



UNICAMP

**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição**

KESIA DIEGO QUINTAES

**IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS DECORRENTES DO
USO DE PANELAS BRASILEIRAS DE AÇO
INOXIDÁVEL, FERRO E PEDRA-SABÃO
(ESTEATITO)**

**Campinas, SP
2004**

KÉSIA DIEGO QUINTAES

**IMPLICAÇÕES NUTRICIONAIS DECORRENTES DO
USO DE PANELAS BRASILEIRAS DE AÇO
INOXIDÁVEL, FERRO E PEDRA-SABÃO
(ESTEATITO)**

*Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia de Alimentos da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de doutor em alimentos e nutrição*

**Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan
orientador**

**Campinas, SP
2004**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. – UNICAMP

Q45i Quintaes, Késia Diego
 Implicações nutricionais decorrentes do uso de panelas
 brasileiras de aço inoxidável, ferro e pedra-sabão (esteatito) /
 Késia Diego Quintaes. – Campinas, SP: [s.n.], 2004.

 Orientador: Jaime Amaya-Farfan
 Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
 Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

 1.Minerais. 2.Ferro. 3.Vegetarianismo. 4.Anemia. 5.Óleo
 Vegetal. I.Amaya-Farfan, Jaime. II.Universidade Estadual de
 Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

Aluno: Késia Diego Quintaes

Título da tese (doutorado): Implicações nutricionais decorrentes do uso de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro e pedra-sabão (esteatito)

A banca examinadora, na data de 03 de novembro de 2004, considerou o candidato

() Aprovado

() Reprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfan
Universidade Estadual de Campinas
Membro

Profa. Dra. Lireny Aparecida Guaraldo Gonçalves
Universidade Estadual de Campinas
Membro

Profa. Dra. Marina Vieira da Silva
Universidade de São Paulo
Membro

Profa. Dra. Niurka Maritza de Almeida Hajisa
Fundação Municipal de Ensino Superior de Bragança Paulista
Membro

Profa. Dra. Semíramis Martins Álvares Domene
Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Membro

Prof. Dr. Marco Aurélio Zezzi Arruda
Universidade Estadual de Campinas
Suplente

Profa. Dra. Rosa Wanda Diez Garcia
Universidade de São Paulo
Suplente

À Lígia pelo passado, presente e futuro

Agradecimentos

A Deus, por tudo, sempre.

Ao Professor Dr. Jaime Amaya-Farfan, pela magnífica orientação, amizade incomparável, confiança, dedicação e sobretudo pela possibilidade oferecida à realização do trabalho.

Ao professor Dr. Valdemiro Carlos Sgarbieri pela oportunidade dada à continuidade do doutoramento, pela compreensão, incentivo e amizade sempre.

A todos os professores e pesquisadores que contribuíram com seus conhecimentos e experiências durante o desenvolvimento da pesquisa, em especial à Profa. Dra. Rosa Wanda Diez Garcia e ao prof. Dr. Miguel Arcanjo Áreas.

Ao professor Nilo Sérgio Sabião Rodrigues pela gentileza em permitir a utilização das instalações e equipamentos do Laboratório de Análise Sensorial (DEPAN/FEA/UNICAMP) essencial para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), especialmente ao Marcelo Morgano do Centro de Química Analítica, pela presteza nas análises químicas e amizade em todos os momentos.

Ao Comitê de Ética da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP e à médica Zenira dos Santos Borges pelo parecer favorável e auxílio prestado ao estudo de campo, respectivamente.

Às freiras de Minas Gerais que acreditaram, apoiaram e participaram do projeto.

Ao Instituto Adventista de Ensino de Minas Gerais (IAEMG), em especial à professora Edjane Brito que tornou possível a execução do estudo, às cozinheiras que prepararam as refeições e a todos os alunos que cooperaram com o trabalho.

À Fundação Mineira Ltda (FUMIL), em especial ao sr. Júlio pela credibilidade, atenção e presteza.

Às empresas Bayer do Brasil, Cremer S.A., Tramontina S.A., Núcleo Inox, Ôro Preto Art's, In Vitro Diagnóstica, Laboratório Anchieta Diagnose, Álamo Centro Diagnóstico, Becton Dickinson, Cargill Agrícola S.A., Coniexpress S.A. Indústrias Alimentícias que acreditaram e apoiaram o estudo, doando materiais, auxiliando nas análises, se empenhando ao máximo para que os resultados pudessem ser obtidos com agilidade e precisão.

Ao Departamento de Nutrição e Planejamento Alimentar e seus funcionários, professores e alunos e amigos, em especial aqueles do Laboratório de Fontes Protéicas, que colaboraram direta ou indiretamente com a pesquisa.

À Faculdade de Engenharia de Alimentos, em especial aos funcionários da Biblioteca e da Secretaria de Pós-Graduação, pelos inúmeros serviços prestados e pela amabilidade e agilidade no atendimento.

Aos farmacêuticos-bioquímicos Luiz Previero, José Trezza Netto e Patrícia Vilela pela grande presteza e colaboração no estudo, em especial no diagnóstico clínico hematológico.

À querida Fernanda que mostrou ser muito mais do que uma grande amiga, pela dedicação e afinho em todos os momentos.

Ao Dr. João Eduardo Addad pelo auxílio com as fotos das amostras de óleo.

Às amigas e colegas do DEPAN, que tornaram a correria diária mais animada, especialmente à Erika, Soninha, Lucia, Vera, Luciano e Florência.

Aos amigos Roseli, Clemente, Paula, Marco Aurélio, Niurka, Sylaine, Rosa, Bernadete, Luciana Moretti, Walquíria, Reinaldo Lichti, Bola, Lauro, Sérgio Menezelo, Marcelo Nonaka, Mariana, Stella, Edson Lara, Edson Iwaki, Eloísa, entre tantos outros, pelo carinho, compreensão e estímulo, sempre.

Aos meus queridos alunos pela compreensão, incentivo e apoio.

À minha mãe, irmãs e sobrinhos pela compreensão, em especial à Érika pela paciência e incentivo constantes.

A querida Sophia que presenciou diariamente a realização deste trabalho tornando as tarefas mais divertidas e agradáveis, embora às vezes impossíveis de serem realizadas.

A todos que de alguma forma contribuíram com sugestões de qualquer natureza e, acima de tudo, com sua presença.

O esforço despendido para a realização deste trabalho é um tributo a todos os que desenvolvem suas teses e pesquisas sem financiamento público e sem bolsa de estudos.

“As palavras que não são seguidas de factos não servem para nada”

Demóstenes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Origem das panelas e dos materiais.....	16
1.2 Interações entre o material das panelas e os alimentos.....	17
1.3 Experimentos envolvendo utensílios culinários.....	21
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivos gerais	26
2.2 Objetivos específicos	26
3. ARTIGOS	28
3.1 Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos.....	29
Resumo.....	29
Introdução.....	30
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	34
Conclusões.....	45
Referências.....	45
Agradecimentos.....	46
3.2 Estabilidade oxidativa e migração de ferro em óleo de soja refinado aquecido em panelas de diferentes materiais.....	47
Resumo.....	47
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	49
Resultados e Discussão.....	53
Conclusões.....	59
Referências.....	59
Agradecimentos.....	60

3.3 Migração de minerais e impacto do uso de panela de pedra-sabão (esteatito) no estado nutricional de ferro de mulheres adultas.....	61
Resumo.....	61
Introdução.....	62
Material e Métodos.....	63
Resultados e Discussão.....	69
Conclusões.....	78
Referências.....	79
Agradecimentos.....	80
3.4 Migração de minerais e impacto do uso da panela de ferro no estado nutricional de ferro de jovens vegetarianos	81
Resumo.....	81
Introdução.....	82
Material e Métodos.....	83
Resultados e Discussão.....	90
Conclusões.....	100
Referências.....	100
Agradecimentos.....	102
4. CONCLUSÕES.....	103
5. REFERÊNCIAS	107
6. APÊNDICES	111
6.1 Termo de consentimento livre e esclarecido.....	112
6.2 Receitas das preparações alimentares.....	113
6.3 Valores da migração dos elementos.....	115
6.3.1 Valores de migração de elementos durante processo de cocção com simulantes de alimentos (ácidos acético e láctico) segundo o material do recipiente.....	115
6.3.1.1 Pannelas de aço inoxidável.....	115
6.3.1.2 Pannelas de ferro fundido.....	117

6.3.1.3	Panelas de pedra-sabão.....	119
6.3.2	Valores de migração de elementos no processo de estocagem de ácido acético segundo o material do recipiente.....	121
6.3.2.1	Panelas de aço inoxidável.....	121
6.3.2.2	Panelas de ferro fundido.....	122
6.3.2.3	Panelas de pedra-sabão.....	123
6.3.3	Teor de elementos (mg/kg) em arroz polido cru e cozido em diferentes materiais.....	124
6.3.3.1	Arroz polido cru.....	124
6.3.3.2	Arroz polido cozido em panelas de vidro.....	124
6.3.3.3	Arroz polido cozido em panelas de pedra-sabão.....	125
6.3.3.4	Arroz polido cozido em panelas de ferro fundido.....	126
6.3.4	Teor de elementos (mg/kg) em molho de tomate comercial <i>in natura</i> e cozido em diferentes materiais.....	127
6.3.4.1	Molho de tomate <i>in natura</i>	127
6.3.4.2	Molho de tomate preparado em panelas de vidro.....	127
6.3.4.3	Molho de tomate preparado em panelas de pedra-sabão.....	128
6.3.4.4	Molho de tomate preparado em panelas de ferro fundido.....	129
6.3.5	Teor de ferro e níquel (mg/L) segundo o ciclo e material de aquecimento do óleo de soja refinado.....	130
6.4	Valores da estabilidade oxidativa (horas) segundo o material e o ciclo de aquecimento do óleo de soja refinado.....	131
6.5	Ficha de entrevista dos participantes.....	132

RESUMO

A pedra-sabão, a cerâmica, o vidro, o ferro, o alumínio e o aço inoxidável, estão entre os diversos materiais empregados na confecção de utensílios culinários. É sabido que durante a elaboração culinária, interações entre os alimentos e os utensílios ocorrem: algumas benéficas, outras inócuas, enquanto que outras podem ser prejudiciais à saúde do comensal. O presente estudo visou avaliar as implicações nutricionais que os utensílios nacionais de ferro fundido, de pedra-sabão (esteatito) e de aço inoxidável (inox), podem ter. Os utensílios foram testados com simulantes de alimentos (ácidos acético e láctico) e com preparações culinárias (arroz e molho de tomate) a fim de determinar qualitativa e quantitativamente os elementos migrantes. Os materiais apresentaram perfis de migração distintos e susceptíveis à variação, conforme o simulante (ácido acético ou láctico) e a aplicação do utensílio (cocção ou estocagem). As panelas de inox e de ferro não apresentaram implicações toxicológicas, sendo que estas últimas liberaram quantidade expressiva de Fe. Já as panelas de pedra-sabão liberaram teores consideráveis de Ca, Mg, Fe e Mn durante a cocção e, Ni em quantidade indesejável foi liberado na condição de estocagem por 24 horas de ácido acético. No caso dos alimentos, foi observado que o molho de tomate preparado em panelas de pedra-sabão apresentou maiores teores de Ca e Mn em relação ao arroz. As panelas de ferro liberam quantidades expressivas de Fe e Mn durante a cocção de molho de tomate quanto de arroz. A estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado foi avaliada em função do material da panela (inox, ferro, pedra-sabão, vidro e alumínio) e a liberação metálica do utensílio. O uso de panelas de pedra-sabão, inox e de ferro resultou em óleo com menor estabilidade oxidativa, sendo que as duas primeiras liberaram maior teor de ferro para o óleo em relação à de ferro. O óleo de soja refinado mostrou maior capacidade de reciclagem ao aquecimento descontínuo quando a panela era de vidro ou alumínio. Visando determinar a biodisponibilidade do ferro derivado das panelas de ferro e de pedra-sabão, foi realizado ensaio envolvendo população susceptível à anemia: mulheres em idade fértil e indivíduos vegetarianos (Comitê de Ética em Pesquisa, UNICAMP, parecer Nº 317/2001). Os participantes tiveram alíquotas de 10mL de

sangue coletadas para a realização dos exames: transferrina, ferritina, ferro sérico e hemoglobina. A seguir foi iniciado o uso regular das panelas de ferro e pedra-sabão no preparo das refeições, as primeiras por indivíduos vegetarianos de ambos os gêneros e, as segundas por mulheres em idade fértil. Novas amostras de sangue foram coletadas, visando a determinação dos mesmos indicadores hematológicos, após 10 semanas para os usuários das panelas de pedra-sabão e 12 semanas para os das de ferro. Os resultados da primeira e segunda coletas foram comparados a fim de estimar a biodisponibilidade do ferro derivado dos utensílios. Foi verificada a melhoria do estado nutricional relativo ao ferro nos voluntários quando os utensílios de alumínio foram trocados pelos de pedra-sabão. Entretanto, não foi possível apontar com certeza a verdadeira causa desta melhora, uma vez que a extensão da migração de Fe para alimentos preparados nestes utensílios é inexpressiva. Já entre os usuários das panelas de ferro, o índice de anemia ferropriva passou de 38 para 20% ao final do estudo, mostrando que o ferro derivado das panelas deste material foi parcialmente utilizado pelo organismo. O estado nutricional relativo ao ferro de indivíduos sob regime ovolactovegetariano é passível de ser melhorado mediante preparo das refeições em panelas de ferro fundido.

ABSTRACT

Soapstone, clays, glass, iron, aluminum, stainless steel, are among the different materials used to make cookware. It is known that during food preparation interactions between the food and cookwares do occur, some of them being positive, some null, while others could be harmful for our health. This study evaluated the nutritional implications that result from using utensils made out of steel, soapstone and stainless steel materials. The utensils were tested with food simulants (acetic acid and lactic) and with some food preparations (rice and tomato sauce) in order to determine the quantity and quality of the migrating elements. All materials presented different migration profiles and were susceptible to variations according to the simulant and the utensil's application (cooking or storage). The stainless steel and iron cookware did not exhibit toxic implications but the later released substantial quantities of iron. On the other hand, the soapstone cookware released considerable amounts of Ca, Mg, Fe and Mn during cooking. Soapstone utensils also released undesirable quantities of Ni under storage for 24 hours with acetic acid. During food preparation, soapstone pans releases more Ca and Mn to tomato sauce than to rice. Iron cookware released Fe and Mn to tomato sauce and rice. The oxidative stability of refined soybean oil was evaluated after successive heating cycles in pans made of stainless steel, iron, glass and aluminum, with respect to the metal migration in each material. The use of the soapstone, stainless steel and iron resulted in lower oxidation stability. The soapstone and the stainless steel pans released more iron to the oil than iron cookware. The soybean oil showed greater stability for being re-heated discontinued when the material of the pan was either glass or aluminum. In order to determine the bioavailability of the iron migrated from the soapstone and iron cookware, a study with two groups of individuals susceptible to iron deficiency was conducted. The study was ethically previously approved by the UNICAMP Ethic and Research Committee (317/2001). The participants, pre-menopausal women and vegetarians of both genders, had 10mL of blood collected for determination of the following indicators: transferrin, ferritin, serum iron and hemoglobin. After the males and females vegetarians started to use for 12 weeks the iron cookware and the pre-menopausal women

started to use for 10 weeks the soapstone cookware on a regular basis for cooking their meals. New blood samples were collected and the same hematological tests re-evaluated. The results between the first and second blood tests were compared to verify the bioavailability of iron from both types of cookware materials. Changing the cookware from aluminum to soapstone improved the nutritional iron status significantly. However, it was not possible to unequivocally determine whether the status upgrading was due to the iron migration for the levels of Fe migration from soapstone pans was found to be almost insignificant. Among users of the iron cookware, the anemia index was reduced from 38 to 20% at the end of the study, showing that the iron released from iron cookware was at least partially utilized by the human body. The nutritional status of iron in individuals under vegetarian diet could be improved by meal prepare in iron cookware.

1.1 Origem das panelas e dos materiais

Há cerca de 2.000.000 anos o homem pré-histórico usava fragmentos de pedra e madeira recolhidos do meio ambiente como instrumentos para sobreviver e conseguir seu alimento. O esteatito, rocha que devido à pequena dureza era empregada na confecção de artefatos, foi provavelmente uma das primeiras matérias primas usada para produção de recipientes para uso culinário. Com a descoberta do fogo, ocorrida há cerca de 500.000 anos, o aquecimento e defumação puderam ser adotados como recursos para alterações das propriedades dos alimentos. O aquecimento casual dos alimentos sobre materiais como areia e argila promoveu a conversão destes a outra forma física ¹. Tal prática auxiliou no desenvolvimento da metalurgia, possibilitando a confecção dos primeiros e arcaicos utensílios culinários de barro, cerâmica e vitrificados, sendo encontrados em escavações arqueológicas de várias regiões do mundo. Estes recipientes eram usados para armazenar tanto água como alimentos ^{1,2}.

Entre os primeiros metais usados pelo homem, destacam-se o cobre e o ferro. O provável descobrimento do cobre se deu provavelmente ao acaso pelo contato entre o minério e o calor que emanava das fogueiras. A efetiva utilização do cobre se deu em torno do ano 4.000 a.C., por meio do domínio do processo metalúrgico envolvido na sua separação da azurita, minério que contém o elemento em quantidade expressiva. O cobre foi bastante usado na confecção de armas e armaduras de guerra e também na produção de utensílios culinários ^{3,4}.

O domínio da metalurgia do cobre abriu caminho à do ferro, que é o segundo elemento metálico em abundância na crosta terrestre ⁴, sendo portanto encontrado no reino mineral em maior abundância em relação ao cobre. Possivelmente seu descobrimento se deu aleatoriamente mediante o contato entre o minério e a madeira carbonizada no calor das fogueiras, o que permitia sua redução a metal sólido. Entretanto, devido às suas características químicas, sua metalurgia sob o mesmo princípio da aplicada ao cobre foi difícil, resultando em ferro quebradiço e pouco resistente. A exploração das jazidas de ferro teve início no Oriente Médio por volta de 1.500 a.C.. Os hititas conseguiram dominar a purificação do ferro a partir do minério do metal, resultando em um material resistente e relativamente maleável. A fabricação de armas e acessórios de guerra propiciou que os hititas se tornassem, por cerca de dois séculos, guerreiros eficientes e vitoriosos, com vasto domínio geográfico ^{3,5}.

No período da Revolução Industrial (~1.800 d.C.), com o advento de fornos capazes de purificar o minério de ferro, surgiu o aço, uma liga metálica composta de ferro e carbono. A superioridade da liga é decorrente da resistência ao desgaste, ao impacto e à corrosão. Essas propriedades tornaram o aço como a liga metálica mais consumida mundialmente. A partir do aço surgiu o aço inoxidável, liga obtida pela fusão do ferro com carbono e cromo, na concentração mínima de 10,5%. O aço inoxidável possui maior resistência à corrosão. A adição de níquel à liga muda a estrutura cristalográfica, o torna não magnético e garante atributos mecânicos desejáveis. Elementos como titânio e nióbio podem ser adicionados com intuito de melhorar a resistência à corrosão, resultando também em melhoria na soldabilidade da liga ⁶.

Atualmente há grande variedade de aços inoxidáveis com diferentes níveis de resistência mecânica e à corrosão. Tais propriedades são garantidas metalurgicamente pela adição controlada de elementos de liga em diferentes concentrações. Os tipos de aços inoxidáveis são determinados pelo teor de cada elemento de liga que é adicionado ao aço.

Na busca pelo material ideal para contato com alimentos, foi constatada a necessidade dos materiais possibilitarem uma boa higienização e serem resistentes aos tratamentos físicos e químicos. Para atender à demanda foram encontrados vários materiais, dependendo da localização geográfica, do tipo do alimento e da preparação a ser efetuada. Assim sendo, atualmente há grande disponibilidade de materiais que se prestam à confecção de utensílios para uso culinário, entre esses se destacam o vidro, barro, pedra-sabão (esteatito), cerâmica, cobre, ferro, alumínio e aço inoxidável. Aspectos sanitários, praticidade, beleza, custo, inocuidade e durabilidade do material são também considerados atributos na hora da escolha pelos consumidores. No que diz respeito às autoridades que atuam na área de legislação de materiais para contato com alimentos têm revelado especial preocupação no tocante à inocuidade do material ⁷⁻⁹.

1.2 Interações entre o material das panelas e os alimentos

Cientificamente é conhecido que durante a elaboração culinária ocorrem interações entre os alimentos e os utensílios. Algumas podem ser consideradas como benéficas à saúde do comensal, outras inócuas, enquanto ainda outras podem chegar a ser prejudiciais. Neste sentido,

dado sua relevância para a saúde do homem os utensílios culinários confeccionados com diversos materiais têm sido mundialmente objetos de estudo em muitas pesquisas ¹⁰⁻²⁷. Os resultados de tais pesquisas fornecem subsídios tanto para a regulamentação do uso de materiais como para orientar o consumidor na escolha do melhor utensílio culinário e ainda, indicar o manejo mais adequado a ser adotado para cada um deles. A detecção dos possíveis efeitos benéficos e/ou deletérios à saúde que eventualmente os utensílios possam produzir também são conhecidos mediante aos ensaios experimentais.

A migração de componentes dos utensílios culinários pode ser interessante principalmente nos casos em que ocorra carência do elemento migrante e prejudicial quando o elemento apresenta algum grau de toxicidade (como no caso de chumbo, cádmio) e também naqueles onde o migrante, mesmo não sendo uma substância nociva ao organismo, possa representar desbalanço ambiental.

Entretanto, no Brasil poucos estudos foram efetuados envolvendo utensílios de alimentos. Entre esses, alguns avaliaram a migração de ferro em utensílios deste material ²³⁻²⁶, apenas um analisou a migração de chumbo e cádmio em recipientes cerâmicos ²² e mais recentemente, foi avaliada a implicação nutricional decorrente do uso de panelas de pedra-sabão (*esteatito*). Neste, foi detectado a migração de vários elementos, sendo os mais expressivos o cálcio, o magnésio, o ferro e o manganês ²¹.

Em se tratando de utensílios de ferro foi verificado que a quantidade de ferro migrante destes recipientes pode suprir cerca de 20% das necessidades diárias do metal. Também foi observado que o ferro migrante dos utensílios possui biodisponibilidade similar ao ferro não-heme naturalmente presente nos alimentos ^{14,26,27}. O ferro não-heme é responsável pelo suprimento de no mínimo dois terços das necessidades diárias do elemento. Sua disponibilidade para absorção é fortemente dependente da composição da refeição e de outros fatores que atuam no estômago e intestino delgado, sendo o duodeno o maior sítio absorptivo ²⁸. Dessa forma, os utensílios culinários têm sido considerados por diversos autores como uma solução alternativa para a prevenção e tratamento da anemia ferropriva ^{14,15, 26,27,29,30}.

Entre os materiais que liberam ferro para os alimentos, além das panelas de ferro fundido propriamente ditas, podem ser citadas aquelas confeccionadas com aço inoxidável ³¹ e as panelas de pedra-sabão (*esteatito*) ²¹. Tanto o aço como a pedra-sabão contém ferro na composição e o liberam para os alimentos sob certas condições de contato ^{21,31}.

O aço inoxidável, conhecido popularmente como “aço inox”, é uma liga metálica que envolve três elementos: ferro, cromo e níquel. A proporção destes pode ser bastante variável, 50 a 88% para o ferro, 11 a 30 % para o cromo e 0 a 31% para o níquel ³². Manganês e cobre podem estar presentes na referido liga, porém em quantidades mínimas ³³. No Brasil a liga de inox usada na fabricação das panelas é austenística (SI 304), composta por 69 a 71% de ferro, 8 a 10,5% de cromo, 18 a 20% de níquel e 2% de manganês. A adição de níquel à liga permite que o aço inoxidável possa ser conformado a frio devido a uma combinação favorável de propriedades mecânicas ⁶.

O consumo de utensílios de inox nos Estados Unidos foi estimado, no final da década de 90, como representando 43% dos utensílios comercializados ¹⁹. Tanto o ferro quanto o cromo, ambos integrantes da liga de inox, são nutrientes essenciais para os humanos e ainda a carência dos mesmos parece afetar substancialmente a população ^{32,34}. Entretanto, há controvérsias a respeito da toxidade que o níquel pode representar à saúde do comensal ³²⁻³⁵. O níquel é tido como um dos metais mais tóxicos da tabela periódica ³². Sua toxicidade está associada à dermatite, asma e problemas alérgicos em geral ^{18,35}. As principais fontes alimentares de níquel são: nozes, alimentos enlatados de um modo geral, gordura vegetal hidrogenada, cacau e derivados, entre outros ^{36,37}.

Evidentemente não é possível adquirir sensibilização cutânea ao níquel ingerindo compostos que contenham este elemento, porém a literatura registra que a ingestão de níquel pode levar a exacerbação e a eczema nas mãos de pacientes sensíveis ao níquel ^{20,35}. Neste sentido, foi observado que a redução no conteúdo de níquel da dieta é benéfico a estes pacientes. Entre as recomendações feitas para uma dieta com baixo conteúdo de níquel figura a de ser evitado o preparo dos alimentos em utensílios de inox ³⁴.

Accominotti e colaboradores (1998) determinaram os níveis de cromo e níquel em 11 *menus* habituais preparados em diferentes utensílios de aço inoxidável. Os autores identificaram diferenças expressivas na ingestão de níquel e cromo, dependendo da composição da refeição, e também uma diferença significativa entre as preparações efetuadas em utensílios de vidro e de inox. Contudo esta diferença era pouco significativa quando comparada com os níveis de níquel e cromo contido nos menus. Os referidos autores concluíram que, devido à boa qualidade da liga de inox usada pela indústria, não haveria vantagem para os pacientes sensíveis ao níquel em trocar seus utensílios de inox por outros ²⁰.

A contribuição que os utensílios de aço inoxidável podem dar na ingestão de níquel é pequena. Mesmo assim, alguns autores chegam a desaconselhar seu uso por indivíduos sensíveis ao níquel ^{32,35}. Por outro lado, foi demonstrado que ocorre migração de quantidade variável de ferro dos utensílios de inox quando comparado a utensílios de vidro, porém inferiores à migração de ferro que ocorre em utensílios de ferro ¹⁹ e de pedra-sabão ²¹.

A interferência da composição dos alimentos na migração de níquel e cromo dos utensílios de inox também foi verificada por Agarwal e colaboradores (1997) ¹⁸. Os resultados deste estudo indicaram que a complexação dos íons metálicos com ânions de ácidos orgânicos é essencial e, que a migração dos metais é fortemente condicionada pela disponibilidade de ânions livres. A influência de compostos orgânicos contendo enxofre mesmo em quantidades pequenas (0,02mmol/L), pode marcadamente acelerar a corrosão e dissolução anódica do aço inoxidável ³⁸.

Os principais fatores que afetam a migração dos elementos em utensílios de inox são: o pH do alimento, onde as preparações ácidas favorecem a migração, o tempo de contato que, quanto mais prolongando eleva a migração e em última instância o teor de água da preparação ^{19,33}. A superfície de contato, temperatura, agitação, presença de agentes quelantes no alimento e mesmo a qualidade da liga do inox também são fatores que influenciam, em menor grau, a dissolução dos metais presentes na liga de inox ^{33,35}.

As panelas de pedra-sabão são produzidas e utilizadas de forma predominante pela população de Minas Gerais (MG, Brasil), além de comercializadas para outras regiões do país e do exterior. As motivações para o seu uso pela população local são diversos, entre os quais se destacam: a abundância do produto, baixo custo, manutenção da temperatura do alimento e tradição, entre outros. O uso regular destes utensílios é associado, pela população mineira, à prevenção e profilaxia da anemia ferropriva sem, no entanto, ter respaldo científico. Empiricamente a migração de ferro para um simulante de alimento em duas concentrações foi avaliada recentemente. Os valores foram relativamente elevados, fornecendo subsídio para o conhecimento popular, embora sem ter sua biodisponibilidade determinada ²¹.

Cálcio, magnésio, manganês e níquel, além do ferro, são elementos constituintes do esteatito, eles são liberados pelas panelas de pedra-sabão durante a cocção. O teor desses metais tende a ser maior quanto mais ácida for a preparação.

As panelas de pedra-sabão necessitam de um cuidado adicional que as diferencia dos demais utensílios. É recomendável que sejam “curadas” antes do primeiro uso. A cura é um processo aplicado à panela nova de forma despadronizada, sempre envolvendo algum tipo de

lipídio e calor. No caso de panelas produzidas em escala semi-industrial, os fabricantes recomendam que a mesma seja untada interna e externamente com óleo vegetal, preenchida completamente com água em temperatura ambiente e levada ao forno o qual é então ligado a 200°C. Decorridas duas horas o forno é desligado e o resfriamento da panela feito naturalmente. O processo deve ser repetido antes da panela estar pronta para o uso ²¹.

Cientificamente foi verificado que a cura das panelas de pedra-sabão previne a indesejável migração de níquel durante a cocção de alimentos. Entretanto, a população dos locais onde o uso é mais intenso adota essa prática habitualmente por acreditar que assim sejam prevenidas rachaduras no material durante a vida útil da panela ²¹.

1.3 Experimentos envolvendo utensílios culinários

No Brasil a regulamentação dos testes padrões para avaliação de migração em utensílios e equipamentos para contato com alimentos é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) ⁹. A ANVISA por sua vez adota critérios de classificação de materiais, composição de materiais e do teor de migrantes preconizadas por outras legislações, como a Européia e a do *Food and Drug Administration* (FDA) ^{8,9}. Alguns materiais são considerados aprovados não necessitando de autorização prévia, como é o caso do aço inoxidável e suas ligas e do ferro fundido.

Mesmo assim, pesquisas mundiais são feitas no sentido de estabelecer a inocuidade dos materiais sob diversas condições experimentais ^{10,11,14-16,18-27,29-35}. Os protocolos de pesquisa podem ser efetuados tendo por base os alimentos habitualmente consumidos e preparados em certos utensílios por grupos populacionais ou mesmo adotando condições de ensaio que visam simular às práticas caseiras, ou até mesmo que visam ser mais agressivas que essas como forma de garantir o uso de materiais sob condições de contato adversas.

Nacionalmente, a ANVISA regulamenta que as embalagens e equipamentos produzidos para contato direto com alimentos sejam confeccionados em conformidade com as boas práticas de fabricação de alimentos. Assim, nas condições previsíveis de uso, as embalagens e equipamentos não devem produzir migração de componentes indesejáveis, tóxicos ou contaminantes para os alimentos, em quantidades tais que superem os limites máximos estabelecidos pela legislação. Portanto, os materiais empregados em embalagens e equipamentos

não devem representar risco à saúde humana, não devem ocasionar modificação na composição centesimal dos alimentos ou mesmo nas características sensoriais intrínsecas destes ^{8,9}.

A ANVISA regulamenta ainda que os materiais usados para contato com alimentos devem estar incluídos nas listas positivas. As referidas listas contêm relações taxativas de substâncias comprovadamente inócuas fisiologicamente e que possuem uso autorizado para tal contato. O vidro, metais e suas ligas estão entre os materiais permitidos. Conforme a composição do material metálico utilizado na fabricação do utensílio, a migração para alimentos dos metais antimônio, arsênio, bário, boro, cádmio, chumbo, cobre, cromo, estanho, flúor, mercúrio, prata e zinco deve ser avaliada e comparada com o padrão de limite máximo estabelecido pela referida Agência. No caso da avaliação de equipamentos metálicos, devem ser empregadas as condições reais de uso destes durante o contato com alimentos ⁷⁻⁹.

Os métodos aceitos para análise dos metais migrantes de utensílios culinários são os descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) ³⁹. No Quadro 1 estão descritos resumidamente alguns estudos e suas respectivas condições experimentais usadas em ensaios envolvendo a migração decorrente do uso de utensílios de materiais como o aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão.

Considerando que todos os produtos de frutas, hortaliças e alimentos com teores elevados de amido, em geral são ácidos, variando desde pH 1.80 para as limas (*Citrus sp*) até o pH 6.00 para as batatas (*Solanum sp*) ⁴⁰, simulantes de alimentos a base de ácido acético, láctico e tartárico têm sido usados nos experimentos a fim de simular as reais condições de cocção a que os citados utensílios são expostos no uso cotidiano ^{10,21,32,33}.

No Brasil, poucos estudos são realizados visando a avaliação de materiais para contato com alimentos como é o caso das panelas usadas no âmbito domiciliar. Na literatura consultada há ausência de dados sobre a migração global e específica dos metais ferro, cromo e níquel, derivados de utensílios nacionais de aço inoxidável. O estudo publicado envolvendo panelas de pedra-sabão é recente e bastante pontual e não abrangeu o aspecto da biodisponibilidade e mesmo a migração para alimentos habitualmente consumidos no Brasil ²¹. No caso das panelas de ferro, há alguns estudos nacionais que avaliaram a migração de ferro e sua biodisponibilidade, com enfoque na sua aplicação no preparo de refeições destinadas às crianças ²³⁻²⁶.

Quadro 1 - condições experimentais em estudos envolvendo utensílios culinários

Autores	Material do utensílio	Ensaio
Cheng e Brittin (1991)	ferro fundido	Molho de tomate e molho de maçã
Coutsoucos e Coli (1994)	ferro fundido	Preparação de iogurte
Park e Birttin (2000)	ferro fundido	Hamburguer e molho de maçã
Brun (1979)	inox	Ácido cítrico 0,1M fervido por uma hora Ácido oxálico 0,1M fervido por uma hora
Kuligowski e Halpering (1992)	inox	Ácido acético a 5% mantido em ebulição por 5 minutos
Kumar <i>et al.</i> , (1994)	inox	Ácido acético a 5% mantido em ebulição por uma hora Na ₂ CO ₃ a 5% mantido em ebulição por uma hora
Agarwal <i>et al.</i> , (1997)	inox	Ácido cítrico 0,1 N estocado por uma hora Ácido tartárico 0,1 N estocado por uma hora Ácido láctico 0,1 N estocado por uma hora Suco de fruta (pH 4,25) estocado por uma hora
Flint e Packrisamy (1997)	inox	Damascos secos, hidratados com de água destilada e cozidos por 16 minutos
Quintaes <i>et al.</i> , (2002)	pedra-sabão	Ácido acético a 3 e 5% mantido em ebulição por 40 minutos

O comportamento de utensílios de ferro, pedra-sabão e mesmo de aço inoxidável de fabricação nacional sob outras condições usuais de preparo de alimentos, como na fritura, e mesmo o efeito do seu uso por coletividade de indivíduos jovens ou adultos, não tem sido avaliado no âmbito nacional. A migração metálica produzida pelos utensílios de ferro, aço inoxidável e pedra-sabão pode favorecer, em distintos graus, a oxidação dos lipídeos. A oxidação lipídica, por sua vez, é o principal responsável pela deterioração e conseqüente perda de óleos e gorduras, tanto industrialmente como no domicílio ⁴¹.

Desta forma, o presente estudo visou estabelecer a dissolução de elementos, tanto para simulantes de alimentos como para certas preparações alimentares usuais no Brasil. A biodisponibilidade do ferro liberado pelas panelas de ferro e de pedra-sabão foi avaliada em estudo de campo envolvendo humanos. Finalmente, as panelas de aço inoxidável, ferro, pedra-sabão e, neste caso também de alumínio e vidro, foram avaliadas quanto à sua influência na estabilidade oxidativa de óleo refinado de soja durante o aquecimento descontínuo do produto em condições domiciliares de manipulação.

2.1 Objetivos gerais

- A. Quantificar a migração química de elementos a partir de utensílios nacionais de aço inoxidável, de ferro fundido e pedra-sabão, utilizando como meio extrator simulantes de alimentos (ácidos acético e láctico) e preparações culinárias usuais da população brasileira (arroz e molho de tomate comercial).
- B. Avaliar a implicação do tipo do material do utensílio culinário (vidro, alumínio, ferro fundido, aço inoxidável e pedra-sabão) na estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado, aquecido descontinuamente.
- C. Avaliar a biodisponibilidade em humanos do ferro migrante dos utensílios de ferro e de pedra-sabão em ensaio de campo envolvendo usuários destes utensílios.

2.2 Objetivos específicos

- a. Verificar a tendência da migração dos elementos migrantes dos utensílios de ferro, aço inoxidável e pedra-sabão em função do tempo de uso e do tipo de alimento e de simulante empregado.
- b. Avaliar durante quatro ciclos sequenciais a migração de elementos em função da estocagem por 24hs/22°C de ácido acético, segundo o material de fabricação da panela.
- c. Determinar a inocuidade das panelas nacionais de aço inoxidável, ferro e pedra-sabão quanto à liberação dos metais Pd, Cd e Hg para simulantes de alimentos (ácidos láctico e acético) em condições de cocção e estocagem.
- d. Determinar o teor de ferro e de níquel no óleo de soja refinado aquecido descontinuamente em panelas de aço inoxidável, ferro, pedra-sabão e alumínio.

- e. Estabelecer a relativa importância dos utensílios de ferro e pedra-sabão na prevenção e tratamento da anemia ferropriva.

Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos

(migração de metais de utensílios)

Resumo

Os utensílios culinários podem liberar alguns componentes inorgânicos durante a cocção de alimentos. A migração destes pode ser interessante desde que ocorra em quantidades adequadas às necessidades nutricionais do usuário ou não existam implicações toxicológicas. Foi avaliada a migração de metais (Fe, Mg, Mn, Cr, Ni, Ca, Zn, Pb, Cd e Hg) por espectrometria de emissão óptica, utilizando ácidos láctico e acético como simulantes do alimento em panelas de aço inoxidável (304), ferro fundido (GG-10) e pedra-sabão (esteatito), durante 15 cocções sequenciais. O comportamento da migração durante cinco ciclos de estocagem a 22°C também foi estudado. Análise de regressão dos dados revelou que, em função do uso, as panelas de inox apresentam redução da migração de metais de forma rápida, enquanto as de pedra-sabão mostram um declínio suave na migração, contrastando com as de ferro, que apresentam aumento na migração de Fe e Mn com o uso contínuo. Em nenhum utensílio foi observada a liberação de metais pesados, como Pb, Cd ou Hg.

Palavras-chave: utensílios culinários, nutrição mineral, ácido láctico, ácido acético

Mineral migration from stainless steel, cast iron and soapstone pans (steatite) onto a food simulants

(mineral migration in food utensils)

Summary

Cookware may release some inorganic components into foods during cooking. Migration of ions could be of nutritional interest provided they do not pose a toxic hazard or are released in excess of the recommended amounts. In the present study the migration of Fe, Mg, Mn, Cr, Ni, Ca, Zn, Pb, Cd and Hg from stainless steel (304), cast iron (GG-10) and soapstone (steatite) commercial cooking pans was evaluated in 15 sequential operations using lactic and acetic acids as food simulants. The migration patterns were also studied along five cycles of storage at 22°C. Regression analysis of the data showed that while ions migrated out of the stainless steel pans in a rapidly decreasing

fashion, the rate of migration from the stone utensils exhibited a slow and gradual decrease, in contrast with the increasing tendency observed for Fe and Mn in the cast iron pans. In no case was the release of heavy metals such as lead, cadmium or mercury observed.

Keywords: Cooking utensils, mineral nutrition, lactic acid, acetic acid

1- INTRODUÇÃO

Durante o processamento e preparo, os alimentos permanecem por variados tempos de residência em recipientes industriais e utensílios domésticos onde pode haver alteração no conteúdo de nutrientes e até no sabor do alimento preparado. O impacto sensorial está parcialmente relacionado à migração de elementos presentes na composição do material do utensílio [12]. A migração de metais presentes nos utensílios culinários pode ser interessante quando há carência dos mesmos na alimentação do consumidor ou desinteressante quando há liberação de micronutrientes minerais ou metais pesados em quantidades que possam trazer efeitos adversos à saúde [2, 7, 13].

Entre os primeiros materiais usados no Brasil na confecção de panelas está a pedra-sabão (esteatito), ainda usada em Minas Gerais. Esta rocha possui Mg, Fe, Ca, Mn, Ni, entre outros metais [13]. Entretanto, e apesar de que o conhecimento popular aponte um efeito positivo para o uso regular das panelas de pedra visando reduzir a incidência de anemia ferropriva, os trabalhos sobre migração com este material são escassos. Em se tratando do ferro, o extenso uso deste metal perdeu espaço para o alumínio durante a segunda metade do século passado. Atualmente, estas panelas são fabricadas com liga de ferro fundido (GG-10), a qual contém além do ferro, certas quantidades de manganês e zinco. O uso das panelas de ferro está associado à prevenção de anemia ferropriva, devido à quantidade e biodisponibilidade do ferro liberado pelo material [1, 3].

Também contendo ferro encontramos o aço inoxidável 304 (inox 304) com 10% de níquel, 18% de cromo e aproximadamente 70% de ferro. Cabe lembrar que tanto o ferro como o cromo (3^+) são elementos dos quais a população mais pode sofrer de carência do que de excesso. Por sua vez, o níquel poderia ser tóxico, dependendo da quantidade ingerida ($\geq 250\text{mg/kg}$ de dieta) [8, 14]. As panelas de inox 304 nacionais não foram ainda avaliadas tecnicamente quanto à dissolução metálica durante processo de cocção.

Os principais fatores que afetam a migração dos elementos componentes do material das panelas incluem o pH do alimento, o tempo que o alimento permanece em contato e o teor de água da preparação. A área de contato, temperatura de sistemas aquosos, agitação, presença de agentes quelantes no alimento e a própria qualidade da liga, são fatores que influenciam em menor grau a dissolução dos metais [5, 10, 11].

Visando determinar o benefício nutricional e a inocuidade o presente estudo objetivou avaliar a dissolução dos minerais: ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), cromo (Cr), níquel (Ni), cálcio (Ca), zinco (Zn), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) de panelas brasileiras de inox (304), pedra-sabão (esteatito) e ferro fundido (GG-10), tanto durante 15 cocções sequenciais quanto durante a estocagem de simulante de alimentos (ácidos láctico e acético). As panelas de aço inoxidável foram avaliadas quanto à dissolução de Fe, Cr, Ni, Mn, Pb, Cd e Hg, enquanto que as de ferro fundido para Fe, Mn, Zn, Pb, Cd e Hg. As panelas de pedra-sabão foram estudadas quanto à liberação de Ca, Mg, Fe, Mn, Ni, Pb, Cd e Hg.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

A fim de simular as condições de cocção, soluções de ácido acético a 0,88M (5%) e ácido láctico a 0,1M foram preparadas no laboratório com água deionizada (18,2 MΩ), ácido acético glacial (Merck, p.a.) e ácido láctico (Merck, p.a.). A vidraria empregada, como pipetas, béqueres e embalagens, foi material novo e previamente descontaminado com detergente (Extran, Merck) e ácido nítrico (Merck, p.a.) preparado a 20 % com água desionizada.

Os testes de cocção com cada simulante se realizaram em duplicata para as panelas novas de inox 304, do fabricante Tramontina®, de ferro fundido (GG-10) e de vidro (Visions®) e em triplicada para as panelas de pedra-sabão (esteatito). Antes do início das cocções, as panelas de pedra-sabão receberam tratamento (cura) com óleo vegetal refinado e calor [13] e as de ferro fundido foram curadas com óleo vegetal refinado, segundo recomendação do fabricante (Fundição Mineira Ltda).

Todas as panelas possuíam capacidade aproximada de 2 litros e foram codificadas pelo lado externo. Os valores de migração obtidos com as panelas de vidro serviram como branco para os demais. As panelas de pedra-sabão foram pesadas destampadas antes e no final do experimento a fim de avaliar a erosão do esteatito, usando balança analítica eletrônica (Tecnal - AS 5500), com capacidade de 0,25g até 5000g. A diferença de peso foi correlacionada com a migração dos metais analisados, aplicando o índice de correlação simples de Pearson. Na *Tabela 1*, podem ser observadas as condições experimentais das cocções com os simulantes.

Tabela 1 - Condições do teste de migração dos elementos durante as cocções com simulantes de alimentos

Utensílios (n)	Simulante	Volume	Repetições	Tempo de cocção *
Aço inoxidável (2) Ferro (2) Pedra-sabão (3) Vidro (2)	Ácido acético (0,88M)	1L	15	20
Aço inoxidável (2) Ferro (2) Pedra-sabão (3) Vidro (2)	Ácido láctico (0,1M)	1L	15	20

(n) Número de panelas

* em minutos, contados a partir do momento de ebulição

Antes do início da primeira cocção e entre as cocções, as panelas foram lavadas com detergente biodegradável e esponja polimérica macia. O enxágüe foi feito em água corrente, concluindo com água deionizada.

Cada simulante foi fervido por 20 minutos, contados a partir do momento de ebulição. As panelas permaneceram tampadas durante a cocção, exceto por um período de 3min, quando se simulou a mistura do conteúdo com uma espátula de polipropileno. Quinze cocções sequenciais foram efetuadas em cada panela, a fim de avaliar a migração no decorrer do tempo de uso do utensílio.

Após resfriamento, o volume residual foi medido (proveta nova, vidro Pirex), homogeneizado e coletada amostra em duplicata (25mL). As amostras foram codificadas e armazenadas sob refrigeração ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) até a determinação dos minerais.

Para o ensaio de migração durante a estocagem foram utilizadas duplicatas de placas novas de inox, ferro fundido e vidro (branco) e, de triplicata de placas de pedra-sabão, sendo que as de ferro e as de pedra foram curadas antes do início do experimento, segundo sua respectiva recomendação. Antes do início do teste e entre os ciclos, as placas foram lavadas da forma descrita anteriormente. Um litro de solução de ácido acético 0,88M foi mantido por 24 horas dentro de cada uma das placas tampadas, em superfície plana na temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$.

O mesmo procedimento foi adotado para as placas de vidro que serviram como branco para os resultados uma vez que esse material não libera quantidades significativas dos metais estudados [12, 13]. Após o tempo de estocagem, a solução foi homogeneizada dentro da própria peça, sem ocasionar qualquer perda ou abrasão da superfície de ensaio. Para tanto foi empregada uma pipeta nova a qual era enchida e esvaziada diversas vezes dentro da própria peça. Amostras em duplicata (~25mL) foram coletadas, codificadas e estocadas sob refrigeração ($2 \pm 2^\circ\text{C}$) até a análise química.

A determinação e quantificação dos elementos presentes nas amostras foram efetuadas pela técnica de espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado, através do espectrômetro simultâneo BAIRD, modelo ICP 2000 (Massachusetts, USA). As médias das duplicatas foram usadas para os cálculos estatísticos, sendo deduzido destas o valor do branco de cada elemento. Análise de regressão linear foi aplicada a fim de verificar o comportamento da migração em função do uso ou estocagem.

Nas *Tabelas 2 e 3* podem ser observadas as condições de operação do equipamento para determinação multielementar, estabelecidas utilizando-se o manganês para o canal de alinhamento do espectrômetro de emissão, conforme recomendação do fabricante. Foi efetuada a correção de radiação de fundo para todos os elementos determinados. As curvas analíticas definidas para cada elemento foram preparadas a partir de soluções padrões dos metais (Titrisol, Merck) em concentração de 1000 mg L^{-1} e mostraram-se lineares em toda a faixa de trabalho, cobrindo todas as concentrações das amostras. As curvas analíticas foram preparadas em soluções de ácido láctico $0,1 \text{ Mol L}^{-1}$ e em ácido acético 5 % (v/v) conforme o simulante usado. As faixas de concentração usadas na construção das curvas analíticas para cada elemento foram: Ca e Mg

(0,25 a 200 mg L⁻¹); Fe (0,005 a 20 mg L⁻¹); Mn e Ni (0,005 a 5 mg L⁻¹); Cr e Zn Cd (0,0025 a 2,5 mg L⁻¹); Pb (0,02 a 0,25 mg L⁻¹); Hg (0,2 a 0,8 mg L⁻¹).

Tabela 2 - Condições de operação do espectrômetro de emissão ótica

Potência do plasma	1,1 kW
Gás refrigerante (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Gás auxiliar (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Vazão da amostra	2,1 mL min ⁻¹
Altura e observação vertical	19 mm ^a
Pressão do nebulizador ^b	3 bar

^a acima da bobina de indução; ^b nebulizador pneumático concêntrico

Tabela 3 - Comprimento de onda para os elementos estudados, limite de detecção e de quantificação

Elementos	λ (nm)	Limite de detecção ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Limite de Quantificação ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Cálcio	317,93	6,0	20,0
Ferro	259,94	1,2	4,0
Níquel	231,60	0,4	1,3
Magnésio	279,08	41,0	140,0
Manganês	257,67	0,5	1,7
Zinco	213,86	0,9	3,0
Cromo	267,71	0,8	2,7
Chumbo	220,35	4,0	13,3
Mercúrio	253,65	50,0	170,0
Cádmio	226,50	0,9	3,0

Limite de Detecção: determinado como 3 vezes o desvio padrão de 10 brancos; Limite de Quantificação: determinado como 10 vezes o desvio padrão de 10 brancos

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cocção de ácido acético e ácido láctico

Nos extratos obtidos com as panelas de inox foram determinados os seguintes elementos: Fe, Cr, Ni e Mn. Nos produtos da cocção em panelas de ferro fundido, determinou-se: Fe, Zn e Mn e, das panelas de pedra-sabão, Ca, Mg, Fe, Mn e Ni. Além destes, foi investigada a presença dos metais pesados Cd, Pb e Hg em amostras aleatórias dos extratos dos simulantes usados nos

três tipos de panelas. As amostras retiradas das panelas de vidro foram analisadas com respeito aos metais pesados, além de Fe, Mn, Ni, Ca, Mg, Zn e Cr. Os valores encontrados neste caso foram mínimos e/ou nulos (*Tabela 4*), sendo sistematicamente utilizados como ‘brancos’ para as demais panelas.

Tabela 4 - Valores de migração dos metais Fe, Mn, Ni, Ca, Mg, Zn e Cr extraídos com ácido acético a 0,88M em panelas de vidro “Visions”

Elementos	Quantidade (mg/L) em ácido acético 0,88M após 20 minutos em ebulição	Quantidade (mg/L) em ácido acético após 24h em contato (T=22±2°C)
Fe	0,0270	0,0600
Mn	0,0000	0,0000
Ni	0,0030	0,0010
Ca	0,0900	0,0170
Mg	0,0120	0,0160
Zn	0,0000	0,0000
Cr	0,0005	0,0030

Aço inoxidável 304. A migração dos elementos Fe, Cr, Ni e Mn da panela de inox, foi iniciada de forma relativamente elevada, mas tendo logo na segunda cocção alcançado níveis reduzidos. Os resultados estão representados nas *Figuras 1 e 2*.

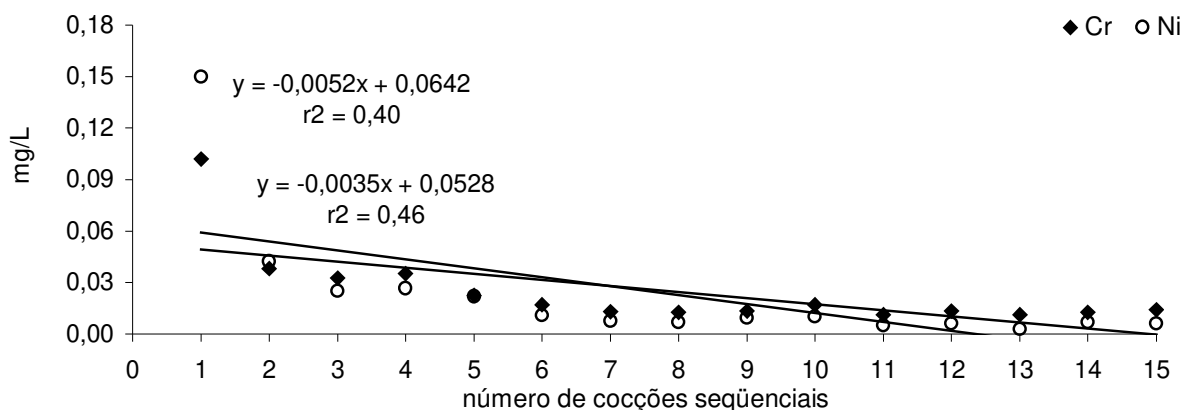


Figura 1 - Migração de Cr e Ni em panelas ($n=2$) de aço inoxidável 304 após 20 minutos com ácido láctico (0,1M) em ebulição.

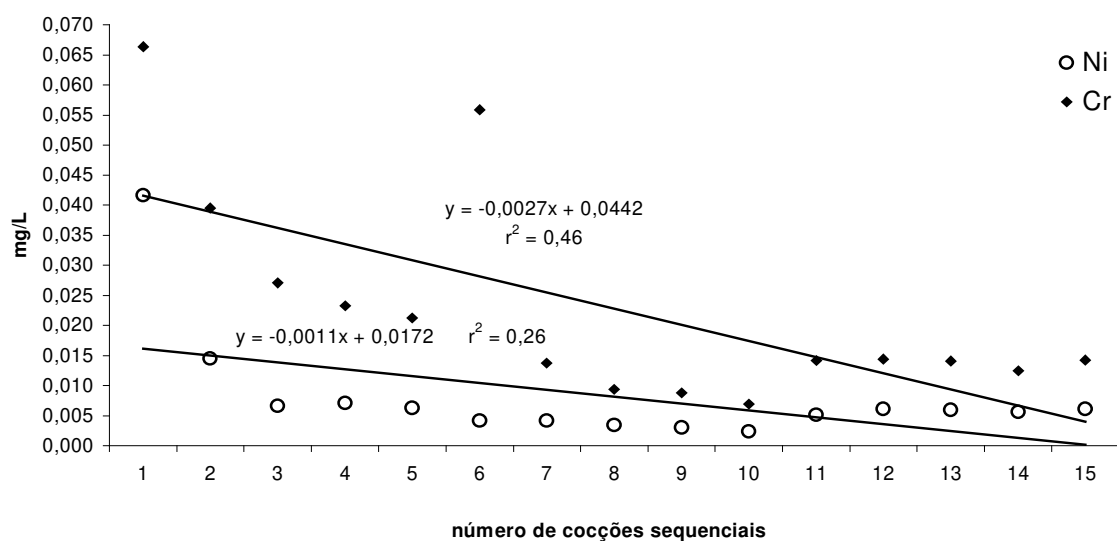


Figura 2 - Migração de Cr e Ni em panelas ($n=2$) de aço inoxidável 304 após 20 minutos com ácido acético (0,88M) em ebulição.

Tanto o Fe quanto o Mn, derivados das panelas de inox, tiveram comportamento migratório similar ao exibido pelos elementos Cr e Ni nas *Figuras 1* e *2*. Outros trabalhos já evidenciaram que há maior migração metálica na primeira cocção com utensílios de aço inoxidável [6, 9]. Kuligovski e Halperin (1992) utilizando ácido acético 0,88M mantido em ebulição por cinco

minutos em placas de inox, observaram migração de 0,01 a 0,31mg/L de Cr e 0,01 a 0,21mg/L de Ni [8]. Outros autores, utilizando ácido láctico 0,1M em contato por uma hora com placas de inox, verificaram que concentrações de 0,06 a 0,09mg/L de Cr e de 0,02mg/L de Ni eram extraídas [2]. No presente experimento com placas de aço inoxidável, o ácido láctico extraiu maiores quantidades dos elementos estudados, em relação ao ácido acético. Em ambos os casos, todavia, as quantidades lixiviadas (*Figuras 1 e 2*) não parecem representar toxicidade à saúde humana [14].

Ferro fundido GG 10. As placas de ferro fundido liberaram quantidades expressivas de Fe, sendo que o ácido acético se mostrou consideravelmente mais ativo na extração, do que o láctico. Enquanto a liberação de Fe variou entre 50 e 400mg/L no ácido láctico, a extração foi cinco vezes superior na solução de ácido acético (*Figura 3*). É sabido que a acidez favorece a migração do Fe de placas de ferro [3]. Cheng e Brittin (1991), em experimento envolvendo 50 cocções sequenciais com molho de tomate e maçã, constataram que a migração de Fe em placas novas de ferro é reduzida já nas duas primeiras vezes de uso [4]. A seguir, as placas de ferro continuam liberando quantidades constantes e expressivas de Fe para o meio.

A tendência de migração crescente do Fe era esperada ao se considerar que a área superficial do metal da placa sofre um aumento com o processo microscópico de erosão. Essa lógica, entretanto, não explicaria a lixiviação decrescente observada com o Zn.

Cabe destacar que quando usado o ácido acético (0,88M) como meio extrator a ferrugem resultante da corrosão foi notável. Tal fato fez com que as duas placas usadas no teste recebessem novamente o tratamento de cura recomendado pelo fabricante. O efeito de desse procedimento pode ser observado na linha superior da *Figura 3*, onde se nota uma sensível redução na migração de ferro entre a sétima e oitava cocção. O tratamento da cura neste caso reduziu significativamente a migração de Fe, Zn e Mn para o meio extrator.

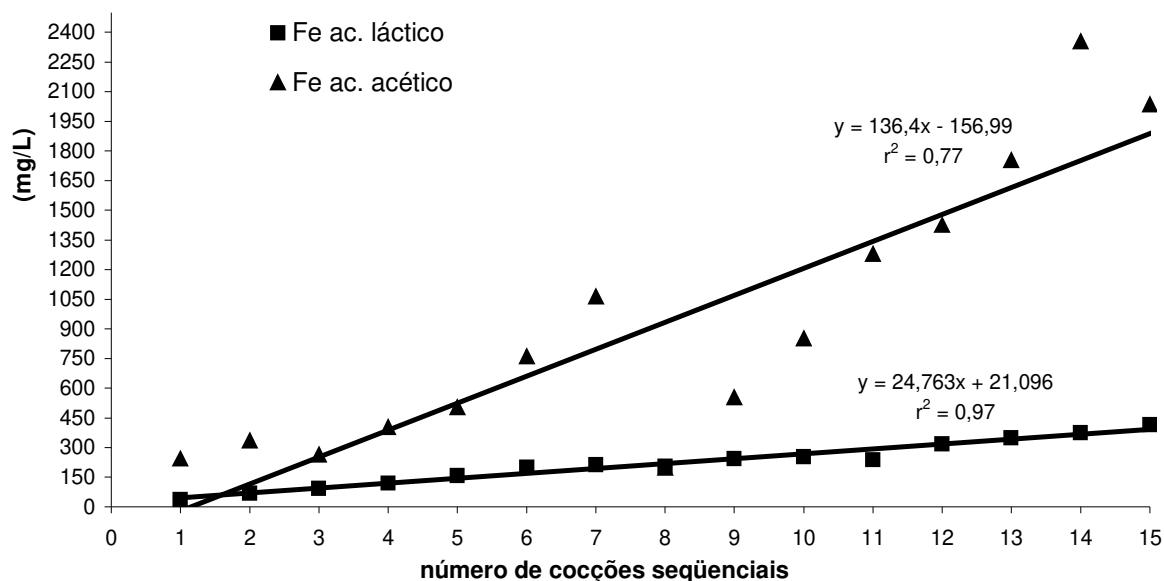


Figura 3 - Migração de Fe em placas de ferro fundido ($n=2$) após 20 minutos com ácido láctico (0,1M) em ebulição e com ácido acético (0,88M) em ebulição

Para o elemento Mn, foi verificado que sua migração reduziu com o aumento no número de vezes de uso da placa quando o simulante era o ácido acético, ficando nula a partir da décima segunda cocção. Já quando usado o ácido láctico como simulante, foi verificada forte tendência ao aumento na migração de Mn (*Figura 4*). A migração de Zn, variou de forma decrescente entre 0,015 e 0,002mg/L em ácido láctico, contra 4,8 a 2,8 mg/L, quando em ácido acético (dados não apresentados em separado).

Apesar do zinco e do manganês serem componentes da liga de ferro fundido comercial (GG-10), não encontramos trabalhos na literatura que quantifiquem esta migração e possibilitem a comparação dos resultados obtidos.

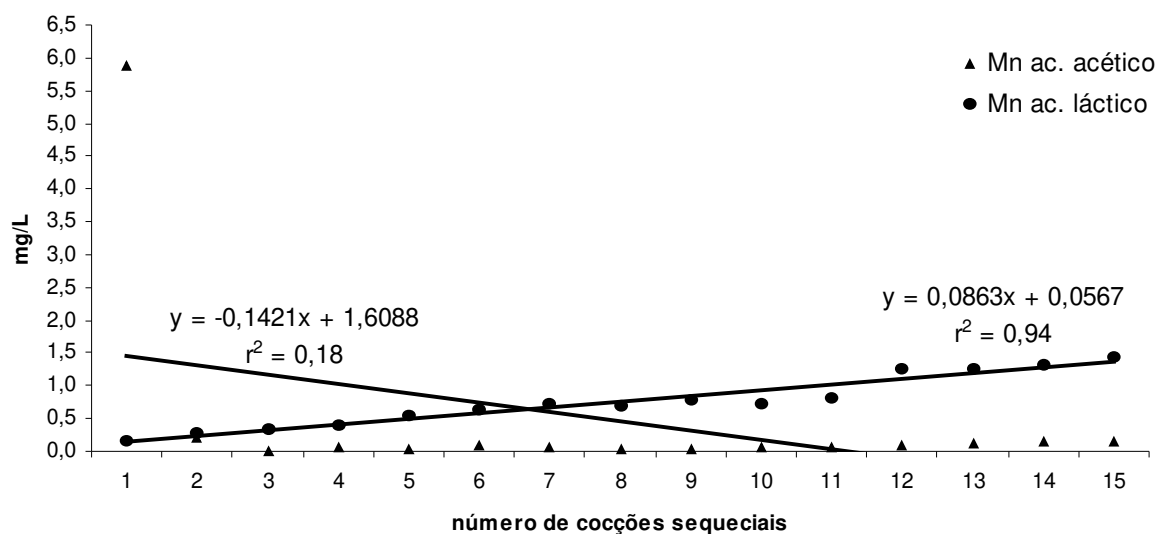


Figura 4 - Migração de Mn em panelas de ferro fundido ($n=2$) após 20 minutos com ácido láctico (0,1M) em ebulição e com ácido acético (0,88M) em ebulição

Pedra sabão. Os extratos obtidos das cocções em panelas de pedra-sabão curadas, mostraram liberação de $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Ni}$, nesta ordem. Esta migração pode ser verificada a seguir nas *Figuras 5 a 8*.

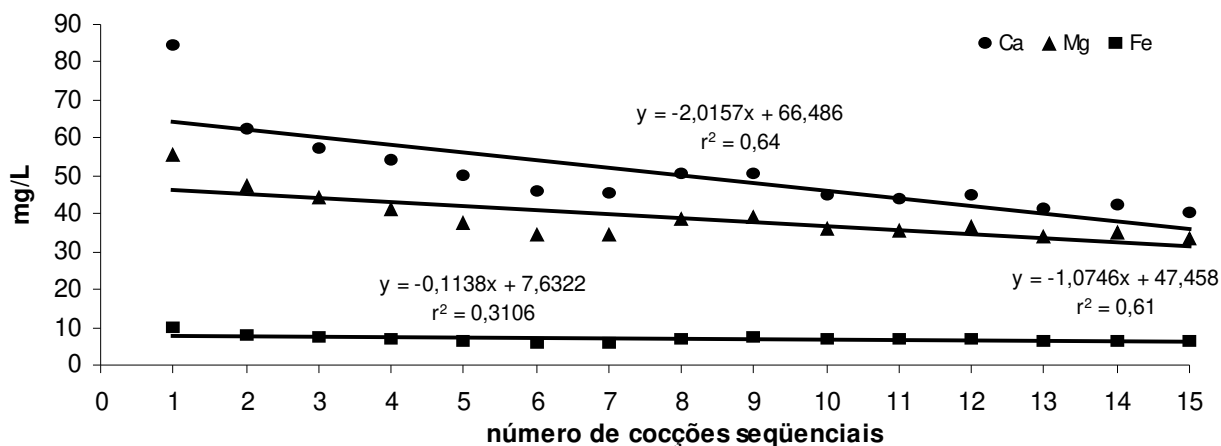


Figura 5 - Migração de Ca, Mg e Fe de painéis ($n=3$) de pedra-sabão (esteatito, curadas), após 20 minutos com ácido láctico (0,1M) em ebulição.

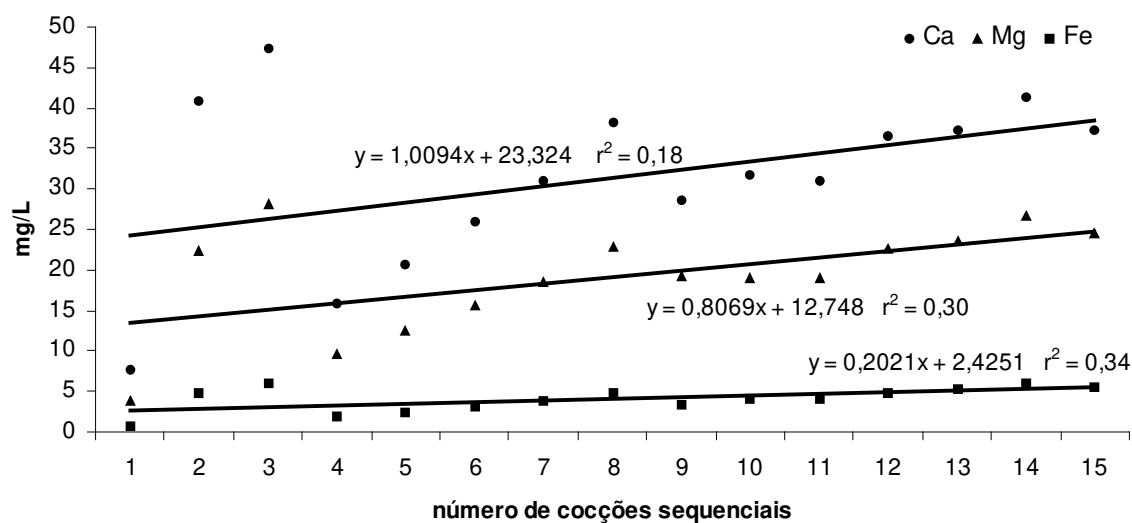


Figura 6 - Migração de Ca, Mg e Fe em painéis ($n=3$) de pedra-sabão (esteatito, curadas), após 20 minutos com ácido acético (0,88M) em ebulição.

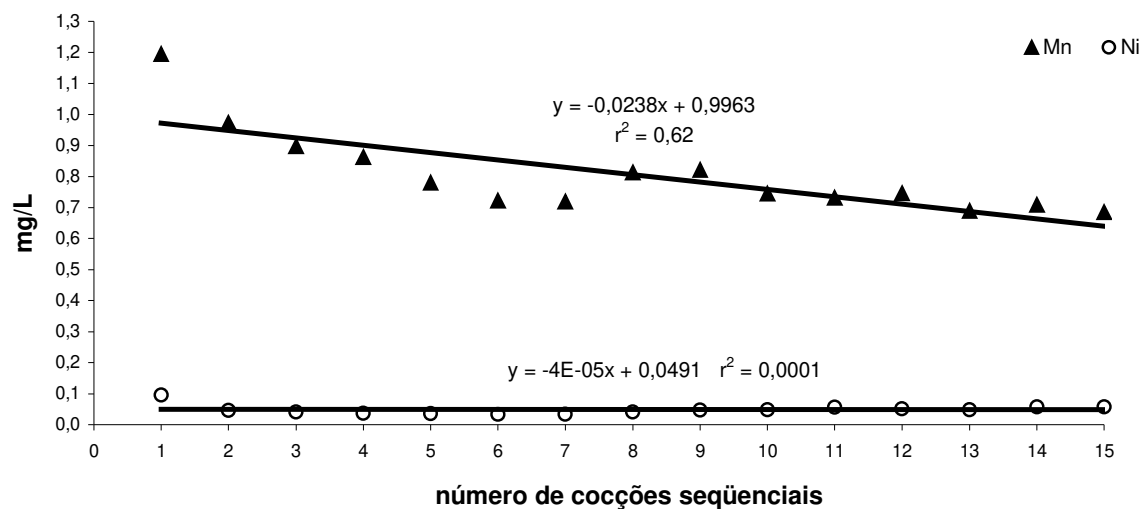


Figura 7 - Migração de Mn e Ni em painéis ($n=3$) de pedra-sabão (esteatito) curadas após 20 minutos com ácido láctico (0,1M) em ebulição.

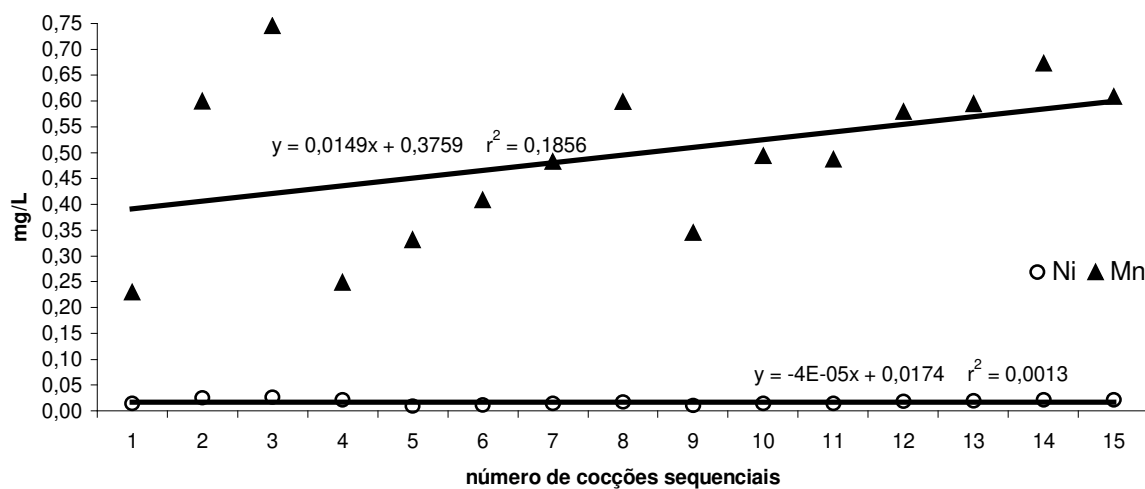


Figura 8 - Migração de Mn e Ni em painéis ($n=3$) de pedra-sabão (esteatito) curadas após 20 minutos com ácido acético (0,88M) em ebulição.

As panelas de pedra-sabão liberaram quantidades significativas de Ca, Mg e Mn. Quando em uso com ácido láctico, foi notada leve redução na migração destes elementos conforme o acréscimo no número de vezes dos utensílios. Por outro lado, foi verificado ligeiro aumento quando em uso o ácido acético. Já a migração de Ni com ambos os simulantes não representa toxicidade, sendo insignificante ($<0,025\text{mg/L}$) e constante em relação à frequência de uso dos utensílios testados. Estes dados estão de acordo com o obtido anteriormente por Quintaes e colaboradores (2002), que observaram migração expressiva de Ca, Mg, Fe e Mn usando como extrator um simulante de alimento mantido em ebulição por 45 minutos em panelas de pedra-sabão curadas. Neste caso, os autores reportaram que a migração de Ni foi inferior a $0,025\text{mg/L}$ e constante durante 20 cocções sequenciais [13].

Ainda em relação às panelas de esteatito, foi verificada a perda de peso média entre a primeira e a décima quinta cocção, como sendo de $8,33 \pm 1,56\text{g}$, ou seja, uma perda de 0,26 a 0,4% do peso inicial. Trabalho anterior envolvendo cocções sequenciais com ácido acético 0,88M mostrou perdas de 10 até 30g [13].

Tabela 5 – Correlação de Pearson aplicada entre a diferença de peso e o total de metais obtidos após 15 cocções sequenciais com solução de ácido acético (0,88M) em três panelas de pedra-sabão

Panela de pedra-sabão	Fe total (mg)	Mn total (mg)	Ca total (mg)	Mg total (mg)	Ni total (mg)	Diferença de peso* (g)
X	51,91	6,80	442,92	262,42	0,26	6,70
Y	63,09	8,47	506,71	298,18	0,23	8,50
Z	66,89	6,97	463,28	303,54	0,27	9,80
Correlação de Person (metal/diferença peso)	0,98	0,19	0,40	0,95	0,20	

* Peso inicial – Peso final (após 15 cocções)

Através da correlação de Pearson foi notado que a perda de peso apresentada individualmente por cada panela de pedra-sabão estava diretamente associada com a migração total de ferro e magnésio obtida após 15 cocções sequenciais com ácido acético (0,88M). Quanto

maior a perda de peso do utensílio, maior era a migração total de ferro e de magnésio. Tal evidência pode ser observada na *Tabela 5*.

Abaixo, na *Figura 9* podem ser observados os teores de ferro liberados até a quinta cocção sequencial de ácido acético (0,88M) nos três tipos de panelas avaliados pelo estudo. Fica evidente que o ferro fundido é o material mais susceptível a liberação de ferro para o meio extrator.

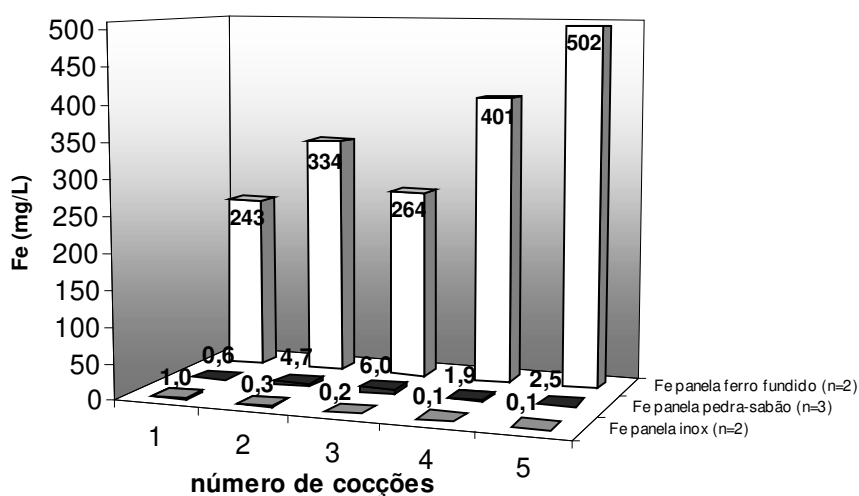


Figura 9 - Migração de Fe em panelas de pedra-sabão (esteatito) curadas, inox e ferro fundido durante 5 cocções sequenciais de ácido acético (0,88M) mantido em ebulição por 20 minutos.

3.2 Estocagem de ácido acético

Em se tratando dos ciclos de estocagem com ácido acético 0,88M, foi verificado que as panelas de inox liberaram quantidades inexpressivas de todos os elementos pesquisados (Fe, Cr, Mn e Ni), sendo mínima nas duas primeiras vezes de estocagem e nulas nas demais estocagens.

Na *Tabela 6* são mostrados os valores da migração de Ca, Fe, Mn, Mg e Ni das panelas de pedra-sabão e de Zn, Mn e Fe das panelas de ferro fundido durante a estocagem. Essas últimas

panelas apresentaram forte tendência ao aumento da migração de Fe e Mn com o incremento do número de exposições ao ácido acético 0,88M.

As panelas de pedra-sabão apresentaram acréscimo na migração de Ca, Fe, Mn, Mg e Ni até o quarto ciclo, reduzindo a migração um pouco no último ciclo de exposição. Com relação ao Ni, o lixiviado das panelas de pedra-sabão curadas continham maiores teores de Ni se comparados às cocções, iniciando no primeiro ciclo com 0,030mg/L, chegando ao nível máximo de 0,59mg/L no quarto ciclo e reduzindo para 0,020mg/L no quinto. Considerando que um adulto tem como limite de tolerância de ingestão máxima o valor de 1mg/dia [14], longos períodos de estocagem de alimentos ácidos prontos deveriam ser evitados nesse tipo de material.

Tabela 6 - Migração de elementos presentes nas panelas de pedra-sabão curadas e de ferro fundido durante 5 ciclos de estocagem de 24 horas com ácido acético a 22°C (± 2)*

Ciclos	Pedra-sabão curada (n=3)					Ferro fundido curada (n=2)		
	Ca	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Mn	Fe
1	40,49	0,77	0,11	3,03	0,030	0,15	1,19	304,2
2	67,84	1,02	0,17	10,78	0,012	0,34	1,99	711,3
3	40,64	4,91	0,59	19,96	0,038	0,17	3,54	2290,1
4	67,08	7,89	0,97	32,71	0,059	0,37	6,20	3013,0
5	38,58	3,39	0,49	16,03	0,020	0,37	15,41	3117,4

*valores médios em mg/L

3.3 Metais pesados

Com relação aos metais pesados, foi verificado que nenhum dos utensílios testados liberou quantidades mesuráveis de Pb, Cd ou Hg, seja durante a cocção com os dois simulantes ou mesmo durante a estocagem por 24 horas com ácido acético 0,88M. Tal dado confirma as informações anteriormente relatadas para o utensílio de pedra-sabão, onde a migração desses metais foi insignificante durante cocção com ácido acético a 3 e a 5% [13]. Desta forma, os três tipos de utensílios testados foram considerados seguros, ou seja, que não oferecem risco à saúde humana com relação aos referidos minerais pesados, se utilizados nas condições do estudo.

4. CONCLUSÕES

Os utensílios testados apresentaram perfis de migração distintos e susceptíveis à variação, conforme o tipo de simulante e a aplicação do utensílio (cocção ou estocagem). Tanto as panelas de aço inoxidável como as de ferro fundido não apresentaram implicações toxicológicas sob as condições de teste, sendo que as de ferro fundido poderiam contribuir significativamente na melhor adequação da alimentação de certos grupos populacionais em termos de ferro. Já as panelas de pedra-sabão liberaram quantidades consideráveis de Ca, Mg, Fe e Mn durante a operação de cocção. Entretanto, a estocagem de alimentos nestas panelas, especialmente aqueles com alto teor de água e ácidos, deve ser executada com cautela uma vez que o tempo de contato influi consideravelmente na liberação de níquel. Os resultados obtidos com os produtos de aço inox podem ser de utilidade na indústria de alimentos. Considerando ainda que o esteatito, o aço inox e o ferro fundido são materiais susceptíveis à abrasão, os dados aqui apresentados são válidos para superfícies não perturbadas por processos de polimento após cada ciclo de uso.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ADISH, A.A.; ESREY, S.A.; GYORKOS, T.W.; JEAN-BAPTISTE, J.; ROJHANI, A. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomised trial. **Lancet**, v. 353, n. 9154, p. 712-716, 1999.
- [2] AGARWAL, P.; SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, M.; PRAKASH, S.; RAMANAMURTHY, M.; SHIRIVASTAV, R.; DASS, S. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and in some Indian drinks. **Sci. Tot. Environ.**, v. 199, n. 3, p. 271-275, 1997.
- [3] COUTSOUÇOS, S.M.; COLLI, C. Iogurte preparado em panela de ferro: uma alternativa para fortificação de alimentos com ferro. **Hig. Alim.**, v. 8, n. 29, p. 14-17, 1994.
- [4] CHENG, Y.J.; BRITTIN, H.C. Iron in food: effect of continued use of iron cookware. **J. Food Sci.**, v. 56, n. 2, p. 584-585, 1991.
- [5] CHENG, X.L.; MA, H.Y.; CHEN, S.H.; YU, R.; CHEN, X.; YAO, Z.M. Corrosion of stainless steel in acid solutions with organic sulfur-containing compounds. **Corr. Sci.**, v. 41, n. 4, p. 321-333, 1999.

- [6] FLINT, N.G.; PACKIRISAMY, S. Purity of food cooked in stainless steel utensils. **Food Add. Contam.**, v. 14, n. 2, p. 115-126, 1997.
- [7] KAKADE, V.; AGTE, V. Effect of using iron utensils vis-a-vis teflon-coated non stick wares on ionisable iron content of traditional vegetarian foods. **J. Food Sci. Tech.** (Mys), v. 34, n. 5, p. 427-430, 1997.
- [8] KULIGOWSKI, J.; HALPERIN, K.M. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. **Arch. Environ. Contam. Toxic.**, n. 23, v. 2, p. 211-215, 1992.
- [9] KUMAR, R.; SRIVASTAVA, P.K.; SRIVASTAVA, S.P. Leaching of heavy metals (Cr, Fe and Ni) from stainless steel utensils in food simulants and food materials. **Bull. Environ. Contam. Toxic.**, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.
- [10] LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONE, S. Leaching of aluminium from dishes and packages. **Food Add. Contam.**, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.
- [11] PARK, J.; BRITTIN, H.C. Increase iron content of food due to stainless steel cookware. **J. Americ. Diet. Ass.**, v. 97, n. 6, p. 659-661, 1997.
- [12] PARK, J.; BRITTIN, H.C. Iron content, sensory evaluation, and consumer acceptance of food cooked in iron utensils. **J. Food Qual.**, v. 23, n. 2, p. 205-215, 2000.
- [13] QUINTAES, K.D.; AMAYA-FARFAN, J.; MORGANO, M.A.; MANTOVANI, D.M.B. Soapstone (steatite) cookware as a source of minerals. **Food Add. Contam.**, v. 19, n. 2, p. 134-143, 2002.
- [14] TRUMBO, P.; YATES, A.A.; SCHLICKER, S.; POSS, M. Dietary reference intakes: vitamina A, vitamina K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. **J. Am. Diet. Ass.**, v. 101, n. 3, p. 294-301, 2001.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Oro Preto Art's, Tramontina, SA, pela doação dos utensílios testados e à Fundação Mineira Ltda. (FUMIL) pelos utensílios cedidos e apoio financeiro.

Estabilidade oxidativa e migração de ferro em óleo de soja refinado aquecido em utensílios de diferentes materiais

(estabilidade oxidativa de óleo aquecido)

Resumo

Os utensílios culinários podem liberar componentes inorgânicos durante a cocção de alimentos, dependendo do material e da composição do alimento. A migração pode ser indesejável, dependendo do mineral migrante e do alimento em questão. Em se tratando de alimentos fritos, a oxidação do óleo é um fator importante na deterioração do produto, sendo favorecida pela presença de metais como o ferro (Fe) e o níquel (Ni). O presente estudo avaliou a migração destes minerais e a estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado, aquecido em panelas de vidro, de alumínio, de aço inoxidável, de ferro e de pedra-sabão. Foram realizados quatro aquecimentos sequenciais com intervalo de 24hs cada. No final de cada ciclo, amostras de óleo foram coletadas visando determinar os elementos minerais Fe e Ni, bem como a estabilidade oxidativa. Os teores dos elementos foram determinados pela técnica de espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP OES). A mensuração da estabilidade oxidativa se deu pelo Instrumento de Estabilidade Oxidativa. A menor migração metálica se registrou nos utensílios de vidro e alumínio, onde o óleo apresenta a maior estabilidade à oxidação. A estabilidade oxidativa se apresentou menor nos utensílios de pedra-sabão, aço inoxidável e ferro, nessa ordem. O óleo aquecido nos utensílios de pedra-sabão e de inox apresentou níveis mais elevados de ferro no final do experimento. Do ponto de vista da oxidação do óleo, o vidro e o alumínio foram considerados como os melhores materiais para a fritura de alimentos.

Palavras-chave: utensílios culinários, nutrição mineral, fritura, oxidação, migração de ferro

Oxidative stability and iron migration into soybean oil heated in cookware of different materials

(Oxidative stability in heated oil)

Summary

Cookware may release some inorganic components into foods during cooking depending on the food composition. The migration could be undesirable according to nature of the ion and the type of food. In fried foods, for instance, oil oxidation is an important factor of product deterioration and is favored by metals like iron (Fe) and nickel (Ni). The present study evaluates the oxidative stability and metal migration into refined soy oil heated in cookware of

different materials (glass, aluminum, stainless steel, iron and soapstone). Four sequential cycles of heat, with intervals of 24 hours, were performed. At the end of every cycle, samples were collected for the analysis of Fe and Ni migration and oxidative stability estimates. Determination of metals was accomplished by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP OES) and an Oxidative Stability Instrument was used for the evaluation of the oil stability. The results demonstrated that the lower metal migration occurred in glass and aluminum pans and the oil heated in these pans showed the highest oxidative stability. Loss of oxidative stability was more evident in soapstone, stainless steel and iron cookware, in that order. The soapstone and stainless steel pans imparted the lowest oxidative stability to oil and were those with the highest iron migration at the end of the test. Glass and aluminum pans were considered to be the best material for fried food.

Keywords: food utensils, mineral nutrition, fry, oxidation, material

1- INTRODUÇÃO

A exposição de utensílios culinários domésticos ao tempo e temperatura durante o processamento e preparo de alimentos, seja no ambiente doméstico ou industrial, pode resultar em alteração do conteúdo de nutrientes, grau de inocuidade e no aspecto sensorial final da preparação [12, 9]. Entre os principais fatores que afetam a migração dos elementos contidos no material das panelas se destacam o pH do alimento, a temperatura, o tempo e permanência do alimento em contato e a consistência da preparação [10, 11].

A migração de metais presentes nos utensílios culinários pode ser interessante quando há carência dos mesmos na alimentação do consumidor ou indesejável quando há liberação de micronutrientes minerais ou metais pesados em quantidades que possam trazer efeitos adversos à saúde direta ou indiretamente, ou mesmo que acarretem alterações sensoriais que venham a interferir de forma negativa no consumo do alimento [2, 12, 13].

Um exemplo de uma interação benéfica foi relatado por Adish e colaboradores (1999) que associaram o uso de panelas de ferro à prevenção e ao tratamento da anemia ferropriva em crianças etíopes. Tal efeito foi decorrente da quantidade e biodisponibilidade do ferro liberado pelo material [1]. Entretanto, o mesmo ferro liberado pelas panelas de ferro pode favorecer a oxidação lipídica em óleos durante o processo de fritura de alimentos.

É interessante ressaltar que nos últimos anos o consumo de alimentos fritos e pré-fritos tem aumentando, seja por razões sociais, econômicas ou tecnológicas, dado que a disponibilidade de tempo requerido na fritura dos alimentos geralmente é inferior aos demais tipos de preparações.

Assim, o processo de fritura acaba sendo uma alternativa para agilizar o preparo de alimentos ao mesmo tempo em que confere a estes características sensoriais desejáveis [3, 5].

Durante o processo de fritura, os lipídios sofrem um complexo processo de degradação, favorecidos pela temperatura elevada, originando drásticas mudanças em sua estrutura e numerosos compostos de degradação [3, 5, 7]. O mecanismo da degradação lipídica verificado no óleo de fritura é complexo e dependente de vários fatores, entre os quais se destacam: a água proveniente dos alimentos, o oxigênio do ambiente, a temperatura do processo, o tempo de duração, o tipo de aquecimento (se contínuo ou não) e a presença de fatores pró-oxidantes, como os metais ferro, cobre e níquel [6]. Durante e após o processo de fritura, as propriedades funcionais, sensoriais e nutricionais originais dos lipídios se modificam, podendo chegar a níveis que contribuem para a perda da qualidade do alimento assim processado [3, 15].

Nesse contexto, o presente estudo objetivou avaliar a implicação do tipo do material do utensílio culinário (vidro, alumínio, ferro fundido, aço inoxidável e pedra-sabão) na estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado, durante quatro ciclos de aquecimentos sequenciais, um a cada 24 horas.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com óleo de soja refinado, marca Lisa, em embalagens metálicas unitárias de 900mL, doadas pela empresa Cargill Agrícola S.A. do Brasil. Foram adquiridos duplos exemplares de panelas novas de vidro (Vision®), alumínio (Panex®), aço inoxidável (Tramontina®), pedra-sabão (Ôro Preto Art's®) e ferro fundido (FUMIL®), todas com capacidade aproximada de 2 litros. As panelas de pedra-sabão do estudo receberam o tratamento de cura descrito por Quintaes e colaboradores [13]. Todas as panelas foram lavadas com detergente biodegradável e esponja polimérica macia antes do início do experimento. O enxágüe foi efetuado com água corrente em abundância, seguido por outro com água desionizada. A secagem se deu de forma natural com os recipientes vertidos sobre tecido limpo e não-felpudo.

Foi realizado um pré-teste a fim de determinar a temperatura em que o alimento é usualmente frito em condições domésticas. O teste consistiu em aquecer o óleo de soja refinado sendo adicionado ao mesmo um palito de fósforo e, no momento em que este se mostrava inflamado, a temperatura do óleo foi mensurada usando um termômetro eletrônico (Dellt DT 650), com escala de -50 a 300°C e sensibilidade de $0,1^{\circ}\text{C}$. A temperatura mensurada no momento em que o palito acendeu foi de 214°C , sendo usada como limite para a contagem do tempo de aquecimento dos testes experimentais nas panelas de diferentes materiais.

Cerca de 400mL de óleo de soja refinado foram colocados simultaneamente em cada duplicata da panela utilizada. O fogo do queimador do fogão foi ligado e quando a temperatura atingiu 214°C foi iniciada a contagem do tempo. O fogo foi desligado quando completado o tempo de 20 minutos, momento em que a temperatura foi novamente lida e registrada.

Após o resfriamento natural do óleo dentro das panelas, três amostras (5,0g) foram coletadas para a determinação da estabilidade oxidativa e, mais duas amostras de 10,0g foram coletadas visando a determinação do teor de ferro. No total, quatro ciclos foram realizados seqüencialmente em cada duplicata de panela, sendo coletada amostras após cada ciclo, enquanto o restante do óleo foi mantido na panela tampada sob temperatura de $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$. A coleta de amostra resultou na redução da área de contato entre o material e o óleo a cada ciclo de aquecimento.

As amostras foram acondicionadas em embalagens previamente descontaminadas de metais com detergente (Extran, Merck) e ácido nítrico (Merck, p.a.) preparado a 20 % com água desionizada. As embalagens ganharam barreira física contra luminosidade, recebendo identificação externa e foram, a seguir, armazenadas em freezer (-18°C) até posteriores análises. As condições experimentais do estudo podem ser observadas a seguir (*Tabela 1*).

A determinação da estabilidade oxidativa do óleo foi mensurada pelo *Oxidative Stability Instrument* (Omnion, Inc.; Rockland, Massachusetts, USA). A condutividade elétrica dos produtos voláteis de degradação do óleo foi avaliada nas seguintes condições: 5,0 gramas de óleo, fluxo de ar 20L/h; temperatura de 110°C e volume de água de 60mL nos frascos contendo os eletrodos. Conforme o grau de oxidação da amostra, há variabilidade na produção dos teores de ácidos orgânicos voláteis, que afetam a condutividade da água mensurada pelo eletrodo. A condutividade em função do tempo foi registrada automaticamente pelo equipamento, o qual

determinou o ponto de inflexão na curva de condutividade, definido como Oxygen Stability Index (OSI), em horas [4].

Tabela 1 – Condições experimentais do ensaio cinético com óleo de soja refinado

Utensílios	Número de utensílios	Volume de óleo	Tempo*	Repetições**
ferro	2	400ml	20	4
inox	2	400ml	20	4
pedra-sabão	2	400ml	20	4
alumínio	2	400ml	20	4
vidro	2	400ml	20	4

* em minutos, a contar do momento em que a temperatura atingiu 214°C

** com intervalo de 24 horas entre as repetições

Para a quantificação do teor de ferro, as amostras foram previamente aquecidas em aquecedor elétrico e posteriormente incineradas em mufla à 425°C até a obtenção de cinzas. As cinzas foram dissolvidas em ácido nítrico, transferidas quantitativamente para balão volumétrico de 25 mL, filtradas em papel de filtro e analisadas por meio de espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES), usando o espectrômetro simultâneo BAIRD, modelo ICP 2000 (Bedford, Massachusetts, USA), equipamento escolhido devido a sua alta sensibilidade a análise múltipla de cátions.

O teor de ferro foi determinado na amostra de óleo sem aquecimento e no primeiro e quarto ciclo de aquecimento, de acordo com o tipo de material da panela. As amostras oriundas das panelas de pedra-sabão e de aço inoxidável (inox) também tiveram o teor de níquel quantificado.

Na *Tabela 2* podem ser observadas as condições estabelecidas de operação do equipamento ICP para a determinação do ferro e do níquel utilizando como canal de alinhamento

do espectrômetro a linha de emissão do manganês, conforme recomendação do fabricante do equipamento.

Tabela 2 - Condições de operação do espectrômetro de emissão ótica

Potência do plasma	0,9 kW
Gás refrigerante (Ar)	15 L min ⁻¹
Gás auxiliar (Ar)	1,5 L min ⁻¹
Vazão da amostra	2,1 mL min ⁻¹
Altura e observação vertical	19 mm ^a
Pressão do nebulizador ^b	3 bar

^a acima da bobina de indução; ^b nebulizador pneumático concêntrico

Foi efetuada a correção de radiação de fundo antes da leitura da curva analítica e, esta foi definida para o ferro e o níquel a partir de solução padrão (Titrisol, Merck) preparada no laboratório em concentração de 1000mgL⁻¹. A faixa de concentração adotada na construção da curva analítica foi de 0,005 a 20mgL⁻¹ para o ferro e o níquel. Os comprimentos de onda usados foram 259,94 e 231,60nm, para o ferro e níquel, respectivamente. Os limites de detecção e de quantificação obtidos experimentalmente foram de 1,2 e 4,0µgL⁻¹ para o ferro e de 0,4 e 10µgL⁻¹ para o níquel, respectivamente. O limite de detecção foi determinado como sendo três vezes o desvio padrão de dez brancos e o limite de quantificação como sendo dez vezes o desvio padrão de dez brancos.

Os resultados foram analisados estatisticamente usando os valores médios obtidos por meio das determinações feitas. A comparação entre as concentrações de minerais verificados entre os ciclos no mesmo tipo de material e entre as os materiais foi efetuada por análise de variância (ANOVA) fator duplo sem repetição, sendo consideradas significantes aquelas com $p < 0,05$. Para verificar diferenças entre as médias foi adotado o teste de Tukey. Análise de regressão linear simples foi usada visando determinar o comportamento da estabilidade oxidativa em função dos ciclos de aquecimento num mesmo tipo de material [17].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação da estabilidade oxidativa foi verificado que o período médio de indução do óleo de soja refinado *in natura* foi de $t_0 = 5,24 \pm 0,86$ horas. A estabilidade oxidativa do óleo de soja reduziu em todos os materiais avaliados após o primeiro ciclo de aquecimento (Apêndice 6.4). Estatisticamente a menor diminuição observada foi registrada nas amostras oriundas dos recipientes de vidro, alumínio e ferro, enquanto que o óleo aquecido nas panelas de inox e de pedra-sabão revelou maior perda de estabilidade oxidativa (*Tabela 3*).

Até o segundo ciclo de aquecimento os valores referentes à estabilidade oxidativa do óleo se mantiveram semelhantes nas panelas de vidro alumínio e ferro, diferindo nas de inox e de pedra. No terceiro ciclo de aquecimento o óleo aquecido na panela de ferro mostrou estabilidade oxidativa inferior às de vidro e de alumínio e, ao menos tempo superior ao observado nas panelas de inox e de pedra-sabão, sendo em ambos os caso as diferenças estatisticamente significantes. No quarto e último ciclo de aquecimento, a estabilidade oxidativa do óleo aquecido nas panelas de ferro, aço inox e pedra-sabão se mostrou estatisticamente similar, sendo estes valores significativamente inferiores aos observados no óleo aquecido em panelas de vidro e de alumínio.

Tabela 3 – Valores relativos à média e desvio padrão do índice de estabilidade oxidativa (OSI), em horas, para o óleo de soja refinado conforme o ciclo de aquecimento e material do recipiente

ciclo	material do recipiente de aquecimento				
	vidro	alumínio	ferro	inox	pedra-sabão
1	4,86 ^a ±1,23	4,82 ^a ±1,07	3,94 ^a ±0,28	2,91 ^b ±0,83	3,21 ^b ±0,29
2	4,61 ^a ±0,51	4,63 ^a ±1,06	3,30 ^a ±0,73	1,23 ^b ±0,71	0,51 ^b ±0,24
3	4,45 ^a ±0,63	4,55 ^a ±0,89	1,25 ^b ±0,84	0,63 ^c ±0,36	0,50 ^c ±0,25
4	2,90 ^a ±1,38	2,78 ^a ±1,22	0,98 ^b ±0,53	0,55 ^b ±0,21	0,48 ^b ±0,21

^{a,b,c} valores na mesma linha seguidos de superíndices diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05)

É conhecido que o tipo de aquecimento influencia na degradação lipídica, sendo que o aquecimento descontínuo produz maior degradação quando se compara com o processo contínuo [6]. Entretanto pôde ser observado experimentalmente que, mesmo em situações idênticas de aquecimento descontínuo, há diferença na estabilidade oxidativa do óleo segundo o material do recipiente de aquecimento. O óleo aquecido em panelas de ferro, inox ou pedra-sabão mostrou comportamento distinto em relação às panelas de vidro e alumínio e ao próprio óleo que não sofreu aquecimento, desde o primeiro ciclo do experimento (*Figura 1*).

De maneira geral o resultado da estabilidade oxidativa do óleo de soja refinado aquecido em panelas de diferentes materiais indicou que o aquecimento em recipientes de vidro e de alumínio favorece a manutenção da integridade do óleo ao longo dos ciclos de aquecimento de forma superior aos demais materiais avaliados (*Figura 1*).

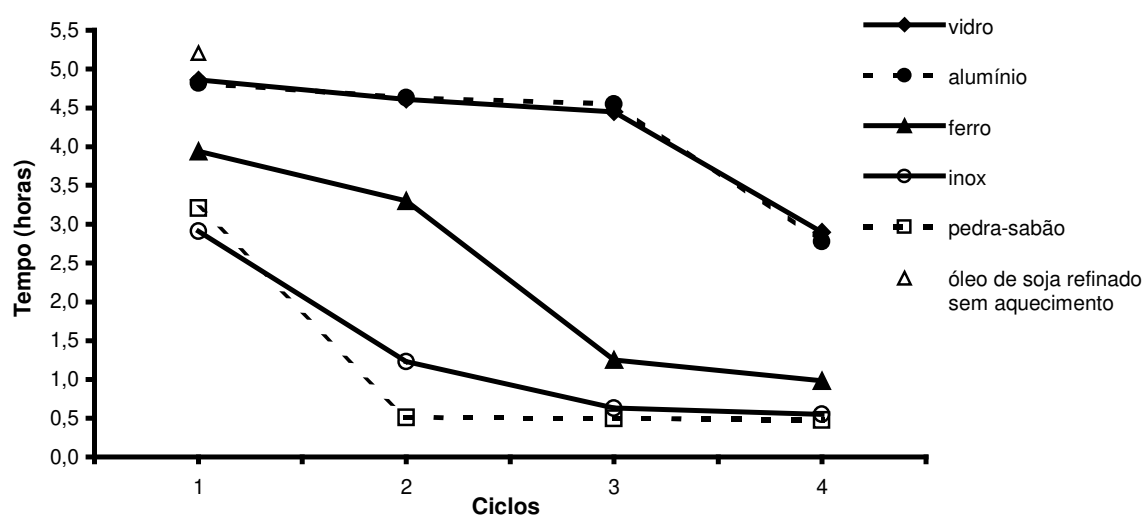


Figura 1 - Estabilidade oxidativa de óleo refinado de soja aquecido em panelas de diferentes materiais

A análise dos dados por regressão linear indicou que o óleo aquecido na panela de ferro apresentou a mais forte tendência na redução da estabilidade oxidativa ($y = -1,93x + 5,1$; $r^2 = 0,92$) seguida pela panela de inox ($y = -0,768x + 3,25$; $r^2 = 0,82$). As panelas de vidro, alumínio e pedra-sabão mostraram tendência menos acentuada na redução da estabilidade oxidativa ($y = -0,604x + 5,715$; $r^2 = 0,77$; $y = 0,62x + 5,745$; $r^2 = 0,71$; $y = 0,82 + 3,225$; $r^2 = 0,61$, respectivamente).

A alteração lipídica resultante foi observada também na coloração das amostras do óleo conforme o ciclo e o tipo de panela. A cor das amostras do óleo foi escurecendo a cada ciclo de aquecimento, sobretudo no óleo oriundo dos utensílios de pedra-sabão, inox e ferro, nessa ordem de intensidade. O escurecimento do óleo aquecido nas panelas de vidro e de alumínio ocorreu de forma menos acentuada em relação aos demais materiais (*Figuras 2 a 6*).

Devido ao aquecimento ser dado diretamente pela chama do queimador do fogão, a temperatura observada no final do primeiro ciclo de aquecimento do óleo era de 260,5°C ($\pm 3,8$) nas panelas de vidro e alumínio e de 275,2°C ($\pm 6,3$) nos demais utensílios. A temperatura se manteve inalterada nos demais ciclos de aquecimento das panelas de vidro e de alumínio enquanto que nos outros materiais a temperatura do óleo foi superior a 300°C a partir do segundo ciclo de aquecimento. É conhecido que a temperatura afeta positivamente a degradação lipídica, sendo esta mais acentuada a partir de 200°C [6].

Os produtos resultantes do aquecimento de óleo por longos períodos e sob temperatura elevada são majoritariamente polares (polímeros, dímeros, ácidos graxos livres, diacilgliceróis e ácidos graxos oxidados), sendo que a ingestão desses produtos pode resultar, em curto prazo, em irritações do trato gastrodigestório e diarreia, além de outros transtornos à saúde do indivíduo [3, 5].

Quanto à presença de metais pró-oxidantes, foi verificado que a concentração média de ferro no óleo sem aquecimento era de 0,10 $\pm$ 0,02 mg/L. Tal valor foi similar ao observado após o primeiro e quarto aquecimento do óleo em panelas de vidro e de alumínio (*Tabela 4*).

Tabela 4 – Valores relativos à média e desvio-padrão do teor de ferro e de níquel no óleo de soja refinado, após o primeiro e quarto ciclos de aquecimento, conforme o material da panela

ciclo	material da panela						
	vidro	alumínio	ferro	inox		pedra-sabão	
	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
1	0,10 ^b ±0,05	0,13 ^b ±0,05	0,14 ^b ±0,06	1,02 ^a ±0,06	<0,01	0,10 ^b ±0,03	<0,01
4	0,07 ^b ±0,02	0,09 ^b ±0,03	0,42 ^b ±0,10	2,52 ^a ±0,10	<0,01	2,31 ^a ±1,25	<0,01

^{a,b} valores seguidos de superíndices diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas (p<0,05)



Figura 2 – óleo de soja refinado após quatro ciclos de aquecimento em panela de vidro e óleo refinado de soja *in natura* (da direita para a esquerda)



Figura 3 – óleo de soja refinado após quatro ciclos de aquecimento em panela de alumínio e óleo refinado de soja *in natura* (da direita para a esquerda)



Figura 4 – óleo de soja refinado após quatro ciclos de aquecimento em panela de ferro fundido e óleo refinado de soja *in natura* (da direita para a esquerda)



Figura 5 – óleo de soja refinado após quatro ciclos de aquecimento em panela de inox e óleo refinado de soja *in natura* (da direita para a esquerda)



Figura 6 – óleo de soja refinado após quatro ciclos de aquecimento em panela de pedra-sabão e óleo refinado de soja *in natura* (da direita para a esquerda)

No primeiro ciclo de aquecimento, os óleos aquecidos nas panelas de ferro fundido ($0,14\pm0,06\text{mg/L}$) e pedra-sabão ($0,10\pm0,03\text{mg/L}$) apresentaram teores de ferro ligeiramente superiores às panelas de vidro e alumínio. Nesse mesmo ciclo, o óleo aquecido na panela de inox mostrou o maior teor de ferro ($1,02\pm0,06\text{mg/L}$) em relação a todos os tipos de materiais. O teor de níquel se manteve inferior à $0,010\text{mg/L}$ tanto no primeiro como no quarto ciclo de aquecimento do óleo nas panelas de inox e de pedra-sabão (*Tabela 4*).

No quarto ciclo de aquecimento a quantidade de ferro presente no óleo se mostrou bastante elevada tanto nas panelas de ferro como nas de inox e pedra-sabão em comparação com as de vidro e de alumínio. Por ordem, o maior teor foi verificado nas panelas de pedra-sabão ($2,31\pm1,25\text{mg/L}$) seguidas pelas de inox ($2,05\pm0,52\text{mg/L}$) e de ferro fundido ($0,42\pm0,10\text{mg/L}$), indicando um acréscimo do metal durante o estudo cinético (*Figura 7*).

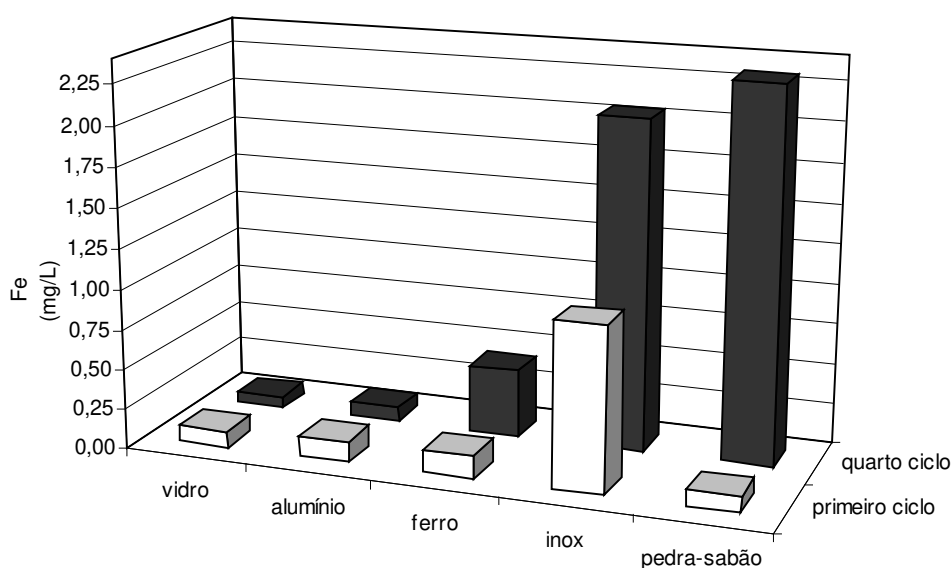


Figura 7 - Teor médio de ferro (mg/L) segundo o material da panela e o ciclo de aquecimento

Os resultados observados para o ferro no óleo aquecido nas panelas de vidro e de alumínio foram os esperados, uma vez que esses materiais não possuem o elemento em quantidade expressiva na sua composição química. É sabido que o ferro e níquel, elementos pró-oxidantes [5], podem favorecer a degradação lipídica. O ferro está presente em proporção considerável na composição das panelas de ferro fundido, inox e de pedra-sabão. No tocante ao níquel é observado como componente químico tanto em panelas de inox como de pedra-sabão, sendo liberado durante processo de cocção [14].

A literatura especializada registra que as panelas de pedra-sabão e de ferro fundido apresentam um comportamento de migração de minerais ascendente, ou seja, os menores teores de migração são observados na primeira cocção se elevando com a frequência de uso dos utensílios [11,13,14]. As panelas de pedra-sabão apresentam migração expressiva de níquel somente quando são usadas de forma não curada. Quando curada, como efetuado na presente pesquisa, a migração se mantém em fluxos constantes e atóxicos desde o primeiro uso [13]. O ferro observado no óleo aquecido nas panelas de pedra-sabão apresentou valor com elevado desvio-padrão. Uma das duplicatas de panela de pedra-sabão usada no experimento apresentou migração de ferro no quarto ciclo acima de 100% em relação à sua semelhante. Essa variação é justificada pela natureza heterogênea do material [13].

Em se tratando das panelas de inox, a liga testada (304) contém aproximadamente 70% de ferro e 10% de níquel. Vários autores referem que há um desprendimento maior de ferro e de níquel em utensílios de inox novos na primeira cocção em relação às subseqüentes, ou seja o desempenho da migração é decrescente [8, 9, 14]. Esse comportamento é o inverso do descrito para as panelas de ferro fundido e de pedra-sabão. Dessa forma, pode ser especulado que o resultado de um teste similar envolvendo utensílios usados poderia não ocorrer da forma aqui relatada.

Cabe enfatizar que no presente experimento os ciclos de aquecimento foram contínuos, ou seja, foi incluída a migração obtida a partir do primeiro ciclo. Assim, a migração dos metais pode ser considerada cumulativa. Devido ao comportamento da migração entre os materiais ser distinto entre si, o ensaio possivelmente potencializou a migração de ferro nos utensílios de inox e minimizou nos utensílios de ferro e de pedra-sabão. Este experimento representou uma situação em que houve reciclagem do óleo, sendo assim magnificada a diminuição da estabilidade oxidativa do óleo aquecido nas panelas de inox, pedra-sabão e ferro fundido.

4. CONCLUSÕES

Do ponto de vista da oxidação lipídica, o óleo de soja refinado mostrou maior resistência ao reaquecimento intermitente quando o material do recipiente é o vidro ou alumínio. A utilização de panelas de pedra-sabão, de inox e de ferro resultou em menor estabilidade oxidativa para o óleo, sendo que as duas primeiras liberaram maior teor de ferro para o óleo em relação à verificada para o utensílio de ferro. Frente aos resultados obtidos, evidenciou-se que entre os materiais avaliados, o vidro e o alumínio foram considerados como os melhores materiais para a fritura descontínua de alimentos.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ADISH, A.A.; ESREY, S.A.; GYORKOS, T.W.; JEAN-BAPTISTE, J.; ROJHANI, A. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomised trial. **Lancet**, v. 353, n. 9154, p. 712-716, 1999.
- [2] AGARWAL, P.; SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, M.; PRAKASH, S.; RAMANAMURTHY, M.; SHIRIVASTAV, R.; DASS, S. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and in some Indian drinks. **Sci. Tot. Environ.**, v. 199, n. 3, p. 271-275, 1997.
- [3] ANS, V.G.; MATTOS, E.S.; JORGE, N. Avaliação da qualidade dos óleos de frituras usados em restaurantes, lanchonetes e similares. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 19, n. 3, p.413-419, 1999.
- [4] AOCS - **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4 ed. Champaign, 1994.
- [5] CELLA, R. C. F.; REGINATO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. Comportamento do óleo de soja refinado utilizado em fritura por imersão com alimentos de origem vegetal. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 22, n. 2, p.111-116, 2002.
- [6] JORGE, N. Alterações em óleos de frituras. **Hig. Aliment.**, v. 11, n. 52, p. 15-23, 1997.
- [7] JORGE, N.; GONÇALVES, L. A. G. Comportamento do óleo de girassol com alto teor de ácido oléico em termoxidação e fritura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 18, n. 3, p. 335-342, 1998.

- [8] KULIGOWSKI, J.; HALPERIN, K.M. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. **Arch. Environ. Contam. Toxic.**, n. 23, v. 2, p. 211-215, 1992.
- [9] KUMAR, R.; SRIVASTAVA, P.K.; SRIVASTAVA, S.P. Leaching of heavy metals (Cr, Fe and Ni) from stainless steel utensils in food simulants and food materials. **Bull. Environ. Contam. Toxic.**, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.
- [10] LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONE, S. Leaching of aluminium from dishes and packages. **Food Add. Contam.**, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.
- [11] PARK, J.; BRITTIN, H.C. Increase iron content of food due to stainless steel cookware. **J. Americ. Diet. Ass.**, v. 97, n. 6, p. 659-661, 1997.
- [12] PARK, J.; BRITTIN, H.C. Iron content, sensory evaluation, and consumer acceptance of food cooked in iron utensils. **J. Food Qual.**, v. 23, n. 2, p. 205-215, 2000.
- [13] QUINTAES, K.D.; AMAYA-FARFAN, J.; MORGANO, M.A.; MANTOVANI, D.M.B. Soapstone (steatite) cookware as a source of minerals. **Food Add. Contam.**, v. 19, n. 2, p. 134-143, 2002.
- [14] QUINTAES, K. D.; FARFAN, J. A.; TOMAZINI, F. A.; MORGANO, M. A. Migração de minerais de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro fundido e pedra-sabão (esteatito) para simulantes de alimentos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 24, 2004. (na prensa)
- [15] SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos *graxos trans* de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 24, n. 1, p. 27-31, 2004.
- [16] SAS User's Guide Statistics, 1989, Version 6. Cary, NC: SAS Institute.
- [17] Kumar R, Srivastava PK, Srivastava SP. Leaching of heavy metals (Cr, Fe and Ni) from stainless steel utensils in food simulants and food materials. **Bull. Environ. Cont. Toxic.** v.53, n.2, p. 259-266.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Profa. Dra. Lireny Guaraldo Gonçalves, do DTA-FEA pelo incentivo, ao Dr. João Eduardo Addad pelas fotos, à Cargill Agrícola S.A., Brasil, pela concessão do óleo avaliado bem como pela presteza nas análises da estabilidade oxidativa e também à Tramontina S.A., Núcleo Inox, Fundação Mineira Ltda. e Ôro Preto Art's pelo apoio recebido com os utensílios.

**Migração de minerais e impacto do uso de panela de pedra-sabão (esteatito) no estado nutricional de ferro de mulheres adultas
(panela de pedra-sabão)**

RESUMO

A migração de minerais a partir de panelas de pedra-sabão foi avaliada em duas preparações alimentares habituais da dieta brasileira, arroz polido e molho de tomate comercial. Ambos apresentam grau de umidade e acidez distintos. A determinação e quantificação dos minerais Fe, Ca, Mg, Mn e Ni foi feita por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES). Ensaio de campo envolvendo a introdução do uso regular de panelas de pedra-sabão no preparo de refeições de indivíduos foi realizado para estimar o impacto do uso das panelas de pedra-sabão no estado nutricional de ferro. Os resultados foram analisados estatisticamente por ANOVA, teste de Tukey e correlação linear simples. O molho de tomate obteve os maiores escores dos elementos Ca e Mn, apresentando forte tendência a aumentar com o uso contínuo do utensílio. A migração de Fe não se mostrou elevada em ambas as preparações. Na primeira cocção do molho o Ni se apresentou elevado, reduzindo a valores atóxicos após a segunda cocção do molho. A troca dos utensílios de alumínio pelos de pedra-sabão promoveu melhora no estado nutricional relativo ao ferro. Não foi possível determinar o que ocasionou a melhora observada, uma vez que a representatividade da migração de Fe pelas panelas de pedra-sabão é inexpressiva.

PALAVRAS CHAVES: ferro, anemia, migração, alumínio, utensílios culinários, nutrição

**Mineral migration and use influence of the soapstone (steatite) cookware in iron nutritional status in adult woman
(Soapstone cookware)**

ABSTRACT

Mineral migrations from soapstone cookware were evaluated in to two habitual Brazilian food preparations, white rice and commercial tomato sauce. Those foods have distinct grades of humidity and acid. Determination and quantification of Fe, Ca, Mg, Mn and Ni were carried out by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES). Population study involving introductions of the regular use of soapstone pans in the meal preparation of fertile women was performed to estimate the influence of these practical on the iron nutritional status. The results were analyzed by ANOVA, Tukey test and simple linear correlation. Tomato sauce absorbs more Ca and

Mn, showing strong tendency to increase with the continuous use of the pan. Iron migration did not show any higher in either food preparations. During the first cooking of the tomato sauce, Ni migration has been elevated, but it reduced to non-toxic values in the next cycles of cooking. The change of the aluminum pans for the soapstone cookware improved the iron nutritional status. It was impossible to determine what made the better status observed, because the representative of the iron migration from soapstone pans is not expressive.

KEYWORDS: iron, anemia, migration, aluminum, food utensils, nutrition

INTRODUÇÃO

A Organização Mundial da Saúde (OMS) calcula que haja no mundo 3,6 bilhões de pessoas com deficiência de ferro. Dois bilhões destas apresentam anemia ferropriva (WHO, 1997). Entre os indivíduos mais susceptíveis ao problema se encontram as crianças menores de 5 anos e mulheres em idade reprodutiva devido ao elevado requerimento orgânico que apresentam (Adish *et al.*, 1999; Trumbo *et al.*, 2001). Assim, em se tratando de países em desenvolvimento é estimado que cerca de 50% das crianças e mulheres adultas apresentem anemia ferropriva (Adish *et al.*, 1999).

Há um consenso de que a referida deficiência de ferro seja de origem nutricional. Nos países em desenvolvimento, o reduzido teor de ferro das dietas e a baixa biodisponibilidade do metal favorecem a alta prevalência relatada (Geerligts *et al.*, 2003, Monsen, 1988). Os alimentos cárneos contêm 40% de ferro heme, o qual possui biodisponibilidade superior ao do ferro não heme dos vegetais e, sua utilização fisiológica independe dos constituintes da dieta (Monsen, 1988). Entre as estratégias para adequação do requerimento de ferro o uso de utensílios de panelas que possam liberar o metal tem recebido atenção, tanto por ser uma alternativa de baixo custo como por não interferir no hábito alimentar do indivíduo e possibilitar a incorporação de ferro em doses atóxicas (Adish *et al.*, 1999; Geerligts *et al.*, 2003).

Entre os materiais que podem liberar ferro às preparações alimentares se destacam as panelas de ferro fundido, as de aço inoxidável – embora com teor bem inferior ao observado nos utensílios de ferro fundido nas panelas de pedra-sabão (*esteatito*). O *esteatito* é uma rocha abundantemente encontrada no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, Brasil. Entre seus componentes minerais se destacam o talco e a dolomita os quais contém elementos nutricionalmente importantes como cálcio, magnésio e ferro (Roeser *et al.*, 1987).

O conhecimento popular tem registrado que as panelas feitas a partir dessa rocha possam agir tanto na prevenção como no tratamento da anemia ferropriva. Estudo preliminar realizado por Quintaes e colaboradores (2002) envolvendo a dosagem da migração de ferro a partir de panelas de pedra-sabão para um simulante de alimento, mostrou que tal conhecimento tem fundamento científico.

Entretanto, até o momento não há informação disponível sobre a migração efetiva desses metais para preparações alimentares. Dados sobre a biodisponibilidade do ferro liberado pela panela de pedra-sabão também são inexistentes. Sendo assim, o presente estudo visa avaliar a migração dos minerais do *esteatito* para preparações alimentares. O estado nutricional de ferro de mulheres adultas em idade fértil antes e depois da introdução do uso regular de utensílios culinários de pedra-sabão no preparo das suas refeições também foi alvo de investigação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Migração de elementos

O experimento foi realizado, para cada tipo de preparação, em triplicata de panelas novas de pedra-sabão com capacidade para 2L. Todas as panelas foram codificadas pelo lado externo,

sendo curadas antes de sua utilização no experimento (Quintaes *et al.*, 2002). Foram realizadas em laboratório cocções de arroz (*Oryza sativa* L.) e de molho de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) comercial a fim de determinar o teor de ferro (Fe), cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn) e níquel (Ni) derivados dessas panelas.

Simulando as reais condições de manipulação do utensílio, antecedendo o uso e entre as cocções as panelas foram lavadas com detergente biodegradável e esponja polimérica macia. O enxágüe foi feito em água corrente, finalizando a operação com enxágüe com água desionizada. A secagem foi feita pela inversão dos recipientes sobre um tecido limpo e não felpudo.

Os alimentos receberam os seguintes tratamentos: cru, cozido em recipiente de vidro e cozido em recipiente de pedra-sabão. Quantidades idênticas dos mesmos ingredientes foram usadas em cada uma das repetições da preparação, sendo efetuadas duas nas panelas de vidro e sete nas panelas de pedra-sabão, a fim de ser determinado o comportamento da migração de metais nestes utensílios em relação à frequência de uso. Os ingredientes usados eram de um único lote de fabricação, sendo adquiridos de uma única vez e mantidos sob refrigeração até seu uso. As cocções das preparações ocorreram no prazo de uma semana. O preparo do arroz usou óleo vegetal refinado, sal iodado refinado e água desionizada. No preparo do molho de tomate foi usado sal refinado iodado e óleo vegetal refinado (Apêndice 6.2).

O tempo de cocção das preparações foi estabelecido em 11 minutos a contar do momento de ebulição, o qual foi mantido em todos os tratamentos e replicações. As cocções foram realizadas em fogão a gás, sendo que no momento da ebulição a chama do fogo era reduzida e as panelas tampadas. O pH de cada preparação antes da cocção foi determinado.

Cerca de 50g de cada preparação na forma “crua” foi homogeneizada em triturador com hélice de tungstênio (M20, IKA Labortechnik - Staufen, Baden, Ge), sendo coletadas amostras em triplicata (5,0000g) para determinação da umidade e dos metais de interesse.

Após cada cocção as preparações foram homogeneizadas no interior do recipiente com espátula plástica previamente lavada com detergente biodegradável, enxaguada em água corrente e finalmente utilizada água desionizada. Amostras, em duplicata, de 5,0000g foram colocadas em cápsulas de porcelana previamente descontaminadas de metais e secas.

A determinação de umidade foi feita em estufa a 101°C até atingir peso constante. As amostras foram então queimadas em mufla a 425°C até a obtenção de cinzas (AOAC, 1990). As cinzas foram dissolvidas em ácido nítrico, transferidas quantitativamente para balão volumétrico, filtradas em papel apropriado, e analisadas quanto ao teor de ferro por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES), por meio do espectrômetro simultâneo BAIRD, modelo ICP 2000 (Bedford, Massachusetts, USA), equipamento escolhido devido a sua alta sensibilidade a análise múltipla de cátions.

Nas Tabelas 1 e 2 podem ser observadas as condições de operação do equipamento para determinação multielementar, estabelecidas utilizando-se o manganês para o canal de alinhamento do espectrômetro de emissão, conforme recomendação do fabricante. Foi efetuada a correção de radiação de fundo para todos os elementos determinados, cobrindo todas as concentrações das amostras. As curvas analíticas definidas para cada elemento foram preparadas a partir de soluções padrões dos metais (Titrisol, Merck) em concentração de 1000 mgL⁻¹ e mostraram-se lineares em toda a faixa de trabalho. As faixas de concentração utilizadas na construção das curvas analíticas para cada elemento foram: Ca e Mg (0,25 a 200 mgL⁻¹); Fe (0,005 a 20 mgL⁻¹); Mn e Ni (0,005 a 5 mgL⁻¹).

Tabela 1 - Condições de operação do espectrômetro de emissão ótica.

Potência do plasma	0,9 kW
Gás refrigerante (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Gás auxiliar (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Vazão da amostra	2,1 mL min ⁻¹
Altura e observação vertical	19 mm ^a
Pressão do nebulizador ^b	3 bar

^a acima da bobina de indução; ^b nebulizador pneumático concêntrico

Tabela 2 - Comprimento de onda para os elementos estudados, limite de detecção e de quantificação.

Elementos	λ (nm)	Limite de detecção ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Limite de Quantificação ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Cálcio	317,93	6,0	20,0
Ferro	259,94	1,2	4,0
Níquel	231,60	0,4	1,3
Magnésio	279,08	41,0	140,0
Manganês	257,67	0,5	1,7

Limite de Detecção: determinado como 3 vezes o desvio padrão de 10 brancos

Limite de Quantificação: determinado como 10 vezes o desvio padrão de 10 brancos

Ensaio de campo

A seleção dos indivíduos participantes da pesquisa foi realizada em dois Conventos localizados no Estado de Minas Gerais (Brasil), uma vez que os utensílios de pedra-sabão são produzidos nessa região e também conhecido pela população local. Os critérios de seleção seguiram os parâmetros: 1) idade entre 30 e 45 anos; 2) apresentar ciclos menstruais regulares 3) ausência de doença ou condição que necessitasse de acompanhamento médico; 4) ausência de procedimentos cirúrgicos nos últimos 6 meses, sem história de doença cardíaca, hepática ou renal, diabetes, alcoolismo, câncer, hipertensão, irregularidades menstruais, problemas reprodutivos; 5) não estar fazendo uso de medicamentos e/ou suplementos nutricionais (ex. terapia hormonal, antiácidos, complexos vitamínicos).

Três freiras de um convento localizado em Belo Horizonte e duas freiras de um convento em Lavras se mostraram condizentes com o estudo e apresentaram os pré-requisitos para participação na pesquisa. Foi efetuado esclarecimento prévio sobre a natureza da pesquisa e, a adesão se deu mediante termo de concordância (Apêndice 6.1). O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (parecer N° 317/2001). Os participantes foram orientados a não fazerem uso de suplementos vitamínico/mineral, por um período que envolveu três meses antes do início da pesquisa até o final da mesma. A duração da pesquisa foi de 10 semanas consecutivas.

A troca dos utensílios culinários de alumínio até então usados na cocção e preparo das refeições por similares de pedra-sabão, se deu em número e volume adequado às necessidades de cada um dos conventos sem ônus para os envolvidos. Informações individuais relativos à altura e massa corporal foram coletadas dos participantes.

Antecedendo a troca de utensílios, foi coletada amostra de sangue dos envolvidos no seu respectivo domicílio, por pessoa apta para a função usando material esterilizado e descartável. Cerca de 10mL de sangue foi coletado em tubos Vacutainers (Becton Dickinson, São Paulo, SP), sendo 5mL em tubo com anticoagulante (EDTA) e 5mL em tubo simples. O sangue contido no tubo sem anticoagulante teve o soro separado por centrifugação. As amostras foram mantidas refrigeradas ($4^{\circ}\text{C} \pm 2$) até chegarem aos laboratórios. Os exames laboratoriais foram realizados em um período de até 48 horas após a coleta.

Após dez semanas da introdução do uso regular das panelas de pedra-sabão no preparo das refeições, nova coleta de sangue foi efetuada conforme descrito anteriormente. O estado nutricional relativo ao ferro foi estimado a partir de múltiplos indicadores mensurados nas

amostras: hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht), ferritina, ferro sérico, capacidade de ligação total do ferro (TIBC) e o índice de saturação da transferrina (TSI). Esse último foi calculado aplicando a fórmula: $(\text{ferro sérico}/\text{TIBC}) \times 100$.

Os valores individuais foram considerados anormais segundo os seguintes critérios: Hb < 12 g/dL, Ht < 36%; ferritina sérica < 12 µg/L; TSI < 15%; ferro sérico < 15 µg/L (Cook *et al.*, 1976; Houston *et al.*, 1997). O estado nutricional de ferro foi classificado conforme os parâmetros registrados na Tabela 3, adaptados de Cook e colaboradores (1976) e Houston e colaboradores (1997).

Tabela 3- Parâmetros usados na classificação do estado nutricional de ferro.

Classificação	Parâmetros
Anemia	Hb < 12,0 g/dL e/ou Ht < 36%
Anemia ferropriva	Anemia + ferritina < 12,0 µg/L
Depleção de ferro	Ferritina < 15,0 µg/L
Deficiência de ferro	Dois indicadores anormais do estado de ferro no organismo

Hb: hemoglobina; Ht: hematócrito

A concentração de hemoglobina e o valor do hematócrito foram determinados em um analisador automático Coulter STKS Analyser (Coulter Corporation - Miami, FL, USA). A ferritina plasmática foi mensurada por quimioluminescência no equipamento ACS180 Plus (Bayer Corporation, Dublin, Irlanda). O ferro sérico e a saturação da transferrina foram determinados pelo método Goodwin modificado utilizando um fotômetro semi-automático Humalyzer 2000 (Human - Wiesbaden, Hessen, Ge).

Análise estatística

Os dados do estudo laboratorial envolvendo os alimentos crus e preparados em panelas de vidro e pedra-sabão foram analisados usando o valor médio das duplicatas de panelas e de amostra. A comparação entre as concentrações dos minerais numa mesma preparação e entre as preparações foi efetuada por análise de variância (ANOVA) fator duplo sem repetição, sendo consideradas estatisticamente significantes aquelas com $p < 0,05$. Para verificar diferenças entre as médias foi aplicado Teste de Tukey. Visando verificar o comportamento da migração em função do uso das panelas de pedra-sabão, análise de regressão linear simples foi aplicada. A comparação entre os indicadores hematológicos dos indivíduos antes e depois do uso da panela de pedra-sabão foi feita por análise de variância fator duplo não pareada, sendo consideradas com diferenças estatisticamente significantes aquelas com $p < 0,05$ (SAS, 1989).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo laboratorial

O arroz polido apresentou menor acidez em relação ao molho de tomate. A seguir, na Tabela 4, podem ser observados os valores médios do pH e umidade das preparações avaliadas.

Além de apresentarem discrepância no valor do pH, foi verificada também conrome o esperado diferença significativa entre a umidade apresentada pelo arroz e pelo molho de tomate ($p < 0,01$) o que já era esperado. Entretanto, não houve diferença estatística significativa na umidade observada nos alimentos depois de preparados em panelas de vidro e de pedra-sabão.

Tabela 4 – Tempo de cocção e média do pH e umidade das preparações segundo o tratamento.

Preparação	pH	Tempo de cocção (min)	Umidade média (%)		
			Cru	Cozido na panela de vidro	Cozido na panela de pedra-sabão
Arroz polido	5,71	11	13,41 ($\pm 0,03$)	60,71 ($\pm 2,08$)	62,40 ($\pm 1,59$)
Molho de tomate	4,12	11	90,22 ($\pm 1,97$)	84,98 ($\pm 0,30$)	85,83 ($\pm 0,96$)

($\pm$ Desvio padrão)

Com relação a migração de minerais, foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) na concentração de Fe, Ca e Mn no arroz cru, preparado em panela de vidro e em pedra-sabão (Tabela 5).

Tabela 5 – Concentração média (mg/kg) de ferro, cálcio, magnésio e manganês em arroz polido e molho de tomate comercial antes e depois de preparados em panelas de vidro e de pedra-sabão.

Metal	Arroz polido			Molho de tomate comercial		
	Cru	Vidro	Pedra-sabão	Cru	Vidro	Pedra-sabão
Fe	2,45 ^a $\pm 0,13$	2,49 ^a $\pm 0,16$	3,53 ^b $\pm 0,20$	128,76 ^b $\pm 0,3$	119,94 ^b $\pm 5,16$	143,71 ^a $\pm 21,19$
Ca	56,61 ^b $\pm 0,74$	56,02 ^b $\pm 1,46$	82,44 ^a $\pm 1,35$	747,91 ^a $\pm 14,0$	747,61 ^a $\pm 20,26$	1097,68 ^b $\pm 125,48$
Mg	322,67 $\pm 5,21$	315,68 $\pm 4,48$	331,54 $\pm 4,62$	741,75 ^a $\pm 16,02$	847,73 ^b $\pm 11,93$	1099,46 ^c $\pm 149,02$
Mn	15,01 ^a $\pm 0,21$	12,80 ^c $\pm 0,23$	13,40 ^b $\pm 0,43$	6,68 ^a $\pm 0,12$	6,12 ^a $\pm 0,14$	10,14 ^b $\pm 1,30$

Valores médios acompanhados de desvio padrão (base seca) de duas replicates para o vidro e sete para a pedra-sabão.

Letras sobrescritas diferentes na horizontal indicam que os valores são estatisticamente distintos ($p < 0,05$).

Entre as duas preparações (arroz e molho de tomate), foi observada diferença altamente significativa ($p < 0,01$) no que diz respeito à migração de Fe, Ca, Mg e Mn, independentemente do tipo do material da panela utilizada (vidro ou pedra-sabão). O elemento Mn foi o único que apresentou maior teor no arroz em relação ao molho de tomate.

Comparando o teor de Fe, Ca, Mg e Mn em uma mesma preparação, pôde ser verificado que o arroz na panela de vidro apresentou (em média) maior conteúdo de Fe e Ca, se comparado com o alimento preparado em utensílio de pedra-sabão ou na forma crua ($p < 0,05$). O teor de Mg foi estatisticamente similar no arroz cru, preparado na panela de vidro e de pedra-sabão. O Mn se mostrou com teor mais elevado no arroz cru, seguido pelo arroz preparado na panela de pedra-sabão e vidro ($p < 0,05$).

Em se tratando do molho de tomate, o Fe se apresentou estatisticamente similar no molho cru, cozido na panela de vidro e na de pedra-sabão. O Ca e o Mn tiveram maiores teores na preparação cozida na panela de pedra seguida pela de vidro e pelo molho comercial ($p < 0,05$). O molho industrializado cozido na panela de vidro apresentou a maior quantidade de Mg quando comparado com a forma crua ou cozida em panela de pedra-sabão ($p < 0,05$).

Apesar a migração de Fe no molho de tomate preparado na panela de pedra-sabão ter sido estatisticamente similar aos demais tratamentos (cru e cozido na panela de vidro), foi verificada uma forte tendência a um aumento na migração do elemento com o incremento no número de vezes de uso do utensílio (Figura 1). O Mn no molho de tomate cozido mostrou comportamento semelhante ao observado para o ferro na mesma condição, ou seja, sua migração se elevou conforme o acréscimo no número de vezes de uso do utensílio (Figura 1).

É sabido que tanto a acidez como o teor de água, influenciam positivamente a migração de metais em utensílios (Liukkonen-lilja and Pieppone, 1992). Tal evidência se mostrou válida também para as panelas de pedra-sabão, uma vez que o molho de tomate possui maior acidez e teor de água do que o arroz. Cheng and Brittin (1991) efetuando 50 cocções sequenciais de molho

de tomate em panela de ferro observaram tendência ao aumento na migração de Fe com o incremento no número de vezes de cocção.

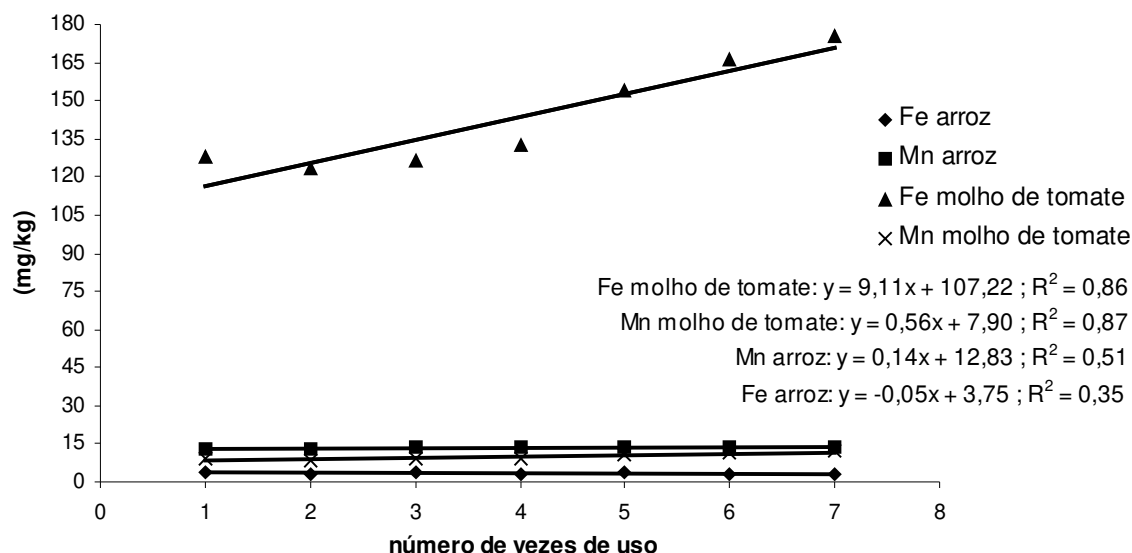


Figura 1 – Migração de Fe e Mn em molho de tomate comercial e arroz polido preparados em panelas de pedra-sabão ($n=3$).

Quanto à migração dos elementos Ca e Mg em panelas de pedra-sabão, foi verificado que a mesma se apresentou similar aquela observada para os elementos Fe e Mn, mantendo as devidas proporções. Foi notado que os maiores teores dos metais era extraído quando preparado o molho de tomate comercial e, neste caso também eram observadas as mais fortes tendências ao aumento da migração com o incremento no número de vezes de uso das panelas. Quando preparado o arroz, a migração de Ca e Mg apresentou comportamento constante em relação ao número de vezes de uso do utensílio (Figura 2).

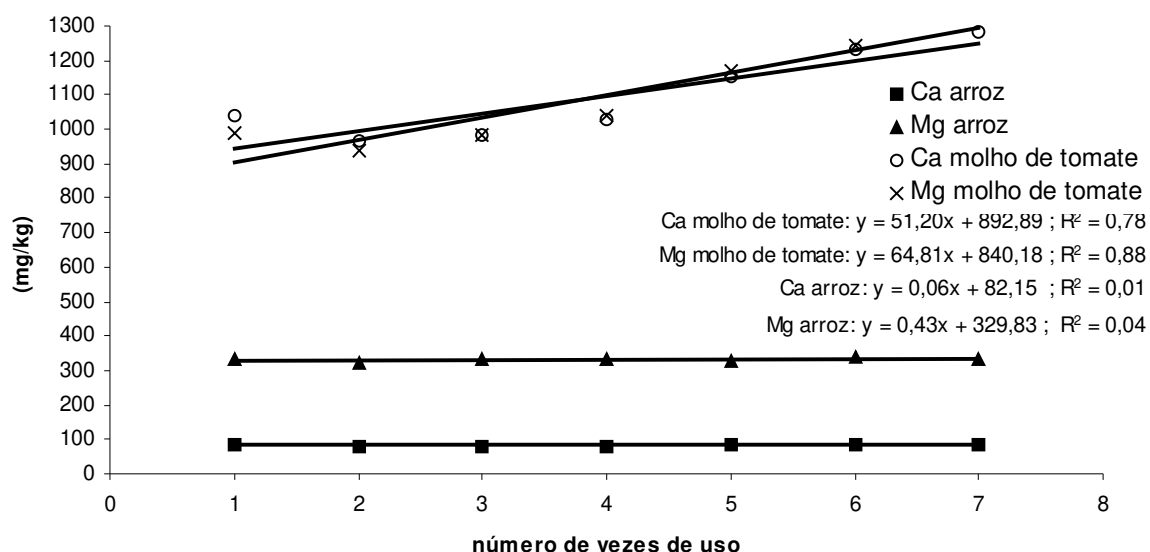


Figura 2 – Migração de Ca e Mg em molho de tomate comercial e arroz polido preparados em panelas de pedra-sabão ($n=3$).

Pesquisa inicial envolvendo utensílios de pedra-sabão indicou que a migração tende a ser maior quanto mais ácido for o meio extrator (Quintaes *et al.*, 2002). Tal evidência foi reforçada no experimento aqui relatado.

A necessidade diária de cálcio, magnésio, ferro e manganês dos indivíduos que participaram do estudo é de 1000, 320, 18 e 1,8 mg/dia, respectivamente. Quanto ao Ni, para o gênero e faixa etária do grupo não é recomendada ingestão superior a 1,0mg/dia (Trumbo *et al.*, 2001).

A migração de Ni em panelas de vidro e pedra-sabão foi inferior a sensibilidade do ICP OES ($<0,005\text{mg/kg}$). Entretanto, as panelas de pedra-sabão liberaram pequena quantidade do elemento quando era preparado o molho de tomate comercial. Neste caso, na primeira cocção a migração média observada, considerando triplicata de panelas de pedra-sabão, foi de 2,94

$\pm 1,94\text{mg/kg}$. As demais seis cocções sequenciais realizadas nessas panelas apresentaram um valor de níquel bem inferior ($0,67 \pm 0,22\text{mg/kg}$) ao da primeira cocção, se mantendo constante com o incremento no número de vezes de uso dos utensílios ($y = -0,0035x + 0,6864$; $R^2 = 0,001$).

Em panelas de pedra-sabão, a estabilização da migração de Ni em quantidades atóxicas também foi verificada por Quintaes e colaboradores (2002), especialmente quando o meio extrator usado era o ácido acético na concentração de 3% (v/v).

Ensaio de campo

A idade dos participantes variou entre 31 e 45 anos, sendo a média de 37,6 (DP=6,31) anos. Abaixo, na Tabela 7, podem ser observadas as características dos indivíduos que consentiram em participar do estudo. Os indivíduos A1 e A2 eram do mesmo domicílio e os designados por B1, B2 e B3 de um outro domicílio. As refeições servidas em ambos domicílios não foram controladas pelo estudo, sendo que as refeições de cada domicílio eram servidas a todos os seus membros.

Tabela 7 – Perfil dos participantes do estudo de campo (2003).

Indivíduos	Idade (anos)	IMC (kg/m^2)	Classificação
A1	43	27.89	sobrepeso
A2	31	19.35	Eutrofia
B1	37	24.75	Eutrofia
B2	45	17.08	Desnutrição grau I
B3	32	16.92	Desnutrição grau I
Média $\pm$ DP*	37,6 $\pm$ 6,31	21,20 $\pm$ 4,38	

A: convento de Lavras (MG, Brasil); B: convento de Belo Horizonte (MG, Brasil)

IMC: Índice de Massa Coporal

* Desvio padrão

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado para cada indivíduo participante do estudo, mediante a divisão do peso referido (kg) pelo quadrado da altura referida (m). O valor obtido foi comparado com os parâmetros preconizados pela OMS (1995). Em Lavras um dos participantes apresentava eutrofia enquanto que o outro foi classificado como tendo sobrepeso. No convento de Belo Horizonte duas freiras foram classificadas como desnutridas (primeiro grau) e uma como eutrófica.

Quanto à classificação do estado nutricional de ferro, foi verificado que a freira com o menor IMC apresentava quadro de depleção de ferro no início do estudo. Os demais participantes apresentavam estados nutricionais de ferro adequados. Ao final do estudo a freira que apresentara depleção obteve valores dos indicadores hematológicos dentro da faixa de normalidade e, a freira classificada com sobrepeso apresentou depleção no estado nutricional relativo ao ferro.

Tabela 8 – Valores médios dos indicadores hematológicos dos participantes do estudo antes e depois do uso regular das panelas de pedra-sabão no preparo das refeições.

Parâmetros	Valores médios ($\pm$ DP)	
	Antes	Depois
Hematócrito (%)	38,14 ($\pm$ 1,84)	40,71 ($\pm$ 1,86)
Hemoglobina (mg/dL)	13,26 ($\pm$ 0,91)	14,00 ($\pm$ 0,79)
IST (%)	28,04 ($\pm$ 8,25)	28,96 ($\pm$ 9,85)
Transferrina (mg/mL)	200,60 ($\pm$ 22,87)	213,60 ($\pm$ 14,62)
Ferro sérico (μ g/L)	79,60 ($\pm$ 21,36)	86,00 ($\pm$ 32,19)
TIBC (μ g/L)	286,40 ($\pm$ 32,41)	294,40 ($\pm$ 16,92)
Ferritina (μ g/L)	31,50 ($\pm$ 18,23)	34,74 ($\pm$ 19,97)

DP: desvio padrão

TIBC: Capacidade total de ligação do ferro

IST: índice de saturação da transferrina

Os valores médios dos indicadores hematológicos obtidos na primeira e segunda coleta podem ser observados na Tabela 8. Cabe enfatizar que a segunda coleta foi realizada após 10 semanas de uso regular das panelas de pedra-sabão no preparo das refeições dos participantes.

Não foi observada diferença estatisticamente significativa nos valores dos indicadores hematológicos entre as duas coletas de sangue. O período curto de tempo e o número reduzido de participantes, influenciaram nos resultados das análises estatísticas.

Merece ênfase a homogeneidade da amostra estudada, apesar de pequena e o fato de estarem pareadas em um mesmo domicílio, sob as mesmas condições de alimentação. Assim, pôde ser verificado em todos os participantes um aumento em todos os indicadores utilizados, entre os quais se destacam a concentração hemoglobina (Hb) e o percentual do hematócrito (Ht) após do uso das panelas de pedra-sabão (Figuras 3 e 4).

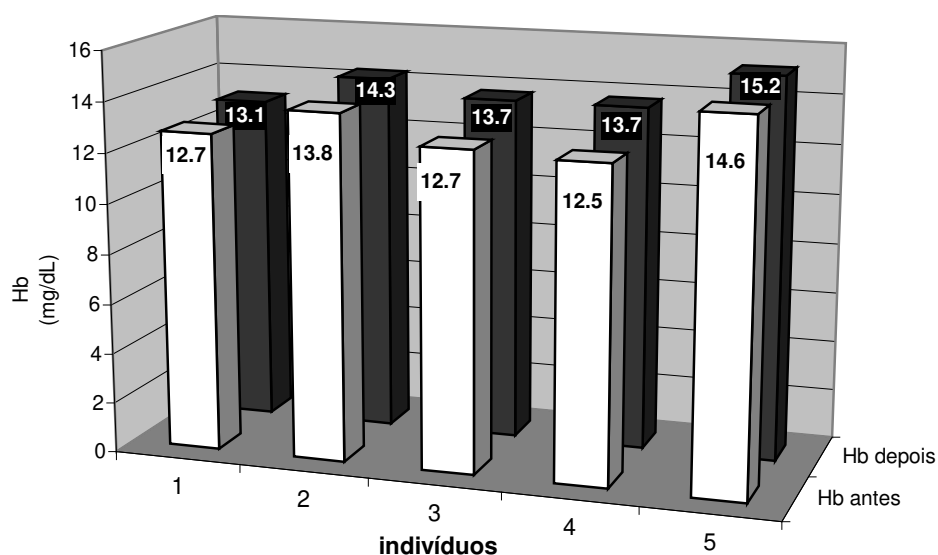


Figura 3 – Nível de hemoglobina (Hb) antes da introdução do uso regular das panelas de pedra-sabão e depois do seu uso regular no preparo das refeições.

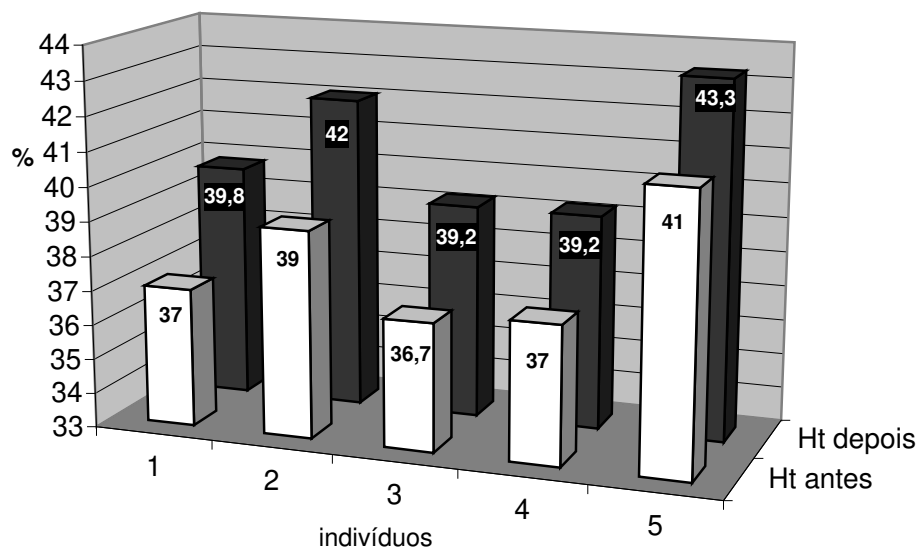


Figura 4 –Hematócrito (Ht) antes da introdução do uso regular das panelas de pedra-sabão e depois do seu uso regular no preparo das refeições.

A ferritina sérica, transferrina sérica, capacidade total ligadora de ferro (TIBC), índice de saturação da transferrina (IST) e ferro sérico também apresentaram um aumento médio nos indivíduos depois do uso das panelas de pedra-sabão, embora sem diferença estatisticamente significativa.

A relativa melhora no estado nutricional de ferro dos participantes se contrapõe à migração de ferro observada no experimento envolvendo as panelas de pedra-sabão, uma vez que essa não se revelou estatisticamente significativa (no molho de tomate) e/ou mesmo abaixo da apresentada em panela de vidro (no caso do arroz).

Antes da introdução do uso regular das panelas de pedra-sabão os participantes do estudo usavam unicamente panelas de alumínio no preparo de suas refeições. É sabido que no corpo

humano, os íons de alumínio podem inibir vários processos metabólicos mediante reações de competição entre o alumínio e outros íons como: cálcio, magnésio e ferro (Ranau *et al.*, 2001).

Estudo envolvendo pacientes com insuficiência renal crônica mostrou que a troca dos utensílios de alumínio por outros similares de aço inoxidável reduziu o nível plasmático de alumínio no sangue. O decréscimo observado foi positivamente correlacionado com o aumento do ferro sérico e também da saturação da transferrina dos pacientes (Lin *et al.*, 1997).

No presente estudo não foi dosado o alumínio sérico no sangue dos envolvidos, mas considerando que as panelas de alumínio contribuem no computo da ingestão diária de alumínio (Neelam *et al.*, 2000) e que este pode interferir na absorção de ferro, a melhoria apresentada pelos participantes talvez esteja relacionada à menor ingestão diária de alumínio.

CONCLUSÕES

Alimentos ácidos e aquosos cozidos em panelas de pedra-sabão apresentam maiores teores de Ca e Mn. No arroz, a migração de Fe apresentada pelas panelas de pedra-sabão foi inferior à da panela de vidro. No molho de tomate não houve significância estatística na migração de Fe segundo o tratamento. Pode haver a presença elevada de Ni na primeira cocção desses alimentos, posteriormente os valores liberados se mantêm constantes em nível que não representa toxicidade. A troca dos utensílios de alumínio pelos de pedra-sabão pareceu promover melhora no estado nutricional relativo ao ferro. Não foi possível determinar o que ocasionou a melhora observada, uma vez que a representatividade da migração de Fe pelas panelas de pedra-sabão é inexpressiva.

REFERÊNCIAS

- ADISH, A. A., ESREY, S. A., GYORKOS, T. W., JEAN-BAPTISTE, J., ROJHANI, A., 1999, Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of Young children: a randomised trial. *Lancet*, **353**, 712-26.
- AOAC, 1990, *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists. p. 912, 915, 931-932.
- CHENG, Y. J.; BRITTIN, H. C., 1991, Iron in food: effect of continued use of iron cookware. *Journal of Food Science*, **56**, 584-585.
- COOK, J. D., FINCH, C. A., SMITH, N., 1976, Evaluation of the iron status of a population. *Blood*, **48**, 449-55.
- HOUSTON, M. S., SUMMERS, S. L., SOLTESZ, K. S., 1997, Lifestyle and dietary practices influencing iron status in university women. *Nutrition Research*, **17**, 9-22.
- LIN, J. K., YANG, Y. J., YANG, S. S., LEU, M. L., 1997, Aluminum utensils contribute to aluminum accumulation in patients with renal disease. *American Journal of Kidney Diseases*, **30**, 653-658.
- LIUKKONEN-LILJA, H., PIEPPONE, S., 1992, Leaching of aluminium from dishes and packages. *Food Additives and Contaminants*, **9**, 213-223.
- GEERLIGS, P. D. P., BRABIN, B. J., OMARI A. A. A., 2003, Food prepared in iron cooking pots as an intervention for reducing iron deficiency anaemia in developing countries: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetic*, **16**, 275-81.
- MONSEN, E. R., 1988, Iron nutrition and absorption: dietary factors which impact iron bioavailability. *Journal of American Dietetic Association*, **88**, 786-90.
- NEELAM, S., BAMJI M.S.S., KALADHAR, M., 2000, Risk of increased aluminium burden in the Indian population: contribution from aluminium cookware. *Food Chemistry*, **70**, 57-61.

- QUINTAES, K. D., AMAYA-FARFAN, J., MORGANO, M. A., MANTOVANI, D. M. B., 2002, Soapstone (steatite) cookware as a source of minerals. *Food Additives and Contaminants*, **19**, p. 134-143.
- ROESER, H., ROESER, U., SHULTZ-DOBRICK, B., TOBSCHALL, H. J., 1987, Pedra Sabão, uma rocha metassomática. *Anais do IV Simpósio de Geologia de Minas Gerais* (Brazil, Belo Horizonte, **7**, 206-308).
- RANAU, R., OEHLenschaläger, J., STEINHART, H., 2001, Aluminium levels of fish fillets baked and grilled in aluminium foil. *Food Chemistry*, **73**, 1-6.
- TRUMBO, P., YATES, A. A., SCHLICKEr, S., POSS, M., 2001, Dietary reference intakes: vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. *Journal of American Dietetic Association*, **101**, 294-301.
- SAS User's Guide Statistics*, 1989, Version 6. Cary, NC: SAS Institute.
- World Health Organization, 1995, *Physical status: the use and interpretation of anthropometry*. (Geneva: WHO).
- World Health Organization, 1997, *The World Health Report: Conquering Suffering Enriching Humanity*. (Geneva: WHO).

AGRADECIMENTOS

Às freiras de ambos os conventos e ao valioso apoio prestado pela Oro Preto Art's Ltda, Bayer do Brasil, Becton Dickinson, Cremer S.A., Cargill Agrícola S.A., Coniexpress S.A. Indústrias Alimentícias, Laboratório Anchieta Diagnose, In Vitro Diagnóstica e Álamo Centro Diagnóstico.

Migração de minerais e impacto do preparo de refeições vegetarianas em panela de ferro no estado nutricional de ferro (panela de ferro e anemia)

Resumo

A migração de ferro (Fe) e manganês (Mn) derivados de panelas de ferro fundido foi avaliada em preparações alimentares com graus de umidade e acidez distintos, arroz polido e molho de tomate comercial. A quantificação dos minerais Fe e Mn foi efetuada por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES). A fim de estimar o impacto do uso das panelas de ferro no estado nutricional de ferro, foi realizado ensaio de campo envolvendo a introdução do uso regular de panelas de pedra-sabão por 12 semanas no preparo de refeições ovolactovegetarianas de 56 indivíduos de ambos os gêneros. Os resultados foram analisados estatisticamente por ANOVA, testes de Tukey e *t* e correlação linear simples. O molho de tomate obteve os maiores escores dos elementos Fe e Mn em relação ao arroz. O aumento na frequência de uso do utensílio favorece o incremento da migração de ambos os metais. O ferro derivado das panelas deste material se mostrou, no mínimo, parcialmente utilizado pelo organismo. O índice de anemia ferropriva nos indivíduos passou de 38 para 20% ao final do estudo, enquanto que o percentual de indivíduos diagnosticados como normais no mesmo período se elevou de 28 para 46%. O estado nutricional relativo ao ferro de jovens de ambos os gêneros seguindo regime ovolactovegetariano é passível de ser melhorado mediante preparo das refeições em panelas de ferro fundido.

PALAVRAS CHAVES: utensílios culinários, manganês, migração, vegetarianismo, mineral

Mineral migration and influence of meal preparation in iron cookware on iron nutritional status (iron pans and anemia)

Abstract

Migration of iron (Fe) and manganese (Mn) from iron pans were evaluated into food meals with humidity and distinct acid grades, white rice and commercial tomato sauce. Quantification of Fe and Mn were carried out by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES). To estimate the use of influence of iron pans in iron nutritional status, a population study was performed. Regular use of iron cookware was introduced in vegetarian meal preparation of 56 individuals of both genders for 12 weeks. The results were analyzed by ANOVA, Tukey and *t* tests and, simple linear correlation. Tomato sauce gets more Fe and Mn than polish rice. The increase in

use frequency of the cookware favored enhance of both metals. The iron that derivated from cookware was, at least, partially useful by the individuals. The index of anemia showed a decrease from 38 to 20% at the end of the study. At the same time the index of individual diagnosed hematological as normal increased from 28 to 46%. The nutritional status of iron in young girls and boys with vegetarian diet can be improved with meals prepared in iron pots.

KEYWORDS: food utensils, manganese, migration, veggie, mineral

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que haja no mundo 3,6 bilhões de pessoas com deficiência de ferro, dois bilhões destas apresentam anemia ferropriva [1]. Entre os indivíduos mais susceptíveis ao problema se encontram as crianças menores de 5 anos, mulheres em idade reprodutiva [2,3,4] e indivíduos que adotam regularmente regime alimentar vegetariano [4].

Uma dieta vegetariana é definida como sendo aquela que não contém carne, peixe ou ave [5]. Nos Estados Unidos, cerca de 2,5% da população (4,8 milhões de pessoas) é vegetariana apresentando tendência de aumento no número de adeptos e simpatizantes. As dietas vegetarianas, se devidamente planejadas, podem ser saudáveis e adequadas nutricionalmente, auxiliando no tratamento e prevenção de algumas doenças [5].

Apesar dos indivíduos vegetarianos apresentarem ingestão de ferro similar aos onívoros [4], a biodisponibilidade do elemento pode estar comprometida pelos constituintes da dieta, além de não conter ferro tipo heme [4,5,6]. Os alimentos cárneos contêm 40% de ferro heme, o qual possui biodisponibilidade superior ao do ferro não heme dos vegetais e, sua utilização fisiológica independe dos constituintes da dieta [4,6].

Tem sido verificado que há entre os indivíduos jovens uma expressiva parcela adepta às dietas vegetarianas [5,7]. Os motivos dessa adesão são variáveis, passando por filosóficos,

econômicos, saúde, entre outros [7]. Entretanto, a necessidade de ferro nessa fase da vida é substancialmente elevada, quer no gênero masculino quer feminino [8], nem sempre sendo atingido quando há consumo excessivo de alimentos de origem vegetal [7]. Entre as estratégias para adequação do requerimento de ferro o uso de utensílios de ferro tem recebido atenção, tanto por ser uma alternativa de baixo custo como por não interferir no hábito alimentar do indivíduo [2,7].

Dessa forma o presente estudo objetivou avaliar a migração de ferro (Fe) e manganês (Mn) em panelas de ferro fundido para preparações alimentares. O impacto do uso de panelas de ferro no estado nutricional de ferro foi investigado em jovens alunos de uma Instituição de ensino privada que recebiam exclusivamente alimentação vegetariana.

Material e Métodos

Migração de elementos

O experimento foi feito em uma duplicata de panelas novas de ferro fundido com capacidade para 2L, para cada tipo de preparação. Todas as panelas foram codificadas pelo lado externo, sendo curadas com óleo vegetal refinado, de acordo com a orientação do fabricante, antecedendo ao uso no experimento, segundo orientação do fabricante. Foram realizadas em laboratório cocções de arroz (*Oryza sativa* L.) e de molho de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) comercial a fim de determinar o teor de ferro (Fe) e manganês (Mn) oriundos das panelas de ferro.

Considerando as reais condições de manipulação do utensílio, no período que antecedeu e também entre cada cocção, as panelas foram lavadas com detergente biodegradável e esponja

polimérica macia. O enxágüe foi feito em água corrente, concluindo a operação com água desionizada. A secagem foi feita pela inversão dos recipientes sobre um tecido limpo e não felpudo.

Os tratamentos que os alimentos receberam foram: cru, cozido em panela de vidro, cozido em panela de ferro fundido. Quantidades idênticas dos mesmos ingredientes foram usadas em cada uma das repetições da preparação, sendo efetuadas duas nas panelas de vidro e sete nas panelas de ferro, visando determinar o comportamento da migração de metais nestes utensílios em relação à frequência de uso. Os ingredientes usados pertenciam a um único lote de fabricação, sendo adquiridos de uma única vez e mantidos sob refrigeração até o uso. As cocções das preparações se deram no prazo de uma semana. O preparo do arroz envolveu óleo vegetal refinado, sal iodado refinado e água deionizada. No preparo do molho de tomate foi usado sal refinado iodado e óleo vegetal refinado (Apêndice 6.2).

O tempo de cocção das preparações foi o mesmo em todos os tratamentos e replicações, estabelecido em 11 minutos a contar do momento de ebulição. As cocções foram realizadas em fogão a gás e mantendo as panelas tampadas. O pH de cada preparação antes da cocção foi determinado.

Cerca de 50g de cada preparação na forma crua foi homogeneizada em triturador com hélice de tungstênio (M20, IKA Labortechnik - Staufen, Baden, Ge), sendo coletadas amostras em triplicata (5,0000g) para determinação de umidade e dos metais de interesse.

Após cada cocção as preparações foram homogeneizadas dentro do recipiente com espátula de plástica previamente lavada com detergente biodegradável, enxaguada em água corrente seguida por água deionizada. Foram coletas amostras em duplicatas de 5,0000g, usando cápsulas de porcelana previamente descontaminadas de metais e secas.

A determinação de umidade ocorreu em estufa a 101°C até atingir peso constante. As amostras foram então queimadas em mufla à 425°C até a obtenção de cinzas [9]. As cinzas foram dissolvidas em ácido nítrico, transferidas quantitativamente para balão volumétrico, filtradas em papel apropriado, e analisadas quanto ao teor de ferro por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP OES), através do espectrômetro simultâneo BAIRD, modelo ICP 2000 (Bedford, Massachusetts, USA), equipamento escolhido devido a sua alta sensibilidade a análise múltipla de cátions.

Nas Tabelas 1 e 2 podem ser observadas as condições de operação do equipamento para determinação multielementar, estabelecidas utilizando-se o manganês para o canal de alinhamento do espectrômetro de emissão, conforme recomendação do fabricante. Foi efetuada a correção de radiação de fundo para todos os elementos determinados, cobrindo todas as concentrações das amostras. As curvas analíticas definidas para cada elemento foram preparadas a partir de soluções padrões dos metais (Titrisol, Merck) em concentração de 1000 mg L⁻¹ e mostraram-se lineares em toda a faixa de trabalho. As faixas de concentração usadas na construção das curvas analíticas foram de 0,005 a 20 mg L⁻¹ para o Fe e de 0,005 a 5 mg L⁻¹ para o Mn.

Tabela 1 - Condições de operação do espectrômetro de emissão ótica

Potência do plasma	0,9 kW
Gás refrigerante (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Gás auxiliar (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Vazão da amostra	2,1 mL min ⁻¹
Altura e observação vertical	19 mm ^a
Pressão do nebulizador ^b	3 bar

^a acima da bobina de indução; ^b nebulizador pneumático concêntrico

Tabela 2 - Comprimento de onda para os elementos estudados, limite de detecção e de quantificação

Elementos	λ (nm)	Limite de detecção ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Limite de Quantificação ($\mu\text{g L}^{-1}$)
Ferro	259,94	1,2	4,0
Manganês	257,67	0,5	1,7

Limite de Detecção: determinado como 3 vezes o desvio padrão de 10 brancos

Limite de Quantificação: determinado como 10 vezes o desvio padrão de 10 brancos

Ensaio de campo

O Instituto Adventista de Ensino de Minas Gerais (IAEMG), localizado em Lavras (MG , Brasil), foi previamente contactado. Essa Instituição mantém alunos em regime de internato e, por questões filosóficas, fornece a estes somente refeições vegetarianas. O Instituto avaliou a possibilidade de ser efetuada a troca dos utensílios culinários de alumínio até então usados na cocção e preparo das refeições por similares de ferro fundido, em número e volume adequado às necessidades. Mediante a confirmação de interesse, os alunos foram então convidados a participar do estudo.

Os critérios de seleção dos participantes seguiram os parâmetros: 1) idade entre 13 e 25 anos; 2) Ciclos menstruais regulares, no caso dos participantes do gênero feminino; 3) ausência de doença ou condição que necessitasse de acompanhamento médico; 4) ausência de procedimentos cirúrgicos nos últimos 6 meses, sem história de doença cardíaca, hepática ou renal, diabetes, alcoolismo, câncer, hipertensão, irregularidades menstruais, problemas reprodutivos; 5) ausência de suspeita de gravidez, gravidez ou amamentação; 6) não estar fazendo uso de medicamentos e/ou suplementos nutricionais (ex. terapia hormonal, antiácidos, complexos vitamínicos).

Foi efetuado esclarecimento prévio sobre a natureza da pesquisa e a adesão se deu mediante termo de concordância (Apêndice 6.1). O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (parecer Nº 317/2001).

Cinquenta e oito indivíduos, 40 do gênero feminino e 16 do masculino, se mostraram condizentes com o estudo e apresentaram os pré-requisitos para participação na pesquisa. Foi efetuado esclarecimento prévio sobre a natureza da pesquisa e, a adesão se deu mediante termo de concordância (Apêndice 6.1). Para os indivíduos com idade inferior a 18 anos foi requerida a autorização do responsável legal. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (parecer Nº 317/2001). A duração da pesquisa foi de 12 semanas consecutivas.

Os participantes foram orientados a não fazerem uso de suplementos vitamínico/mineral, por um período que envolveu três meses antes do início da pesquisa até o final da mesma. O consumo de bebidas alcoólicas durante o período de estudo foi desaconselhado. No estudo os alunos foram agrupados pelo gênero e segundo a serem vegetarianos condicionais (VC), ou seja, somente no período letivo, ou sempre vegetarianos (V). No grupo V foram coletadas informações sobre o tempo de vegetarianismo bem como ao tipo de restrição alimentar efetuada. Informações individuais a respeito da altura (m) e massa corporal (kg) foram obtidas da totalidade dos participantes (Apêndice 6.5).

Antes da troca dos utensílios de alumínio pelos de ferro, foi coletada amostra de sangue dos participantes, na própria Instituição por pessoa apta para a função usando material esterilizado e descartável. Cerca de 10mL de sangue foi coletado em tubos Vacutainers (Becton Dickinson, São Paulo, SP), sendo 5mL em tubo com anticoagulante (EDTA ou heparina) e 5mL

em tubo simples. O sangue contido no tubo sem anticoagulante teve o plasma separado por centrifugação. As amostras foram mantidas refrigeradas ($4\pm 2^{\circ}\text{C}$) até a entrega aos laboratórios. Os exames laboratoriais foram realizados em um período que não ultrapassou 48 horas após a coleta.

Transcorrido o período de doze semanas desde a introdução do uso regular das panelas de ferro no preparo das refeições, nova coleta de sangue foi efetuada da forma descrita anteriormente. O estado nutricional relativo ao ferro foi estimado a partir de múltiplos indicadores mensurados nas amostras: hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht), ferritina, ferro sérico, capacidade de ligação total do ferro (TIBC) e o índice de saturação da transferrina (IST). Esse último foi calculado aplicando a fórmula: $(\text{ferro sérico}/\text{TIBC}) \times 100$.

Os valores individuais foram considerados anormais segundo os seguintes parâmetros: Hb < 12 g/dL, Ht < 38,0% e Hb < 13 g/dL, Ht < 40% para os gêneros feminino e masculino, respectivamente [10,11]; ferritina sérica < 12 µg/L [10, 11]; saturação da transferrina < 15% [11]; ferro sérico < 15 µg/L [12]. O estado nutricional de ferro foi classificado em níveis, conforme sugerido por Cook e colaboradores (1976) [11] e Houston e colaboradores (1997) [12], os quais são apresentados a seguir na Tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros usados na classificação do estado nutricional de ferro

Classificação	Parâmetros
Anemia	Hb < 12,0 g/dL e/ou Ht < 38% no gênero feminino
	Hb < 13,0 g/dL e/ou Ht < 40% no gênero masculino
Anemia ferropriva	Anemia + ferritina < 12,0 µg/L
Depleção de ferro	Ferritina < 15,0 µg/L
Deficiência de ferro	Dois indicadores anormais do estado de ferro no organismo

Hb: hemoglobina
Ht: hematócrito

A concentração da hemoglobina foi determinada em um analisador automático Coulter STKS Analyser (Coulter Corporation - Miami, FL, USA). A ferritina plasmática foi mensurada por quimioluminescência no equipamento ACS180 Plus (Bayer Corporation, Dublin, Irlanda). O ferro sérico e a saturação da transferrina foram determinados pelo método Goodwin modificado utilizando um fotômetro semi-automático Humalyzer 2000 (Human - Wiesbaden, Hessen, Ge).

Análise estatística

Os resultados do estudo laboratorial envolvendo as preparações cruas e preparadas em panelas de vidro e ferro foram estatisticamente analisados, considerando o valor médio das duplicatas de panelas e de amostra. A diferenças entre as concentrações dos minerais numa mesma preparação e entre as preparações foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) fator duplo sem repetição, sendo consideradas significantes aquelas com $p \leq 0,05$. Para a comparação entre as médias foi aplicado Teste de Tukey. Visando descrever o comportamento da migração em função do uso das panelas de ferro, análise de regressão linear simples foi aplicada.

Para análise da existência de melhoria dos indicadores hematológicos dos indivíduos, após o uso da panela de ferro foi realizado um Teste t de hipóteses para média aritmética, considerando a hipótese alternativa uma desigualdade (Teste monocaudal) onde o valor observado é maior que o valor crítico correspondente à hipótese nula, estabelecendo-se um nível de significância de 5% [13, 14].

Resultados e Discussão

Estudo laboratorial

Conforme o esperado, arroz polido apresentou menor acidez em relação ao molho de tomate. A seguir, na Tabela 4 podem ser observados os valores médios do pH e da umidade das preparações avaliadas.

Tabela 4 – Tempo de cocção e média do pH e umidade das preparações segundo o tratamento

Preparação	pH	Tempo de cocção (min)	Umidade média (%)		
			Cru	Cozido na panela de vidro	Cozido na panela de ferro
Arroz polido	5,71	11	13,41 ($\pm 0,03$)	60,71 ($\pm 2,08$)	62,40 ($\pm 1,07$)
Molho de tomate	4,12	11	90,22 ($\pm 1,97$)	84,98 ($\pm 0,30$)	86,06 ($\pm 1,85$)

Média $\pm$ Desvio padrão

Além de apresentarem discrepância no valor do pH, foi verificada também diferença significativa entre a umidade apresentada pelo arroz e pelo molho de tomate ($p < 0,01$), resultado também era esperado. O arroz *in natura* mostrou menor teor de umidade em relação ao arroz preparado em panela de vidro ou de ferro. O molho de tomate por sua vez apresentou maior teor de umidade antes da cocção. Não houve diferença estatística significante na umidade observada nos alimentos, molho de tomate e arroz, depois de preparados em panelas de vidro e de ferro fundido. Tal evidência já foi constatada anteriormente por outros autores [15].

Tabela 5 – Concentração média de ferro (Fe) e manganês (Mn) no arroz polido e no molho de tomate comercial antes e depois de preparados em panelas de ferro e vidro

Metal (mg/kg)	Arroz polido			Molho de tomate comercial		
	Cru	Panela de vidro	Panela de ferro	Cru	Panela de vidro	Panela de ferro
Fe	2,45 ^b ± 0,16	2,49 ^b ± 0,16	8,68 ^a ± 0,20	128,76 ^b ± 0,16	119,94 ^b ± 5,16	559,58 ^a ± 87,56
Mn	15,01 ^b ± 0,26	12,80 ^c ± 0,23	55,38 ^a ± 3,67	6,68 ^b ± 0,14	6,12 ^b ± 0,14	89,18 ^a ± 3,90

Valores médios ± Desvio padrão (base seca) de duas replicatas para a preparação em panela de vidro e sete para em panelas de ferro.

Letras sobrescritas indicam que o valor médio apresenta significância estatística no nível de $p < 0,01$

Com relação a migração de minerais, foram verificadas diferenças significativas ($p \leq 0,01$) na concentração de Fe e Mn no arroz e no molho de tomate preparado em panela de ferro fundido comparado com a concentração destes elementos nos produtos crus e preparados em panela de vidro (Tabela 5). No arroz, o Mn apresentou maior concentração no produto cru em relação ao arroz cozido em panela de vidro ($p \leq 0,05$). Tal resultado poderia ser oriundo do procedimento de amostragem do produto.

Análises comparativas revelaram que, o molho de tomate cozido em panela de ferro apresentou pH mais ácido, maior umidade, extraiu maiores quantidades de Fe e Mn da panela de ferro em relação ao arroz polido cozido. O comportamento da migração de ambos elementos nas duas preparações pode ser observado a seguir nas Figuras 1 e 2, onde estão representadas as sete cocções sequenciais envolvendo cada preparação.

A migração de ferro foi mais intensa no molho de tomate se comparada ao arroz. Apresentou forte tendência a aumentar conforme o incremento no número de vezes de uso, em ambos os tipos de preparação (Figura 1). É conhecido que tanto o teor de água como a acidez, influenciam positivamente a migração de Fe em panelas deste material [15], o que justifica o

maior acréscimo de ferro no molho de tomate em relação ao no arroz e corrobora com os resultados de outros autores [15]. Cientificamente já foi evidenciada a tendência ao acréscimo da migração de Fe com o aumento no número de cocções [16].

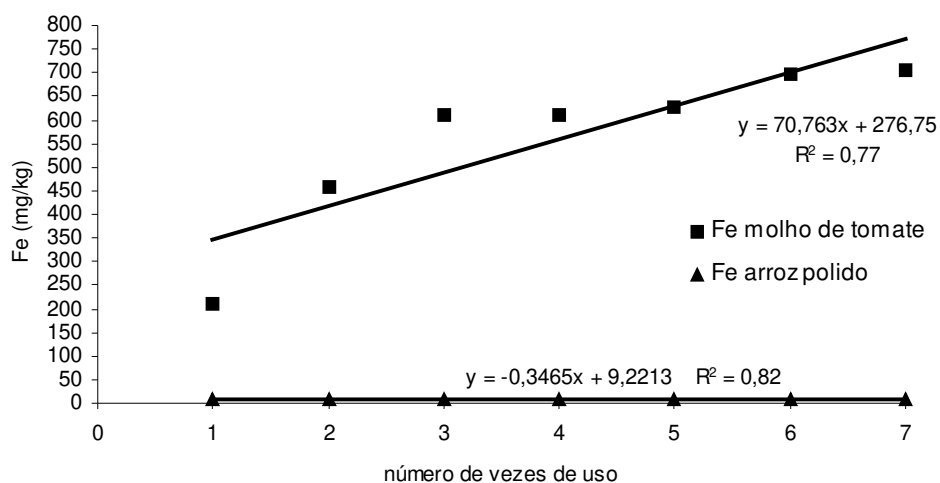


Figura 1 – Migração de Fe em molho de tomate comercial e arroz polido preparados em panelas de ferro fundido (valores em base seca)

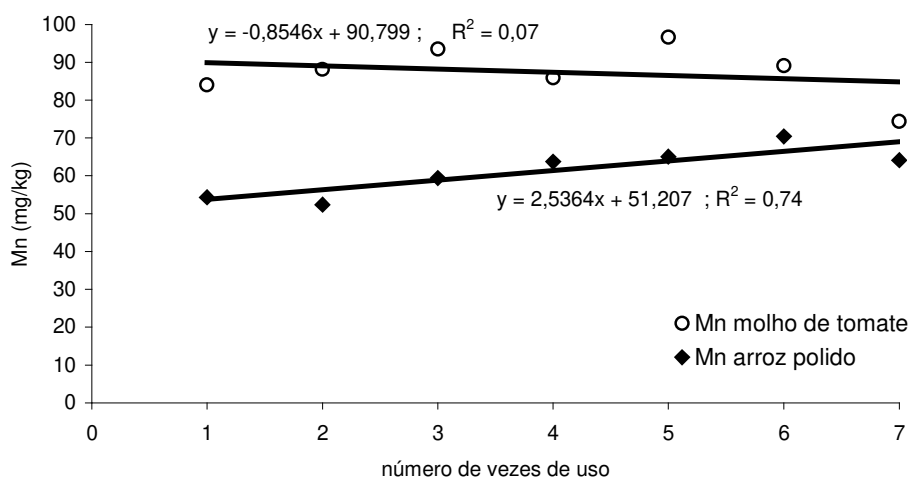


Figura 2 - Migração de Mn em molho de tomate comercial e arroz polido preparados em panelas de ferro fundido (valores em base seca)

Entretanto, não há na literatura especializada menção sobre a ocorrência da migração de Mn a partir de panelas de ferro fundido para os alimentos nela preparados. No caso do Mn a migração de Mn no molho de tomate se apresentou mais elevada em relação ao obtido no arroz, porém se manteve relativamente constante com a frequência de uso do utensílio (Figura 2).

Cerca de 100g de arroz preparado na panela de ferro apresentou em média 4,13 e 26,36mg de Fe e Mn, respectivamente. No que se refere ao de molho de tomate (100g) preparado no recipiente de ferro, foram observados valores de 78,01 e 12,43mg de Fe e Mn, respectivamente. Na Tabela 6 é mostrada a quantidade de arroz e de molho de tomate cozido em panela de ferro suficiente para alcançar as necessidades nutricionais diárias ferro, segundo o gênero e a faixa etária [8].

Tabela 6 – Quantidade necessária de arroz e molho de tomate preparado em panelas de ferro para atender a necessidade nutricional diária de ferro, segundo o gênero e a faixa etária

Faixa etária	Gênero masculino		Gênero feminino	
	Arroz (g)	Molho de tomate (g)	Arroz (g)	Molho de tomate (g)
7 a 12 meses	266,3	14,1	266,3	14,1
1 a 3 anos	169,5	9,0	169,5	9,0
4 a 8 anos	242,1	12,8	242,1	12,8
9 a 13 anos	193,7	10,3	193,7	10,3
14 a 18 anos	266,3	14,1	363,2	19,2
19 a 30 anos	193,7	10,3	435,8	23,1
31 a 50 anos	193,7	10,3	435,8	23,1
> 51 anos	193,7	10,3	193,7	10,3

Devido à maior concentração de ferro no molho de tomate preparado em panelas de ferro, a ingestão de uma pequena quantidade é suficiente para suprir a necessidade diária do metal em ambos os gêneros e em todas as faixas etárias. No caso do arroz, um volume maior seria requerido para tal, especialmente no gênero feminino e nas faixas etárias que envolvem crianças, onde a necessidade do metal é mais elevada.

Estudo de campo

Dos 56 participantes do estudo, 71,4% era do gênero feminino e 28,6% do gênero masculino. A idade dos participantes variou entre 14 e 25 anos, sendo a média global de 16,68 (DP=2,39anos). Quando se discriminou os participantes por gênero, a idade média foi de 16,75 (DP=2,72) e 16,50 (DP=1,26) anos, para mulheres e homens, respectivamente. No gênero feminino, duas participantes se declararam vegetarianas restritas, ou seja, além da carne elas não ingeriam alimentos derivados de animais tais como leite e ovos. No gênero masculino não houve participante vegetariano restrito, mas foi notável a presença de indivíduo vegetariano desde o nascimento. Na Tabela 7 podem ser observadas as características da amostra, classificada pelo gênero e pelo hábito alimentar, considerando o fato de ser vegetariano sempre (V) ou somente durante o período letivo/condicional (VC).

O Índice de Massa Corporal (IMC) calculado por meio da divisão do peso referido (kg) pelo quadrado altura referida (m) e comparado com os parâmetros preconizados pela Organização Mundial da Saúde [17], mostrou que em média os alunos, independente do hábito alimentar, eram eutróficos. Entretanto, entre os indivíduos gênero feminino dois apresentaram sobrepeso, sendo um do grupo V e outro do VC. Entre os homens, apenas um dos indivíduos do grupo VC apresentou sobrepeso. Com relação ao baixo peso, no gênero feminino foram observados três casos de desnutrição grau I, sendo dois destes no grupo VC. Foram ainda

identificados dois casos de desnutrição grau I, ambos em indivíduos vegetarianos sempre, um em cada gênero.

Tabela 7 – Características descritivas dos alunos vegetarianos sempre (V) e vegetarianos condicionais (VC)

Características	Gênero masculino		Gênero feminino	
	V (n=5)	VC (n=11)	V (n=17)	VC (n=23)
Idade (anos)	16,20±1,10	16,64±1,51	17,62±2,96	15,78±2,12
IMC (kg/m ²)	19,87±2,22	21,43±2,54	20,98±2,81	21,68±2,55
Tempo vegetarianismo (anos)	NS	0,7±0,00*	4,04±3,80	NS
Uso de levedo de cerveja	0	3 (27,26%)	2 (10,52%)	1 (4,77%)

NS: Não se aplica

* não contabilizado um indivíduo vegetariano desde o nascimento (15 anos)

Com relação ao tempo de vegetarianismo, foi verificado que em média no gênero feminino ele é maior quando comparado ao gênero masculino. Três indivíduos do gênero masculino e três do feminino referiram consumir regularmente “levedo de cerveja” como “suplemento nutricional”.

Os indicadores bioquímicos do sangue dos indivíduos participantes do estudo antes e após as doze semanas consumindo refeições preparadas em panelas de ferro fundido, estão registrados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores dos indicadores hematológicos dos indivíduos antes e após o consumo por 12 semanas consecutivas de alimentos preparados em panelas de ferro fundido

Indicadores	Gênero masculino				Gênero feminino			
	V (n=5)		VC (n=11)		V (n=17)		VC (n=23)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Hemoglobina (g/dL)	12,6±0,6	13,5±0,8	14,2±1,2	15,0±1,0	12,2±1,1	13,0±1,0	12,3±0,72	13,1±0,57
Hematócrito (%)	39,8±0,8	41,8±2,0	40,6±3,1	42,8±2,3	35,3±2,5	37,1±2,5	35,3±1,8	37,2±1,5
Ferritina (µg/L)	23,8±8,1	27,5±21,9	39,2±22,5	40,9±24,7	17,2±15,6	17,0±14,5	19,2±15,5	27,0±24,9
Ferro sérico (µg/L)	124,2±63	91,2±47	167,4±98	104,1±34	87,7±38,3	68,7±20,0	97,9±65,6	85,1±26,4
CTLF (µg/dL)	404,2±58	340,6±26	405,5±114	317,3±45	407,9±78	375,8±79	397,4±68	374,3±41
IST (%)	29,8±11,3	26,4±12,4	38,9±11,5	33,4±10,4	21,8±10,0	20,4±8,2	23,7±12,8	22,8±6,2
Transferrina (mg/mL)	282,9±41	238,2±18	283,8±80	227,9±31	285,5±54	262,8±55	278,2±47	270,0±37

CTLF: Capacidade total de ligação do ferro

IST: Índice de saturação da transferrina

1= valores anteriores ao uso da panela

2= valores posteriores ao uso da panela

Comparando os indicadores hematológicos da primeira com os da segunda coleta pelo teste *t*, pôde ser verificado que os indivíduos do grupo VC do gênero feminino apresentaram aumento estatisticamente significativo nos valores do hematócrito, hemoglobina e ferritina, os quais foram na ordem de 5,08; 5,68 e 28,6%, respectivamente. Os indivíduos do grupo V do gênero feminino mostraram aumento estatisticamente significativo nos valores do hematócrito (4,45%) e hemoglobina (6,31%), entretanto apresentaram ligeira redução (1,05%) na ferritina sérica. A ferritina é o indicador bioquímico mais frequentemente apontado como deficiente em indivíduos sob dieta vegetariana, especialmente do gênero feminino [18].

No gênero masculino, os indivíduos dos grupos V e VC apresentaram, após uso regular das panelas de ferro, aumento estatisticamente significativo nos valores do hematócrito (4,84 e 4,78%), da hemoglobina (5,75 e 5,50%) e redução no valor da transferrina (24,53 e 15,81%), respectivamente. Essa evidência aponta para melhora no estado nutricional de ferro destes indivíduos.

A capacidade total de ligação do ferro (CTFL) é um indicador hematológico que também é utilizado para avaliar o ferro circulante. Essa capacidade se eleva na deficiência de ferro, refletindo depleção das reservas orgânicas do metal. A faixa do valor de referência da CTFL vai de 250 a 390µg/dL [19]. Conforme pôde ser observado na Tabela 8, antes do uso da panela de ferro os valores médios observados para este indicador estavam todos acima do máximo estabelecido, independente do gênero ou tipo de alimentação. No final do estudo o valor médio observado para o CTFL reduziu, permanecendo na faixa de normalidade e indicando indiretamente uma melhora nas reservas orgânicas do elemento.

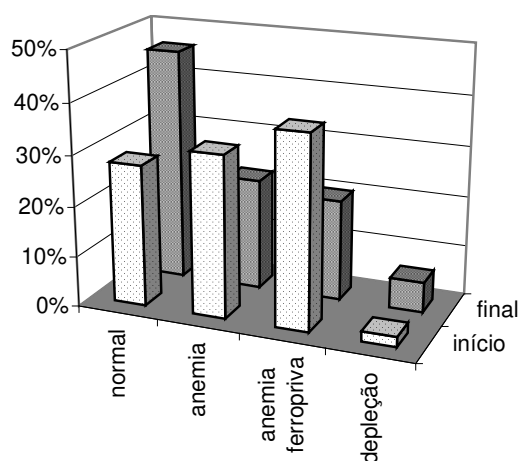


Figura 3 – Classificação do estado nutricional de ferro dos indivíduos no início e final do estudo

Na Figura 3 pode ser observada a classificação percentual do estado nutricional de ferro na população total que integra o estudo antes do início do uso da panela de ferro no preparo das refeições e após as 12 semanas consumindo refeições preparadas nesse tipo de utensílio.

O percentual de indivíduos diagnosticados hematologicamente como normais no início do estudo era de 28%, dos quais 64,3% eram do gênero masculino e 35,6% do feminino. Após 12 semanas recebendo refeições preparadas em panelas de ferro, o percentual de normalidade hematológica da população passou a ser de 46%, onde o gênero masculino respondeu por 56,5% e o feminino por 43,5%. A redução observada no índice de anemia é explicada pelo aumento percentual de indivíduos com estado hematológico normal e também pelo acréscimo no número de indivíduos em estado de depleção. O estado de depleção está situado de forma intermediária entre a classificação normal e a de anemia ferropriva [11,19].

No início do estudo a prevalência de anemia dos alunos era de 32% , sendo 75% no gênero feminino e 25% do masculino. Houve redução de 22%, observado no final, representado por 81% no gênero feminino e 19% no masculino. No mesmo período, a prevalência de anemia ferropriva decresceu de 38 para 20% entre os alunos envolvidos no estudo (Figura 3).

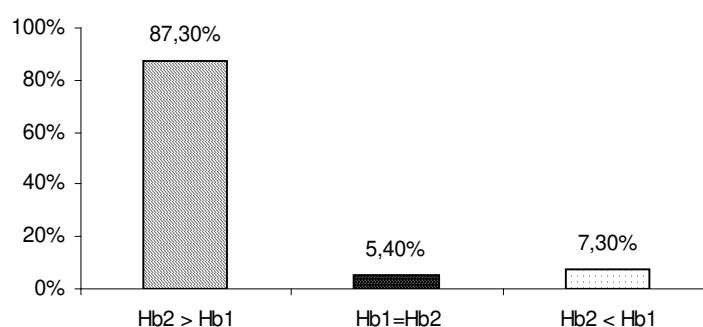


Figura 4 – Comparação entre as concentrações de hemoglobina inicial (Hb1) e após o uso da panela de ferro (Hb2) na população estudada

Os valores da hemoglobina na segunda coleta (Hb2) foram superiores ao da primeira coleta (Hb1) em 87,3% da população, enquanto 5,4% dos indivíduos não apresentaram alteração no nível da hemoglobina entre as coletas e, 7,3% apresentaram a Hb2 inferior a Hb1 (Figura 4).

O índice de anemia observado no início do estudo (38%) se mostrou substancialmente alarmante. A prevalência de anemia ferropriva entre jovens vegetarianos no Canadá e em Taiwan é estimada em 17% [18]. Ao final do estudo o percentual de indivíduos anêmicos (20%) se mostrou comparável à prevalência mundial de anemia em população similar [4, 18]. Do total de 38% de anemia ferropriva observado ao início do estudo, 94,7% se dava no gênero feminino. No final da pesquisa todos os casos de anemia ferropriva existentes atingiam o gênero feminino.

Assim, o estado nutricional de ferro do gênero feminino foi considerado inferior ao do masculino, tanto no início como ao final do estudo. A literatura relata que a maior prevalência de deficiência de ferro e de anemia ferropriva se dá no gênero feminino [12,18]. Por outro lado, também está documentado que indivíduos vegetarianos são mais susceptíveis à deficiência de ferro bem como à anemia ferropriva. Fitatos e polifenóis, entre outros compostos contidos nos alimentos de origem vegetal reduzem a absorção do ferro inorgânico da refeição e colaboram para o quadro de deficiência de ferro e anemia ferropriva [18,20]. A inadequação percentual de ferro de dietas vegetarianas é o terceiro fator que contribui para agravar a situação descrita [7,18,21]. Cabe enfatizar que dietas vegetarianas balanceadas não oferecem risco ao consumidor no que diz respeito à deficiência de ferro ou anemia ferropriva [5]. Entretanto, uso da panela de ferro na adequação do ferro dietético tem sido considerado como uma medida válida indicada por vários estudos [2,7], incluindo o aqui relatado.

Conclusões

As panelas de ferro fundido liberam quantidades expressivas de ferro e manganês para os alimentos durante o processo de cocção. O aumento na frequência de uso do utensílio favorece o incremento da migração de ferro e manganês. Preparações mais aquosas e ácidas apresentam o maior acréscimo de ambos os elementos. O ferro derivado das panelas deste material se mostrou, no mínimo, parcialmente utilizado pelo organismo. O risco de anemia e deficiência de ferro pode ser reduzido pelo uso regular das panelas de ferro no preparo das refeições. O estado nutricional relativo ao ferro de jovens de ambos os gêneros seguindo regimes ovolactovegetarianos é passível de ser melhorado mediante preparo das refeições em panelas de ferro fundido.

Referências

- [1] World Health Organization. The World Health Report: Conquering Suffering Enriching Humanity. Geneva: WHO, 1997.
- [2] Geerligs PDP, Brabin BJ, Omari AAA. Food prepared in iron cooking pots as an intervention for reducing iron deficiency anaemia in developing countries: a systematic review. J Hum Nutr Dietet 2003; 16(4):275-81.
- [3] Adish AA, Esrey SA, Gyorkos TW, Jean-Baptiste J, Rojhani A. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of Young children: a randomised trial. Lancet 1999; 353(9154):712-26.
- [4] Huang YC, Lin WJ, Cheng CH. Nutrient intakes and iron status of healthy young vegetarians and nonvegetarians. Nutr Res 1999; 19(5):663-74.
- [5] Anonymous. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian Diets. J Am Dietet Ass 2003; 103(6): 748-65.
- [6] Monsen ER. Iron nutrition and absorption: dietary factors which impact iron bioavailability. J Am Dietet Ass 1988; 88(7):786-90.
- [7] Gibson RS, Donavan UM, Heath A-LM. Dietary strategies to improve the iron and zinc nutriture of young woman following a vegetarian diet. Plant Foods Hum Nutr 1997; 51(1): 1-16.

- [8] Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poss M. Dietary reference intakes: vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. J Am Dietet Ass 2001; 101(3):294-301.
- [9] AOAC, Official Methods of Analysis. 1990. 15th ed. Washington (DC): Association of Official Analytical Chemists. p. 912, 915, 931-932.
- [10] Brasil, Ministério da Saúde. 1993. Portaria n° 1376 de 19 de novembro de 1993. Brasília: Diário Oficial da União, 2 dez, 1993, Seção 1, p.18405.
- [11] Cook JD, Finch CA, Smith N. Evaluation of the iron status of a population. Blood 1976; 48(3):449-55.
- [12] Houston MS, Summers SL, Soltesz KS. Lifestyle and dietary practices influencing iron status in university women. Nutr Res 1997; 17(1):9-22.
- [13] SAS User's Guide Statistics. Version 6. Cary, NC: SAS Institute, 1989.
- [14] Levine DM, Berenson ML, Stephan D. 2000. Estatística: teoria e aplicações. São Paulo: LTC. 811p.
- [15] Brittin HC, Nossaman, CE. Iron content of food cooked in iron utensils. J Am Diet Ass 1986; 86(7):897-901.
- [16] Cheng YJ, Brittin HC. Iron in food: effect of continued use of iron cookware. J Food Sci 1991; 56(2):584-585.
- [17] World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Geneva: WHO; 1995.
- [18] Huang YC, Lin WJ, Cheng CH, Su KH. Nutrient intakes and iron status of healthy young vegetarians and nonvegetarians. Nutr Res 1999; 19(5):663-674.
- [19] Paiva AA, Rondó PHC, Guerra-Shinohara EM. Parâmetros para avaliação do estado nutricional de ferro. Rev Saúde Pública 2000; 34(4):421-6.

[20] Gillooly M, Bothwell TH, Torrance JD, MacPhail AP, Derman DP, Bezwoda WR, Mills W, Charlton RW. The effects of organic acids, phytates and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. Br J Nutr 1983; 49(2):331-342.

[21] Reddy S, Sanders TAB. Haematological studies on pre-menopausal Indian and Caucasian vegetarians compared with Caucasian omnivores. Br J Nutr 1990; 64(2):331-338.

Agradecimentos

Aos alunos que se dispuseram a participar do estudo e ao valioso apoio prestado pelo Instituto Adventista de Ensino de Minas Gerais (IAEMG), Fundação Mineira Ltda, Bayer do Brasil, Becton Dickinson, Cremer S.A., Cargill Agrícola S.A., Coniexpress S.A. Indústrias Alimentícias, Laboratório Anchieta Diagnose, In Vitro Diagnóstica e Álamo Centro Diagnóstico.

4.0 CONCLUSÕES

- Os utensílios testados apresentaram perfis de migração distintos e susceptíveis à variação, conforme o simulante empregado (ácido acético ou láctico) e a aplicação do utensílio (cocção ou estocagem), a saber:
 - √ em função do uso as panelas de inox apresentam redução da migração de metais de forma rápida, enquanto as de pedra-sabão mostram um declínio suave na migração, contrastando com as de ferro, que apresentam aumento na migração de Fe e Mn com o uso contínuo.
 - √ tanto as panelas de inox como as de ferro fundido não apresentaram implicações toxicológicas sob as condições de teste (cocção e estocagem). As panelas de ferro fundido, por liberarem quantidade expressiva de ferro, poderiam contribuir na melhoria da alimentação de grupos populacionais susceptíveis à anemia e deficiência de ferro.
 - √ as panelas de pedra-sabão liberaram quantidades consideráveis de Ca, Mg, Fe e Mn durante a operação de cocção com simulantes de alimentos. A estocagem do simulante elaborado com ácido acético causou liberação indesejável de Ni. O armazenamento de alimentos em panelas de pedra-sabão, especialmente aqueles aquosos e ácidos, é desaconselhável, uma vez que o tempo de contato propicia a liberação indesejável de Ni.
- Em se tratando da estabilidade oxidativa e migração de ferro em óleo de soja refinado aquecido em panelas de diferentes materiais, foi concluído que:
 - √ a estabilidade oxidativa do óleo aquecido nos diferentes materiais decresceu na seguinte ordem: utensílios de pedra-sabão, aço inoxidável, ferro, alumínio e vidro.
 - √ no final do experimento o óleo aquecido nos utensílios de ferro, pedra-sabão e de inox apresentou maior teor de ferro em relação ao aquecido nos utensílios de vidro e alumínio.
 - √ a maior estabilidade oxidativa no final dos ciclos de aquecimento foi verificada no óleo que foi aquecido nos utensílios de vidro e de alumínio.
 - √ o óleo de soja refinado mostrou maior resistência ao reaquecimento intermitente quando o material do recipiente era de vidro ou alumínio. Ambos materiais foram considerados como os melhores materiais para a fritura descontínua de alimentos.

- A avaliação da migração de minerais para alimentos preparados em panelas de pedra-sabão e da biodisponibilidade do ferro oriundo destes utensílios, mostrou que:
 - ✓ diferente do observado com os simulantes de alimentos, a extração de ferro não se reproduziu nem com o molho de tomate nem com o arroz polido preparados em panelas de pedra-sabão. A migração de Fe não se mostrou elevada em ambas as preparações.
 - ✓ o molho de tomate obteve os maiores escores dos elementos Ca e Mn, apresentando forte tendência de crescimento com o uso contínuo do utensílio.
 - ✓ a migração de minerais durante a cocção do arroz foi estatisticamente insignificante.
 - ✓ a migração de níquel para as preparações elaboradas na panela de pedra-sabão se mostrou atóxica, especialmente após a primeira cocção.
 - ✓ a troca dos utensílios de alumínio pelos de pedra-sabão promoveu melhora no estado nutricional relativo ao ferro dos usuários.
 - ✓ não foi possível determinar os condicionantes da melhoria observada no estado nutricional de ferro dos participantes, uma vez que a representatividade da migração de Fe pelas panelas de pedra-sabão é inexpressiva.

- A avaliação da migração de minerais para alimentos preparados em panelas de ferro e da biodisponibilidade do ferro oriundo destes utensílios, mostrou que:
 - ✓ a migração de Fe e Mn ocorre tanto no molho de tomate como no arroz, sendo mais expressiva no molho de tomate.
 - ✓ houve tendência ao aumento na migração de Fe e Mn com o uso contínuo dos utensílios, independente da preparação elaborada.
 - ✓ a ingestão de uma pequena quantidade de molho de tomate preparado em panela de ferro supre as necessidades diárias deste mineral em ambos os gêneros e em todos os intervalos de idade.
 - ✓ a prevalência de anemia ferropriva nos indivíduos passou de 38 para 20% ao final do estudo, enquanto que o percentual de indivíduos diagnosticados como normais se elevou de 28 para 46%.

- √ o ferro derivado das panelas deste material mostrou ser parcialmente utilizado pelo organismo.
- √ o risco de anemia e de deficiência de ferro pode ser reduzido pelo uso regular das panelas de ferro no preparo das refeições.
- √ o estado nutricional relativo ao ferro de indivíduos sob regime ovolactovegetariano é passível de ser melhorado mediante adoção do preparo regular das refeições em panelas de ferro fundido.

5.0 REFERÊNCIAS

1. Norton FH. Introdução à tecnologia cerâmica. São Paulo: Edgard Blücher e EDUSP; 1973.
2. Ritchie CIA. Comida y civilización. Madri: Alianza Editorial; 1988.
3. Bono E. Uma história das invenções desde a roda até o computador. Barcelona: Labor; 1975.
4. Rochow EG. Silicon and silicones: about stone-age tools, antique pottery, modern ceramics, computers, space, materials and how they all got that way. Berlim: Springer-Verlog; 1987.
5. Vidal B. História da Química. Lisboa: Edições 70; 1986.
6. Silva ALC, Mei PR. Tecnologia dos aços. Sumaré: Eletromental - Universidade Estadual de Campinas; 1982.
7. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária, D.O.U. de 20 de março de 1996. Portaria nº 27 (18 de março de 1996).
8. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária, D.O.U. de 20 de março de 1996. Portaria nº 28 (18 de março de 1996).
9. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, D.O.U. de 13 de junho de 2001. Resolução - RDC Nº 91 (11 de maio de 2001).
10. Liukkonen-Lilja H, Pieppone S. Leaching of aluminium from dishes and packages. Food Add Cont 1992; 9(3): 213-223.
11. Neelam, Bamji MS, Kaladhar M. Risk of increased aluminium burden in the Indian population: contribution from aluminium cookware. Food Chem 2000; 70(1): 57-61.
12. Shuping B. A model describing the complexing effect in the leaching of aluminum from cooking utensils. Environ Poll 1996; 92(1): 85-89.
13. Minakshi M, Oebri K, Sharma S. Cooking efficiency of selected frying pans. J Res 1991; 28(3): 427-432.
14. Gibson RS, Donovan UM, Heath A-LM. Dietary strategies to improve the iron and zinc nutriture of young women following a vegetarian diet. Plant Foods Hum Nutr 1997; 51(1): 1-16.
15. Kakade V, Agte V. Effect of using iron utensils vis-a-vis teflon-coated non stick wares on ionisable iron content of traditional vegetarian foods. J Food Sci Tech 1997; 34(5): 427-430.
16. Sheets, R. W. Extraction of lead, cadmium and zinc from overglaze decoration on ceramic dinnerware by acidic and basic food substances. Sci Total Environ 1997; 197(1-3): 167-175.
17. Boysen W, Frattini A, Pellegrini N, Sanctis O. Protective coatings on copper prepared by sol-gel for industrial applications. Surface & Coatings Technology 1999; 122(1):14-17.

18. Agarwal P, Srivastava S, Srivastava MM, Prakash S, Ramanamurthy M, Shirivastav R, et al. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and in some Indian drinks. *Sci Total Environ* 1997; 199(3): 271-275.
19. Park J, Brittin HC. Increase iron content of food due to stainless steel cookware. *J Am Diet Ass* 1997; 97(6): 659-661.
20. Accominotti M, Bost M, Haudrechy P, Mantout B, Cunat PJ, Comet F, et al. Contribution to chromium and nickel enrichment during cooking of foods in stainless steel utensils. *Contact Dermatitis* 1998; 38(6): 305-310.
21. Quintaes KD, Amaya-Farfan J, Morgano MA; Mantovani DMB. Soapstone (*steatite*) cookware as a source of minerals. *Food Add Cont* 2002; 19(2): 134-143.
22. Zenebon O. Migração de chumbo e de cádmio de recipientes cerâmicos. Estudo visando a sua regulamentação bromatológica [dissertação]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 1986.
23. Martinez FE, Vannucchi H. Bioavailability of iron added to the diet by cooking food in an iron pot. *Nutr Res* 1986; 6(4): 421-428.
24. Borigato EVM, Martinez FE. Iron nutritional status is improved in brazilian preterm infants fed food cooked in iron pots. *J Nutr* 1998; 128(5): 855-859.
25. Borigato EVM, Martinez FE. Iron incorporation in Brazil infant diets cooked in iron utensils. *Nutr Res* 1992; 12(5): 1065-1073.
26. Coutsoucos SM, Colli C. Iogurte preparado em panela de ferro: uma alternativa para fortificação de alimentos com ferro. *Hig Alim* 1994; 8(29):14-17.
27. Adish AA, Esrey SA, Gyorkos TW, Jean-Baptiste J, Rojhani A. Effect of consumption of food cooked in iron pots on iron status and growth of young children: a randomised trial. *Lancet* 1999; 353(9154): 712-716.
28. Benito P, Miller D. Iron absorption and bioavailability: an update review. *Nutr Res* 1998; 18(3): 581-603.
29. Kollipara UK, Brittin HC. Increased iron content of some Indian foods due to cookware. *J Am Diet Ass* 1996; 96(5): 508-511.
30. Cheng YJ, Brittin HC. Iron in food: effect of continued use of iron cookware. *J Food Sci* 1991; 56(2): 584-585.
31. Park J, Brittin HC. Iron content, sensory evaluation, and consumer acceptance of food cooked in iron utensils. *J Food Qual* 2000; 23(2): 205-215.
32. Kuligowski J, Halperin KM. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. *Arch Environ Cont Toxic* 1992; 23(2): 211-215.
33. Kumar R, Srivastava PK, Srivastava SP. Leaching of heavy metals (Cr, Fe and Ni) from stainless steel utensils in food simulants and food materials. *Bull Environ Cont Toxic* 1994; 53(2): 259-266.
34. Flint NG, Packirisamy S. Purity of food cooked in stainless steel utensils. *Food Add Cont* 1997; 14(2): 115-126.

35. Brun R. Nickel in food: the role of stainless-steel utensils. *Cont Derm* 1979; 5(1): 43-45.
36. Smart GA, Sherlock JC. Nickel in foods and the diet. *Food Add Cont* 1987; 4(1): 61-71.
37. Rojas E, Herrera LA, Poirier LA, Ostrosky-Wegman P. Are metals dietary carcinogens ? *Mut Res* 1999; 443(1-2): 157-181.
38. Cheng XL, Ma HY, Chen SH, Yu R, Chen X, Yao ZM. Corrosion of stainless steel in acid solutions with organic sulfur-containing compounds. *Corr Sci* 1999; 41(2): 321-333.
39. Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) Official Methods of Analysis of AOAC International. Cunniff P. 16 ed. Arlington: AOAC; 1995.
40. CRC Handbook of Chemistry and Physics a ready-reference book of chemical and physical data. 72 ed. Boca Raton: CRC Press, 1991/92; p. 1-1—16-32.
41. Jorge N. Alterações em óleos de frituras. *Hig Aliment* 1997; 11(52):, 15-23.



6.1 Termo de consentimento livre e esclarecido

Declaro de livre e espontânea vontade que eu, _____
_____, portador do RG.: _____,
residente à _____,
estou disposto a participar da pesquisa intitulada “*Possíveis implicações nutricionais decorrentes do uso de panelas brasileiras de aço inoxidável, ferro e pedra-sabão*” (projeto de tese de doutorado da aluna Késia Diego Quintaes) desenvolvida pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (FEA/UNICAMP).

() sou menor de idade

() sou maior de idade

Nome do responsável: _____

Idade _____ anos, RG.: _____, Grau de parentesco _____,

Documento apresentado que comprova a responsabilidade:
_____ (xerox do mesmo será anexado ao termo).

Para tanto, afirmo que fui devidamente instruído a respeito do estudo, sendo informado minuciosamente a respeito dos procedimentos que serão adotados, aceitando:

- a) dar entrevista com profissionais das áreas de saúde e nutrição
- b) consumir somente alimentos preparados nos utensílios que forem fornecidos por 04 meses
- c) submeter-me a dois exames de sangue, com intervalo médio aproximado entre eles de 04 meses

Afirmo que fui informado de que não receberei nenhuma remuneração em troca da participação, que os dados que me identificam serão mantidos em sigilo e que posso desistir no momento em que desejar sem necessidade de notificação por escrito. Reconheço ainda que, além de ter a oportunidade de passar por uma avaliação nutricional, estarei contribuindo para o melhor conhecimento nutricional da região.

De acordo:

Participante: _____

Responsável (p/ menores de idade): _____

Késia Diego Quintaes: _____

Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan: _____

_____, _____ de _____ de 2002.

6.2 Receitas das preparações alimentares

Arroz polido cozido

Ingredientes:

300g de arroz polido cru

15 ml de óleo refinado de soja

20g de sal (NaCl)

600 ml de água desionizada

Modo de preparo:

Sob a chama do fogão adicionar na panela limpa e seca o óleo e o sal até começar a fritar, colocar então o arroz mexendo delicadamente com a espátula plástica para homogeneizar. Adicionar a água desionizada e aguardar o momento da ebulição, quando então o fogo é abaixado e a panela tampada. Decorridos 20 minutos de cozimento, o fogo é desligado e o alimento mantido ali ainda por mais 10 minutos, após os quais a preparação será homogeneizada com o auxílio da espátula plástica e as amostras coletadas. Lembrando que tanto a panela como a espátula plástica serão previamente lavadas com esponja polimérica macia e detergente biodegradável e enxaguadas com água corrente em abundância seguido por enxágue com água desionizada.

Molho de tomate comercial

Ingredientes:

500 g de molho de tomate industrializado
20 ml de óleo de soja refinado
5g de sal

Modo de preparo:

Sob a chama do fogão, adicionar o molho na panela previamente lavada com esponja polimérica macia e detergente biodegradável e enxaguada com água corrente em abundância seguido por enxágüe com água desionizada. Mexer delicadamente com espátula plástica lavada da mesma forma, até o momento de ebulição. Reduzir a chama do fogo e tampar a panela. Decorridos 20 minutos de ebulição, desligar o fogo e com o auxílio da espátula plástica mexer delicadamente para homogeneizar a preparação.

6.3 Valores da migração dos elementos

6.3.1 Valores de migração de elementos com simulantes de alimentos (ácidos acético e láctico) segundo o material do recipiente

6.3.1.1 PANELAS DE AÇO INOXIDÁVEL

Amostra	Ácido láctico como meio extrator				Amostra	Ácido acético como meio extrator			
	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)		Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)
ixl1a	0,1032	0,1554	3,8917	0,0561	ix1a	0,0867	0,0834	2,0094	0,0288
ixl1b	0,1057	0,1541	3,8968	0,0548	ix1b	0,0851	0,0818	2,0614	0,0280
iy1a	0,1006	0,1478	3,6124	0,0547	iy1a	0,0618	0,0585	1,6512	0,0238
iy1b	0,0981	0,1429	3,5988	0,0522	iy1b	0,0659	0,0626	1,6323	0,0238
ixl2a	0,0346	0,0469	0,8790	0,0111	ix2a	0,0405	0,0279	0,5750	0,0069
ixl2b	0,0346	0,0420	0,8481	0,0123	ix2b	0,0411	0,0279	0,5599	0,0082
iy1a	0,0429	0,0429	0,8798	0,0123	iy2a	0,0477	0,0393	0,7958	0,0073
iy1b	0,0405	0,0368	0,8577	0,0123	iy2b	0,0484	0,0423	0,7907	0,0088
ixl3a	0,0331	0,0270	0,5252	0,0074	ix3a	0,0223	0,0124	0,2866	0,0034
ixl3b	0,0344	0,0245	0,4969	0,0074	ix3b	0,0229	0,0113	0,3037	0,0034
iy1a	0,0325	0,0253	0,4675	0,0072	iy3a	0,0408	0,0263	0,5635	0,0068
iy1b	0,0301	0,0229	0,4554	0,0060	iy3b	0,0408	0,0293	0,5417	0,0068
ixl4a	0,0335	0,0219	0,4529	0,0077	ix4a	0,0235	0,0120	0,2828	0,0030
ixl4b	0,0323	0,0245	0,4568	0,0065	ix4b	0,0235	0,0138	0,2786	0,0036
iy1a	0,0361	0,0310	0,5819	0,0206	iy4a	0,0361	0,0185	0,4989	0,0056
iy1b	0,0387	0,0284	0,4839	0,0077	iy4b	0,0377	0,0216	0,4885	0,0056
ixl5a	0,0239	0,0239	0,3648	0,0063	ix5a	0,0233	0,0115	0,2665	0,0026
ixl5b	0,0226	0,0226	0,3623	0,0050	ix5b	0,0226	0,0115	0,2665	0,0033
iy1a	0,0226	0,0226	0,2843	0,0050	iy5a	0,0237	0,0131	0,2962	0,0032
iy1b	0,0214	0,0176	0,2818	0,0050	iy5b	0,0245	0,0155	0,2922	0,0032
ixl6a	0,0175	0,0088	0,1838	0,0025	ix6a	0,0173	0,0056	0,2078	0,0026
ixl6b	0,0213	0,0163	0,1763	0,0038	ix6b	0,0186	0,0089	0,2217	0,0020
iy1a	0,0131	0,0078	0,1386	0,0026	iy6a	0,2115	0,0143	0,2599	0,0031
iy1b	0,0170	0,0105	0,1399	0,0026	iy6b	0,0199	0,0135	0,2630	0,0031
ixl7a	0,0145	0,0084	0,1349	0,0024	ix7a	0,0128	0,0072	0,1442	0,0019
ixl7b	0,0157	0,0084	0,1301	0,0036	ix7b	0,0147	0,0072	0,1461	0,0127
iy1a	0,0110	0,0049	0,1092	0,0025	iy7a	0,0144	0,0096	0,1837	0,0024
iy1b	0,0110	0,0086	0,1031	0,0025	iy7b	0,0183	0,0111	0,1869	0,0024
ixl8a	0,0145	0,0109	0,1091	0,0024	ix8a	0,0097	0,0072	0,1058	0,0007
ixl8b	0,0158	0,0073	0,0994	0,0024	ix8b	0,0075	0,0050	0,0891	0,0007
iy1a	0,0098	0,0061	0,0902	0,0024	iy8a	0,0112	0,0048	0,1005	0,0008
iy1b	0,0110	0,0037	0,0866	0,0024	iy8b	0,0112	0,0048	0,1090	0,0016
ixl9a	0,0149	0,0112	0,1205	0,0025	ix9a	0,0077	0,0039	0,0634	0,0006
ixl9b	0,0124	0,0075	0,1205	0,0025	ix9b	0,0071	0,0058	0,0660	0,0006
iy1a	0,0123	0,0086	0,1062	0,0025	iy9a	0,0111	0,0065	0,1048	0,0007
iy1b	0,0136	0,0099	0,1099	0,0025	iy9b	0,0104	0,0052	0,1076	0,0014

ixl10a	0,0181	0,0116	0,1303	0,0026	lx10a	0,0075	0,0044	0,0667	0,0007
ixl10b	0,0194	0,0129	0,1239	0,0026	lx10b	0,0062	0,0030	0,0667	0,0013
iy110a	0,0127	0,0076	0,0968	0,0025	ly10a	0,0090	0,0036	0,0907	0,0007
iy110b	0,0178	0,0089	0,1006	0,0025	ly10b	0,0068	0,0021	0,0921	0,0007
ixl11a	0,0074	0,0037	0,0748	0,0025	lx11a	0,0131	0,0086	0,1082	0,0082
ixl11b	0,0123	0,0061	0,0785	0,0012	lx11b	0,0138	0,0099	0,1069	0,0088
iy111a	0,0124	0,0075	0,0621	0,0012	ly11a	0,0168	0,0143	0,1279	0,0094
iy111b	0,0124	0,0025	0,0621	0,0012	ly11b	0,0153	0,0136	0,1286	0,0101
ixl12a	0,0119	0,0060	0,0810	0,0024	lx12a	0,0137	0,0105	0,1127	0,0090
ixl12b	0,0107	0,0071	0,0750	0,0024	lx12b	0,0143	0,0118	0,1244	0,0084
iy112a	0,0159	0,0061	0,0707	0,0024	ly12a	0,0151	0,0141	0,1252	0,0104
iy112b	0,0159	0,0061	0,0756	0,0012	ly12b	0,0189	0,0164	0,1468	0,0112
ixl13a	0,0084	0,0060	0,0635	0,0012	lx13a	0,0142	0,0124	0,1020	0,0083
ixl13b	0,0132	0,0000	0,0539	0,0012	lx13b	0,0142	0,0124	0,1020	0,0083
iy113a	0,0122	0,0049	0,0463	0,0012	ly13a	0,0163	0,0115	0,1347	0,0099
iy113b	0,0110	0,0012	0,0378	0,0012	ly13b	0,0163	0,0115	0,1347	0,0099
ixl14a	0,0103	0,0077	0,0641	0,0013	lx14a	0,0113	0,0114	0,0809	0,0092
ixl14b	0,0141	0,0051	0,0692	0,0026	lx14b	0,0133	0,0114	0,1032	0,0079
iy114a	0,0153	0,0064	0,0650	0,0013	ly14a	0,0120	0,0102	0,0863	0,0103
iy114b	0,0115	0,0089	0,0662	0,0013	ly14b	0,0164	0,0132	0,1201	0,0096
ixl15a	0,0114	0,0051	0,0557	0,0025	lx15a	0,0141	0,0123	0,1217	0,0097
ixl15b	0,0139	0,0038	0,0570	0,0013	lx15b	0,0148	0,0102	0,1245	0,0090
iy115a	0,0193	0,0083	0,0924	0,0028	ly15a	0,0156	0,0109	0,1038	0,0102
iy115b	0,0124	0,0069	0,0828	0,0014	ly15b	0,0156	0,0123	0,1242	0,0095

6.3.1.2 PANELAS DE FERRO FUNDIDO

Amostra	Ácido láctico como meio extrator			Amostra	Ácido acético como meio extrator		
	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)	Zn (mg/L)		Fe (mg/L)	Ni (mg/L)	Zn (mg/L)
FLX1A	34,2775	0,1483	0,0180	FX1A	295,3913	1,5323	0,8601
FLX1B	34,1663	0,1472	0,0169	FX1B	284,5689	1,5095	0,8680
FLX2A	73,0309	0,2971	0,0114	FX2A	286,6909	0,1768	0,7113
FLX2B	73,2229	0,2971	0,0103	FX2B	288,4217	0,1608	0,7391
FLX3A	102,4667	0,3503	0,0097	FX3A	312,4712	0,0270	0,8351
FLX3B	103,7309	0,3527	0,0073	FX3B	322,9143	0,0270	0,8685
FLX4A	130,7470	0,4181	0,0060	FX4A	492,1493	0,0995	1,1356
FLX4B	129,2530	0,4157	0,0048	FX4B	497,4197	0,1013	1,1126
FLX5A	167,7867	0,5406	0,0267	FX5A	567,8979	0,0367	1,1196
FLX5B	168,3345	0,5394	0,0073	FX5B	576,1104	0,0263	1,1265
FLX6A	207,7624	0,5964	0,0145	FX6A	838,4040	0,0767	1,6157
FLX6B	213,4497	0,5964	0,0194	FX6B	878,3844	0,0522	1,6563
FLX7A	221,2923	0,7385	0,0071	FX7A	1108,3342	0,1060	2,1608
FLX7B	224,5112	0,7408	0,0071	FX7B	1101,5002	0,1116	2,1092
FLX8A	223,7022	0,6644	0,0033	FX8A	325,9128	0,0689	0,7604
FLX8B	226,5511	0,6689	0,0033	FX8B	309,4945	0,0000	0,5235
FLX9A	256,0844	0,7411	0,0033	FX9A	155,7192	0,0053	1,3235
FLX9B	253,0667	0,7200	0,0033	FX9B	154,1841	0,0000	1,3618
FLX10A	292,2989	0,6667	0,0030	FX10A	282,7175	0,0288	2,1666
FLX10B	259,7701	0,6437	0,0030	FX10B	278,8587	0,0000	2,1663
FLX11A	241,8889	0,7100	0,0033	FX11A	438,0557	0,0713	3,3222
FLX11B	234,2933	0,7100	0,0033	FX11B	436,5191	0,0249	3,2176
FLX12A	279,0494	1,0576	0,0035	FX12A	661,4456	0,0143	3,9205
FLX12B	285,7412	1,0659	0,0047	FX12B	646,0128	0,0085	3,9390
FLX13A	321,6706	1,0953	0,0059	FX13A	764,3389	0,0377	5,4703
FLX13B	324,5976	1,0812	0,0059	FX13B	760,5391	0,0470	5,4757
FLX14A	354,6367	1,1716	0,0071	FX14A	751,2160	0,0780	6,1616
FLX14B	354,7929	1,1657	0,0083	FX14B	763,2582	0,0204	6,2984
FLX15A	392,4455	1,2695	0,0096	FX15A	1873,8973	0,0861	5,5441
FLX15B	397,3796	1,2922	0,0263	FX15B	1893,5310	0,1983	5,5254
FLY1A	37,9329	0,1776	0,0141	FY1A	194,9514	1,8037	0,5866
FLY1B	38,0682	0,1765	0,0129	FY1B	198,6762	1,8673	0,6553
FLY2A	65,2843	0,2382	0,0090	FY2A	371,6399	0,2510	1,0496
FLY2B	65,1236	0,2382	0,0090	FY2B	389,4742	0,2920	1,0827
FLY3A	83,9101	0,3160	0,0260	FY3A	211,7396	0,0274	0,4980
FLY3B	83,0166	0,3136	0,0142	FY3B	208,8028	0,0274	0,4731
FLY4A	109,4881	0,3821	0,0083	FY4A	306,4001	0,0534	0,6955
FLY4B	109,5488	0,3786	0,0095	FY4B	309,0305	0,0350	0,6897
FLY5A	147,9882	0,5065	0,0071	FY5A	430,9293	0,0376	0,9607
FLY5B	148,5562	0,5112	0,0083	FY5B	433,3656	0,0000	0,9853
FLY6A	189,2286	0,6262	0,0095	FY6A	659,2511	0,1035	1,4228
FLY6B	188,9381	0,6286	0,0131	FY6B	666,1061	0,1255	1,4406
FLY7A	204,0655	0,7053	0,0035	FY7A	1009,3617	0,0324	2,2800

FLY7B	203,4573	0,7053	0,0047		FY7B	1030,8890	0,0384	2,2829
FLY8A	187,0520	0,6740	0,0035		FY8A	812,6608	0,0867	0,5170
FLY8B	183,9214	0,6717	0,0023		FY8B	838,7439	0,0401	0,5269
FLY9A	235,0047	0,8186	0,0035		FY9A	1254,2543	0,0831	0,6339
FLY9B	234,9581	0,8105	0,0023		FY9B	1276,0436	0,0704	0,6576
FLY10A	256,6292	0,7865	0,0030		FY10A	1907,4909	0,1281	0,9569
FLY10B	205,3933	0,7416	0,0030		FY10B	1896,1644	0,1233	0,9245
FLY11A	238,4667	0,9044	0,0044		FY11A	2069,8773	0,1562	1,4579
FLY11B	240,4400	0,9056	0,0033		FY11B	2108,2269	0,1306	1,3986
FLY12A	354,2024	1,4082	0,0071		FY12A	2738,8447	0,1945	1,6503
FLY12B	352,3906	1,3953	0,0094		FY12B	2759,6551	0,2092	1,6906
FLY13A	373,2585	1,3836	0,0082		FY13A	2811,7161	0,1562	1,8368
FLY13B	375,8690	1,4023	0,0082		FY13B	2832,1757	0,1776	1,8390
FLY14A	394,5600	1,4635	0,0059		FY14A	2388,8932	0,1943	4,4319
FLY14B	393,7318	1,4459	0,0071		FY14B	2379,7805	0,1518	4,4581
FLY15A	432,9988	1,5953	0,0166		FY15A	1666,6894	0,1508	4,2778
FLY15B	436,6627	1,5929	0,0142		FY15B	1702,2167	0,1064	4,1629

6.3.1.3 PANELAS DE PEDRA-SABÃO

Amostra	Ácido láctico como meio extrator					Amostra	Ácido acético como meio extrator				
	Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)		Ca (mg/L)	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)	Mg (mg/L)	Mn (mg/L)
PX1A	105,1788	12,9274	0,1698	62,7207	1,5989	SX1A	3,5575	0,0466	0,0081	1,6894	0,0389
PX1B	102,4369	12,5966	0,1687	61,1073	1,5564	SX1B	3,8019	0,0556	0,0045	1,7029	0,0380
PX2A	70,2533	9,8456	0,0789	51,8733	1,2033	SX2A	36,8078	4,1862	0,0255	20,2219	0,5270
PX2B	68,8389	9,5900	0,0789	50,3989	1,1744	SX2B	36,0802	4,1420	0,0272	19,9737	0,5219
PX3A	59,8395	8,3887	0,0599	45,4893	1,0339	SX3A	45,6321	5,3735	0,0276	26,4336	0,6926
PX3B	57,7740	8,0814	0,0734	43,9718	0,9977	SX3B	45,6245	5,3782	0,0266	26,4479	0,6935
PX4A	61,2192	8,9537	0,0576	47,7141	1,0893	SX4A	15,5523	1,7221	0,0228	9,3823	0,2485
PX4B	62,4362	9,1797	0,0667	47,6915	1,1141	SX4B	15,9355	1,7484	0,0245	9,4418	0,2520
PX5A	43,6022	6,3582	0,0429	33,7077	0,7681	SX5A	20,2655	2,2428	0,0096	12,1100	0,3219
PX5B	44,6923	6,4945	0,0516	34,3473	0,7879	SX5B	20,3107	2,2515	0,0087	12,1091	0,3202
PX6A	47,3478	6,9078	0,0578	35,9689	0,8300	SX6A	26,3445	2,9226	0,0123	15,6193	0,4104
PX6B	48,9178	7,1411	0,0489	37,3678	0,8567	SX6B	26,4591	2,9305	0,0114	15,6210	0,4113
PX7A	45,7622	6,7400	0,0456	35,2522	0,8044	SX7A	30,1000	3,3664	0,0163	17,7121	0,4644
PX7B	47,1856	6,9833	0,0467	36,6844	0,8400	SX7B	30,3795	3,3905	0,0146	17,7508	0,4678
PX8A	49,7267	7,3844	0,0544	37,3733	0,8756	SX8A	38,3294	4,3629	0,0166	22,3568	0,5880
PX8B	51,3100	7,7389	0,0533	39,1389	0,9122	SX8B	38,4204	4,3611	0,0166	22,4784	0,5880
PX9A	51,4011	7,9536	0,0608	39,5746	0,9293	SX9A	30,5430	3,4922	0,0126	17,8836	0,4671
PX9B	51,9801	8,1050	0,0608	40,0796	0,9492	SX9B	30,1488	3,4310	0,0153	17,7207	0,4608
PX10A	46,4131	7,4481	0,0634	36,6131	0,8448	SX10A	30,0642	3,5210	0,0135	17,8287	0,4608
PX10B	46,0273	7,4481	0,0634	36,6131	0,8448	SX10B	30,0498	3,4931	0,0171	17,6514	0,4617
PX11A	50,2033	8,0956	0,0844	39,6689	0,9178	SX11A	27,8044	3,2659	0,0170	16,7657	0,4296
PX11B	49,6533	8,0122	0,0833	39,0089	0,9067	SX11B	27,7211	3,2587	0,0152	16,7666	0,4296
PX12A	48,2478	7,7767	0,0744	38,6467	0,8811	SX12A	30,9768	3,6856	0,0204	18,7047	0,4820
PX12B	48,1967	7,8122	0,0678	38,7089	0,8844	SX12B	31,1119	3,7247	0,0153	18,7395	0,4828
PX13A	46,7779	7,5358	0,0684	36,6200	0,8495	SX13A	33,5405	4,1109	0,0219	20,2611	0,5215
PX13B	45,5768	7,3211	0,0726	36,1305	0,8284	SX13B	33,2238	4,0986	0,0193	20,4405	0,5189
PX14A	45,5824	7,5011	0,0747	36,5736	0,8396	SX14A	41,5724	5,4674	0,0172	25,2311	0,6665
PX14B	47,5462	7,8110	0,0857	37,2571	0,8703	SX14B	37,5218	4,7605	0,0198	23,2239	0,5891
PX15A	47,9789	7,7467	0,0756	38,5978	0,8756	SX15A	33,8979	4,4680	0,0195	21,3485	0,0221
PX15B	50,4856	8,2322	0,0811	40,1256	0,9233	SX15B	33,8527	4,4184	0,5381	21,2529	0,5363
PY1A	77,7084	7,8863	0,0600	51,7958	0,9684	SY1A	3,0873	0,2870	0,0211	1,5336	0,4325
PY1B	76,3758	7,8884	0,0526	51,7758	0,9684	SY1B	3,0859	0,2963	0,0211	1,5338	0,4334
PY2A	57,0995	6,4201	0,0307	43,1735	0,8138	SY2A	46,1616	5,4105	0,0229	25,1492	0,7031
PY2B	59,3513	6,8307	0,0339	45,4646	0,8667	SY2B	46,3103	5,4457	0,0238	25,2671	0,7040
PY3A	59,3293	6,7281	0,0311	45,9593	0,8695	SY3A	55,7819	6,9568	0,0273	31,8122	0,8746
PY3B	59,2934	6,7186	0,0371	45,7401	0,8695	SY3B	56,0012	7,0017	0,0254	31,8025	0,8765
PY4A	52,9437	6,0886	0,0299	40,0898	0,7784	SY4A	17,0433	1,9814	0,0216	10,1340	0,2792
PY4B	51,5054	5,8898	0,0263	38,1162	0,7449	SY4B	16,8299	1,9795	0,0226	10,0165	0,2754
PY5A	54,9418	6,3733	0,0327	40,0861	0,8012	SY5A	21,9621	2,5943	0,0075	13,0851	0,3562
PY5B	53,9321	6,2715	0,0315	39,8861	0,7855	SY5B	22,3604	2,6532	0,0094	13,2834	0,3600
PY6A	42,2847	5,0571	0,0339	32,1111	0,6233	SY6A	26,5913	3,1460	0,0112	15,6246	0,4245
PY6B	43,6159	5,1947	0,0254	32,7767	0,6402	SY6B	26,4622	3,1544	0,0103	15,7106	0,4236

PY7A	40,0351	4,9457	0,0277	31,5394	0,5968	SY7A	31,4500	3,7267	0,0110	18,3839	0,4996
PY7B	41,4957	5,1074	0,0277	32,0957	0,6191	SY7B	31,7529	3,7605	0,0119	18,5367	0,5023
PY8A	46,3166	6,0610	0,0374	36,9262	0,7091	SY8A	40,8479	4,8770	0,0138	23,2969	0,6440
PY8B	46,8984	6,0973	0,0396	36,5754	0,7112	SY8B	40,7661	4,8494	0,0138	23,2399	0,6412
PY9A	45,9532	6,2436	0,0426	36,7979	0,7043	SY9A	33,9811	4,0268	0,0132	19,3977	0,5320
PY9B	47,0340	6,3234	0,0394	37,2798	0,7043	SY9B	33,6089	3,9958	0,0132	19,3008	0,5292
PY10A	40,9330	5,7947	0,0362	33,6351	0,6383	SY10A	34,0345	4,0995	0,0114	19,7437	0,5358
PY10B	40,9277	5,7436	0,0383	33,4340	0,6383	SY10B	33,9186	4,0986	0,0133	19,8216	0,5349
PY11A	36,8387	5,3791	0,0429	30,6010	0,5801	SY11A	32,3273	3,9532	0,0105	18,9856	0,5130
PY11B	35,8901	5,1592	0,0408	29,5728	0,5602	SY11B	32,5943	3,9950	0,0124	19,2725	0,5178
PY12A	37,1344	5,4423	0,0370	31,4413	0,5810	SY12A	42,1150	5,3099	0,0160	24,7322	0,6683
PY12B	37,3418	5,4751	0,0413	31,4275	0,5862	SY12B	42,1037	5,3109	0,0179	24,8168	0,6702
PY13A	34,2540	5,1915	0,0317	29,5884	0,5397	SY13A	41,0182	5,2261	0,0158	24,0198	0,6464
PY13B	34,9894	5,2730	0,0402	30,0095	0,5503	SY13B	40,4983	5,2791	0,0167	24,2905	0,6538
PY14A	36,1333	5,6190	0,0497	30,8286	0,5757	SY14A	45,4444	5,9792	0,0188	27,5785	0,7285
PY14B	35,4561	5,5280	0,0455	30,6942	0,5640	SY14B	45,0741	5,9717	0,0179	27,4807	0,7229
PY15A	35,9074	5,6968	0,0505	30,9442	0,5737	SY15A	39,7420	5,3404	0,0178	24,2341	0,6405
PY15B	36,0232	5,6989	0,0537	30,9874	0,5737	SY15B	40,1282	5,3507	0,0206	24,2696	0,6433
PZ1A	71,6492	7,8084	0,0482	53,3110	1,0115	SZ1A	11,0745	0,8801	0,0091	5,5646	0,1439
PZ1B	73,1445	8,0461	0,0764	53,5979	1,0607	SZ1B	21,2069	2,0430	0,0181	10,7041	0,2896
PZ2A	57,3537	6,2968	0,0274	44,9568	0,8516	SZ2A	39,7078	4,5878	0,0235	21,7804	0,5683
PZ2B	61,6800	6,9558	0,0274	48,2832	0,9305	SZ2B	39,9250	4,6150	0,0281	21,8591	0,5702
PZ3A	53,1495	6,1368	0,0263	42,4968	0,8137	SZ3A	45,0344	5,6903	0,0255	26,0728	0,6625
PZ3B	53,1105	6,0558	0,0200	41,8316	0,8053	SZ3B	45,5479	5,8177	0,0274	26,1336	0,6674
PZ4A	49,1579	5,5200	0,0211	37,3000	0,7347	SZ4A	14,6139	1,8276	0,0197	9,1412	0,1949
PZ4B	47,4505	5,3232	0,0232	36,2063	0,7116	SZ4B	14,5467	1,8231	0,0179	0,2315	0,2345
PZ5A	51,3481	5,7926	0,0265	38,5619	0,7757	SZ5A	19,6768	2,6351	0,0115	12,4454	0,3142
PZ5B	50,5556	5,7026	0,0307	38,4741	0,7608	SZ5B	19,6281	2,6334	0,0097	12,5074	0,3142
PZ6A	46,5651	5,2751	0,0169	34,9397	0,7048	SZ6A	24,8862	3,3587	0,0116	15,7144	0,3925
PZ6B	44,8254	5,0772	0,0180	33,8169	0,6794	SZ6B	24,7224	3,3284	0,0116	15,6218	0,3898
PZ7A	47,4415	5,5021	0,0255	36,0766	0,7234	SZ7A	30,6645	4,2321	0,0138	19,3652	0,4775
PZ7B	48,1160	5,5862	0,0298	36,4021	0,7309	SZ7B	31,4646	4,2780	0,0182	19,5624	0,4844
PZ8A	54,1221	6,4579	0,0337	41,3316	0,8432	SZ8A	35,9298	5,1817	0,0211	23,0662	0,5650
PZ8B	53,4137	6,4000	0,0274	40,7421	0,8242	SZ8B	35,5849	5,1606	0,0211	22,9650	0,5632
PZ9A	52,9347	6,7053	0,0358	41,0137	0,8316	SZ9A	21,6310	2,6936	0,0026	21,1280	0,0391
PZ9B	51,9642	6,5632	0,0453	40,5684	0,8126	SZ9B	21,2485	2,6171	0,0026	20,5160	0,0383
PZ10A	47,1298	6,1770	0,0408	37,5937	0,7539	SZ10A	31,0722	4,3742	0,0162	19,6143	0,4851
PZ10B	47,1298	6,2021	0,0492	37,7550	0,7487	SZ10B	31,2027	4,3886	0,0144	19,7646	0,4851
PZ11A	44,5016	5,9091	0,0439	36,1080	0,7080	SZ11A	32,6542	4,8250	0,0154	21,1885	0,5168
PZ11B	44,8396	6,0813	0,0417	36,7989	0,7144	SZ11B	32,6497	4,8213	0,0163	21,1803	0,5159
PZ12A	48,6358	6,5400	0,0453	39,2916	0,7789	SZ12A	36,4716	5,7325	0,0206	24,3679	0,5871
PZ12B	48,1537	6,4179	0,0389	38,3884	0,7642	SZ12B	36,0742	5,6716	0,0179	24,1289	0,5818
PZ13A	42,3099	5,9173	0,0356	35,9173	0,6838	SZ13A	37,4409	6,2398	0,0199	25,8778	0,6124
PZ13B	42,2356	5,8408	0,0429	35,6974	0,6785	SZ13B	37,4236	6,2372	0,0190	25,8968	0,6107
PZ14A	43,7389	6,0442	0,0463	36,8084	0,7021	SZ14A	39,3125	6,9277	0,0255	28,0444	0,6723
PZ14B	43,9253	6,0537	0,0442	36,3495	0,7032	SZ14B	39,2237	6,9136	0,0246	27,9308	0,6547
PZ15A	35,5815	5,1538	0,0441	30,2779	0,5785	SZ15A	37,7746	7,0290	0,0236	27,8421	0,6493
PZ15B	35,7682	5,1897	0,0359	30,2790	0,5826	SZ15B	38,0258	7,0999	0,0228	27,9795	0,6449

6.3.2 Valores de migração de elementos no processo de estocagem de ácido acético segundo o material do recipiente

6.3.2.1 PANELAS DE AÇO INOXIDÁVEL

Amostra	Elementos (mg/L)			
	Fe	Mn	Cr	Ni
IEAX1A	0,1890	0,0060	0,0030	0,0030
IEAX1B	0,2390	0,0050	0,0030	0,0030
IEAX2A	0,0740	0,0000	0,0020	0,0000
IEAX2B	0,0590	0,0010	0,0030	0,0000
IEAX3A	0,0310	0,0000	0,0040	0,0010
IEAX3B	0,0230	0,0000	0,0020	0,0000
IEAX4A	0,0310	0,0000	0,0000	0,0000
IEAX4B	0,0380	0,0000	0,0030	0,0000
IEAX5A	0,0410	0,0000	0,0040	0,0000
IEAX5B	0,0380	0,0000	0,0040	0,0010
IEAY1A	0,2140	0,0060	0,0060	0,0020
IEAY1B	0,2090	0,0060	0,0030	0,0030
IEAY2A	0,0570	0,0000	0,0020	0,0000
IEAY2B	0,0550	0,0000	0,0020	0,0000
IEAY3A	0,0240	0,0000	0,0040	0,0000
IEAY3B	0,0210	0,0000	0,0010	0,0000
IEAY4A	0,0260	0,0000	0,0030	0,0000
IEAY4B	0,0300	0,0000	0,0030	0,0000
IEAY5A	0,0470	0,0000	0,0020	0,0000
IEAY5B	0,0540	0,0000	0,0020	0,0000

6.3.2.2 PANELAS DE FERRO FUNDIDO

Amostra	Elementos (mg/L)		
	Fe	Zn	Mn
FEAX1A	431,8600	0,2645	1,7750
FEAX1B	420,7860	0,2557	1,7850
FEAX2A	526,7660	0,5290	1,4530
FEAX2B	535,7970	0,4610	1,4440
FEAX3A	1973,0020	0,3000	4,7720
FEAX3B	1994,2890	0,2230	4,8370
FEAX4A	3458,4930	0,4740	8,0450
FEAX4B	3480,9430	0,4280	8,1210
FEAX5A	3780,8170	0,3720	18,1270
FEAX5B	3682,8410	0,4840	17,7610
FEAY1A	181,4010	0,0060	0,5850
FEAY1B	183,1410	0,0570	0,6180
FEAY2A	889,3980	0,1874	2,5420
FEAY2B	893,4500	0,1955	2,5410
FEAY3A	1108,5540	0,0870	2,2700
FEAY3B	1112,4840	0,0740	2,2780
FEAY4A	2275,5460	0,2650	4,2560
FEAY4B	2313,1840	0,3060	4,3910
FEAY5A	2481,7010	0,2900	12,7490
FEAY5B	2524,4510	0,3200	12,9860

6.3.2.3 PANELAS DE PEDRA-SABÃO

Amostra	Elementos (mg/L)				
	Ca	Fe	Mn	Mg	Ni
SEAX1A	6,6090	0,6680	0,0830	2,9470	0,0720
SEAX1B	6,5400	0,7400	0,0893	2,9160	0,0700
SEAX2A	27,5400	0,0510	0,0420	17,5900	0,0200
SEAX2B	27,3300	0,0560	0,0420	17,1800	0,0170
SEAX3A	44,2530	5,9310	0,6680	23,3200	0,0560
SEAX3B	44,9550	6,0320	0,6750	23,5250	0,0620
SEAX4A	81,6140	11,5060	1,2390	42,9180	0,1020
SEAX4B	81,6800	11,5390	1,2420	42,7550	0,1050
SEAX5A	91,7520	13,1650	1,4100	48,3370	0,1370
SEAX5B	93,8630	13,3780	1,4350	48,7820	0,1400
SEAY1A	21,6220	1,1590	0,1460	3,8680	0,0130
SEAY1B	21,2450	1,2140	0,1470	3,8940	0,0120
SEAY2A	29,6270	2,0450	0,3060	10,4020	0,0140
SEAY2B	29,4340	2,0760	0,3050	10,2900	0,0130
SEAY3A	44,8800	3,6220	0,5220	18,4080	0,0160
SEAY3B	43,9600	3,5800	0,5160	18,2950	0,0140
SEAY4A	51,3550	4,7290	0,6510	23,2780	0,0200
SEAY4B	52,0440	4,7800	0,6560	23,2280	0,0210
SEAY5A	40,0210	3,5060	0,5180	18,4580	0,0230
SEAY5B	39,6870	3,4870	0,5120	18,3260	0,0240
SEAZ1A	93,0600	0,6050	0,0910	2,3190	0,0120
SEAZ1B	94,0200	0,6060	0,0900	2,3310	0,0100
SEAZ2A	147,2200	1,0610	0,1720	4,6590	0,0100
SEAZ2B	145,9900	1,1770	0,1720	4,6810	0,0070
SEAZ3A	35,7590	3,1720	0,5090	15,7780	0,0130
SEAZ3B	36,0000	3,2040	0,5130	15,8690	0,0130
SEAZ4A	56,4680	5,7970	0,8320	26,3050	0,0230
SEAZ4B	57,1100	5,8480	0,8370	26,4200	0,0240
SEAZ5A	54,6610	5,7370	0,8160	25,9600	0,0290
SEAZ5B	54,3440	5,5830	0,8090	25,7830	0,0300

6.3.3 Teor de elementos (mg/kg) em arroz polido cru e cozido em diferentes materiais

6.3.3.1 ARROZ POLIDO CRU

Amostra	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
A1	57,650	2,580	328,990	15,170	0,137
A2	56,200	2,510	316,220	14,710	0,197
A3	55,970	2,270	322,800	15,150	0,203

6.3.3.2 ARROZ POLIDO COZIDO EM PANELAS DE VIDRO

Amostra	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
VAX1A	58,13	2,31	310,53	12,98	<0,005
VAX1B	55,92	2,44	314,49	12,94	<0,005
VAX2A	56,04	2,36	319,15	12,33	<0,005
VAX2B	53,98	2,84	318,55	12,98	<0,005
VAY1A	56,58	2,56	309,43	12,82	<0,005
VAY1B	55,46	2,42	321,93	12,78	<0,005
VAY2A	57,69	2,48	318,25	12,97	<0,005
VAY2B	54,35	2,50	313,11	12,65	<0,005

6.3.3.3 ARROZ POLIDO COZIDO EM PANEAS DE PEDRA-SABÃO

Amostra	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
PAX1AB	85,37	3,91	336,85	17,51	<0,005
PAY1AB	84,53	3,82	335,61	11,13	<0,005
PAZ1AB	83,39	3,71	336,16	10,13	<0,005
PAX2AB	81,92	3,49	327,69	17,92	<0,005
PAY2AB	81,38	3,39	320,88	10,07	<0,005
PAZ2AB	80,82	3,45	322,94	10,15	<0,005
PAX3AB	81,38	3,71	332,04	17,72	<0,005
PAY3AB	81,22	3,75	331,15	13,06	<0,005
PAZ3AB	81,31	3,74	330,87	10,07	<0,005
PAX4AB	81,33	3,39	331,29	17,97	<0,005
PAY4AB	81,25	3,27	332,05	12,65	<0,005
PAZ4AB	81,28	3,34	330,42	10,11	<0,005
PAX5AB	82,97	3,71	328,43	16,96	<0,005
PAY5AB	82,25	3,68	328,69	14,89	<0,005
PAZ5AB	81,58	3,65	328,47	9,32	<0,005
PAX6AB	82,26	3,43	338,08	17,62	<0,005
PAY6AB	82,75	3,39	337,79	14,87	<0,005
PAZ6AB	81,79	3,34	336,76	9,04	<0,005
PAX7AB	84,32	3,31	334,98	17,42	<0,005
PAY7AB	84,05	3,39	331,61	12,62	<0,005
PAZ7AB	84,21	3,32	329,15	10,26	<0,005

6.3.3.4 ARROZ POLIDO COZIDO EM PANELAS DE FERRO FUNDIDO

Amostra	Fe (mg/L)	Mn (mg/L)
FAX1AB	8,92	54,14
FAY1AB	8,31	54,54
FAX2AB	8,85	51,3
FAY2AB	8,95	53,42
FAX3AB	8,42	59,07
FAY3AB	8,62	59,86
FAX4AB	7,63	63,71
FAY4AB	7,51	63,75
FAX5AB	7,27	64,53
FAY5AB	7,19	65,53
FAX6AB	6,93	62,27
FAY6AB	6,71	66,01
FAX7AB	7,26	55,18
FAY7AB	7,13	55,58

6.3.4 Teor de elementos (mg/kg) em molho de tomate comercial *in natura* e cozido em diferentes materiais

6.3.4.1 MOLHO DE TOMATE *IN NATURA*

Amostra	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
M1	728,48	128,68	729,81	6,59	<0,005
M2	760,95	128,95	764,38	6,85	<0,005
M3	754,29	128,66	731,05	6,61	<0,005

6.3.4.2 MOLHO DE TOMATE PREPARADO EM PANELAS DE VIDRO

Amostra	Fe (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
VMX1A	114,12	739,72	866,13	6,13	<0,005
VMX1B	121,06	787,83	856,37	6,25	<0,005
VMY1A	114,49	753,95	856,23	6,19	<0,005
VMY1B	115,47	766,23	845,91	6,23	<0,005
VMX2A	126,22	737,17	841,51	6,17	<0,005
VMX2B	127,35	733,31	841,21	5,98	<0,005
VMY2A	118,59	733,17	827,09	5,93	<0,005
VMY2B	122,14	730,62	847,46	6,02	<0,005

6.3.4.3 MOLHO DE TOMATE PREPARADO EM PANELAS DE PEDRA-SABÃO

Amostra	Ca (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)
PMX1AB	901,848	126,731	992,778	8,236	3,732
PMY1AB	932,411	122,029	973,562	8,255	0,732
PMZ1AB	1283,982	134,817	999,694	11,083	4,350
PMX2AB	806,559	105,274	787,829	6,850	1,389
PMY2AB	981,012	123,914	1013,915	8,560	0,000
PMZ2AB	1113,192	141,364	1019,510	10,564	1,477
PMX3AB	895,560	108,735	951,430	9,538	1,092
PMY3AB	1080,986	148,906	1124,161	9,797	0,000
PMZ3AB	969,872	122,389	875,046	9,028	0,784
PMX4AB	849,015	110,461	914,767	8,394	0,264
PMY4AB	1121,914	151,336	1155,840	9,858	0,000
PMZ4AB	1112,655	135,574	1046,514	10,207	0,673
PMX5AB	1022,307	133,364	1153,570	8,458	0,790
PMY5AB	1151,828	169,351	1190,649	10,694	0,000
PMZ5AB	1276,529	158,267	1169,016	12,424	1,175
PMX6AB	852,852	117,824	979,968	7,532	0,510
PMY6AB	1485,677	201,685	1512,848	13,746	0,554
PMZ6AB	1363,698	179,524	1245,456	13,314	0,883
PMX7AB	1087,131	148,800	1226,374	9,660	0,980
PMY7AB	1434,873	208,429	1518,525	13,575	0,576
PMZ7AB	1327,421	169,152	1237,267	13,226	0,988

6.3.4.4 MOLHO DE TOMATE PREPARADO EM PANELAS DE FERRO FUNDIDO

Amostra	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
FMX1AB	201,01	83,95
FMY1AB	219,71	84,06
FMX2AB	508,51	85,04
FMY2AB	408,47	91,12
FMX3AB	595,36	93,61
FMY3AB	621,55	93,07
FMX4AB	601,35	82,45
FMY4AB	622,05	88,44
FMX5AB	620,01	98,64
FMY5AB	634,03	94,61
FMX6AB	691,02	87,04
FMY6AB	701,15	91,32
FMX7AB	703,16	73,63
FMY7AB	709,25	75,09

6.3.5 Teor de ferro e níquel (mg/L) segundo o ciclo e material de aquecimento do óleo refinado de soja

Ciclos/Materiais	Fe (mg/L)					Ni (mg/L)	
	vidro	alumínio	ferro	inox	pedra-sabão	inox	pedra-sabão
1	0,175	0,192	0,135	0,939	0,122	0,012	0,012
1	0,067	0,085	0,202	1,051	0,129	0,012	0,012
1	0,07	0,131	0,054	1,09	0,094	0,012	0,012
1	0,094	0,096	0,177	1,01	0,057	0,012	0,012
4	0,081	0,118	0,554	1,739	3,333	0,012	0,012
4	0,071	0,084	0,441	1,506	3,443	0,012	0,012
4	0,073	0,062	0,311	2,313	1,13	0,012	0,012
4	0,064	0,108	0,367	2,651	1,328	0,012	0,012

Óleo in natura	Fe (mg/L)	Ni (mg/L)
Amostra A	0,087	<0,005
Amostra B	0,116	<0,005

6.4 Valores da estabilidade oxidativa (horas) segundo o material e o ciclo de aquecimento do óleo refinado de soja

Ciclos/Materiais	vidro	alumínio	ferro	inox	pedra-sabão
1	6,90	3,60	4,20	2,00	3,38
1	4,35	4,90	3,72	2,35	3,15
1	4,57	3,93	4,01	3,90	3,53
1	3,15	5,45	3,60	2,25	3,42
1	5,28	6,55	4,30	3,84	2,75
1	4,90	4,51	3,83	3,14	3,00
2	4,60	3,72	3,72	2,10	0,35
2	4,35	3,93	3,35	2,03	0,35
2	4,10	4,50	2,65	0,75	0,85
2	5,58	4,10	4,20	1,35	0,78
2	4,65	6,60	3,64	0,60	0,35
2	4,40	4,90	2,25	0,55	0,35
3	4,25	5,48	1,95	0,55	0,35
3	4,47	4,74	0,35	0,35	0,35
3	4,60	4,15	2,27	0,35	0,65
3	3,35	5,46	0,35	1,02	0,35
3	4,85	3,12	0,85	1,15	0,35
3	5,20	4,35	1,72	0,35	0,95
4	4,60	2,00	1,55	0,35	0,61
4	3,30	4,50	0,95	0,40	0,85
4	1,63	3,10	0,35	0,35	0,35
4	2,50	1,51	1,2	0,85	0,35
4	4,20	3,80	1,45	0,70	0,35
4	1,16	1,74	0,35	0,65	0,35

óleo in natura:	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Valores	5,12	4,45	6,15

6.5 Ficha de entrevista dos participantes

Nome:	
Sexo: F () M ()	Data da entrevista: ____/____/____
Idade:	Data de nascimento ____/____/____
Peso atual referido: ____kg	
Altura referida: ____m	IMC: ____kg/m ²
Panela (material) geralmente usada no preparo das refeições:	
Uso de suplemento nutricional:	
Qual ?	Motivo:
Período:	
Uso de medicamento (antiácidos, hidróxido de alumínio, tetraciclina, etc):	
Qual ?	Motivo:
Período:	
Presença de patologia: (fígado, rins, diabetes, alcoolismo, câncer, hipertensão, irregularidades menstruais, problemas hormonais - terapia hormonal, etc)	
Sim () Não ()	
Qual ?	
Já passou por alguma intervenção cirúrgica:	
Sim () Não ()	Motivo:
Qual ?	
Quando ?	

Vegetarianismo: sim () não ()
Semi vegetariano () Ovolactovegetariano () Vegetariano restrito ()
Há quanto tempo é vegetariano ?