, 307p.
 13. FUNDAÇÃO CRÊ. **Caracterização sócio-econômica da comunidade de Cotegipe. Projeto Ser**, Simões Filho ó Bahia, Dezembro, 2002.
 14. GARCIA, K. S. **Estudos Biogeoquímicos em folhas de *Avicennia schaueriana* STAPF & LEECHMAN em zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde e Madre Deus-BA**. Salvador, 2005, 128p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) ó Universidade Federal da Bahia ó UFBA. 2005.
 15. [GEMS] GLOBAL ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEM. **Report of 1st Advisory Committee Meeting** ó Rome, Italy, 26 October, 2001.
 16. HIGDON, J. Micronutrient Information Center. **Linus Pauling Institute**. Oregon State University, 2001.
 17. [HSDB] HAZARDOUS SUBSTANCES DATA BANK. Manganese. National Library Medicine. **Canadian Center for Occupational Health and Safety**, 2000-4, November, 2000.
 18. IBGE, 2007. **IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) Cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2008.
 19. IOM (Institute of Medicine). Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC, **National Academy Press**, 2001.
 20. KHAN, S.; CAO, Q.; ZHENG, Y. M.; HUANG, Y. Z.; ZHU, Y.G. Health risk of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with waste water in Beijing, China. **Environmental Pollution**, v. 152, n.3, p. 686-692, 2008.
 21. LARINI, L. **Toxicologia**. Ed. Manole, 3ª edição, São Paulo, 1997, 301p.
 22. MARSHALL. Enhancing food chain integrity: quality assurance mechanism for air pollution impacts on fruits and vegetables systems. Crop Post Harvest Program, **Final Technical Report**, 2004.

Ecotoxicidade do manganês e seus compostos. Série Cadernos de Referência Ambiental, v.7, Salvador: CRA, 2001, 122p.

24. MENEZES-FILHO, J. A.; BASTOS, C. C. OLIVEIRA, A. A., CARVALHO, W. W. A. The association of the sócio-economical and blood lead level in children of a urban area of Salvador ó Bahia, Brazil. In: **The 4th International Symposium on Biological Monitoring in Occupational and Environmental Exposure**, Seoul, 1998.
25. MENEZES-FILHO, J. A.; PAES, C. R.; SILVA, J. V.; BASTO, C. A. C. O.; CARVALHO, W. A. Manganês e Chumbo em sangue e cabelo de adolescentes de área próxima a uma siderúrgica - Um estudo piloto. In: XV Congresso Brasileiro de Toxicologia, 2007, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 20, 2007.
26. MERGLER D.; HUEL G.; BOWLER R.; IREGRAN A.; BELANGER S.; BALDWIN M.; TARDIF R.; SMARGIASSI A.; MARTIN L. Nervous system dysfunction among workers with long-term exposure to manganese. **Environmental Research**, v. 64, n.2, p.151-180, 1994.
27. MENEZES-FILHO, J. A. Paes CR, Pontes AC, Moreira JC, Sarcinelli PN and Mergler D. High levels of hair manganese in children living in the vicinity of a ferro-manganese alloy production plant. **NeuroToxicology**, *in press*, 2009.
28. MCDOWELL, D.; MALONEY, M.; SWAN, L.; ERWIN, P.; GORMLEY, R.; MCKEE, R.; BRIGGS, M. A Review of the Fruit and Vegetable Food Chain: Consumer Focused of the Fruit and Vegetable Food Chain. 2007, 103p.
29. MIDIO, A. F.; MARTINS, D. I. **Toxicologia de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000, 295p.
30. OSHIMA-FRANCO, Y.; LEITE, G. B.; DAL BELO, C. A.; RODRIGUES-SIMIONI, L. Effects of manganese ions in the neuromuscular junction. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 18, p. 17-26, 2005.
31. RADWAN, M. A., SALAMA, A. K. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. **Food Chemistry Toxicology**, v.44, p.1273-1278, 2006.
32. RODRÍGUES-AGUDELO, Y.; RIOJAS-RODRÍGUEZ, H.; RIOS, C.; ROSAS, I.; PEDRAZA, E. S.; MIRANDA, J.; SIEBE, C.; TEXCALAC, J. L. and SANTOS-BURGOA, C. S. Motor alterations associated with exposure to manganese in the environment in Mexico. **Science of the Total Environment**, 2006.
33. ROELS H, M. G, DELOS M. *et al.* Influence of the route o administration and the chemical form (MnCl₂, MnO₂) on the absorption and cerebral distribution of manganese in rats. **Archives of Toxicology** p. 223-230, 1997.
34. SAI, L. N. G.; LUNG, S. C.; KIN, C. L.; WING, K. C. Heavy metal contents and magnetic properties of playground dust in Hong Kong, **Environmental Moniting And Assessment**, v.89, n. 3, December, p. 221-232, 2003.

- bioquímica de zonas de manguezal da Baía de Aratu: Quando a água e sedimento baseada em parâmetros ecotoxicológicos.** Dissertação (Mestrado) Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia, 2002, 160p.
36. SHARMA, R. K; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. **Food and Chemical Toxicology**, p. 1-29, 2008.
 37. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos ó TACO. **NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, Versão II, 2ª ed., Campinas - São Paulo, 2006, 113p.
 38. [U.S. EPA] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Drinking Water standards and health advisories. **United Environmental Protection Agency**, Office of Water 4304. EPA 822-B-00-001, Washington DC, Summer, 2000.
 39. WASSERMAN, G. A.; LIU, X.; PARVEZ, F.; AHSAN, H. *et al.* Water Manganese Exposure and Children's Intellectual Function in Araihasar, Bangladesh. **Environmental Health Perspectives**. University of New York, New York, USA, 2006.
 40. WEISS, B. Economic implications of manganese neurotoxicity. **NeuroToxicology**, v. 27, p. 3626368, 2006.
 41. [WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Concise International Chemical Assesment Document nº12, Manganese and its compounds**. Geneva, 1999.
 42. [WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **A Model for Establishing Upper Levels of Intake for Nutrients and Related Substances**. Report of a Joint FAO/WHO Technical Workshop on Nutrient Risk Assessment WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 2005, 257p.

CAPÍTULO II

Avaliação do teor de Manganês em Banana prata (*Musa paradisiaca L.*), Acerola (*Malpighia puniceifolia*) e Farinha fermentada de mandioca (*Manihot utilissima*), procedentes do Distrito de Cotegipe, Município de Simões Filho ó BA

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar a concentração de manganês em amostras de banana prata (*Musa paradisiaca L.*), acerola (*Malpighia puniceifolia*) e farinha fermentada de mandioca ó puba (*Manihot utilissima*), através de Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) com chama. As amostras foram coletadas no município de Simões Filho-Ba, em duas áreas conhecidas como Cotegipe de baixo e Cotegipe de cima, que ficam próximas à siderúrgica de ferro-manganês. Avaliou-se também outros alimentos (arroz, arroz doce, feijão, macarrão, pipoca e suco de abacaxi ó todos prontos para consumo) fornecidos pelo Governo e que são consumidos na creche- escola da região. Para a determinação da concentração de manganês, foram utilizadas 60 (sessenta) amostras de frutas e puba, colhidas na região de Cotegipe, no período compreendido entre os anos de 2007 e 2008. Todas as amostras analisadas apresentaram resultados superiores em até 60 (sessenta) vezes dos valores informados por outros autores e em dados apresentados nas tabelas de informações nutricionais adotadas para a pesquisa. Levando-se em consideração apenas as áreas estudadas não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as concentrações de manganês obtidas nas amostras de banana e puba, entretanto, o mesmo não ocorreu com a acerola, onde a diferença foi significativa ($p < 0,05$). Os demais alimentos analisados (aqueles fornecidos à creche-escola da região) apresentaram valores compatíveis com as informações das tabelas adotadas, estando apenas alguns deles com teores inferiores aos limites de detecção do método ($0,59 \text{ mg.Kg}^{-1}$). Apesar destas concentrações estarem de acordo com os parâmetros apontados pela literatura, as concentrações encontradas nas amostras cultivadas na região, em particular nas bananas pratas, são elevadas e preocupantes. Todas as amostras foram submetidas a tratamento estatístico por ANOVA, visando comparar os resultados encontrados entre as duas áreas apresentadas aos dados consolidados da literatura. Em uma avaliação de risco, conforme valor médio de manganês de $71,6 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e máximo de $188,15 \text{ mg.Kg}^{-1}$ encontrados neste estudo, bastaria o consumo de uma ou duas unidades de banana prata por dia para que ultrapasse os limites de segurança de 5 mg/dia e 10 mg/dia recomendados pela OMS e ANVISA respectivamente.

Palavras-chave: manganês, *Musa paradisiaca L.*, *Malpighia puniceifolia*, *Manihot utilissima*, limites de segurança e avaliação de risco.

The present study it had for objective to evaluate the manganese concentration in samples of common banana (*Musa paradisiacal L.*), acerola (*Malpighia punicifolia*) and leavend cassava flour ó usually denominate õpubaõ (*Manihot utilissima*) through Espectrofotometria of Absorção Atômica (EAA) with flame. The samples had been collected in the city of Simões Filho-BA in two known areas as Cotegipe of low e from above Cotegipe that is next to a company that works with iron-manganese. Other foods (rice, sweet rice, beans, pasta, popcorn and juice of pineapple - all of them ready for consumption) were evaluated too, those ones supplied by the Government and consumed by children in a day-care center school of that area. For the determination of the manganese concentration, 60 (sixty) samples of harvested fruits and õpubaõ had been used in the area of Cotegipe between 2007 and 2008. All the analyzed samples had presented resulted superior in up to 60 (sixty) times of the values informed by other authors and tables of nutricionais information adopted for the research. Taking in consideration only the studied areas it didn't have significant difference ($p > 0,05$) in the manganese concentrations in the samples of common banana and õpubaõ, however, exactly didn't occur with acerola where the difference was significant ($p < 0,05$). The others kind of analyzed food (those supplied to the day-care center school of the area) had presented compatible values with the information of adopted tables, being only some of them with inferior texts to the limits of detention of method ($0,59 \text{ mg.Kg}^{-1}$). Although these concentrations to be in agreement with the parameters pointed for literature, the concentrations found in the samples cultivated in the region, in particular in the common bananas, are raised and a kind of information to trouble about. All the samples had been submitted the statistical treatment for ANOVA, aiming at to compare the results found between the two presented areas to the consolidated data of literature. In a risk evaluation, as average value of manganese of $71,6 \text{ mg.Kg}^{-1}$ maximum e of $188,15 \text{ mg.Kg}^{-1}$ found in this study, per day would be enough to the consumption of one or two units of common banana so that it respectively exceeds the limits of security of 5mg per day and 10mg per day recommended by OMS and ANVISA.

keyword: manganese, *Musa paradisiaca L.*, *Malpighia punicifolia*, *Manihot utilissima*, limits of security and evaluation of risk.

A contaminação por metais pesados em diversos alimentos é um dos aspectos mais importantes que interfere no comprometimento da qualidade toxicológica dos alimentos. Normas nacionais e internacionais em qualidade de alimentos têm diminuído bastante os níveis permitidos de metais tóxicos em alimentos, devido a um aumento da consciência dos riscos e inúmeros prejuízos que os metais tóxicos podem causar contaminando a cadeia alimentar (SHARMA *et al.*, 2008).

A contaminação de vegetais por metais pesados não pode ser subestimada, pois esses alimentos são de suma importância na dieta humana. Vegetais são fontes ricas em vitaminas, minerais, fibras e também têm efeitos antioxidantes benéficos. Porém, metais pesados quando contaminam os vegetais podem causar um risco à saúde humana (SHARMA *et al.*, 2008). Podem ser depositados das emissões industriais e de veículos automotores nas superfícies dos vegetais, no solo onde são cultivados, durante a sua produção, transporte e comercialização (JASSIR *et al.*, 2005).

O manganês (Mn) ocorre naturalmente na natureza em minérios, no solo, água e alimentos. É um elemento essencial para o homem e animais, que tem papel na mineralização dos ossos, metabolismo energético e protéico, na regulação metabólica, na proteção celular contra danos provocados pelos radicais livres e na formação de glicosaminoglicanos (WEDLER, 1994). Atua como constituinte de enzimas e como ativadores enzimáticos. Estão entre as enzimas que possuem Mn as piruvatocarboxilases, arginases e dismutases manganês-peroxidases.

Embora o Mn seja um micronutriente, a exposição a altas concentrações por via respiratória ou digestiva, pode causar sérios efeitos adversos. Foi sugerido que estes efeitos adversos na saúde, especialmente os neurológicos, ocorrem como uma disfunção continuada que é dose-dependente, ou seja, efeitos moderados ou não detectados podem ser causados por quantidades baixas, mas fisiologicamente excessivas, parecem aumentar em severidade à medida que aumentam os níveis de exposição (MERGLER, 1994). Está evidenciado que a exposição ao Mn a níveis muito elevados resulta em danos neurológicos permanentes. A exposição crônica a concentrações bem mais baixas tem sido associada ao déficit de executar movimentos rápidos das mãos e alguma perda de coordenação e equilíbrio, assim como um

brandos como esquecimentos, ansiedade e insônia

(BARBEAU, 1984).

O nível máximo de Mn tolerável de ingestão (UL), segundo o IOM (2001)/WHO (2005), é de 11 mg/dia para adultos, adolescentes (9 mg/dia) e crianças de 1 a 13 anos (2-6 mg/dia) (HIGDON, 2001). Efeitos críticos adversos no aumento desse mineral no sangue, elevam os riscos dos efeitos neurotóxicos, sobretudo no feto em formação e nas crianças (WHO, 2005).

O presente estudo objetivou avaliar o teor de manganês em alguns alimentos (banana prata, acerola e puba) cultivados e produzidos nas proximidades de uma eletrosiderúrgica de ferro-manganês, assim como alimentos fornecidos pelo Governo para uma creche-escola do município de Simões Filho ó Bahia, fornecendo subsídios para análise de risco.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.1.1 Amostras

Foram coletadas 60 amostras: 20 (vinte) amostras de banana prata (*Musa paradisiaca L.*), 20 (vinte) amostras de acerola (*Malpighia puniceifolia*) e 20 (vinte) amostras de farinha fermentada de mandioca-puba (*Manihot utilissima*), sendo que, das 20 amostras de cada tipo de alimento, metade delas foram coletadas em Cotegipe de baixo (Cb) e a outra metade em Cotegipe de cima (Cc), ambas localizadas no município de Simões Filho - BA.

Primeiramente, foram coletadas as amostras de Cotegipe de baixo e depois as de Cotegipe de cima. A coleta foi realizada de modo aleatório, em terrenos (quintais) de moradores e transportadas à temperatura ambiente, em sacos plásticos fechados e identificados (nº da amostra, nome da amostra, data, hora da coleta, localização e área do estudo). Posteriormente as amostras foram armazenadas sob temperatura de congelamento (-18°C), no freezer do laboratório de Controle de Qualidade (LAPAAC) / Faculdade de Farmácia - UFBA, até o momento da análise. Para as amostras de banana prata foram coletadas 20 pencas (10 pencas

Cada amostra de acerola pesava 200g e puba, 500g. O período de coleta foi diferente (outubro a dezembro de 2007) para as amostras de acerola, devido à safra; as amostras de banana prata e puba foram coletadas no período de março de 2007 a março de 2008.

Também foram coletadas, na creche-escola da comunidade de Cotegipe, 6 (seis) amostras prontas para consumo (feijão, arroz, macarrão, pipoca, arroz doce e suco de acerola), no período de abril a junho de 2008. Cada amostra pesava 200g e foram coletadas em três dias alternados, sendo 2 amostras para cada dia da merenda. As mesmas foram acondicionadas em vasilhames de polietileno, identificadas, transportadas em sacola térmica e, logo em seguida, armazenadas à temperatura de -18°C.

A amostra de referência utilizada foi a *Apple Leaves* SRM 1515, certificada da NIST (National Institute of Standard and Technology, Gaithersburg, EUA) para validação do método analítico, no qual os resultados foram comparados com os valores certificados para verificação da exatidão do método.

2.1.2 Equipamentos

Balança analítica modelo AG 285, marca Mettler Toledo; Liofilizador modelo L101 LIOTOP; Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA), equipamento Varian, modelo AA 220FS, com chama e corretor de fundo com lâmpada de deutério para determinação de Mn; Forno de microondas modelo DGT 100 Plus, marca Provecto; freezer marca Consul, modelo 530; capela de exaustão de gases.

2.1.3 Limpeza de vidrarias

As vidrarias foram lavadas com sabão neutro e enxaguadas em água corrente. Depois foram quimicamente descontaminadas em banho de ácido nítrico a 10% PA ó Merck, por um período de 24 horas, enxaguadas com água destilada (Tipo 2) e ultra pura (Tipo I) Milli-Q e secas em ambiente climatizado.

As soluções e reagentes utilizados foram o ácido nítrico (HNO_3) supra-puro - Merck (para análise) e ácido nítrico a 10% PA ó Merck (descontaminação de vidrarias), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ó Merck (para análise); água ultra pura Tipo I ó Milli-Q (deionizada com resistividade específica de $18,2 \text{ Má} \cdot \text{cm}^{-1}$), detergente neutro, nitrato de magnésio e solução padrão estoque de manganês (Merck). A solução padrão foi feita com HNO_3 10% (v.v⁻¹). A curva de calibração consistiu de quatro pontos mais o branco e a faixa de concentração variou de 1 a $4 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (ppm).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área do estudo

As amostras foram processadas e analisadas nos laboratórios LAPAAC (Controle de Qualidade de Alimentos/ Faculdade de Farmácia) e LEPETRO (Laboratório de Estudos do Petróleo / Núcleo de Estudos Ambientais - Instituto de Geociências), respectivamente, ambos da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Foram selecionados alimentos representativos da produção da localidade de Cotegipe, distrito de Simões Filho, a cerca de 25 Km de Salvador, às margens da BR-324 (**Figura 1**). A farinha fermentada de mandioca, conhecida como puba, representa a principal fonte de renda da comunidade. Foram considerados outros alimentos, porém o cultivo da banana prata (*Musa paradisiaca* L.) e, em menor escala, o da acerola (*Malpighia puniceifolia*) eram mais predominantes em todas as áreas deste distrito e amplamente consumidos pela população local, sendo portanto, escolhidos para a execução deste estudo, conforme levantamento realizado entre março a junho de 2008 pela equipe da ACC FAR 460 - PROSA - Programa de Segurança Alimentar da UFBA.

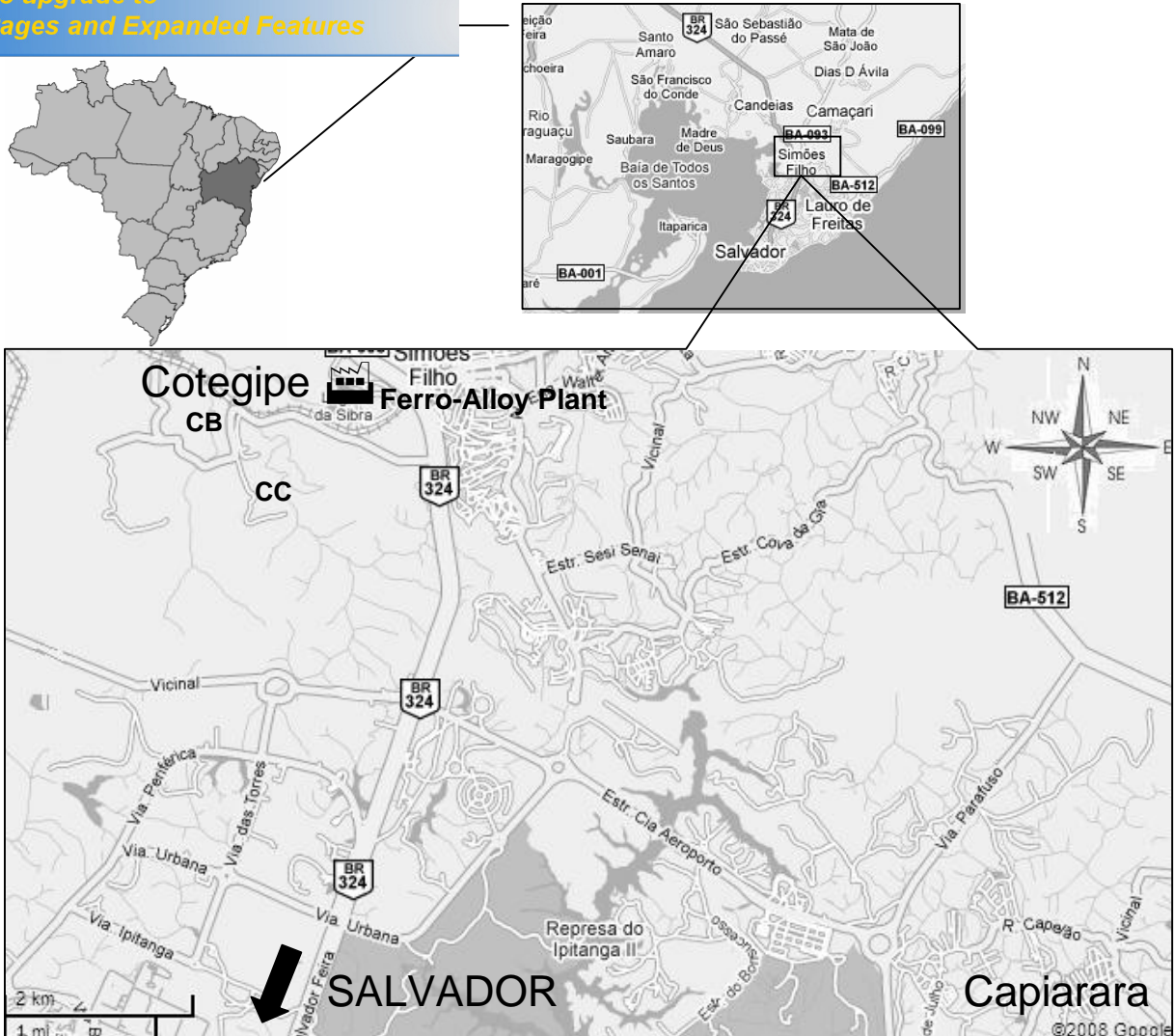


FIGURA 01. Mapa do município de Simões Filho com as áreas da Vila Cotegipe nas proximidades da eletrosiderúrgica.

Foram definidas duas áreas de estudo em Cotegipe: **área 1** ó Cotegipe de baixo (Cb), área mais densamente habitada, plana, com distância entre 1 e 1,5 Km a oeste da fonte da indústria, área mais impactada pela emissão de metais pesados, principalmente manganês e chumbo; **área 2** ó Cotegipe de cima (Cc), um platô de cerca de 80 m de altura, distando em média 2 a 2,5 Km a sudoeste da indústria, fora da direção dos ventos predominantes na região.

Essas áreas foram anteriormente estudadas por Menezes-Filho *et al.* (2007), cadastradas, georreferenciadas em 154 residências, incluindo-se, somente, as unidades regularmente habitadas, ou seja, excluindo-se as unidades em construção, abandonadas e as utilizadas para veraneio ou época de colheita.

Todas as amostras foram pesadas em balança analítica, homogeneizadas, quartiadas, sendo distribuídos dois quartis para as análises e dois quartis para testemunho.

O preparo das amostras, para a determinação do teor de manganês, teve início com o processo de corte (para a banana prata descascada e a acerola íntegra), sem lavagem; em seguida, foi realizada liofilização à temperatura de -50°C , por 24 horas (a puba), 48 horas (a acerola) e 72 horas (a banana prata). As variações do tempo de liofilização podem ser atribuídas ao teor de umidade e, especialmente, aos carboidratos das amostras. Após liofilização, as amostras foram maceradas em um almofariz de vidro (previamente descontaminado), por um tempo necessário, até obterem partículas menores e homogêneas, às quais foram acondicionadas em vasilhames plásticos de polietileno, hermeticamente fechados e colocados em dessecador até o momento da digestão. Foram determinados o teor de umidade das amostras, em secagem direta, em estufa a 105°C até obter peso constante da amostra, segundo o método do Instituto Adolfo Lutz (2005),

2.2.3 Digestão das amostras

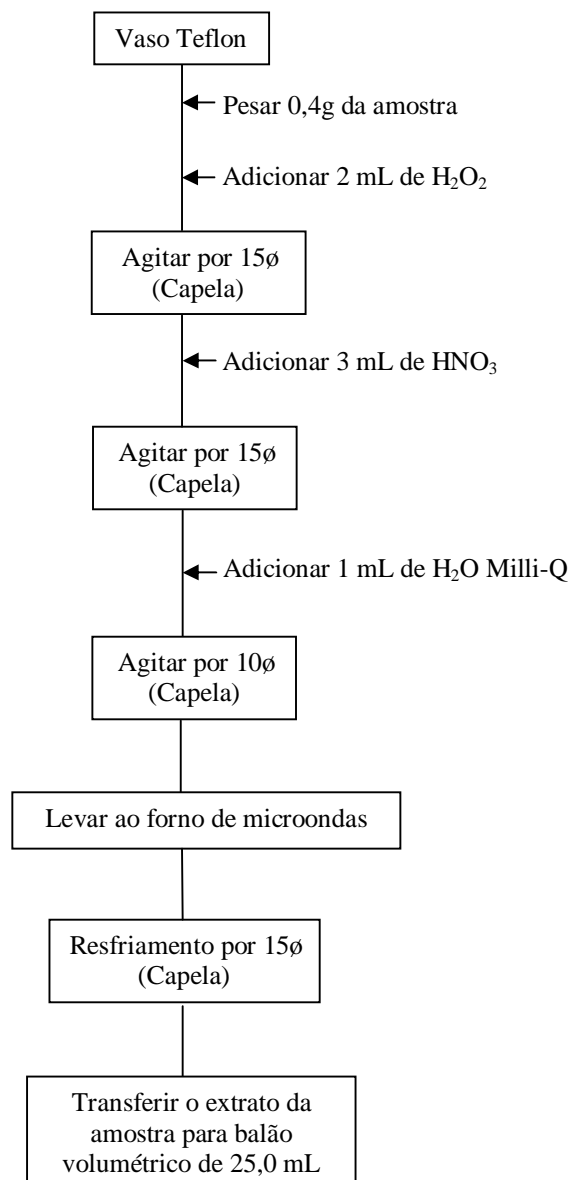
Para a digestão das amostras, seguiu-se a metodologia do Manual de Métodos Provecto, nº 35, forno de microondas. O método consistiu (fig.02) em pesar, diretamente em vasos de teflon, em balança analítica, 0,4g de cada uma das amostras de banana prata, acerola e puba (peso seco), e levados para a capela de exaustão, por 30 minutos; foram adicionados 2 mL de H_2O_2 (peróxido de hidrogênio), 3 mL de HNO_3 (ácido nítrico) e 1 mL de água ultra pura (Milli-Q), em seguida, digeridas em forno de microondas, conforme programação descrita na tabela 01.

A digestão foi realizada totalmente, resultando numa amostra incolor e límpida. Todas as amostras foram realizadas em duplicata, além de um branco e um padrão de referência (Apple Leaves SRM 1515 NIST), que passaram pelo mesmo processo das amostras. Após a digestão total, as amostras foram para leitura do teor de Mn, no EAA com chama.

microondas (Programa 50), nº 35, para extração do teor de Mn
1, no Distrito de Cotegipe, Município de Simões Filho ó Bahia.

ETAPAS	1ª	2ª	3ª
TEMPO (minutos)	2	5	3
POTÊNCIA (Watts)	400	790	0

A leitura foi realizada por Espectrometria de Absorção Atômica (EAA) com chama, para a determinação de Mn. O aparelho foi operado com um comprimento de onda de 279,5 nm para o manganês e o oxidante utilizado foi o acetileno (**figura 02**).



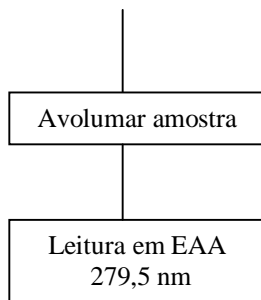


FIGURA 02. Fluxograma de digestão das amostras (acerola, banana prata e puba) para extração de manganês.

2.2.4 Análise Estatística

Os resultados das concentrações de manganês em frutas (acerola e banana-prata) e na mandioca fermentada (puba) foram analisados estatisticamente (BARBIN, 2003), através de cálculos de medidas resumo univariadas dos dados para cada tratamento testado (Média = média aritmética e D.P. = desvio padrão) e em seguida foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para verificar se houve diferença entre as médias dos tratamentos e as médias comparadas através de teste de Tukey, utilizando o *software Minitab*[®] 14 para análise dos dados. Em todos os testes foi adotado o nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a **tabela 02**, para os valores encontrados de umidade, as amostras de acerola (85,74%), banana prata (73,37%) e puba (16,72%) estavam compatíveis com o teor de umidade, segundo a Tabela TACO (2006).

O LDM (Limite de Detecção do Método) foi de 0,59 mg.Kg⁻¹. Foi calculado a partir de 30 medidas de um padrão contendo 0,1 mg.L⁻¹ de manganês. Através dessas medidas foi calculado também o desvio-padrão relativo (s).

s das coletas de banana prata, acerola e puba no distrito de

Amostras coletadas	Umidade (%) neste estudo	Umidade (%) TACO (2006)
Banana prata	73,37	71,9
Puba	16,72	17,8 *
Acerola	85,74	90,5

Fonte: Instituto Adolfo Lutz, 2005

*Fécula de mandioca

O critério de aceitação dos resultados estava dentro do desvio padrão expresso na certificação. Foi realizado um teste piloto para validar o método a ser empregado. O controle de qualidade foi satisfatório, pois atingiu 98% de recuperação; o valor de Mn encontrado no padrão foi de $54 \pm 3 \text{ mg.Kg}^{-1}$, enquanto que o valor real certificado foi de $52,8 \pm 0,02 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (**Tabela 03**).

TABELA 03 - Valores de manganês encontrados na amostra padrão de referência, real de certificação e recuperação.

Elemento Químico	Amostra de referência Apple Leaves (NIST)	Valor real nesse estudo	Recuperação
Mn	$54 \pm 3 \text{ mg.Kg}^{-1}$	$52,8 \pm \text{ mg.Kg}^{-1}$	98%

(n=2)

Os dados brutos dos teores de Mn nas dez amostras dos alimentos, assim como a média aritmética e desvio padrão das duas áreas (Cb e Cc) estão listados na **Tabela 04**. Todos os resultados estão expressos em miligrama de Mn por kilograma do peso seco do alimento analisado.

as frutas e na farinha fermentada de mandioca das duas

Amostras	Acerola		Banana		Puba	
	Cc	Cb	Cc	Cb	Cc	Cb
1	7,85 ± 0,12	9,35 ± 0,18	47,24 ± 3,12	5,20 ± 0,17	0,45 ± 0,25	<LDM
2	13,65 ± 0,26	10,43 ± 0,49	54,51 ± 0,40	16,88 ± 0,23	< LDM	1,23 ± 0,01
3	14,15 ± 0,11	13,36 ± 0,18	59,46 ± 2,14	19,70 ± 0,70	1,35 ± 0,14	1,31 ± 0,01
4	14,96 ± 0,13	19,31 ± 0,07	74,17 ± 2,90	29,00 ± 0,18	1,63 ± 0,04	1,88 ± 0,28
5	15,56 ± 0,28	27,00 ± 0,67	84,76 ± 2,60	29,80 ± 0,08	1,72 ± 0,04	2,73 ± 0,09
6	15,91 ± 0,51	30,62 ± 1,52	86,19 ± 0,30	39,70 ± 1,04	2,26 ± 0,25	2,78 ± 0,26
7	16,42 ± 0,51	40,16 ± 0,39	91,23 ± 2,84	89,90 ± 0,56	2,29 ± 0,08	2,94 ± 2,60
8	17,48 ± 0,28	42,40 ± 0,30	121,83 ± 0,20	124,94 ± 1,08	3,79 ± 0,39	4,07 ± 0,24
9	33,55 ± 0,03	44,07 ± 2,59	140,56 ± 0,49	129,08 ± 0,53	3,92 ± 0,02	4,21 ± 1,26
10	37,40 ± 1,00	44,60 ± 2,04	176,02 ± 4,94	188,15 ± 0,40	4,41 ± 0,25	5,29 ± 0,01
Med.±SD	18,69 ± 8,79	28,13 ± 13,57	93,60 ± 41,03	66,73 ± 62,23	2,26 ± 1,29	2,64 ± 1,51

Os níveis de Mn nas amostras de acerola coletadas em Cc e Cb apresentaram médias de 18,64 mg.Kg⁻¹ e 28,13 mg.Kg⁻¹, respectivamente. Em ambas as localidades foi observada grande variabilidade nos teores de Mn de aproximadamente 50%, com resultados variando de 7,85 a 44,60 mg.Kg⁻¹. A **Figura 03** apresenta a distribuição desses valores nas duas localidades. Foi observada uma diferença significativa (p<0,05) nas concentrações médias de Mn nas acerolas cultivadas nas duas localidades da Vila Cotegipe (**Tabela 05**). Os valores mínimos e máximos de Mn em acerolas foram: 7,85 mg.Kg⁻¹ e 37,40 mg.Kg⁻¹ para Cc e 9,35 mg.Kg⁻¹ e 44,60 mg.Kg⁻¹ para Cb. Esses valores, quando comparados com os da tabela TACO (2006) de 0,7 mg.kg⁻¹ são muito elevados, sendo superiores em até 63 vezes. Os valores médios de Mn em puba e acerola são maiores em Cotegipe de baixo comparado a Cotegipe de cima. Esse fato pode ser atribuído à menor distância e posicionamento em relação à fonte de emissão, área mais impactada pelo Mn, assim como uma provável maior absorção desse elemento pelo solo e pela planta.

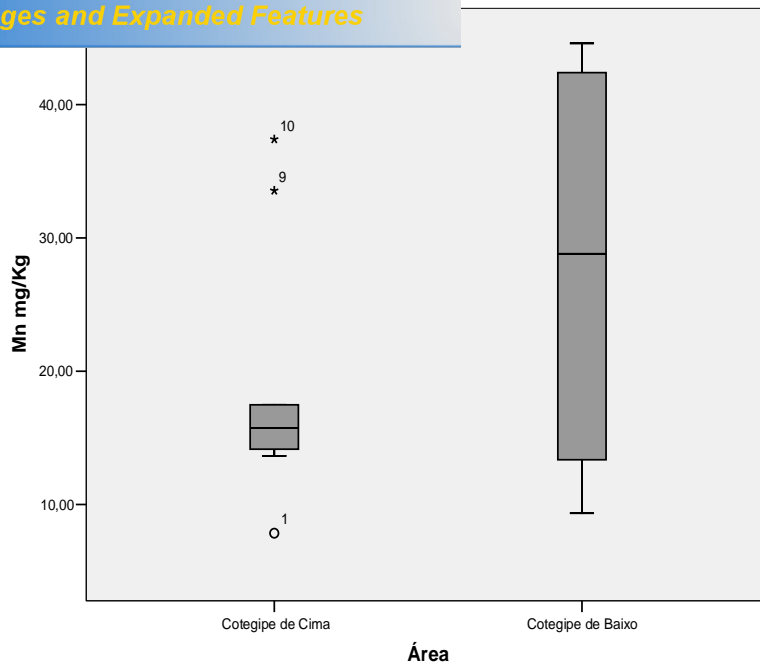


FIGURA 03. Teores de Mn em acerola de acordos com as áreas da Vila de Cotegipe.

Nas amostras de banana prata os valores médios de Mn foram $93,60 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cotegipe de cima (Cc) e $66,73 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cotegipe de baixo (Cb), respectivamente. Os valores mínimos e máximos de Mn na banana foram: $47,24 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $176,02 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cc e $5,20 \text{ mg.Kg}^{-1}$ e $188,15 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cb. Esses valores, quando comparados com os da Tabela TACO (2006) de $4,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ e $6,7 \text{ mg.Kg}^{-1}$ (Franco, 2007) são bastante elevados, sendo superiores em até 45 e 28 vezes. Contudo, estes resultados não alcançaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) **Tabela 05**. Entre as amostras coletadas em Cc, os níveis de Mn variaram bem menos (43,8%) do que entre as amostras coletadas na área mais próxima à indústria (93,3%), como pode ser observado no gráfico box-plot na **Figura 04**.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

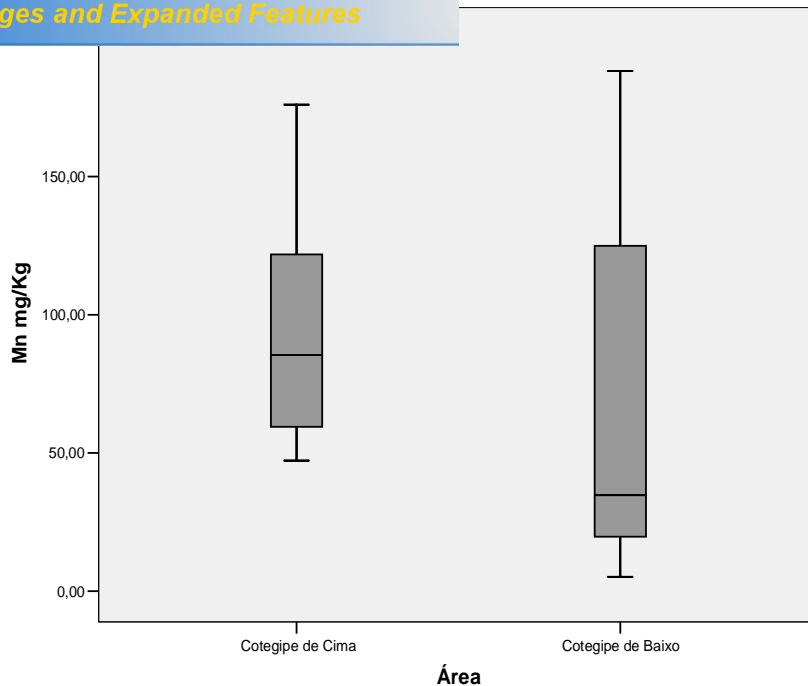


FIGURA 04. Teores de Mn em banana de acordo com as áreas da Vila de Cotegipe.

De acordo com as concentrações de Mn em amostras de puba, foram bastante variadas com relação à média, com alto desvio padrão, tanto entre valores de cada região quanto em valores entre as regiões. Os valores médios de Mn foram $2,26 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cotegipe de cima (Cc) e $2,64 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cotegipe de baixo (Cb), não sendo encontrado diferença estatística ($p > 0,05$), como pode ser observada pela distribuição dos resultados no gráfico box-plot na **Figura 05**. Os valores mínimos e máximos de Mn em pubas foram: $< \text{LDM}$ e $4,41 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cc e $< \text{LDM}$ e $5,29 \text{ mg.Kg}^{-1}$ para Cb. Esses valores, quando comparados com os da Tabela TACO (2006) de $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ são superiores em até 10 vezes. Pode-se inferir, que apesar de valores de Mn em puba deste estudo serem superiores aos da tabela referida, a ingestão desse alimento pelas crianças, nessas duas áreas, não implica em agravos à saúde, levando-se em consideração a baixa ingestão e de forma indireta, ou seja, através de bolo de puba (carimã), segundo um inquérito realizado previamente com as mães, pelo Programa de Segurança Alimentar (PROSA) ó Faculdade de Farmácia.

Click Here to upgrade to Unlimited Pages and Expanded Features

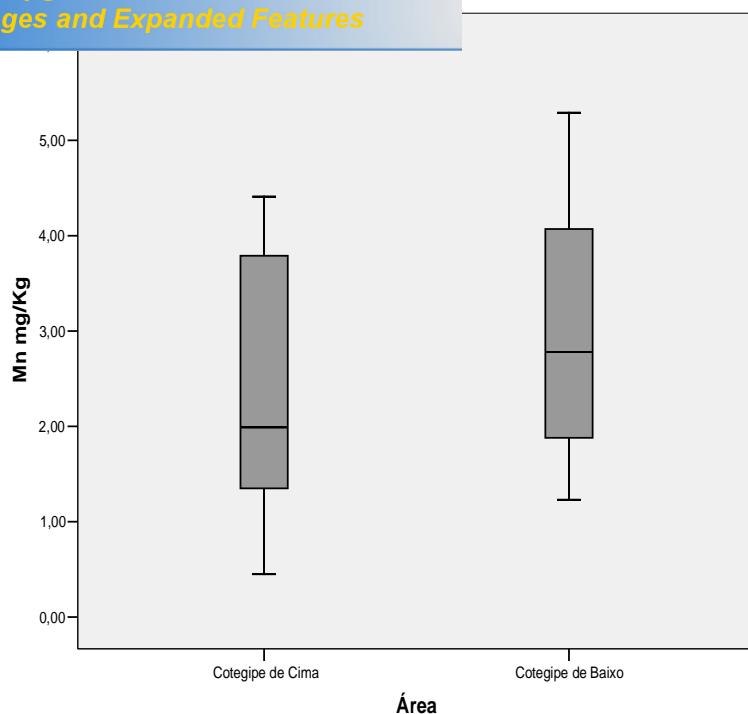


FIGURA 05. Teores de Mn na farinha de puba de acordo com as áreas da Vila de Cotegipe

TABELA 05 - Valores médios com desvio padrão do teor de manganês (mg.Kg^{-1}) em alimentos cultivados e consumidos em Cotegipe de baixo e Cotegipe de Cima, distrito de Simões Filho ó BA.

Alimentos	Manganês		Valores Limites	
	Cotegipe de cima	Cotegipe de baixo	TACO (2006)	FRANCO (2007)
Acerola	$18,69^a \pm 8,79$	$28,13^b \pm 13,57$	0,7	nd
Banana prata	$93,60^a \pm 41,03$	$66,73^a \pm 62,23$	4,2	6,7
Puba	$2,26^a \pm 1,29$	$2,64^a \pm 1,51$	0,5	nd

Obs.: Letras minúsculas iguais indicam que não há diferença significativa ($p > 0,05$) do teor de manganês das amostras de acerola, banana prata e puba entre as duas áreas de estudo; letras minúsculas diferentes indicam que há diferença significativa ($p < 0,05$). nd - valor não declarado.

A tabela abaixo (**tab. 06**) descreve um estudo comparativo do teor de Mn das duas áreas do presente estudo (Cc e Cb) com estudos realizados por outros autores.

dados nas duas áreas da Vila de Cotegipe, as amostras de acerola demonstram valores mínimos e máximos de Mn (7,85 ó 37,40 mg.Kg⁻¹ em Cc e 9,35 ó 44,60 mg.Kg⁻¹ em Cb) bastante elevados quando comparados com os estudos realizados por Leterme e colaboradores (2006), que apresentaram valor de 0,9 mg.Kg⁻¹ na acerola e pela tabela nutricional da TACO (2006), que apresentou valor de 0,7 mg.Kg⁻¹.

Santos *et al.* (2004), realizaram um estudo com indivíduos adultos, habitantes da cidade do Rio de Janeiro, no qual foi investigada a dieta e os teores de vários elementos-traços, incluindo o Mn, em diversos produtos alimentícios mais consumidos por essa população, inclusive na farinha de mandioca, que apresentou valores de Mn entre 1,8 - 5,1 mg.kg⁻¹ (média 2,9), compatíveis com o estudo realizado na amostra de puba nas duas áreas da Vila de Cotegipe (< LDM ó 4,41 mg.kg⁻¹ em Cc e < LDM ó 5,29 mg.kg⁻¹ em Cb), enquanto que a banana prata variou entre 3,8 - 7,7 mg.kg⁻¹ (média 5,4), valores bem abaixo dos encontrados nas duas áreas de Cotegipe (47,24 ó 176,02 mg.kg⁻¹ em Cc e 5,20 ó 188,15 mg.kg⁻¹ em Cb). Os autores concluíram que o Mn teve resultados dentro dos valores recomendados pela literatura, não havendo contaminação por esse metal.

Em uma investigação realizada por Leterme e colaboradores (2006), foram coletadas 68 espécies de frutas tropicais, folhas e tubérculos dos Andes e das florestas tropicais da Costa Colombiana. Foram determinados vários teores de minerais, dentre eles, o Mn, sendo encontrado na mandioca, valor de Mn de 1,2 mg.Kg⁻¹, banana, valores entre 1,3 ó 4,0 mg.Kg⁻¹, compatíveis com os valores apresentados por Santos *et al.* (2004) e com os valores encontrados nas duas áreas de Cotegipe e acerola 0,9 mg.Kg⁻¹, compatível com o valor apresentado na tabela nutricional da TACO (2006), de 0,7 mg.Kg⁻¹, porém bem abaixo dos valores apresentados nas duas áreas de Cotegipe (7,85 ó 37,40 mg.Kg⁻¹ em Cc e 9,35 ó 44,60 mg.Kg⁻¹ em Cb).

Em outro estudo realizado na Austrália (TINGGI *et al.*, 1997), foram determinados os teores de manganês em alimentos como: pães, biscoitos, carnes, cereais, produtos lácteos, vegetais e frutas. Na banana prata (5 amostras) foi encontrada uma média de 3,3 ± 0,9 mg.kg⁻¹ para o Mn. Esse valor encontra-se compatível com os estudos de Santos *et al.* (200), Leterme *et al.* (2006) e com a tabela nutricional da TACO (2006), porém encontra-se bem abaixo quando comparado com os valores encontrados nas duas áreas de Cotegipe.

ANEXO 06 - Estudo comparativo do teor de Mn nas amostras de frutas e puba das duas áreas da Vila de Cotegipe com outros estudos.

Amostras	Manganês - Limites (máximo e mínimo)					
	Cc	Cb	Outros estudos			
			Leterme <i>e cols.</i> (2006)	Santos <i>et al.</i> (2004)	Tinggi <i>et al.</i> (1997)	Tabela TACO (2006)
Acerola	7,85 ó 37,40	9,35 ó 44,60	0,9	nd	nd	0,7
Banana	47,24 ó 176,02	5,20 ó 188,15	1,3 ó 4,0	3,8 ó 7,7	3,3	4,2
Puba	< LDM ó 4,41	< LDM ó 5,29	1,2	1,8 ó 5,1	nd	0,5

nd - valor não declarado.

Em um estudo realizado por Miller-Ihli (1996), nos EUA, foram determinados elementos-traços na composição nutricional de 32 diferentes frutas, dentre elas, a banana. Os valores foram comparados com os de referência americana da FDA de 1982 a 1991. O manganês mostrou moderada variabilidade neste estudo. Na maioria das vezes, os valores médios não variaram mais que 30 a 50% quando comparados com os valores referidos pela literatura. Um exemplo é o conteúdo de manganês de bananas. A concentração determinada no estudo foi bem ajustada à concentração determinada por Pennington (1995), para o valor de manganês na banana, 3,98 mg.kg⁻¹, mas a USDA Handbook (1982) para o valor de manganês na banana, 1,52 mg.kg⁻¹.

Hardisson *et al.* (2001) realizaram um estudo sobre a composição mineral da banana na ilha de Tenerife, na Espanha, tendo obtido uma concentração de Mn de 55,3 ± 0,02 mg.Kg⁻¹ e valor certificado de 54 ± 3 mg.Kg⁻¹. Esse resultado, segundo os autores, não apresentou diferença significativa, embora tenha apresentado diferença em outros elementos.

Santelli *et al.* (2006), em um estudo de técnicas multivariadas de digestão por sistema de microondas, encontraram valores de Mn na farinha de mandioca de 3,27 ± 0,06 mg.kg⁻¹ e valores certificados de 3,93 ± 1,04 mg.kg⁻¹, não sendo observado diferenças estatísticas dos valores certificados. Esses valores de Mn são semelhantes aos valores encontrados em Cotegipe.

VISA, (Brasil, 2005), a estimativa de IDR de manganês em crianças entre 1 e 10 anos é de 1,2 a 1,7 mg/dia, comparando-se com o presente estudo, se cada criança ingerisse 2 bananas prata ou 180g de acerola ou 500 g de puba/dia produzidas no distrito de Cotegipe, certamente essa criança terá ultrapassado a faixa de ingestão diária segura de 2 a 6 mg/dia de manganês (WHO, 2005).

A **tabela 07** apresentou valores de Mn em quatro tabelas de composição de alimentos, uma nacional, designada como TACO (2006) e três internacionais: Mccance (2002), USDA (1982) e Heinemann (2005) comparados com os valores em amostras de alimentos consumidos na creche-escola de Cotegipe. Apenas o valor do teor de Mn na amostra de feijão cozido da creche (6,97 mg.Kg⁻¹) foi superior quando comparado com a Tabela TACO (2006) (2,8 mg.Kg⁻¹). Todos os outros alimentos apresentaram valores de Mn abaixo do limite de detecção do método (LDM), ou seja, menor que 0,59 mg.Kg⁻¹. No estudo realizado por Okada *et al.* (2007), o teor de Mn do arroz polido cru foi 10,6 mg.Kg⁻¹, se aproximando mais com o valor obtido pela Tabela da USDA. Os valores de feijão, pipoca, suco de abacaxi e macarrão e arroz doce das Tabelas Mccance, USDA e Heinemann não foram declarados. A amostra de arroz doce colhida na creche apresentou valor de Mn de 4,07 mg.Kg⁻¹, porém não foi declarado nenhum valor pelas tabelas referidas.

Os resultados dos valores de Mn em alimentos consumidos na creche-escola encontravam-se dentro do parâmetro de referência, não sendo possível inferir uma contaminação dos mesmos por esse mineral.

TABELA 07 - Valor de Mn em alimentos publicados em tabelas de composição de alimentos comparados com o teor de Mn encontrado em amostras de alimentos consumidos na creche-escola de Cotegipe, município de Simões Filho ó BA.

Alimentos	Mn (mg.Kg ⁻¹)				
	Creche-escola Cotegipe (alim.coz.)	TACO (alimento cozido)	Mccance (alim. cru)	USDA (alim.cru)	Heinemann (alim. cru)
Arroz	< LDM	3,00	12,00	10,37	4,50
Feijão	6,97	2,80	nd	nd	nd
Macarrão	< LDM	2,00	nd	nd	nd
Pipoca	< LDM	nd	nd	nd	nd
Suco abacaxi	< LDM	nd	nd	nd	nd
Arroz doce	4,07	nd	nd	nd	nd

nd = valor não declarado

Dos três alimentos analisados, foi encontrado diferença significativa nos teores médios de Mn entre as áreas de Cotegipe (Cc e Cb) somente entre as amostras de acerola, indicando que em média as frutas cultivadas em Cotegipe de baixo têm teor de Mn aproximadamente 50% a mais do aquelas cultivadas na área mais distante da siderúrgica, ou seja, da área com menor impacto da deposição do material particulado emitido pela indústria. Esse achado está de acordo com os estudos de Menezes-Filho et al. (2009) que detectaram níveis elevados Mn no cabelo das crianças desta localidade, apresentando um gradiente de concentração de acordo com a distância e a posição da residência em relação à siderúrgica.

Pode se inferir que, de fato, a população das áreas estudadas se encontra vulnerável e exposta a altas concentrações de manganês, podendo enfrentar sérios riscos e agravos à saúde, assim como doenças crônicas irreversíveis.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBIN, D. **Planejamento e Análise Estatística de Experimentos Agrônomicos**. Ed. Midas, 2003, 194p.
2. BAREBEAU A. Manganese and extrapyramidal disorders (a critical review and tribute to Dr. George C.Cotzias). **Neurotoxicology**, v. 5, p.13-35, 1984.
3. BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC N° 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre Ingestão Diária Recomendada (IDR) para Proteína, Vitaminas e Minerais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 de dezembro de 2000, 2005.
4. FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. Editora Atheneu, 9ª edição, São Paulo, 2007, 307p.
5. HARDISSON, A.; RUBIO, C.; BAEZ, A.; MARTIN, M.; ALVAREZ, R, DIAZ, E. Mineral Composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, v. 73, 2001, p. 153-161.
6. HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition Analysis**, v. 18, n. 4, p. 287-296, 2005.

Information Center. **Linus Pauling Institute**. Oregon
State University, 2001, 2009.

8. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4 ed., Brasília. Brasil, Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. 2005, 1018p.
9. IOM (Institute of Medicine). Dietary Reference Intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC, **National Academy Press**, 2001.
10. JASSIR, M. S.; SHAKER, A.; KHALIQ, M. A. Deposition of heavy metals on green 376 leafy vegetables sold on roadsides of Riyadh city, Saudi Arabia. **Bull. Environ. Contamination Toxicology**, v. 75, p. 1020 ó 1027, 2005.
11. LETERME, P.; BULDGEN, A.; ESTRADA, F.; LONDOÑO, A. M. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, v. 95, p.644 ó 652, 2006.
12. Manual de Métodos do Forno de Microondas Provector, modelo DGT 100 Plus, programa 50, nº 35.
13. MCCANCE, R. A.; WIDDOWSON, E. M. **The Composition of Foods**, 6th edition. Londres: The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2002.
14. MENEZES-FILHO, J. A.; PAES, C. R.; SILVA, J. V.; BASTO, C. A. C. O.; CARVALHO, W. A. Manganês e Chumbo em sangue e cabelo de adolescentes de área próxima a uma siderúrgica - Um estudo piloto. In: XV Congresso Brasileiro de Toxicologia, 2007, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Toxicologia**, v. 20, 2007.
15. MENEZES-FILHO, J. A. Paes CR, Pontes AC, Moreira JC, Sarcinelli PN and Mergler D. High levels of hair manganese in children living in the vicinity of a ferro-manganese alloy production plant. **NeuroToxicology**, *in press*, 2009.
16. MERGLER D.; HUEL G.; BOWLER R.; IREGRAN A.; BELANGER S.; BALDWIN M.; TARDIF R.; SMARGIASSI A.; MARTIN L. Nervous system dysfunction among workers with long-term exposure to manganese. **Environmental Research**, v. 64, n.2, p.151-180, 1994.
17. MILLER-IHLI, N. J. Atomic Absorption and Emission Spectrometry for the Determination of the Trace Element Content of Selected Fruits consumed in the United States. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.9, p. 301-311, 1996.
18. OKADA, J. A.; DURAN, M. C.; BUZZO, M.L.; DOVIDAUSKAS, S.; SAKUMA, A.M.; ZENEBEN, O. Validação e aplicação de metodologia analítica na determinação de nutrientes inorgânicos em arroz polido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 492ó497, 2007.

- ER ST et al., Role of liver in regulating distribution and excretion of manganese. **American Journal Physiology**, p. 211 ó 216, 1966.
20. PENNINGTON, J. A. T.; SCHOEN, S. A, SALMON, G. D.; YOUNG, B.; JOHNSON, R. D.; And MARTS, R. W. Composition of Core Foods of the U.S. Food Supply, 1982-1991. I. Sodium, Phosphorus, and potassium. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.8, p. 91-128, 1995.
 21. SANTELLI, R. E.; BEZERRA, M. A.; SANTANA O. D.; CASSELLA, R. J.; FERREIRA, S. L. C. Multivariate technique for optimization of digestion procedure by focussed microwave system for determination of Mn, Zn and Fe in food samples using FAAS. Universidade federal Fluminense, Niterói, RJ, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química, Salvador, Bahia. **Talanta**, v.68, p. 1083-1088, 2006.
 22. SANTOS, E. E.; LAURA, D. C.; SILVEIRA, C. L. P da,. Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. Universidade Estadual do Rio de Janeiro; Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, **Science of the Total Environment**, v. 327, p. 69-79, 2004.
 23. SHARMA, R. K; AGRAWAL, M.; MARSHALL, F. Heavy metals in vegetables collected from production and market sites of a tropical urban area of India. **Food and Chemical Toxicology**, p. 1-29, 2008.
 24. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos ó TACO. **NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, Versão II, 2ª ed., Campinas - São Paulo, 2006, 113p.
 25. TINGGI, U.; REILLY, C.; PATTERSON, C. Determination of manganese and chromium in foods by atomic absorption spectrometry after wet digestion. **Food Chemistry**, New York, n.1, v.60, p.123-128, 1997.
 26. USDA Handbook U. S. **Dept. of Agriculture, Human Nutrition** information Service, Nutrition Monitoring division, Hyattsville, MD, v. 8, 1982 revision.
 27. WEDLER, F.C. Biochemical and nutritional role of manganese: an overview. In Klimis-Tavantz ED, ed. Manganese in health and diseases. **Boca Raton: CRC Press**, p. 1-37, 1994.
 28. [WHO] WORLD HEALTH ORGANIZATION. **A Model for Establishing Upper Levels of Intake for Nutrients and Related Substances**. Report of a Joint FAO/WHO Technical Workshop on Nutrient Risk Assessment WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 2005, 257p.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados apresentados mostraram que os alimentos cultivados e produzidos na Vila de Cotegipe, que está situada nas proximidades da planta siderúrgica, apresentaram elevados níveis de Mn. Esses resultados servem de alerta para o risco de intoxicação por Mn, um metal tóxico quando ingerido em excesso, expondo a população que reside nessas áreas, próximas à eletrosiderúrgica, principalmente as crianças, que estão mais susceptíveis e ingerem muito mais alimentos em relação a sua massa corporal quando comparado com adultos. Os altos níveis de Mn nos alimentos estudados podem estar contribuindo para a ingestão significativa desse elemento por parte da comunidade residente nessas áreas, podendo trazer conseqüências neurológicas e respiratórias irreversíveis, assim como o comprometimento da capacidade intelectual e cognitiva. No entanto, não se pode afirmar que essa população esteja intoxicada por esse metal, uma vez que o organismo possui um controle da homeostase do Mn muito apurado, sobretudo quando este é absorvido por via gastrointestinal, aumentando dessa forma sua excreção nas fezes através da bile (PAPAVASILIOU et al. 1966).