



UNICAMP

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

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PANELA DE PEDRA-SABÃO (*ESTEATITO*) COMO POSSÍVEL VEÍCULO DE NUTRIENTES MINERAIS

Késia Diego Quintaes
Nutricionista

Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfan
Orientador

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Késia Diego Quintaes, aprovada pela Comissão Julgadora em 02 de março de 2000.

Campinas, 02 de março de 2000.


Prof. Dr. Jaime Amaya Farfán
Presidente da Banca

Campinas - SP

2000



Késia Diego Quintaes

**PANELA DE PEDRA-SABÃO (*ESTEATITO*) COMO
POSSÍVEL VEÍCULO DE NUTRIENTES MINERAIS**

*Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de
Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção
do título de Mestre em Ciência da Nutrição*

Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfan
Orientador

Campinas - SP

2000

UNIDADE	80
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
V.	Q45p
Ex.	
TOMBO BC	40783
PROC.	278100
C	☐
D	☒
PREÇO	999,00
DATA	30/03/00
N.º CPD	

CM-00138993-7

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

Q45p Quintaes, Késia Diego
 Panela de pedra-sabão (esteatito) como possível veículo de
 nutrientes minerais / Késia Diego Quintaes. – Campinas, SP:
 [s.n.], 2000.

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

1.Migração. 2.Cálcio. 3.Magnésio. 4.Nutrição mineral.
 I.Amaya-Farfan, Jaime. II.Universidade Estadual de Campinas.
 Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

Banca Examinadora

 020300

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



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



Prof. Dr. Miguel Arcanjo Areas
Universidade Estadual de Campinas
Membro

Profa. Dra. Heloíse de Oliveira Pastore
Universidade Estadual de Campinas
Membro

“A formulação de um problema é, muitas vezes, mais importante que sua resolução, a qual depende simplesmente de uma habilidade matemática ou experimental. Fazer novas perguntas e considerar novas possibilidades para enfocar velhos problemas através de um novo ângulo, exige imaginação criadora e indica o verdadeiro progresso da ciência”.

Albert Einstein

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

A Deus, Criador e Mantenedor do Universo.

Agradeço,

Ao Professor Dr. Jaime Amaya-Farfan, não só pela orientação, mas também pela amizade, confiança, dedicação e especialmente pela acolhida oferecida ao desenvolvimento deste trabalho.

Às empresas Ouro Preto Pedra Sabão (OPPS) e Ôro Preto Art's, pelos laudos das análises cedidas e pelo apoio necessário com os utensílios, respectivamente.

Ao Serviço de Assistência ao Estudante (SAE/UNICAMP) e ao CNPq pelo apoio financeiro no primeiro e segundo ano da pesquisa, respectivamente.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), especialmente à Dra. Dilza Mantovani e ao Dr. Marcelo Morgano do Centro de Química Analítica, pelas análises químicas.

Ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA/FEA/UNICAMP), em especial à professora Dra. Hilary Castle de Menezes, pela concessão na utilização das instalações da Planta Piloto de Frutas e Hortaliças durante a fase experimental e ao funcionário Sr. Valdeci Pereira dos Santos pela sua presteza.

Aos componentes da banca do exame de qualificação pelas valiosas sugestões.

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

A todos os professores e pesquisadores que contribuíram com seus conhecimentos e experiências durante o desenvolvimento da pesquisa, em especial à Dra. Maria Antonia Martins Galeazzi e à Dra. Débora de Queiroz Tavares, da Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, à Dra. Heloíse Pastore, do Instituto de Química/UNICAMP, e ao Dr. Edson Correia da Silva, do Instituto de Física/UNICAMP.

Aos professores, funcionários, e amigos do Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, em especial à Dona Iná e à Carla do Laboratório de Fontes Protéicas, que colaboraram prontamente durante a parte prática da pesquisa.

Aos funcionários da Biblioteca e da Secretaria de Pós-Graduação da FEA/UNICAMP, pelos inúmeros serviços prestados.

Às amigas e colegas do Laboratório, que tornaram a correria diária mais animada, especialmente à Erika, Suzana, Lucia, Beatriz, Vera, Florencia e Luciana.

Ao Lauro, Frederico, Sérgio, José Luiz e André que, de bom humor, sempre solucionaram os problemas de informática.

A todos os amigos que acreditaram que vale a pena o esforço, em especial à Semíramis, Anita, Arlene, Bibi, Cláudia e Luiz Zabotto, Lúcio, Roseli e Clemente, Estefânia, Paula, Lígia e Luciana Moretti, Rosa, Miramar, Sérgio Menezelo, Paschoal, entre tantos outros, pelo carinho, compreensão e incentivo, sempre.

À minha mãe, irmãs e sobrinha, pelo apoio incondicional.

Ao João, companheiro extraordinário que soube partilhar o tempo e o conhecimento, além de contribuir com preciosas sugestões em todos os momentos.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com opiniões e críticas e acima de tudo, com sua presença.

SUMÁRIO

Resumo	1
Summary	4
1. Introdução	7
1.1 Pedra-sabão	9
1.2 Uso de panelas de Pedra-sabão em Ouro Preto (MG)	12
1.3 Migração em Utensílio e em Embalagens de Alimentos	14
1.4 Simulantes de Alimentos	21
1.5 Análise em Plasma Indutivamente Acoplado	22
2. Objetivos	24
2.1 Geral	25
2.2 Específicos	25
3. Artigo	26
3.1 Abstract	27
3.2 Introdução	28
3.3 Material e Métodos	30
3.4 Resultados e Discussão	36
3.5 Referências Bibliográficas	65
4. Conclusões	68
5. Referências Bibliográficas	70
6. Anexo I	75
7. Anexo 2	77
8. Anexo 3	85

Resumo

O esteatito, rocha metamórfica composta por vários minerais: talco, dolomita, clorita, entre outros, ficou popularmente conhecida como “pedra sabão” devido a sua baixa dureza. Ela é utilizada industrialmente na fabricação de talco e artesanalmente na confecção de obras artísticas e de utensílios domésticos. Em Ouro Preto (MG, Brasil) é tradicional o uso de panelas confeccionadas em pedra sabão como utensílio na cocção dos alimentos. Um levantamento mostrou que aproximadamente 81% da população nativa possui em seus domicílios panelas de pedra sabão, e destes, cerca de 79 % a utilizam regularmente na cocção dos alimentos. O presente estudo visou a estabelecer o papel deste utensílio para a nutrição humana, avaliando a migração de diversos elementos (Ca, Fe, Mg, Mn, Cr, Co, Zn, Al, Ni, Pb, As, Cd) para um simulante de alimentos, em duas concentrações (ácido acético a 3 e a 5%, v/v). A fim de estudar a diversidade da migração entre as panelas, o estudo contou com 12 panelas novas, todas procedentes de Santa Rita de Ouro Preto (MG), com capacidade de 2 litros cada. Metade das panelas foi utilizada na forma *in natura* enquanto que a outra metade sofreu um processamento térmico tradicionalmente efetuado na região, conhecido como “cura”. A cura consistiu em untar a panela nova, interna e externamente, com óleo vegetal, enchê-la de água na temperatura ambiente e depois colocá-la no forno, que foi então ligado a 200 °C, sendo ali mantida por 2 horas. Decorrido este tempo, o forno foi desligado e a panela resfriada naturalmente. Este procedimento foi repetido antes do primeiro uso das panelas. Para efeito de avaliar a migração no decorrer do tempo de uso das panelas, efetuamos 20 cocções sequenciais, durante as quais foi utilizada uma espátula de polipropileno a fim de simular a mistura dos alimentos. Cada cocção contou com o volume de um litro do simulante correspondente e teve a duração de 45 minutos, contados a partir do início da ebulição. Decorrido este tempo, o volume residual do simulante usado foi medido e amostras em duplicata foram colhidas. Estas foram codificadas e mantidas sob refrigeração até a posterior análise pela técnica de espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Os resultados foram avaliados através de regressão linear simples. Foram aceitas como diferenças estatisticamente significativas aquelas com $p < 0.05$. Concluiu-se que as panelas de pedra-sabão curadas não oferecem toxicidade ao homem, a migração dos nutrientes diminui com o decorrer do tempo de uso, sendo que Ca, Mg, Fe e Mn foram os elementos que apresentaram maior migração. A cura das panelas

reprimiu significativamente a migração dos nutrientes minerais, incluindo o Ni. A panela *in natura*, apesar de liberar quantidades expressivas de Ca, Mg, Fe e Mn, produziu quantidades elevadas de Ni, consideradas indesejáveis. A migração do Ni nas panelas curadas evoluiu de forma linear em relação ao tempo de uso do utensílio. A solução mais ácida favoreceu a migração; no entanto a mesma foi também responsável pela diminuição da resistência das panelas de pedra-sabão, especialmente quando usadas na forma *in natura*. Apesar de a solução a 3% ter extraído quantidades menores de nutrientes, a migração se manteve de forma mais constante com o tempo de uso, além de preservar a integridade dos utensílios testados. Mesmo não tendo avaliado a biodisponibilidade dos minerais migrantes, para os simulantes de alimentos, a possível contribuição das panelas de pedra-sabão com os nutrientes Ca, Mg, Fe e Mn pareceu ser significativa em todos os casos estudados.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Summary

Steatite, metamorphic rock composed of several mineral phases as talc, dolomite, and chlorite among others, is popularly known as “soapstone” because of its low hardness. It is used industrially in the manufacture of talc, arts pieces and household utensils. A survey showed that about 81% of native population of Ouro Preto (MG, Brazil) own soapstone cookware and, of these, 79% use the pans regularly for food preparation. The present study was aimed at establishing if there is a scientific basis for soapstone cookware having any nutritional relevance, when used in food preparation. This will be attempted by evaluating the migration of several elements (Ca, Fe, Mg, Mn, Cr, Co, Zn, Al, Ni, Pb, As, Cd) in a food simulant (acetic acid at 3 and 5% v/v). In order to account for the variability of migration among the pans, 12 brand-new pans were used, all of them from Santa Rita de Ouro Preto, MG. Half of the pans were used in the “crude state,” while the others were submitted to a preliminary thermal treatment, traditionally known in the region as “curing.” The curing consisted of greasing the new pan, inside and outside, with vegetable oil, filling it with water at room temperature and heating it in the oven at 200 °C for two hours. The oven was turned off and the pan allowed to cool naturally. This procedure was repeated one more time before the utensil was ready for use. In order to assess the migration as a function of the number of times the utensil was used, 20 sequential cooking simulations were performed. A polypropylene spatula was used to simulate occasional food mixing. For each cooking simulation, 1 L of the corresponding food simulant concentration was boiled for 45 minutes. The residual volume of food simulant was measured and duplicate samples were drawn for analysis by inductively-coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-OES). The data were analyzed by simple linear regression. It is concluded that cured soapstone pans do not offer metal toxicity to human beings (Cd, Ni, As or even Hg or Pb). Nutrient migration decreased as a function of the number of times the cookware was used and Ca, Mg, Fe e Mn were in that order the elements that exhibited the highest migration. The crude pans, besides releasing nutritionally significant quantities of Ca, Mg, Fe and Mn, rendered also Ni in amounts that could be considered undesirable. Curing the pans, however, significantly restricted mineral migration, including Ni and increased the material resistance to ware. Consistently, nickel migration from cured pans varied little as a function of the number of times. The more acid solution favored mineral migration, especially in the crude soapstone.

Although the solution at 3% extracted lower quantities of nutrients, this was considered more realistic than the 5% solution since the migration remained more constant with the course of time and the durability of the utensil was extended. In spite of not having assessed the bioavailability of the minerals leached into the food simulants, the possible contribution of soapstone cookware to the Ca, Mg, Fe and Mn general nutriture appears to be significant in all cases studied.

1. Introdução

É remoto o tempo em que o homem iniciou a busca entre os vários materiais disponíveis no seu ambiente, o mais apropriado para a confecção de utensílios culinários. Esta preocupação adveio principalmente da necessidade de melhorar as características sensoriais e sanitárias dos alimentos e também de fatores outros como: praticidade, beleza, disponibilidade do material e inocuidade. Assim, diversos têm sido os materiais empregados pelo homem, tanto artesanal como industrialmente, na confecção dos utensílios culinários: ferro, alumínio, inox, cerâmica, cobre, pedra, vidro, barro, etc. Nesta busca pelo material ideal, ficou constatado que não existe apenas um material, e sim vários, dependendo da disponibilidade geográfica, do tipo do alimento e da preparação a ser efetuada.

No Brasil, mais especificamente em determinadas cidades históricas mineiras, a tradição da utilização da pedra-sabão (*esteatito*) na confecção de utensílios culinários permanece acesa, atraindo turistas nacionais e estrangeiros, tanto pela curiosidade como também pelo sabor diferente dos alimentos preparados nestes utensílios. Não existe levantamento sobre a utilização dos utensílios de pedra no Brasil, mesmo nas regiões produtoras.

Entre os materiais empregados pelo homem na confecção dos utensílios culinários, (a pedra pode ser um dos mais antigos), muitos têm sido estudados no que diz respeito às possíveis interações com os alimentos. Sabe-se que utensílios de metais já eram utilizados na culinária desde o tempo dos romanos (REILLY, 1978). Interações já foram demonstradas cientificamente com utensílios de ferro, cerâmica, cobre, alumínio, aço inoxidável, entre outros. Mesmo assim, até o presente momento ainda não existem pesquisas feitas sobre qualquer interação dos utensílios de pedra-sabão com os alimentos preparados nestes.

Assim sendo, este trabalho visou avaliar a possível migração dos elementos constituintes da pedra-sabão procedente de Santa Rita de Ouro Preto (MG, Brasil) para os alimentos preparados em panelas deste material, empregando para tanto um simulante de alimentos a base de ácido acético em duas concentrações distintas. Para um melhor esclarecimento do tema, detalhamos na revisão bibliográfica abaixo tópicos relevantes para o

entendimento da pesquisa, iniciando com a parte geográfica e geológica da pedra-sabão, seguida pela migração em utensílios de diferentes materiais e concluindo com a utilização do simulante de alimentos como indicador da migração nos alimentos usualmente coccionados e os métodos analíticos usualmente empregados para qualificar e quantificar a migração.

Pedra-sabão

A magnitude do território brasileiro é expressa numericamente através de sua área total de 8 547 403,5 km², a qual se encontra completamente inserida na Plataforma sul-americana. Foi através do conhecimento geológico do Território Nacional que se tornou possível a identificação de diversos ambientes geológicos, muitos dos quais se destacaram por possuírem importantes jazidas minerais. Destes, sobressaem em Minas Gerais as seqüências vulcanossedimentares do tipo *greenstone belt*, denominadas Rio das Velhas, Dom Silvério, Lafayette, Piumhi e Fortaleza de Minas, por possuírem importantes mineralizações de ouro, manganês, níquel, ferro, cromo e cobalto (IBGE, 1994).

A região de Minas Gerais, onde se encontra o Quadrilátero Ferrífero, foi objeto de pesquisas geológicas desde o século XVIII, principalmente por causa das ocorrências de ouro e, posteriormente, de ferro. No entanto, esta região ainda apresenta uma outra matéria-prima de importância econômica. Trata-se das ocorrências de rochas metaultramáficas do tipo *esteatito* e *serpentinito* que constituem atualmente um bem mineral importante do Quadrilátero Ferrífero (ROESER et alii, 1980; ROESER et alii, 1987).

Rochas metaultramáficas são produtos de transformações metassomáticas. Inicialmente, a serpentização de protólitos ultramáfico/ultrabásicos origina os *serpentinitos*, que pode ser seguido da esteatização, com formação dos *esteatitos*. Ambas as transformações envolvem um número significativo de processos geoquímicos e uma mobilização intensa de

material. Na formação de esteatitos, por exemplo, ocorre a entrada de Si, Al e Ca a partir das rochas encaixantes, enquanto que o volume de rocha sofre um empobrecimento em Mg, Fe e Na (ROESER et alii, 1987).

O caráter ultrabásico/ultramáfico original dos esteatitos é determinado pelos valores de SiO₂ (que atingem até 56%) e pela distribuição dos elementos traço imóveis (Cr > 2000 ppm, Ni > 1800 ppm, Co > 100 ppm) (ROESER et alii, 1987). Utilizando a Escala de Dureza de Mohs, escala arbitrária onde os minerais são classificados conforme sua dureza relativa entre 1 e 10, os esteatitos têm valor 1 (PERRIN, 1975).

Assim, a baixa dureza, característica marcante destas rochas, se deve especialmente à composição mineralógica apresentada, *i.e.* o mineral talco. Isto permite que o aproveitamento dos esteatitos possa ser tanto industrial como artesanal. Na indústria ele é bastante utilizado para produção de talco *lato sensu* para a indústria cosmética, cerâmica, na fabricação da borracha, de papel e para fabricar isoladores e meios de polimento (ROESER et alii, 1980).

A utilização do esteatito na forma artesanal data do século XVII. Devido a sua pequena dureza, recebeu o nome "pedra-sabão" pelos artistas da época barroca, dos quais o mais conhecido é Antônio Francisco Lisboa, o "Aleijadinho". Nas igrejas de Ouro Preto e em Congonhas, suas obras em pedra-sabão foram tombadas como patrimônio histórico mundial. Na atualidade, os trabalhos em pedra-sabão vão desde utensílios, como as "painéis de pedra" até obras de arte, voltadas para o comércio local e para exportação.

No estudo efetuado por ROESER e colaboradores (1987) em amostras de pedra-sabão da região sul e sudeste do Quadrilátero Ferrífero (Santo Rita de Ouro Preto, região de Cachoeira do Brumado e região de Acaiaca, entre outras), foram identificados e quantificados, através de análises geoquímicas, seus principais componentes. Nas análises publicadas, destacamos abaixo os minerais encontrados em treze amostras de esteatito da localidade de Santa Rita de Ouro Preto, subdistrito de Ouro Preto (MG), localidade esta,

atualmente, responsável pela maior parte da pedra-sabão comercializada em Ouro Preto e cidades limítrofes.

<i>talco</i>	$\text{Mg}_3 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
<i>clorita magnesiiana</i>	$(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12} [(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{20}] (\text{OH})_{16}$
<i>dolomita</i>	$\text{CaMg} (\text{CO}_3)_2$
<i>actinolita</i>	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$
<i>antofilita</i>	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_7 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$

além eventualmente de serem observados os minerais minoritários:

<i>epidoto</i>	$\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Al})_3 (\text{SiO}_4)_3 (\text{OH})$
<i>titanita</i>	CaTiSiO_5
<i>serpentina</i>	$\text{A}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, onde A = Mg, Fe^{2+} ou Ni
<i>pirita</i>	FeS_2
<i>magnetita</i>	$\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+}_2 \text{O}_4$
<i>limonita</i>	$\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$
<i>hematita</i>	Fe_2O_3
<i>ilmenita</i>	$\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$

(fórmulas originadas a partir de FLEISCHER & MANDARINO, 1995; DEER et alii, 1966)

Destes, o talco representa 70% da composição da rocha (MATERIALS ANALYTICAL SERVICES, 1990). Em condições normais de temperatura e pressão, todos estes minerais são insolúveis, o que resulta, por exemplo, na durabilidade de esculturas em pedra-sabão utilizadas na ornamentação externa de igrejas coloniais em Minas Gerais. Em condições experimentais, *i.e.* análise geoquímica, apresentam solubilidades condicionadas ao procedimento utilizado, geralmente iniciado com abertura em ácido fluorídrico. Minerais como a dolomita, a clorita magnesiiana, a limonita e a pirita apresentam níveis mensuráveis de

solubilidade em pH ácido. No caso da dolomita, a solubilidade é favorecida com a elevação de temperatura (LEINZ & CAMPOS, 1968).

Cabe aqui enfatizar que, em termos geológicos, minerais são substâncias caracterizadas por composição química definida, estrutura e origem inorgânica, estando organizados em retículos cristalinos. Neste modo de organização da matéria, a disponibilidade para solubilização de um ou outro elemento vai ser uma função de parâmetros como a estabilidade do retículo cristalino frente às condições da solução presente ou ao comportamento de um determinado elemento frente à uma determinada troca iônica nesta solução. Isto significa que, em alguns casos, o retículo pode controlar o comportamento de um cátion ou ser controlado por este. (CAMPOS & SIGOLO, 1994). Significa, também, que um conjunto de minerais, *i.e.* uma rocha como o esteatito, vai apresentar uma resposta equivalente à predominância estatística do comportamento de cada um dos minerais que a compõe, durante um determinado processo.

Maiores detalhes sobre a geoquímica dos minerais componentes do esteatito, bem como sobre suas estruturas cristalinas, encontram-se disponibilizados no Anexo 2.

Uso de Painéis de Pedra-Sabão em Ouro Preto (MG)

Em várias cidades mineiras, como em Ouro Preto (MG, Brasil), localizada a 94 km de Belo Horizonte, é tradicional o uso de painéis de pedra-sabão como utensílio na cocção dos alimentos. Um levantamento foi feito pela autora com 232 famílias nativas da região de Ouro Preto (MG, Brasil) e pertencentes a diferentes classes sociais, com o intuito de se estimar o número de habitantes possuidores de painel de pedra-sabão em seus domicílios, frequência de uso da mesma, e quais os alimentos usualmente elaborados no utensílio em questão.

Cerca de 80,6% dos domicílios entrevistados referiram possuir panela de pedra-sabão e destes, 78,6% afirmaram usar o utensílio. Com relação à frequência de utilização, 69,3% referiram utilizar a panela de pedra-sabão diariamente, 17,5% utilizam entre 3 a 4 vezes por semana, 6,7% utilizam de 1 a 2 vezes por semana e os demais (6,7%) referiram utilizar a panela esporadicamente (menos de uma vez por semana).

Estes números indicam que a panela de pedra é um utensílio acessível à população local e seu uso indica que a tradição mineira, no que se refere ao preparo dos alimentos no utensílio em questão, está sendo mantida através das gerações. No comércio local, a panela de pedra-sabão do modelo mais tradicional é encontrada com facilidade e a preço acessível. Devido principalmente à grande demanda no comércio, nos últimos anos foram lançadas no mercado panelas de diversos tamanhos e formatos, bem como modelos sofisticados do utensílio, como os que possuem cabo de cobre, voltados para mercados não-locais. Esta ampliação de mercado corresponde à uma ampliação do universo de utilização da panela de pedra no preparo de alimentos.

Quanto aos alimentos elaborados na panela de pedra, várias foram as referências feitas na entrevista domiciliar: canjica, feijão, frango com quiabo, arroz, fritura de carne, legumes, sopa, verdura, feijoada, entre outros. Destes, os mais freqüentemente referidos foram o feijão, o arroz e a fritura de carne.

O peso da panela, o longo tempo que ela leva para aquecer e algumas vezes rachaduras ou até mesmo a quebra do utensílio foram fatores apontados pelos proprietários como pontos negativos, o que levou em alguns casos ao abandono do uso freqüente. Foram referidos pelos usuários como vantagens do utensílio, a resistência, a natureza intrínseca anti-aderente da pedra-sabão que facilita a limpeza e também a especial propriedade de baixa condutância térmica, a qual garante o aquecimento do alimento por longo tempo. A não aderência da pedra-sabão pode ser considerada como resultante da presença de minerais filossilicáticos (talco, serpentina e clorita). Este grupo mineral se caracteriza por uma

estrutura em camadas de tetraedros SiO_4 ligados por íons, como Mg, Al e Fe. As camadas se desfolham facilmente, tornando a superfície da panela sem aderência (Anexo 3).

Tradicionalmente, é feito pelos usuários do utensílio a “cura” da panela antes do primeiro uso. A cura é um tratamento térmico cujo procedimento é bastante variável, envolvendo algum tipo de gordura e aquecimento por tempo e com intensidade não padronizados. A razão pela qual este processo é feito não é conhecida pela população. Entre os fabricantes dos utensílios não existe um consenso sobre a cura e o modo como esta deve ser feita; inclusive, atualmente há fabricantes que não recomendam a cura do utensílio antes do primeiro uso.

Junto aos produtos de um dos maiores fabricantes de panelas, encontramos uma única explicação para a cura do utensílio bem como as instruções para o procedimento. Segundo este fabricante, a cura é um procedimento que evita a quebra ou eventuais rachaduras do utensílio. Os passos para a cura do utensílio descrito nas instruções deste fabricante, consistem em untar a panela com óleo vegetal, interna e externamente, enchê-la com água e depois levá-la ao forno, que é então ligado a 200 °C. Após decorridas duas horas, o forno é desligado, sendo a panela somente retirada quando completamente resfriada. Este processo é então repetido, estando depois a panela “curada” e pronta para o uso.

Migração em Utensílios e em Embalagens de Alimentos

Migração é definida como sendo a transferência de substâncias da embalagem ou recipiente para os gêneros alimentícios através do contato físico entre ambos. A migração é classificada em dois tipos: total e específica. A migração total engloba todos componentes, conhecidos ou não, que tenham sido transferidos para o alimento. Já a migração específica, relaciona-se apenas a compostos individuais e identificáveis que apresentem algum interesse

particular. A substância ou elemento transferido para o alimento através da migração recebe o nome de migrante (CETEA/ITAL, 1995).

Dentre os fatores que influenciam a migração, merecem destaque a densidade da embalagem ou recipiente, a concentração do componente migrante no material da embalagem ou recipiente, o tempo de contato, a duração do contato, a temperatura e também as propriedades físico-químicas dos componentes da embalagem ou recipiente e sua afinidade com os gêneros alimentícios que serão ali estocados (CETEA/ITAL, 1995).

A ocorrência de migração de elementos constituintes dos utensílios para os alimentos durante a cocção está há muito tempo reconhecida cientificamente. Só como exemplo, já passa de meio século desde a identificação da migração do alumínio contido em panelas deste material para os alimentos, preparados e/ou estocados em recipientes de alumínio (BAXTER, et alii, 1988; FIMREITE et alii, 1997).

O conhecimento popular apontou para uso de panelas de ferro como meio de prevenção e também auxiliar no tratamento da anemia ferropriva, indicando com isso não somente a provável migração do mineral, mas também a existência de biodisponibilidade no ferro derivado do utensílio. Posteriormente, a ciência comprovou este fato através das muitas pesquisas sobre biodisponibilidade do ferro derivado dos utensílios. Em todas, o mineral apresentou biodisponibilidade similar à do ferro não-heme naturalmente presente nos alimentos (MISTRY et alii, 1988; MARTINEZ & VANNUCCHI, 1986; ZHOU & BRITTIN, 1994; GIBSON et alii, 1997; KOLLIPARA & BRITTIN, 1996).

Com relação a panelas de outros materiais como aço inoxidável, cobre e cerâmica, a literatura científica é vasta em trabalhos que mostram, através de diferentes metodologias, que todos estes utensílios são também susceptíveis à degradação durante a cocção dos alimentos (SHEETS, 1997; SHEETS, 1998; PARK & BRITTIN, 1997; AGARWAL et alii, 1997; REILLY, 1978; KULIGOWSKI & HALPERIN, 1992; MOHAMED et alii, 1995).

Quatro são os principais fatores que afetam a migração em utensílios de ferro, de alumínio e de aço inoxidável: o pH do alimento, o tempo de cocção e o teor de água da preparação, sendo que os dois primeiros possuem uma influência maior em relação à umidade do alimento. Quanto mais ácido o pH, maior será a migração apresentada. Preparações que levam mais tempo durante a elaboração contém no final um teor mais elevado do elemento migrante. Em relação à umidade, quanto maior a quantidade de água presente na preparação, maior será a migração (SMART & SHERLOCK, 1987; PARK & BRITTIN, 1997; PENNINGTON, 1987; LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992; ZUOU & BRITTIN, 1994; BRITTIN & NOSSAMAN, 1986).

O quarto fator refere-se ao atrito mecânico exercido com palhas metálicas abrasivas, especialmente em recipientes de alumínio. As superfícies deste material oxidam com o primeiro aquecimento, tornando-se bastante inertes, mas o polimento com palhas abrasivas remove a camada superficial protetora do Al_2O_3 (PENNINGTON, 1987; LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992).

A migração pode ser interessante principalmente nos casos em que há carência do elemento migrante e desinteressante quando o elemento apresenta alguma toxicidade (como no caso de chumbo, níquel, cádmio, alumínio) e também naqueles onde o migrante, mesmo não sendo uma substância nociva ao organismo, possa representar desbalanço ambiental.

As panelas de pedra-sabão são igualmente referendadas pela população local como sendo meio preventivo e auxiliar no tratamento da anemia ferropriva. Mesmo assim, até o momento, a migração deste mineral para as preparações culinárias ainda não foi cientificamente avaliada.

Apenas devido à crescente exportação do utensílio em questão, alguns testes de migração de metais tóxicos (chumbo, cádmio, mercúrio, níquel e arsênico) foram exigidos e realizados por laboratórios europeus que quantificaram a migração específica após submeter o utensílio a simulantes de alimentos (água, ácido acético a 3 e a 4%v/v) em diferentes

binômios tempo/temperatura. Os resultados obtidos expressaram que a migração dos citados metais tóxicos é desprezível (CIVO, 1989; POLITECNICO DI TORINO, 1994).

Neste sentido, o Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto elaborou em 1993 um parecer técnico sobre o uso de utensílios culinários de pedra-sabão, concluindo que os elementos constituintes do esteatito não são tóxicos ao homem se ingeridos, confirmando o uso seguro dos utensílios culinários em pedra-sabão, sem prejuízos à saúde humana (BRASIL, 1993). Um laudo similar foi expedido em 1990 nos Estados Unidos pelo MATERIALS ANALYTICAL SERVICES, garantindo neste parecer técnico que a eventual ingestão de partículas minerais veiculadas por alimentos preparados em utensílios de pedra-sabão é inofensiva à saúde humana e concluindo que importação destes utensílios não colocaria em risco a população norte-americana.

Do ponto de vista nutricional, entretanto, é esperado que através da interação entre a panela de pedra-sabão e os alimentos ocorra migração de alguns elementos de relevância para o consumidor. Destes elementos, o magnésio merece destaque por ser encontrado em concentrações significativas no esteatito (cerca de aproximadamente 17 g de magnésio por 100 g da rocha), enquanto que o ferro, o cálcio e o alumínio estão presentes no esteatito em quantidades menores, considerando o exposto na página 30.

As primeiras observações sobre a essencialidade do magnésio para mamíferos foram feitas em 1930, sendo demonstrada em humanos em 1934. Muitos processos na bioquímica celular necessitam do magnésio, observações clínicas e laboratoriais demonstram inter-relações fascinantes do magnésio com outros eletrólitos, mensageiros secundários, receptores hormonais, secreção e ativação do hormônio paratireoideo, metabolismo da vitamina D e funções ósseas (SHILS, 1996).

Raramente é encontrado déficit de magnésio no organismo, salvo em anormalidades como na reabsorção tubular, subnutrição protéico-energética, alcoolismo, pancreatite aguda, episódios de vômito e diarreia prolongados, ausência crônica de fontes ricas na alimentação

por longos períodos e também na paratireoidectomia (FAIRWEATHER-TAIT & HURRELL, 1996; AMAYA-FARFAN, 1994). A carência de magnésio tem sido associada a certas patologias crônicas como na doença coronária, hipertensão arterial e síndrome pré-menstrual (FAIRWEATHER-TAIT & HURRELL, 1996). Sua toxicidade é igualmente rara, estando muitas vezes associada à disfunção renal (SHILS, 1996). A ingestão recomendável de magnésio para adultos de ambos os sexos é de 4,5 mg/kg/dia (RDA, 1989).

A dieta ocidental, por possuir grande quantidade de produtos refinados associada ao aumento no consumo de bebidas alcóolicas pode, em alguns casos, conduzir à redução na utilização do magnésio com conseqüente depleção nos níveis orgânicos deste. A substituição dos cereais refinados por integrais pode aumentar a ingestão diária de magnésio significativamente. Entretanto, o alto conteúdo de fibras e fitato presentes nos cereais integrais pode, por outro lado, reduzir a biodisponibilidade do elemento. Em se tratando de absorção e biodisponibilidade, este é um dos poucos aspectos não bem compreendidos do metabolismo do magnésio (FAIRWEATHER-TAIT & HURRELL, 1996).

Com relação ao alumínio, terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre (ROCHOW, 1987), vale inicialmente dizer que o homem está continuamente exposto a este metal pelas vias respiratória, cutânea e gastrointestinal. Entretanto, pouco alumínio é absorvido pelo trato gastrointestinal e o mecanismo pelo qual ocorre esta absorção ainda é pouco conhecido (ALFREY, 1986; ROBERTS et alii, 1998).

O alumínio não é considerado nutriente, apesar de ser aparentemente requerido em alguns passos do metabolismo. Sua toxicidade para humanos abrange três sistemas importantes: neurológico, hematológico e esquelético. As conseqüências da sua toxicidade vão desde anemia microcítica hipocrômica, passando por osteomalácia e encefalopatia, chegando a estar associado, apesar de algumas controvérsias, ao mal de Alzheimer (ALFREY, 1986; RAJWANSHI et alii, 1997). Nesta patologia foram identificados depósitos anormais de alumínio em neurônios cerebrais (ALFREY, 1986) e mais recentemente foi observado

também nos pacientes a ocorrência de um aumento na absorção gastrointestinal de alumínio (ROBERTS et alii, 1998).

Já o cálcio, o mais abundante cátion bivalente do corpo humano, é reconhecidamente um mineral de grande importância: é responsável pela função estrutural do esqueleto e dos tecidos moles. Possui papel fundamental na regulação química das transmissões neuromusculares e em estímulos elétricos, nas secreções celulares e também participa ativamente na manutenção do pH sanguíneo, sendo que mais de 99% do cálcio corporal encontra-se no esqueleto exercendo múltiplas funções (ARNAUD & SANCHEZ, 1996).

Há várias evidências científicas que apontam a baixa ingestão de cálcio como estando associada ao desenvolvimento da osteoporose. Apesar de controverso, o cálcio ainda parece exercer uma função importante na pressão arterial. Sendo assim, manter uma dieta rica em cálcio é bastante prudente e aconselhável (PONEROS-SCHNEIER & ERDMAN, 1989; RDA, 1989; ARNAUD & SANCHEZ, 1996). Vários outros constituintes dietéticos são, entretanto, essenciais e/ou complementares, na utilização adequada do cálcio. Estes incluem a vitamina D, cobre, magnésio, zinco, manganês, fluoreto, silício e boro (RDA, 1989).

Com relação à toxicidade, uma ingestão diária de cálcio superior a 2500 mg pode induzir à constipação intestinal e, sendo contínua, favorecer a formação de cálculo renal. Uma ingestão elevada de cálcio pode ainda inibir a absorção intestinal de alguns metais como ferro e zinco, bem como resultar em hipercalcúria, hipercalcemia e deterioração da função renal. Sendo assim, é desaconselhável a suplementação de cálcio em quantidades muito superiores às recomendadas pela RDA (1989).

Os inquéritos populacionais, entretanto, apontam para um déficit geral na ingestão deste mineral (NIH, 1994; GALEAZZI et alii, 1997). O leite e seus derivados representam as maiores fontes de cálcio para a alimentação humana, entretanto uma considerável parcela da população, por motivos variáveis que vão desde a intolerância alimentar até o elevado custo

dos produtos, não atinge a meta das recomendações através destes alimentos (RANHOTRA et alii, 1997).

O Estudo Multicêntrico sobre Consumo Alimentar realizado por universidades brasileiras em parceria com o Ministério da Saúde no ano de 1996 levantou o consumo alimentar de 5 cidades do país: Campinas, Curitiba, Goiânia, Ouro Preto e Rio de Janeiro. Em todas estas localidades, com exceção de Curitiba, onde este dado não foi utilizado, ficou constado que a adequação percentual de cálcio disponível nos domicílios está longe de alcançar as recomendações propostas pela RDA (1989), que é de 800 mg por dia para adultos de ambos os sexos. O quadro da deficiência apresentado foi ainda mais grave em Ouro Preto, que obteve os menores percentuais de adequação variando de 26 a 65%, na menor faixa de renda para a maior, respectivamente (GALEAZZI, et alii, 1997).

Com relação ao consumo de ferro, foi observado também no Estudo Multicêntrico, que à exceção de Curitiba, onde o dado não foi coletado, e do Rio de Janeiro que não apresentou deficiência em todos os extratos de renda, as demais localidades apresentaram déficit percentual na adequação do mineral. Campinas e Goiânia tiveram inadequação apenas nas faixas de renda inferiores, enquanto que Ouro Preto se destacou por apresentar o déficit em todas as faixas, 62% na menor e 80% na maior (GALEAZZI, et alii, 1997).

O ferro é o segundo elemento metálico em abundância na crosta terrestre (ROCHOW, 1987). Sua essencialidade para humanos há muito já foi comprovada, sendo os sinais e sintomas da sua deficiência logo notados: fadiga, cefaléia, palpitações, entre outros. Se a deficiência não for corrigida rapidamente pode trazer seqüelas duradouras e até letais (MORRIS, 1986; YIP & DALLMAN, 1996; FAIRWEATHER-TAIT & HURRELL, 1996).

A anemia é ainda considerada um dos maiores desafios a ser vencido pela saúde pública por estar disseminada mundialmente em ambos os sexos e faixas de renda (RDA, 1989; YIP & DALLMAN, 1996). Assim sendo, muito se tem investido mundialmente em programas de profilaxia e de fortificação alimentar. Em países desenvolvidos a baixa

biodisponibilidade do ferro é referida como sendo o principal fator etiológico da anemia (KAKADE & AGTE, 1997). No caso dos países subdesenvolvidos, o problema se agrava com a deficiência na ingestão do elemento (GALEAZZI et alii, 1997). Atualmente a busca de novas estratégias para a suplementação de ferro se faz necessária.

Simulantes de Alimentos

Os simulantes de alimentos são substâncias usadas em testes de migração visando a estabelecer a interação entre a embalagem ou recipiente e o gênero alimentício que ali será acondicionado. Os simulantes de alimentos utilizados devem possuir duas características básicas: 1) poder extrativo semelhante ao do alimento simulado; 2) permitir análise adequada da migração. Na avaliação da migração ocorrida com o uso dos simulantes, ainda são considerados fatores como a condição da extração, a natureza do contato entre material da embalagem e o simulante e também a metodologia a ser empregada para quantificação no resíduo da substância migrante de interesse.

Vários são os simulantes de alimentos empregados nos testes de migração: água destilada, solução aquosa de ácido acético em diversas porcentagens (v/v), solução aquosa de etanol a 15% (v/v) e também simulantes de produtos gordurosos como o n-heptano, isooctano, óleo de oliva, mistura sintética de triglicérides, entre outros. A escolha do simulante a ser usado é feita segundo às características físico-químicas do gênero alimentício que será exposto ao contato com a embalagem ou recipiente (CETEA/ITAL, 1995).

Em se tratando de utensílios de alimentos especificamente, o FDA/USA (Food and Drug Administration) não estabelece nenhum padrão para os testes de migração. Considerando que todos os produtos de frutas, vegetais e alimentos com teores elevados de amido, em geral são ácidos, variando desde o pH 1.80 para as limas (*Citrus sp*) até o pH 6.00

para as batatas (*Solanum sp*) (CRC, 1991/92), simulante de alimentos a base de ácido acético têm sido usados em experimentos com utensílios culinários a fim de simular as reais condições de cocção a que os citados utensílios são expostos no uso cotidiano (KULIGOWSKI & HALPERIN, 1992; LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992; MOHAMED et alii, 1995).

No corpo humano e em muitos alimentos, o ácido acético é de ocorrência natural em pequenas quantidades. Sua forma sintética é utilizada regularmente pela indústria de alimentos como conservante, acidulante ou ainda como flavorizante. Pickles, molhos, maionese e conservas de frutas são exemplos de alimentos onde o ácido acético é adicionado durante o processo de industrialização (BINGHAM, 1978; IGOE, 1989).

A opção pelo emprego de simulante de alimentos no experimento com utensílios de pedra-sabão se deu por várias razões: pela similaridade com o pH dos alimentos usualmente preparados na panela de pedra-sabão, pelo grau de pureza e reprodutibilidade apresentados e também devido ao ácido acético a 5% (composição do vinagre) ser o padrão internacional utilizado para testes de metais em cerâmicas (KULIGOWSKI & HALPERIN, 1992).

Análise em Plasma Indutivamente Acoplado

As análises das substâncias ou elementos migrantes de utensílios podem ser executadas atualmente por meio de várias técnicas analíticas. A opção por uma técnica ou outra depende dos objetivos da pesquisa e das características intrínsecas das amostras. As técnicas mais referidas na literatura incluem a Espectrometria de Absorção Atômica (AAS), a Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), a Espectrometria de Massa em Plasma indutivamente Acoplado (ICP-MS) e a Fluorescência por raio-X.

O uso da espectrometria de absorção atômica predominou até o início da década de 90. Nos últimos oito anos houve um aumento considerável na utilização da técnica mais avançada do ICP-OES, no que se refere à análise de componentes de alimentos. Tanto a AAS como a ICP-OES possuem limites de detecção similares para a maioria dos elementos. A técnica de ICP-OES oferece como vantagens principais, além da precisão nos resultados, a rapidez e a capacidade de efetuar análise multielementar de substâncias. (MILLER-IHLI, 1996).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

2. Objetivos

Geral:

- ✓ Verificar a frequência de uso das panelas confeccionadas de pedra-sabão em uma cidade brasileira. Acompanhar a possível extração de elementos solúveis em meio ácido, durante o processo de cura ou uso dos utensílios de cozinha elaborados em pedra-sabão. Concorrentemente, determinar a cinética de extração dos elementos mais expressivos ou relevantes no preparo de alimentos, utilizando para tanto a técnica de espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Específicos:

- ✓ Realizar levantamento de frequência de uso de panelas de pedra-sabão na área urbana da cidade de Ouro Preto, MG.
- ✓ Quantificar a erosão total da pedra em função da exposição (número de vezes de uso) dos utensílios com o emprego de solução de ácido acético a 5% (v/v), na temperatura de 98°C.
- ✓ Determinar qualitativa e quantitativamente o perfil da composição mineral dos extratos obtidos com o simulante na concentração de 3 e 5% (v/v).
- ✓ Determinar o efeito da “cura” tradicional da panela. Para efeitos de padronização do sistema de extração, o processo será acompanhado por um branco de extração, tratado paralelamente, no qual a panela é substituída por um béquer de vidro.

3. Artigo

Panela de pedra-sabão (*esteatito*) como fonte de nutrientes

Soapstone (*steatite*) cookware as a source of minerals

QUINTAES, K. D.; AMAYA-FARFAN, J.; MORGANO, M. A.; MANTOVANI, D.M.B.

Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição – Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP C.P. 6121 – CEP: 13083-970 – Campinas – SP, Brasil.

Abstract

Steatite, a soft metamorphic rock, composed of several minerals as talc, dolomite, actinolite, is abundantly encountered in the Brazilian “Quadrilátero Ferrífero” (MG) and known as “soapstone” because of its low hardness. The aim of this study was to estimate the magnitude of the use of soapstone pans by the native population of Ouro Preto, Brazil, and evaluate the nutritional impact of domestic food preparation in this type of utensil. To that effect, 12 brand- new pots were used: crude form (n=6) and cured with vegetable oil (n=6). Migration of nutrients such as Ca, Fe, Mg, Mn, Co and Zn and minor metals and/or toxic as Al, Cr, Ni, Pb, As, Cd was evaluated for 20 sequential cooking operations, using 3 and 5% (v/v) acetic acid as food simulant. Determinations of elements were carried out by inductively-coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-OES) and the data statistically analyzed by simple linear regression. About 81% of Ouro Preto’s native population own soapstone cookware and among these, 79% use the pans regularly in food preparation. It is concluded that cured soapstone pans do not offer toxicity to human beings, as nutrient migration decreased as a function of the number of times the pot was used and Ca, Mg, Fe e Mn were, in that order, the elements that exhibited highest migration. The more acid solution favored the migration of all elements studied, except for Ni in cured pans. The more acidic food simulant was also responsible for the lowering of the soapstone resistance. The crude pans, besides liberating nutritionally significant quantities of Ca, Mg, Fe and Mn, released also Ni, which is considered undesirable. Curing the pans restricted significantly mineral migration, including Ni. In spite of not having assessed the bioavailability of the minerals leached into the simulants, the possible contribution of soapstone cookware to the Ca, Mg, Fe and Mn general nutriture appears to be significant.

Introdução

A existência de jazidas de esteatito (pedras-sabão) no Quadrilátero Ferrífero brasileiro (MG), rocha que possui o menor grau na classificação da Escala de Dureza de Mohs, escala arbitrária onde os minerais são classificados conforme sua dureza relativa entre 1 a 10 (PERRIN, 1975), associada à facilidade de extração, estimularam o emprego da pedra-sabão na confecção de peças artesanais, como objetos de arte e utensílios culinários. Na indústria o esteatito é utilizado na produção de talco *lato sensu* para a indústria cosmética, cerâmica, na fabricação da borracha, de papel e para fabricar isoladores, pastilhas para freios e meios de polimento (ROESER et alii, 1980; ROESER et alii, 1987).

Assim, em determinadas cidades mineiras, especialmente as próximas às jazidas de esteatito, como em Ouro Preto (MG, Brasil) com 62.514 habitantes (IBGE, 1991), é tradicional na culinária o emprego de utensílios confeccionados em pedra-sabão. Outro provável fator que influenciou nesta tradição, é o clima da região onde temperaturas baixas são comuns, uma vez que a pedra-sabão possui a característica de baixa condutância térmica, mantendo o alimento aquecido por longos períodos.

Atualmente as panelas de pedra-sabão do modelo tradicional são encontradas nesta localidade com facilidade e a preço acessível ao consumidor de baixa renda. Nos últimos anos foram lançadas no mercado panelas de diversos tamanhos e formatos, bem como modelos sofisticados do utensílio, como os que possuem cabo de cobre, com apelo ao turista e ao consumidor naturalista. Esta ampliação de mercado corresponde a uma expansão do universo de utilização da panela de pedra no preparo de alimentos.

Há mais de meio século foi comprovado cientificamente que em panelas de alumínio ocorre a migração de Al durante o preparo e/ou estocagem de alimentos ácidos ou básicos (BAXTER, et alii, 1988; FIMREITE et alii, 1997; PENNINGTON, 1987). Em utensílios de

ferro e de aço inoxidável, estudos demonstraram a existência de migração do ferro, bem como estimaram a biodisponibilidade deste como sendo similar à apresentada pelo ferro não-heme naturalmente presente nos alimentos (MISTRY et alii, 1988; KAKADE & AGTE, 1997; MARTINEZ & VANNUCCHI, 1986, GIBSON et alii, 1997).

Nos Estados Unidos, a maior parte dos utensílios fabricados neste século é de cerâmica, este fato pode ser considerado como resultante do advento do microondas (SHEETS, 1997). Entretanto, pesquisas têm demonstrado que estes utensílios são susceptíveis a degradação durante o preparo de alimentos ácidos ou básicos, neste caso ocorrendo a migração de metais tóxicos indesejáveis ao homem, como chumbo e cádmio (MOHAMED, et alii, 1995; SHEETS, 1998; SHEETS, 1999).

Com relação às panelas de pedra-sabão, o conhecimento popular indicou há muito que o hábito de preparar os alimentos neste utensílio é um meio profilático e também coadjuvante no tratamento da anemia ferropriva. Indicando assim, não somente a ocorrência de migração do ferro contido na panela mas também a relativa boa biodisponibilidade do metal migrante. Cientificamente, todavia, tanto esta migração como a biodisponibilidade apresentada ainda não foram avaliadas.

Cabe ressaltar que o esteatito possui na sua composição, além de ferro, outros elementos de certa importância e interesse nutricional, como o magnésio e cálcio, como pode ser observado na Tabela 1.

Assim sendo, o propósito deste estudo foi estimar a magnitude de uso das panelas de pedra-sabão entre a população nativa e residente na parte urbana da cidade de Ouro Preto (MG, Brasil) e determinar a possível interação que tais utensílios têm com os alimentos neles preparados, prevendo assim qualquer implicação nutricional e/ou tóxica decorrente do preparo de alimentos no utensílio em questão.

Tabela 1. Composição química de pedras-sabão de Santa Rita de Ouro Preto, Mariana – Monsenhor Horta e Cachoeira do Brumado (MG, Brasil)*

Óxidos (%)	Santa Rita de Ouro Preto (n=13)	Mariana – Monsenhor Horta (n=10)	Cachoeira do Brumado (n=9)
SiO ₂	54.00	49.37	55.00
TiO ₂	0.15	0.35	0.15
Al ₂ O ₃	3.27	7.64	2.83
Fe ₂ O ₃	3.32	9.02	3.30
FeO	3.20	n.d.	3.03
MnO	0.08	0.08	0.06
MgO	27.57	25.00	28.26
CaO	1.20	0.23	0.28
Na ₂ O	0.31	0.02	0.39
K ₂ O	0.02	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.03	n.d.	0.03
H ₂ O	(6.11)	n.d.	(6.17)
P ₂ O ₅	5.77	7.47	5.75
TOTAL	98.92	99.19	99.26

* Valores em porcentagem de peso (livres de H₂O e CO₂)

() = Número de amostras

Fonte: ROESER et alii, 1987

Material e Métodos

Uso de painéis de pedra-sabão em Ouro Preto

Um levantamento efetuado por entrevista domiciliar foi feito no mês de junho de 1998 na área urbana do município de Ouro Preto, MG, com 232 famílias nativas da região, pertencentes a diferentes classes sociais. A entrevista contou de perguntas sobre a existência no domicílio de painéis de pedra-sabão, se a mesma era utilizada e com qual frequência, bem como quais os alimentos usualmente preparados.

O plano amostral seguiu os moldes usados no mesmo local por GALEAZZI e colaboradores (1997) para inquérito de consumo alimentar, onde foi considerado como unidade amostral a residência, e sendo a seleção das unidades amostrais feita em dois estágios. No primeiro, com base nos setores censitários do município (IBGE, 1991), sorteou-se o número de setores, de acordo com seu peso, determinado pelo número de residências, de forma a que a probabilidade de seleção de determinado setor fosse sempre proporcional ao número de residências. No segundo passo, realizou-se uma amostra aleatória simples dentro de cada setor, para identificação das residências a serem visitadas.

Quanto ao tamanho da amostra, considerou-se que tanto o número de setores quanto o número de residências a serem sorteadas foram dependentes da variabilidade do número de residências por setor, de forma a proporcionar uma amostra representativa do município. Os detalhes desta pesquisa de campo podem ser vistos no Anexo 1.

Seleção das panelas de pedra-sabão

O experimento contou com doze panelas novas de pedra-sabão, cada uma com capacidade para 2 litros, confeccionadas a partir do esteatito existente na região de Santa Rita de Ouro Preto, MG - Brasil. Destas, seis panelas foram utilizadas na forma *in natura*, enquanto que as outras seis receberam um tratamento térmico conhecido como "cura", prática tradicionalmente seguida na região pela população antes do primeiro uso do utensílio.

Os passos para a cura do utensílio foram os recomendados pelos maiores fabricantes de panelas da região. As panelas foram untadas com óleo vegetal, interna e externamente, enchidas com água e depois levadas ao forno, o qual foi então aquecido a 200°C. Decorridas duas horas o forno foi desligado, sendo as panelas retiradas somente quando completamente resfriadas. A conclusão da cura foi estabelecida após a repetição por mais uma vez dos passos aqui descritos.

As panelas adquiridas foram codificadas pelo lado externo. Algumas panelas foram pesadas antes e no final do experimento a fim de avaliar a erosão do esteatito com o decorrer do uso do utensílio. Para tanto, foi utilizada uma balança eletrônica da marca Filizola (Modelo BP 15), com capacidade de 125 g até 15 kg, com divisão de 5 em 5 gramas.

Considerando as reais condições de manipulação do utensílio, antes de cada cocção as panelas foram lavadas com detergente biodegradável e esponja polimérica macia. O enxágüe foi feito em água corrente e repetido por quatro vezes, seguido então de um enxágüe com a solução do simulante correspondente. A secagem foi feita através do calor da chama do fogão, logo antes do uso do utensílio.

Paralelamente, três béquers novos de vidro Schott com capacidade de 2 litros cada, foram utilizados como padrão, recebendo tratamento de limpeza idêntico ao efetuado nas panelas de pedra e utilizados sob as mesmas condições a que estas foram expostas. A amostragem também foi procedida de forma similar a efetuada com as panelas de pedra-sabão.

Simulantes de alimentos

A fim de simular condições de cocção com diferentes intensidades de corrosão, soluções de 3 e 5 % (v/v) de ácido acético foram preparadas no laboratório com água desionizada (18,2 MΩ) e ácido acético glacial (Merck, p.a.) e estocadas em vidros de um litro, originalmente usados como embalagem de ácido acético p.a., devidamente lavadas. A vidraria empregada, como pipetas e béqueres, foi material novo e previamente descontaminado com o próprio sistema de extração.

O tempo de cocção para o simulante foi estabelecido em função da duração média das preparações usualmente realizadas na panela de pedra-sabão (feijão, arroz, etc.). Assim, as soluções do simulante foram fervidas por 45 minutos, contados a partir do momento de

ebulição. Vinte cocções sequenciais foram efetuadas em cada panela, a fim de avaliar a migração no decorrer do tempo de uso do utensílio.

Durante as cocções, foi utilizada por cerca de cinco minutos uma espátula de polipropileno a fim de introduzir o atrito devido à mistura dos alimentos. Em panelas de pedra-sabão esta mistura geralmente é feita com o auxílio de uma “colher de pau”.

Optamos pelo uso de simulante de alimentos por não existirem até o momento pesquisas com utensílios de pedra-sabão. O ácido acético foi escolhido como meio extrator por ser usualmente empregado em testes de migração em cerâmicas (KULIGOWSKI & HALPERIN, 1992; MOHAMED et alii, 1995) e embalagens alimentícias (CETEA/ITAL, 1995), além de apresentar pureza e reprodutibilidade necessárias. Alimentos como frutas, vegetais e produtos com alto teor de amido por possuírem pH ácido, são substâncias naturalmente corrosivas (CRC 1991/92).

Procedimento

Ambas as soluções do simulante foram fervidas na panela em fogão a gás nas condições apresentadas na Tabela 2. Após decorrido o tempo de cocção, o volume residual do simulante foi medido numa proveta de 100 ml (Pirex) e anotado, sendo então coletadas amostras em duplicata. Estas foram acondicionadas em vidros apropriados devidamente codificados e armazenadas sob refrigeração até a análise em ICP-OES. Lembrando que o mesmo procedimento foi seguido para o controle em béquer de vidro Schott.

As embalagens de vidro utilizadas para acondicionar as amostras foram previamente lavadas por quatro vezes sequenciais com água desionizada. A secagem ocorreu naturalmente com a embalagem virada de boca para baixo em superfície vazada.

Tabela 2. Condições do teste de migração dos elementos das placas de pedra-sabão

Número de placas ^a	Cura	Simulante ^b (1 litro)	Tempo (min.)	Temperatura (°C)	pH	Repetições
3	Não	ácido acético a 3%	45	98	2,73	20
3	Não	ácido acético a 5%	45	98	2,11	20
3	Sim	ácido acético a 3%	45	98	2,73	20
3	Sim	ácido acético a 5%	45	98	2,11	20
3 ^c	-	ácido acético a 3%	45	98	2,73	1
3 ^c	-	ácido acético a 5%	45	98	2,11	1

^a capacidade volumétrica total de 2 litros cada; ^b diluições v/v; ^c béquer de vidro Schott

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). O ICP-OES foi o equipamento escolhido para análise do simulante devido a sua alta sensibilidade e capacidade de análise múltipla de cátions.

Na Tabela 3 encontram-se as condições de operação do equipamento, sendo que, as condições ótimas para determinação multielementar foram estabelecidas utilizando-se o elemento 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, através do software do equipamento. As curvas analíticas definidas para cada elemento, mostraram-se lineares em toda a faixa de trabalho e cobriram as concentrações das amostras.

Tabela 3-Condições de operação do espectrômetro de emissão

Potência do plasma	1,0 KW
Gás refrigerante (Ar)	6,5 L min ⁻¹
Vazão da amostra	2 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

As soluções estoque foram preparadas a partir de soluções-padrão obtidas dos sais metálicos (cloretos e nitratos) (J.T. Baker e Merck), água bidestilada e ácido clorídrico grau analítico, em concentrações de 1000 µg mL⁻¹. As soluções dos metais de trabalho multielementares foram preparadas em diferentes concentrações, dependendo do metal a ser determinado, em solução de ácido acético 5% (v/v), por diluição das soluções de estoque. Os brancos foram preparados com solução de ácido acético 5% (v/v) em água bidestilada. Foi também previamente estabelecido no ICP um padrão para cada simulante mediante a utilização de uma triplicata de amostras fervidas em béquer.

Os comprimentos de onda usados para as determinações dos elementos encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4- Comprimento de onda para os elementos estudados

Elementos	λ (nm)
Cálcio	317,93
Ferro	259,94
Cobre	324,75
Níquel	231,60
Alumínio	308,21
Magnésio	279,08
Manganês	257,67
Cobalto	228,62
Zinco	213,86
Chumbo	220,35
Arsênio	189,04
Cádmio	226,50

Análise estatística

O experimento representou um estudo longitudinal com o seguinte desenho: 4 tratamentos (panela curada, panela *in natura*, ácido acético a 3 e a 5%) X 3 panelas X 20 repetições X 2 amostras, totalizando assim 480 análises. As médias das duplicatas, e não os valores individuais, foram usadas para os cálculos estatísticos. Assim, da média das duplicatas foi deduzido o valor do branco correspondente para cada elemento. As médias dos elementos mais expressivos e os desvios-padrão foram graficados para cada evento.

A avaliação da migração dos elementos estudados durante as 20 cocções sequenciais foi determinada por regressão linear simples, tendo como variáveis explicativas o número de vezes de uso (repetição), o tipo de simulante (ácido acético a 3 ou 5%) e o pré-tratamento dado à panela (curada ou *in natura*). Foram considerados significantes as diferenças com $p < 0,05$. Para analisar as possíveis correlações entre os migrantes mais expressivos, o índice de correlação simples de Pearson foi aplicado. Ambas análises foram processadas no programa EXCEL, versão 8.0 (Microsoft Corp.).

Resultados e Discussão

Dos domicílios entrevistados 80,6%, referiram possuir panela de pedra-sabão e destes, 78,6% afirmaram usar o utensílio. Com relação à frequência de utilização, 69,3% referiram utilizar a panela de pedra-sabão diariamente, 17,5% utilizam entre 3 a 4 vezes por semana, 6,7% utilizam de 1 a 2 vezes por semana e os demais (6,7%) referiram utilizar a panela esporadicamente (menos que uma vez por semana). Estas porcentagens indicam que a tradição no uso dos utensílios de pedra permanece presente na região.

Quanto aos alimentos elaborados na panela de pedra, várias foram as referências feitas na entrevista domiciliar: canjica, feijão, frango com quiabo, arroz, fritura de carne, legumes, sopa, verdura, feijoada, entre outros. Destes, os mais freqüentemente referidos foram o feijão, o arroz e a fritura de carne. No levantamento feito em Ouro Preto pelo Estudo Multicêntrico sobre Consumo Alimentar, o arroz, o feijão e o óleo, foram classificados entre os quatro primeiros alimentos responsáveis pelo fornecimento de energia nos domicílios das diferentes faixas de renda pesquisadas (GALEAZZI et alii, 1997).

Para uma visão global do processo de migração, foi inicialmente realizada a identificação dos elementos mais relevantes. Para tanto, determinou-se e ajustaram-se as condições experimentais para o sistema de varredura do equipamento ICP-OES. Dessa forma, os principais elementos encontrados foram: cálcio, magnésio, ferro, manganês, alumínio, níquel, cobalto, cromo e zinco.

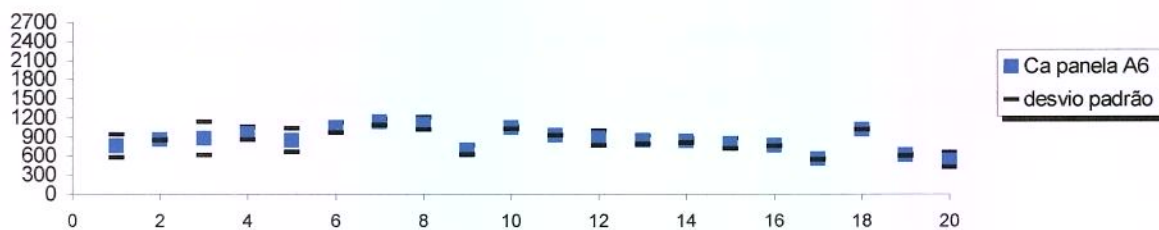
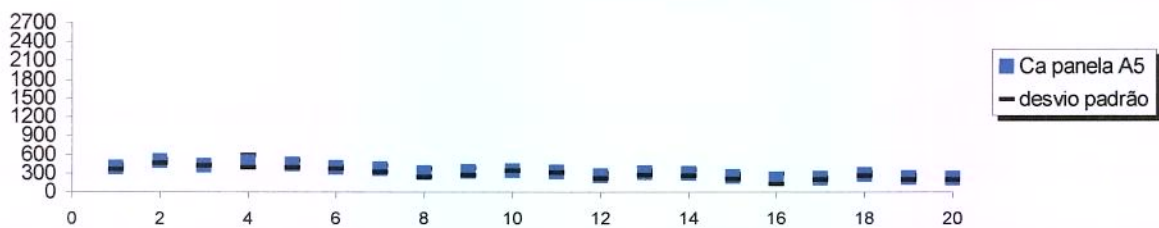
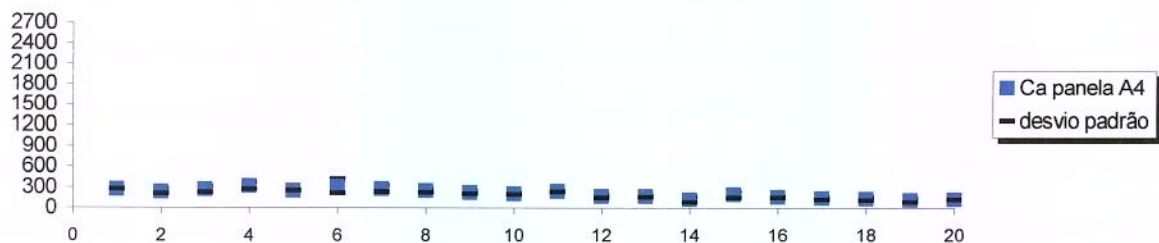
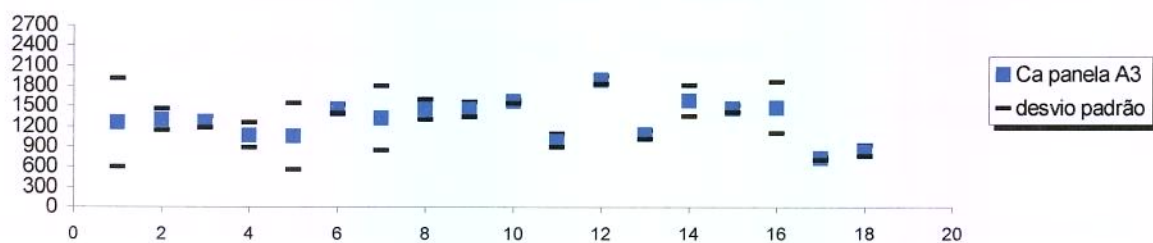
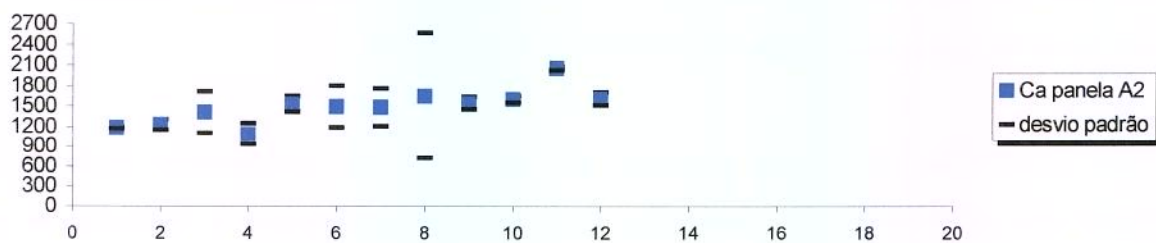
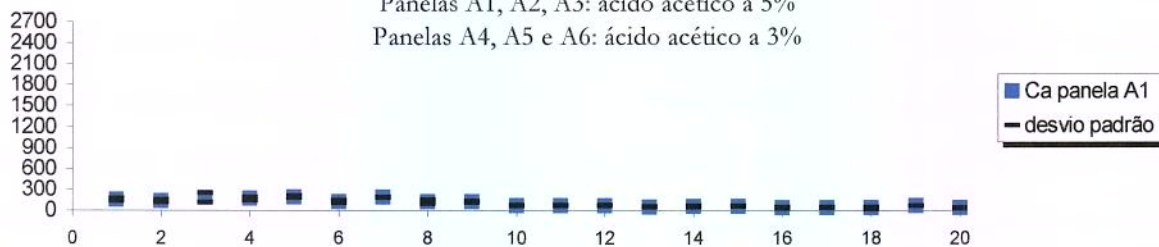
Subseqüentemente foi determinada a migração específica de cada um dos citados elementos em todas as amostras. A migração específica de zinco, de uma maneira geral não foi expressiva, sendo seus dados desconsiderados por também estarem apresentando, em um número significativo de amostras, valores díspares nas duplicatas, provavelmente devido a algum tipo de contaminação durante os procedimentos analíticos adotados. Para maior clareza, disponibilizamos os valores referentes à migração de zinco no Anexo 3, juntamente com os valores dos demais elementos migrantes.

A seguir, nos Gráfico 1 a 8, são apresentados os resultados da migração específica dos elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês, em todas as panelas utilizadas no experimento, agrupadas pela concentração do simulante usado na extração (ácido acético a 3 ou 5%), sendo nos Gráficos 1, 3, 5 e 7 fornecidos os dados das panelas utilizadas na forma *in natura* enquanto que nos Gráficos 2, 4, 6 e 8 os referentes as panelas curadas.

Gráfico 1 - Migração de Ca em placas de pedra-sabão *in natura* *

Panelas A1, A2, A3: ácido acético a 5%

Panelas A4, A5 e A6: ácido acético a 3%



* valores em mgL^{-1} /número de vezes de uso

Gráfico 2 - Migração de Ca em placas de pedra-sabão "curadas" *

Placas B1, B3 e B7: ácido acético a 5%

Placas B4, B5 e B6: ácido acético a 3%

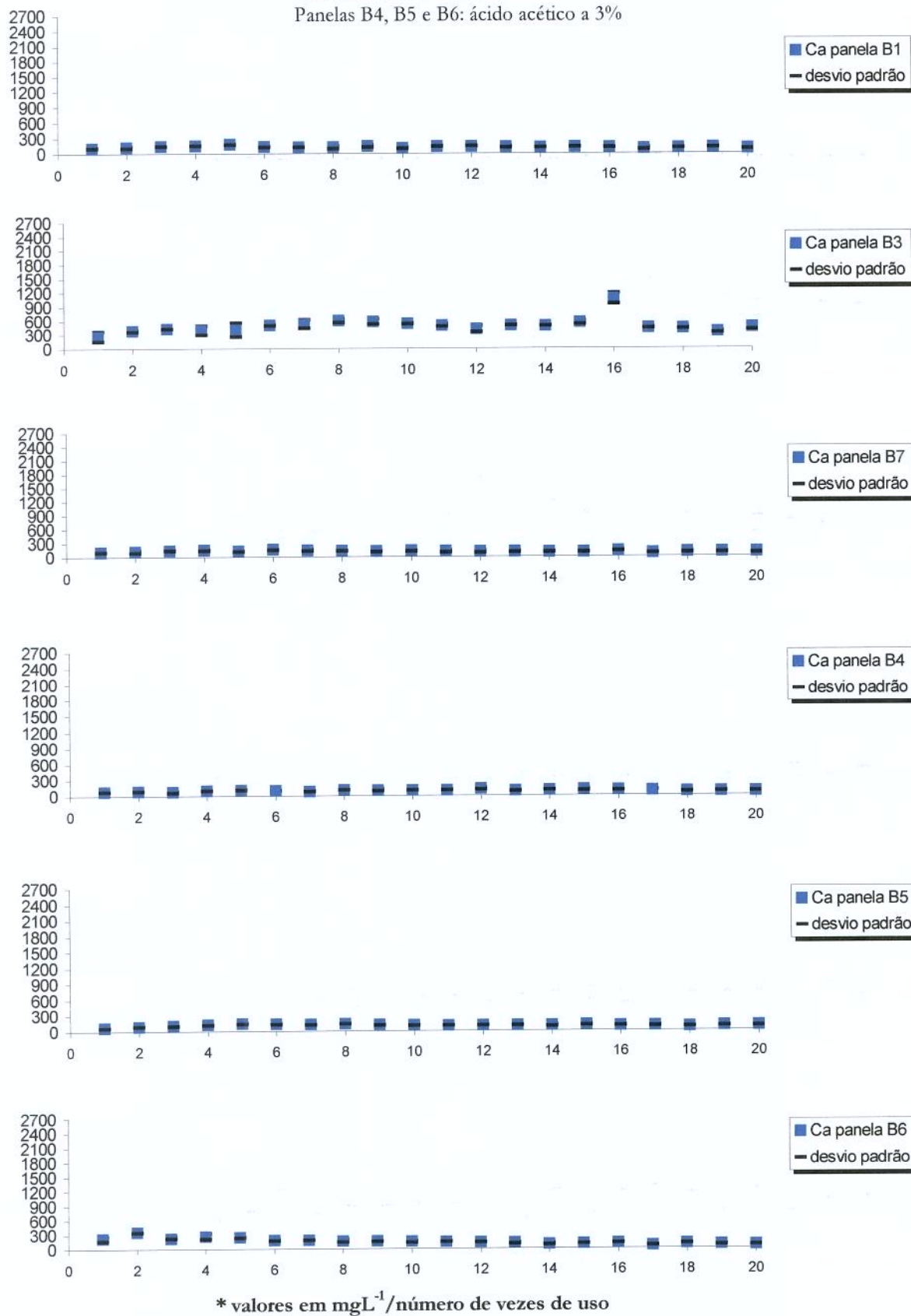


Gráfico 3 - Migração de Mg de placas de pedra-sabão *in natura* *

Painéis A1, A2 e A3: extrator ácido acético a 5%

Painéis A4, A5 e A6: extrator ácido acético a 3%

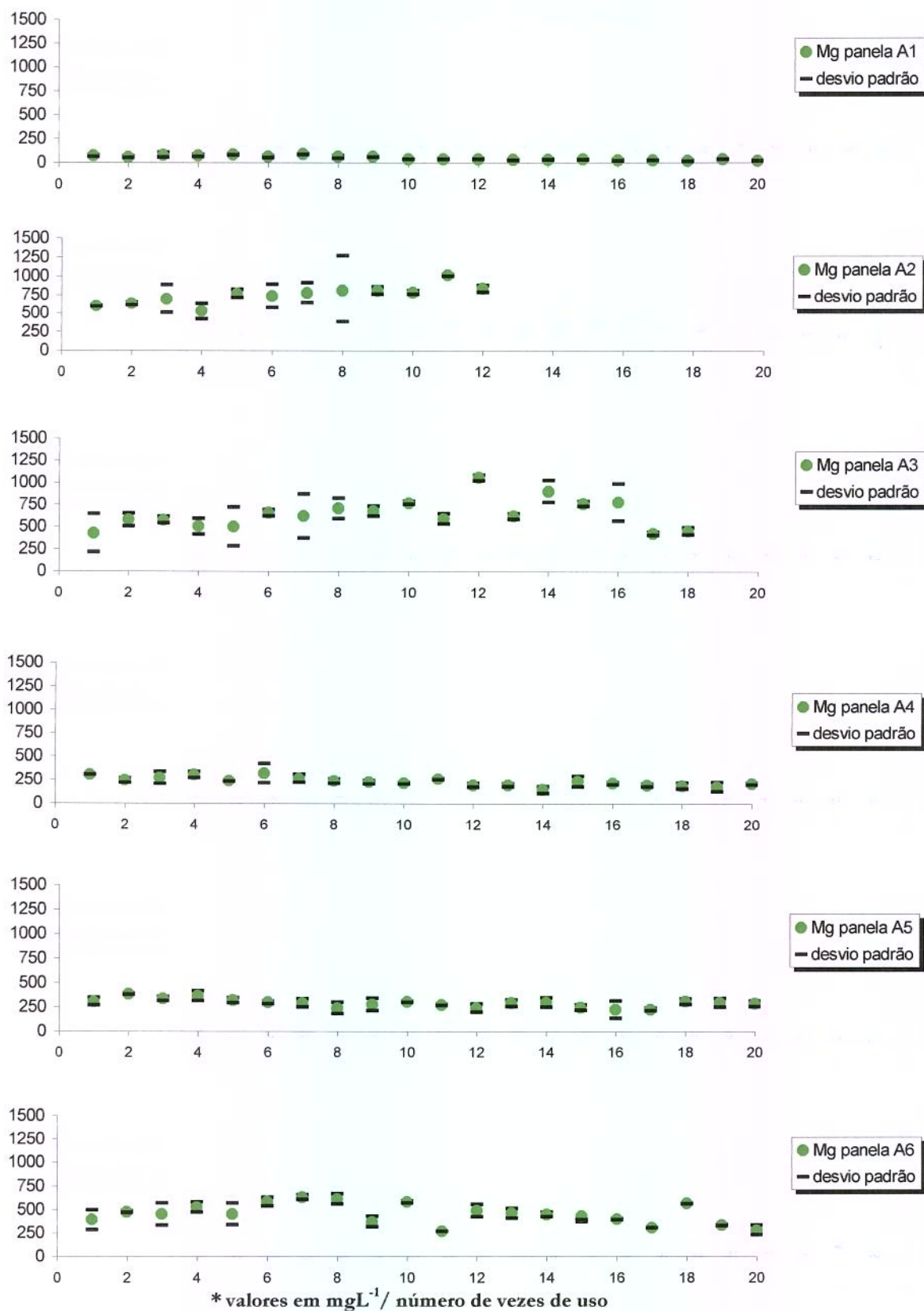
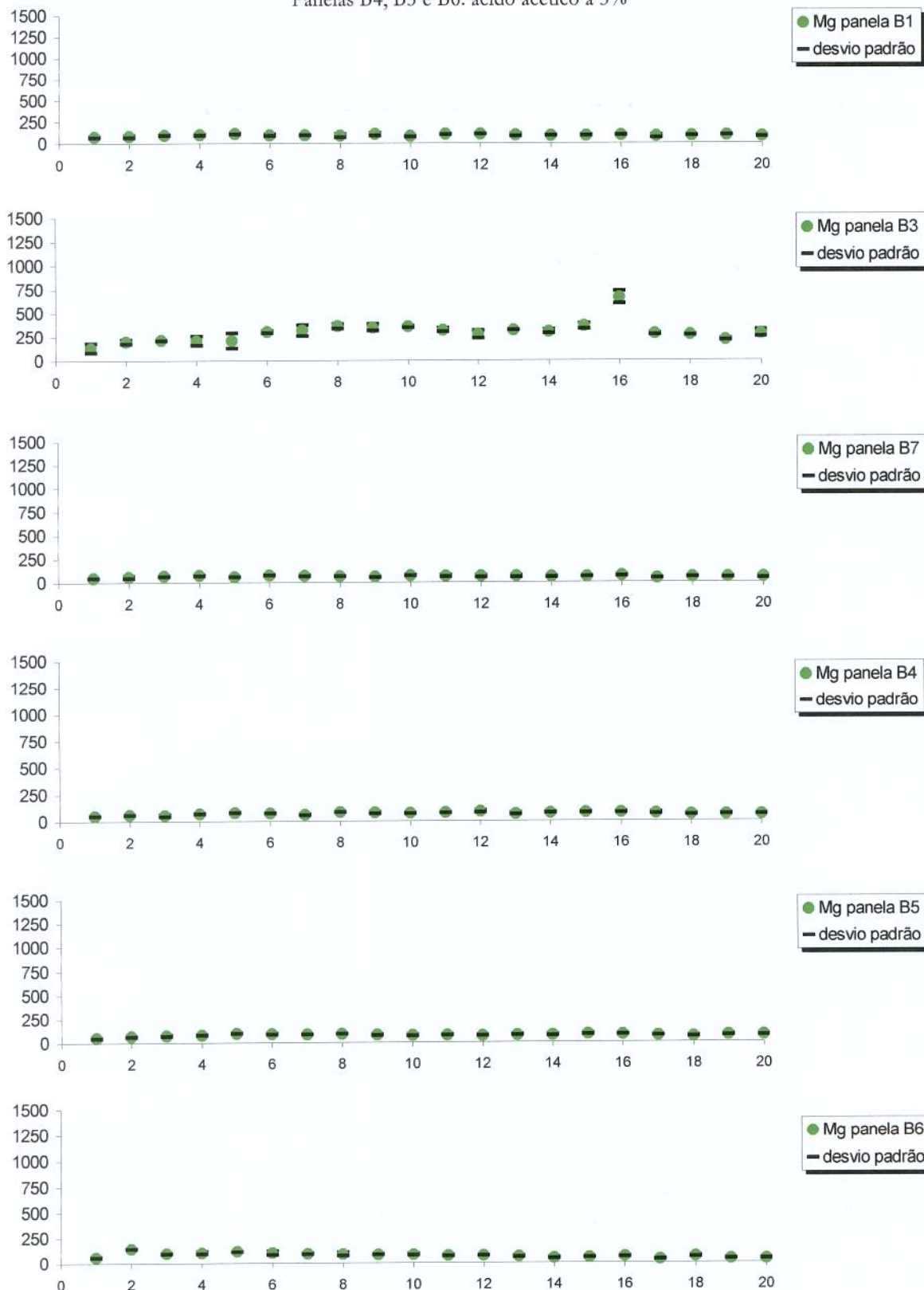


Gráfico 4 - Migração de Mg em painéis de pedra-sabão "curadas" *

Painéis B1, B3 e B7: ácido acético a 5%

Painéis B4, B5 e B6: ácido acético a 3%

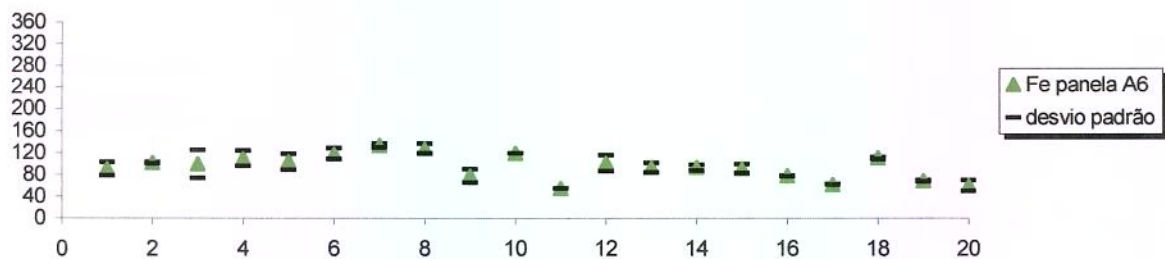
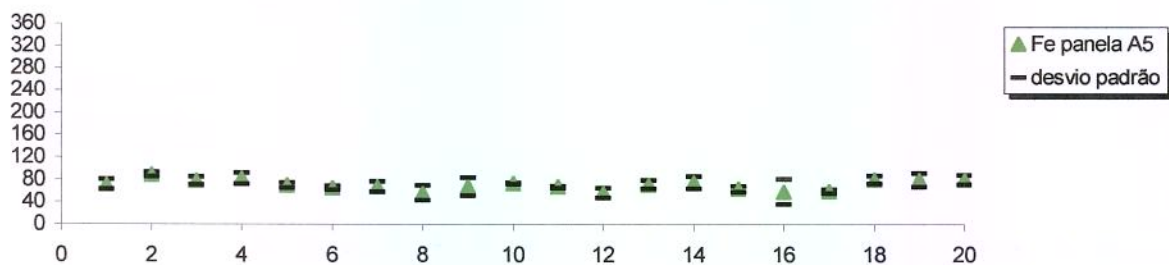
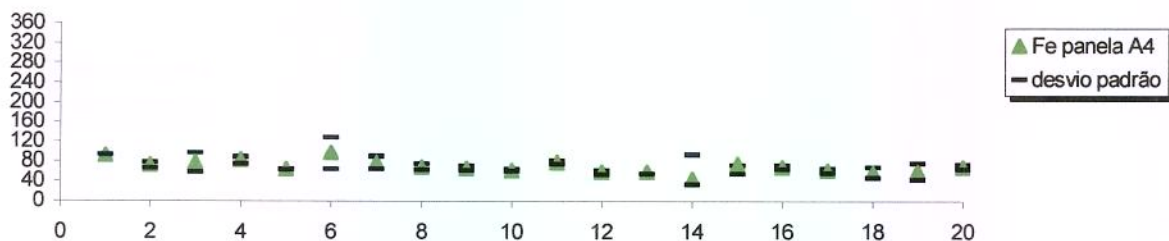
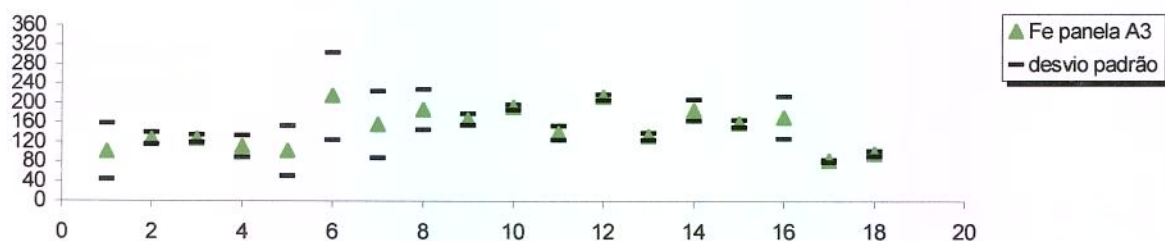
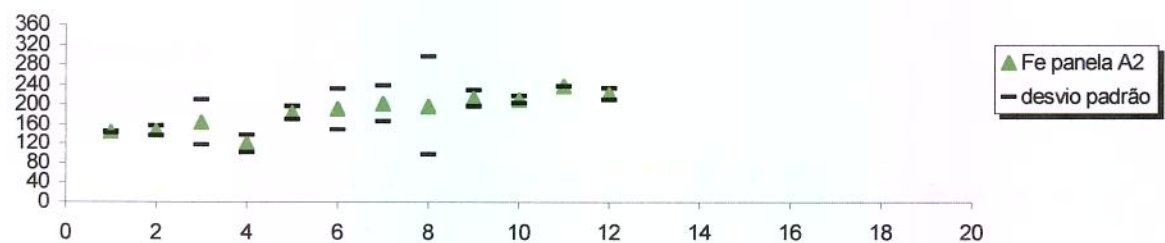
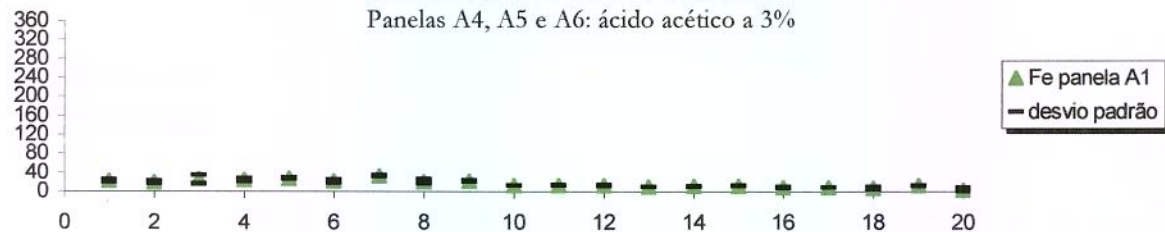


* valores em mgL^{-1} /número de vezes de uso

Gráfico 5 - Migração de Fe em painéis de pedra-sabão *in natura* *

Painéis A1, A2 e A3: ácido acético a 5%

Painéis A4, A5 e A6: ácido acético a 3%



* valores em mgL^{-1} / número de vezes de uso

Gráfico 6 - Migração de Fe em panelas de pedra-sabão "curadas" *

Panelas B1, B3 e B7: ácido acético a 5%

Panelas B4, B5 e B6: ácido acético a 3%

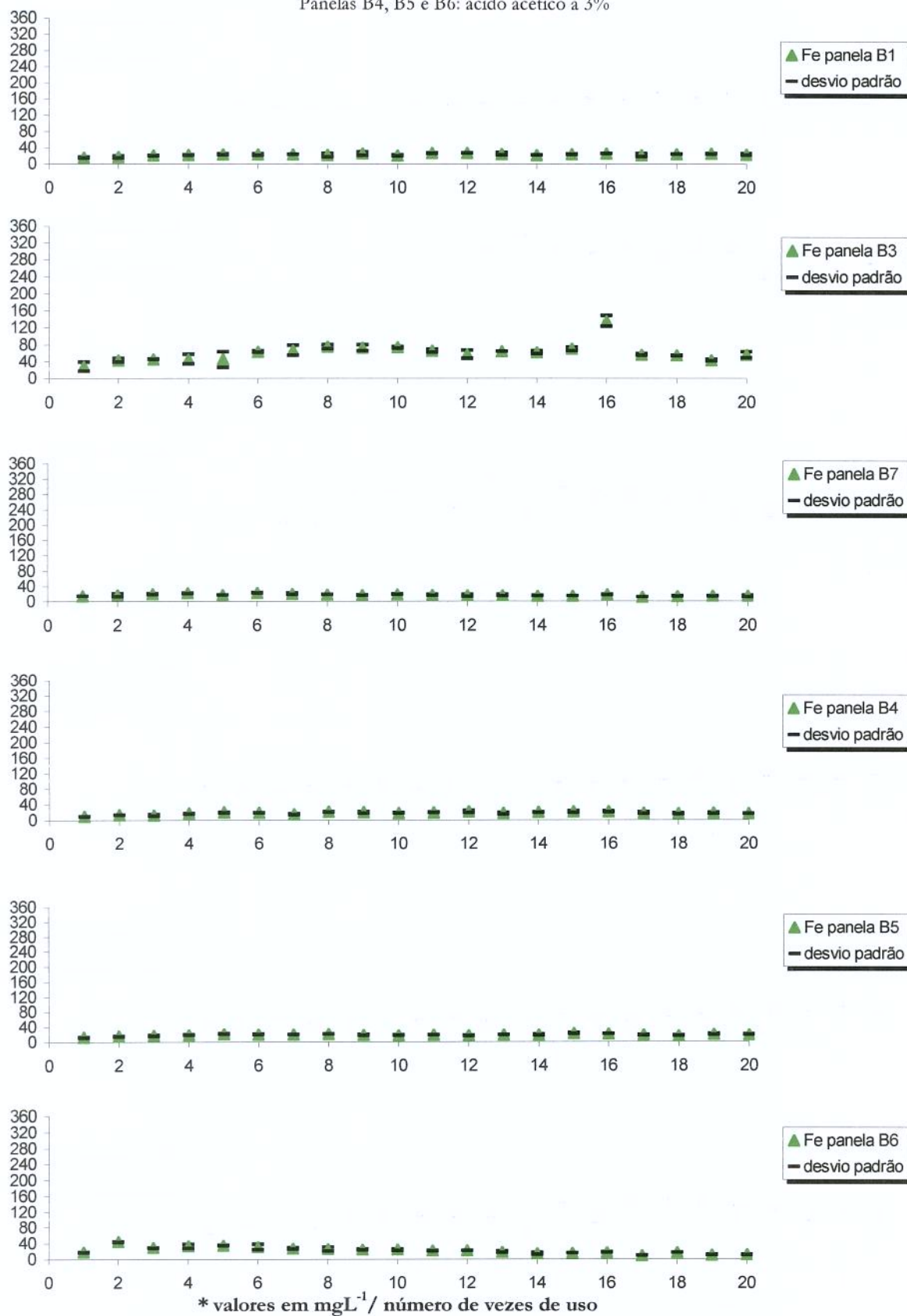


Gráfico 7 - Migração de Mn em placas de pedra-sabão *in natura* *

Panelas A1, A2 e A3: ácido acético a 5%

Panelas A4, A5 e A6: ácido acético a 3%

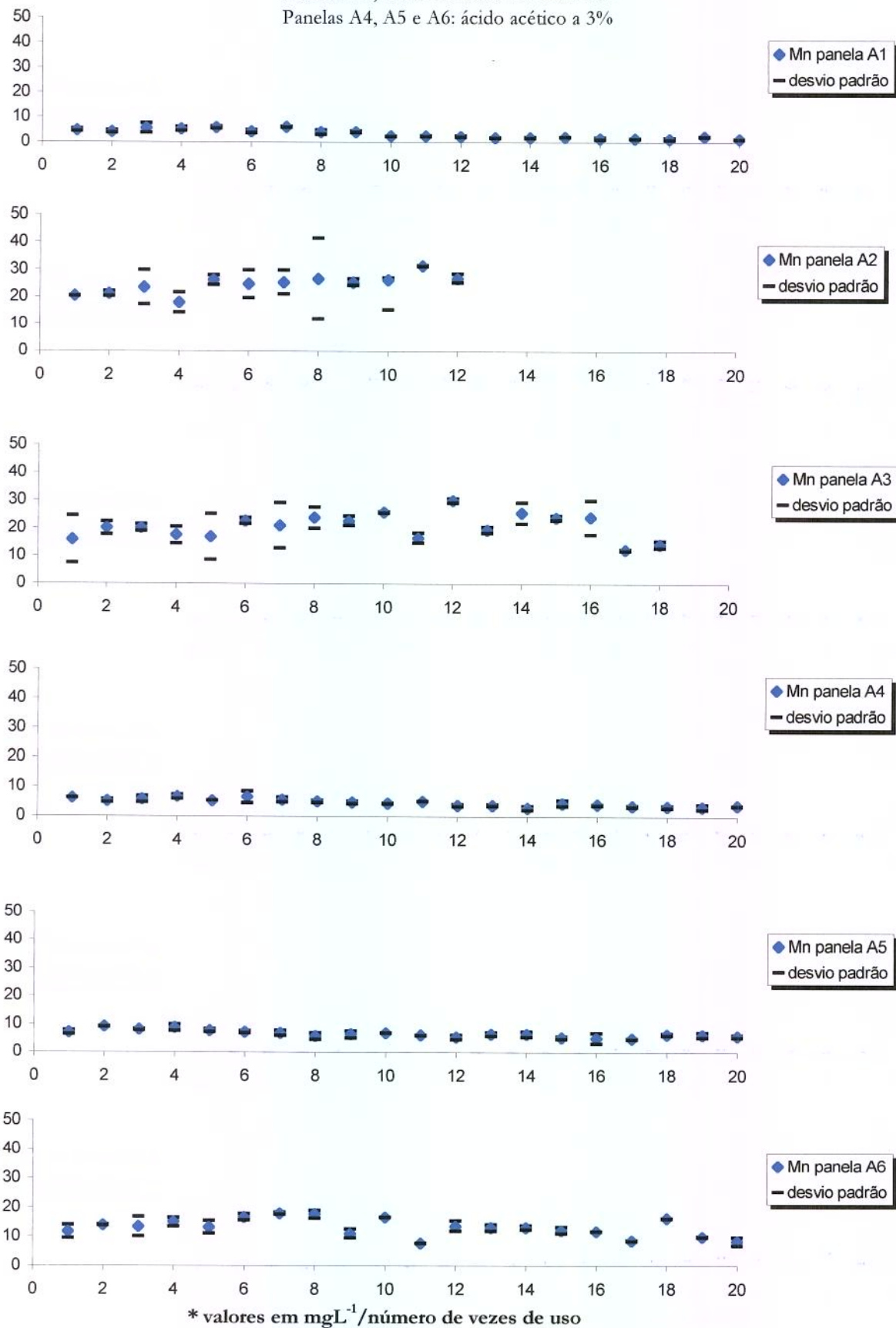
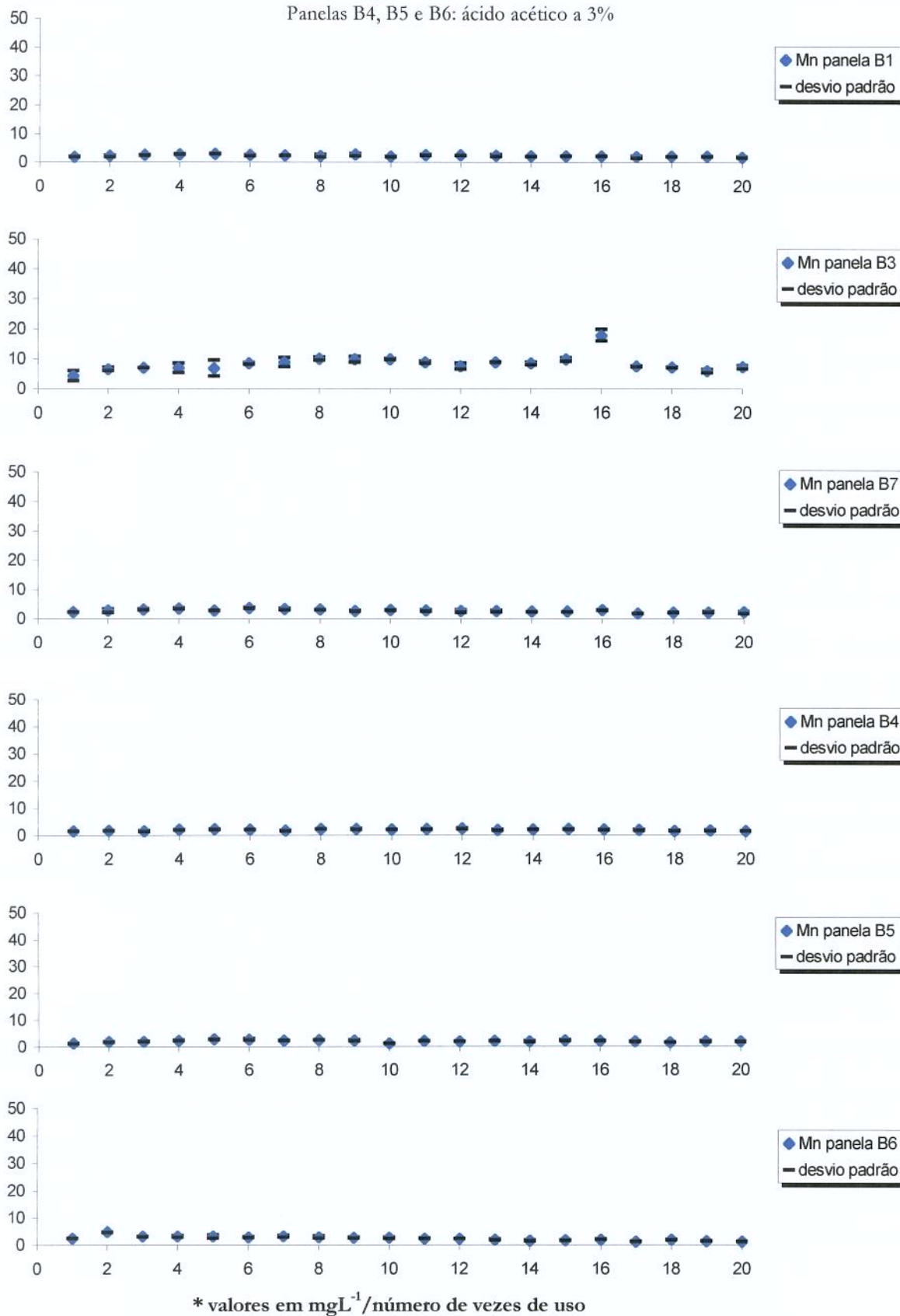


Gráfico 8 - Migração de Mn em painéis de pedra-sabão "curadas" *

Painéis B1, B3 e B7: ácido acético a 5%

Painéis B4, B5 e B6: ácido acético a 3%



A comparação dos Gráficos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 aponta para uma diversidade intrínseca das panelas de pedra-sabão, uma vez que a migração destas não é quantitativamente semelhante sob as mesmas condições experimentais. Nestes Gráficos verifica-se que o pH do meio extrator, o tratamento térmico prévio do utensílio com óleo vegetal (cura) e o número de vezes de uso das panelas são fatores que influenciam nitidamente a migração dos elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês.

Existem alguns pontos nestes gráficos onde nota-se que os valores médios obtidos nas análises possuem um desvio padrão maior do que o esperado. Uma possível causa para este resultado se deve ao fato das amostras coletadas não terem sido filtradas. A magnitude apresentada por algumas dispersões ocasionais, entretanto, não é suficiente para desvirtuar as conclusões geradas pelo restante dos dados.

É interessante notar que o grupo das panelas *in natura* (A1, A2 e A3), usado com a solução de ácido acético a 5%, apresentou o maior perfil de migração global e específica, com exceção da panela A1. Entretanto, destas três panelas expostas a tais condições experimentais, duas foram abandonadas na décima terceira e décima nona vez de uso, por apresentarem rupturas na superfície causadas pela extrema corrosão. Ambas panelas (A2 e A3) foram as que alcançaram os maiores níveis de migração para todos elementos pesquisados. Já as panelas *in natura* (A4, A5 e A6) usadas com extrator ácido acético a 3%, apresentaram índices de migração elevados, neste caso sem prejuízo estrutural no utensílio, possibilitando que todas chegassem ao término do experimento.

Para as panelas curadas (B1, B3 e B7), usadas com a solução de ácido acético a 5%, a migração de cálcio, magnésio, ferro e manganês foi inferior ao das panelas *in natura* usadas com ambas as concentrações do simulante de alimentos. As panelas curadas (B4, B5 e B6) foram as que apresentaram os menores índices de migração dos elementos pesquisados, neste caso a associação do pH menos ácido com a impermeabilização prévia dos utensílios efetuada através da cura, justificam os resultados.

Nesse sentido, fica evidente que o pH menor favoreceu a migração, tanto nas painelas *in natura* como nas curadas, enquanto que a película formada durante o processo de cura do utensílio, dificultou a migração e aumentou a resistência e durabilidade das painelas de pedra. A repetição no uso dos utensílios teve um efeito negativo notório sobre a migração, sendo mais nítido nas painelas *in natura* e no pH mais ácido.

Em todas as situações, é interessante notar que, dentro do mesmo utensílio as curvas de migração específica dos elementos cálcio, magnésio, ferro e manganês apresentaram, em diferentes escalas, um comportamento similar. Estatisticamente, a relação existente entre os principais elementos migrantes pode ser melhor compreendida através do coeficiente de correlação de Pearson (programa EXCEL, versão 8.0 – Microsoft corp.), o qual indica através de um índice sem dimensão, situado entre -1,0 e 1,0 (inclusive) a extensão de uma correlação linear entre dois conjuntos de dados (Tabela 5).

Tabela 5 – Coeficiente de correlação de Pearson para migração específica em painelas de pedra-sabão

Painelas	Meio extrator	Ca/Fe	Ca/Mg	Ca/Mn
Curada	Ácido acético a 5%(v/v)	0,97	0,97	0,99
Curada	Ácido acético a 3%(v/v)	0,83	0,83	0,92
<i>In natura</i>	Ácido acético a 5%(v/v)	0,97	0,96	0,99
<i>In natura</i>	Ácido acético a 3%(v/v)	0,86	0,91	0,89

Os valores encontrados na correlação determinaram uma associação positiva entre o cálcio, usado aqui como variável independente, e os elementos ferro, magnésio e manganês. A associação foi mais acentuada nos casos onde o extrator usado foi o ácido acético a 5% em relação ao ácido acético a 3%, enquanto que o fator da cura das painelas não apresentou influência na correlação.

Estes dados indicam que a migração destes elementos não ocorreu de forma independente, ou seja, eles estavam interligados num mesmo componente mineral da rocha,

o qual foi solubilizado no meio ácido com elevação da temperatura. Entre os minerais que compõem o esteatito, descritos anteriormente na página 11, notamos que apenas a dolomita possui simultaneamente cálcio e magnésio em sua estrutura química ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Este mineral é um carbonato de cálcio e magnésio, admitindo ainda ferro (restrito à relação $\text{Mg:Fe} > 4$) e/ou manganês (até um máximo de 3% em peso), um ou ambos em substituição ao magnésio. Dolomitas contendo quantidades menores de chumbo e zinco também são conhecidas (DEER et alii, 1966).

Assim, a composição química da dolomita aponta para uma participação predominante no produto dos experimentos, esta observação é ainda reforçada ao associarmos o fato de que este mineral possui solubilidade favorecida em meio ácido com elevação de temperatura (LEINZ & CAMPOS, 1968). Portanto, deduzimos que os resultados obtidos aqui se referem basicamente à solubilização da dolomita para o meio extrator usado nas cocções.

A seguir, nos Gráficos 9 e 10 estão representadas, sob a mesma escala de valores, as médias de migração específica dos nutrientes cálcio e magnésio para as placas *in natura* e curadas, respectivamente. A comparação de ambos os gráficos torna novamente clara a influência dos fatores (a) cura do utensílio e (b) acidez do meio extrator, onde o primeiro tem efeito negativo sobre a migração enquanto que o segundo tem efeito positivo. As sucessivas cocções mostraram um efeito negativo na migração dos elementos, sendo este mais acentuado nas placas *in natura* do que nas curadas, especialmente quando usado o ácido acético na concentração de 5%.

As mesmas considerações feitas para os Gráficos 9 e 10 se aplicam para as médias de migração dos nutrientes ferro e manganês, expressas nos Gráficos 11 e 12. Note-se que o declínio na migração é mais tênue, primeiro devido ao processo de cura e depois ao uso do extrator com menor acidez (ácido acético a 3%).

Gráfico 9 - Média (n=3) da migração de Ca e Mg em painéis de pedra-sabão in natura

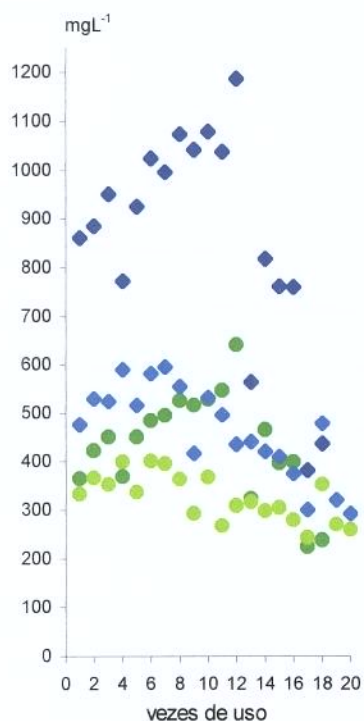


Gráfico 10 - Média (n=3) da migração de Ca e Mg em painéis de pedra-sabão curadas

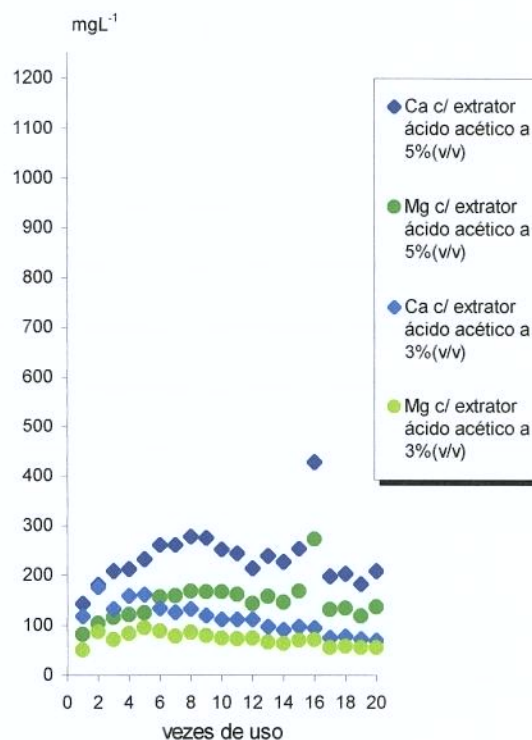


Gráfico 11 - Média (n=3) da migração de Fe e Mn em painéis de pedra-sabão in natura

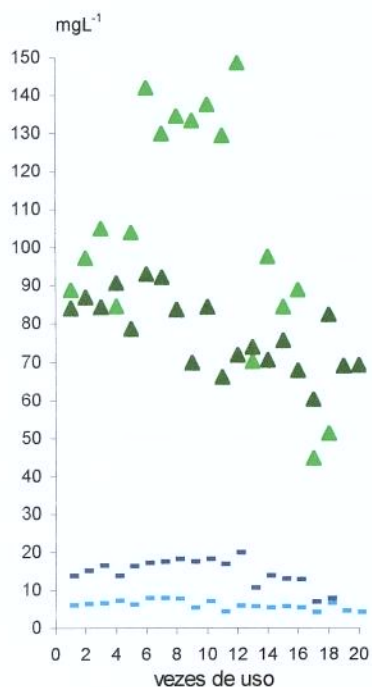
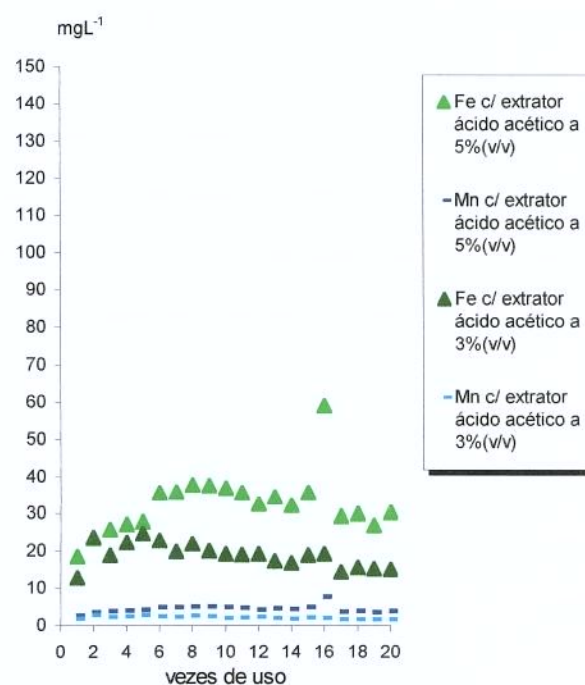


Gráfico 12 - Média (n=3) da migração de Fe e Mn em painéis de pedra-sabão curadas



Os Gráficos 13 e 14 representam através de regressão linear simples a tendência da migração média dos nutrientes mais expressivos (Ca, Mg, Fe e Mn) extraídos pela cocção de ácido acético a 3 e a 5% em utensílios de pedra-sabão *in natura* (Gráfico 13) e curados (Gráfico 14).

Para as panelas *in natura*, notamos que a migração do cálcio apresentou tendência a diminuir com o decorrer do uso do utensílio, isto se aplicou para as duas soluções de ácido acético, sendo mais fortemente caracterizada na solução mais diluída ($r^2=0,61$). Já no caso das panelas curadas, esta migração apresentou uma ligeira tendência a aumentar com o extrator na concentração de 5% e a diminuir na concentração menor, estando também neste caso a tendência fortemente estabelecida ($r^2=0,80$).

Avaliando a migração de cálcio para todas as panelas através da análise de regressão, usando simultaneamente todos os fatores explicativos, encontramos a seguinte equação:

$$\text{Migração Ca} = (142,63 + 481,87 x_1 + 240,6 x_2) - 9,05t$$

Onde: x_1 = panela *in natura*, x_2 = ácido acético a 5%(v/v), t = número de vezes de uso

Assim, se a panela usada é *in natura*, há favorecimento da migração de aproximadamente 482mgL^{-1} a mais do que se fosse uma panela curada. No caso do extrator, há um acréscimo de cerca de 241mgL^{-1} , quando usada a solução de ácido acético a 5%. Para o fator tempo, há um decréscimo de 9mgL^{-1} após cada vez de uso do utensílio.

O magnésio apresentou o mesmo comportamento descrito acima para o cálcio em ambos os grupos de panelas. Analisando os resultados em todas as panelas por análise de regressão, incluindo todos os fatores explicativos simultaneamente, obtivemos a seguinte equação:

$$\text{Migração de Mg} = (92,47 + 268,58 x_1 + 85,4 x_2) - 2,74t$$

Onde: x_1 = panela *in natura*, x_2 = ácido acético a 5%(v/v), t = número de vezes de uso

Desta forma, há um acréscimo de cerca de 269mgL⁻¹ de magnésio quando usada na cocção a panela *in natura*. O uso do ácido acético a 5% como meio extrator, acresceu a migração de magnésio em 85,4mgL⁻¹. Já o fator t teve uma influência negativa de 2,7mgL⁻¹ a cada repetição.

O ferro teve igualmente o mesmo comportamento descrito para os dois nutrientes antecessores, sendo maior a migração na panelas *in natura* e com o extrator ácido acético a 5%. O único caso onde o tempo influenciou positivamente a migração foi na associação da panela curada com o simulante mais concentrado.

A equação geral calculada através de regressão linear simples para a migração do ferro foi a seguinte:

$$\text{Migração de Fe} = (23,5 + 64,81 x_1 + 18,6 x_2) - 0,73t$$

Onde: x_1 = panela *in natura*, x_2 = ácido acético a 5%(v/v), t = número de vezes de uso

A cada cocção seqüencial há uma redução de 0,73mgL⁻¹ na migração do ferro do utensílio em questão. Já o uso de panelas *in natura* favoreceu a migração em aproximadamente 65mgL⁻¹ de ferro a mais do que quando é usada a panela curada. Para o pH, ficou mais uma vez evidenciado que a solução mais ácida estimula a migração, neste caso havendo um acréscimo de 18,6mgL⁻¹ de ferro.

Com relação à migração de manganês, verificou-se que as mesmas considerações feitas até aqui para os elementos cálcio, magnésio e ferro foram igualmente verdadeiras. Sua migração é favorecida nas panelas *in natura* e no pH mais ácido, sendo desfavorecida pelo

tempo de uso do utensílio. A exceção ficou por conta da migração ocorrida nas panelas curadas com a utilização do simulante ácido acético a 5%, a qual apresentou uma tendência positiva no decorrer do tempo de uso do utensílio.

A equação geral para a migração de manganês efetuada através de regressão linear simples foi a seguinte:

$$\text{Migração de Mn} = (2,45 + 8,02 x_1 + 4,1 x_2) - 0,13t$$

Onde: x_1 = panela *in natura*, x_2 = ácido acético a 5%(v/v), t = número de vezes de uso

Assim, quando usada a panela *in natura*, há um acréscimo de aproximadamente 8mgL^{-1} na migração de manganês e de cerca de 4mgL^{-1} quando utilizado o extrator mais concentrado. O tempo teve influência negativa, decrescendo $0,13\text{mgL}^{-1}$ a cada cocção realizada.

Conforme mostrado nos Gráficos 13 e 14, a mais forte tendência de migração foi para o cálcio extraído com ácido acético a 3% em panelas curadas ($r^2=0,8055$), seguido pelas *in natura* sob a mesma condição de extração ($r^2=0,6101$). Apesar de não se observar uma correlação linear expressiva ($<0,49$) para o ferro migrante do utensílio, quantitativamente os valores de migração para este elemento foram elevados, fato que pode estar associado à noção popular da região de que os utensílios em questão possuem poder preventivo e profilático contra a anemia ferropriva.

Panelas de ferro são fonte comprovada cientificamente de ferro na alimentação. CHENG & BRITTIN (1991) demonstraram através de regressão linear simples o acréscimo de até 4mgL^{-1} no ferro total de molho de tomate ($\text{pH} \sim 3,38$) preparado em utensílio de ferro, sendo que nas três primeiras vezes de uso do utensílio os valores de migração foram baixos. No caso das panelas de pedra-sabão, o comportamento da migração do ferro foi similar, sendo menor nas primeiras vezes de uso do utensílio. No entanto em nosso estudo, o

acrécimo médio na quantidade de ferro total extraído, tanto para panelas *in natura* como curadas, se situou entre 12 e 240mgL⁻¹, tornando o utensílio passível de ser considerado como uma boa fonte de ferro.

Embora não fora determinada a biodisponibilidade dos elementos migrantes, trabalhos anteriores (MARTINEZ & VANNUCCHI, 1986; MISTRY et alii, 1988) indicam que o ferro extraído de panelas de ferro possui biodisponibilidade semelhante à do ferro não-heme presente em alimentos.

Gráfico 13 - Análise por regressão linear simples da migração média de nutrientes (Ca, Mg, Fe, Mn) em painéis de pedra-sabão *in natura*

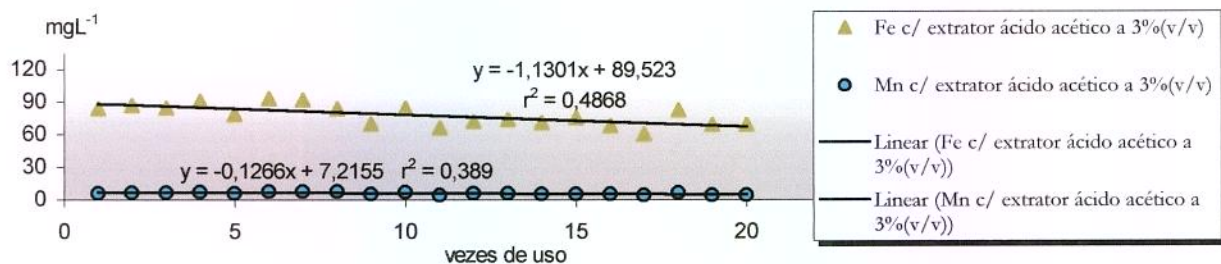
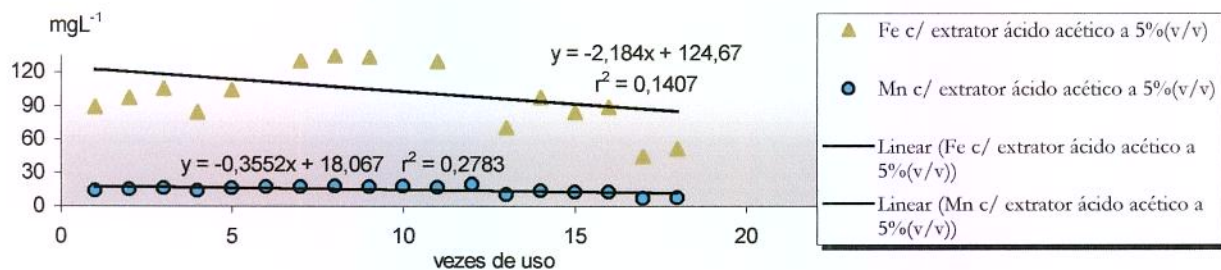
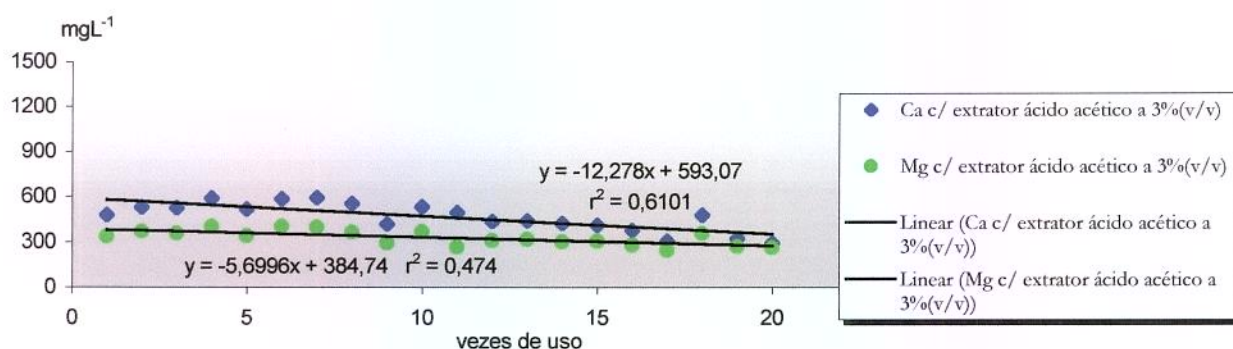
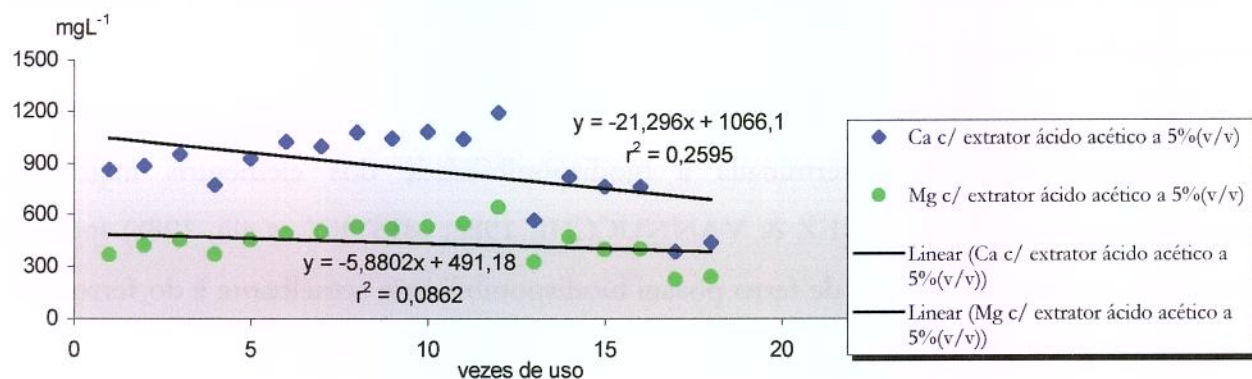
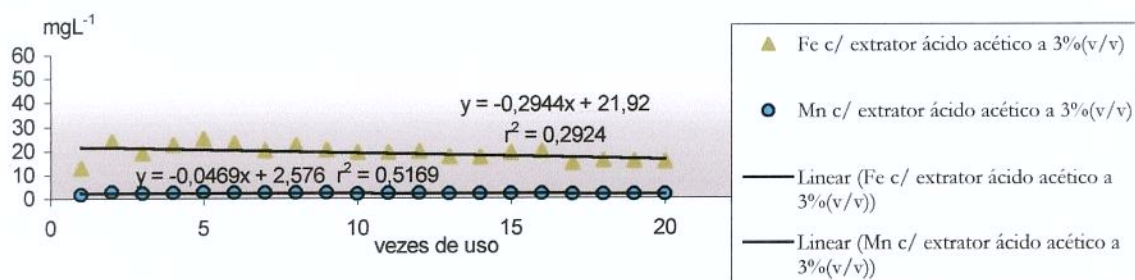
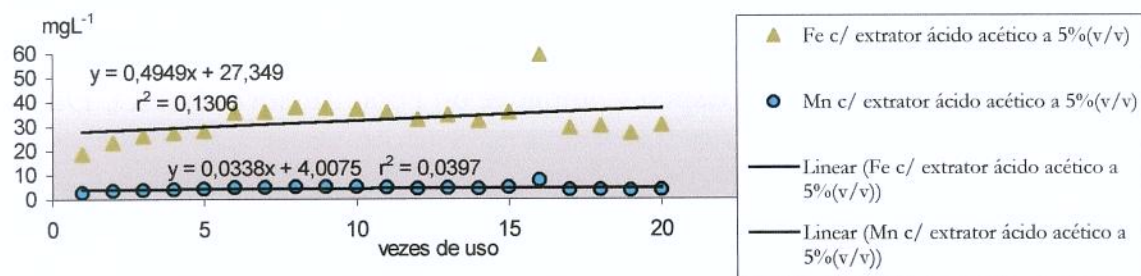
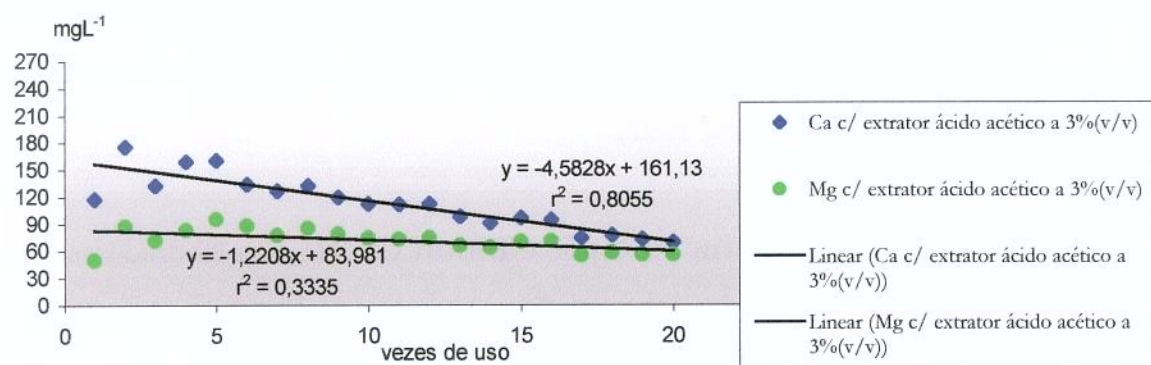
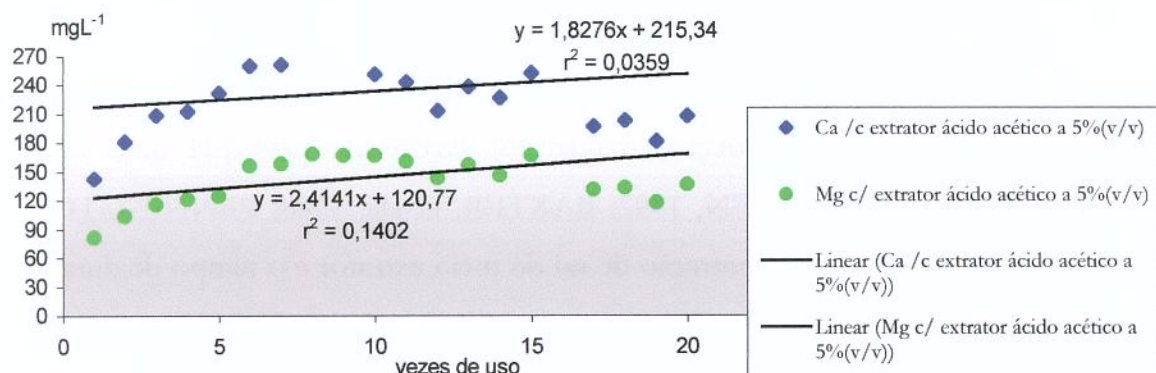


Gráfico 14 - Análise por regressão linear simples da migração média de nutrientes (Ca, Mg, Fe, Mn) em panelas de pedra-sabão curadas



A seguir no Gráfico 15, estão expressos os resultados da migração média dos elementos alumínio, cobalto, níquel e cromo.

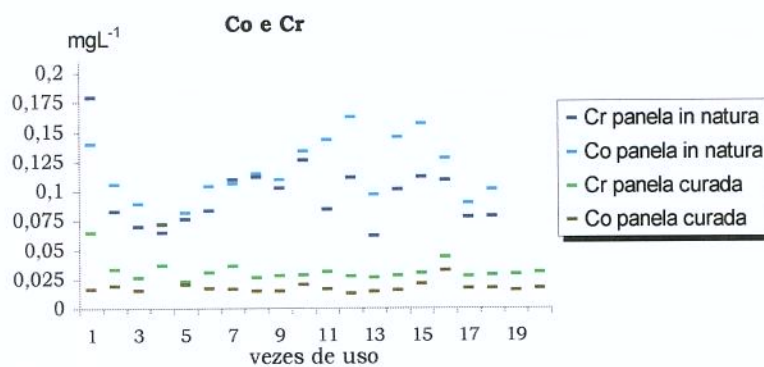
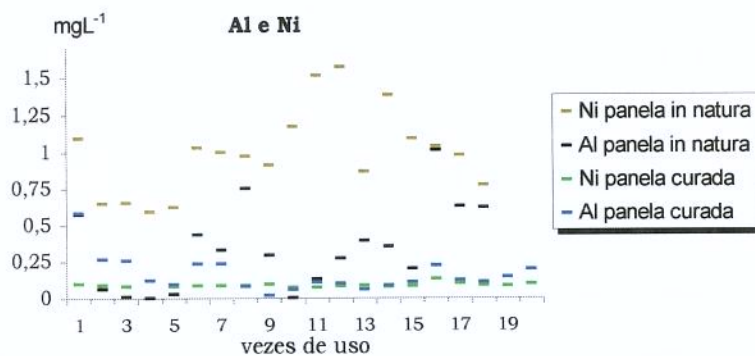
Pesquisas feitas com utensílios de alumínio demonstraram a migração deste elemento para diversos alimentos durante a cocção, a qual foi favorecida pelo pH mais ácido (LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992; BAXTER, et alii, 1988; PENNINGTON, 1987; GREGER, et alii, 1985). A concentração de sal do meio extrator e o tempo de duração da preparação também influenciaram positivamente a migração do alumínio dos utensílios (JONES, 1989; LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992; PENNINGTON, 1987). Testes efetuados com ácido acético a 4% como simulante de alimentos renderam, após 30 minutos de fervura, um acréscimo de até 23mgL^{-1} na concentração final total de alumínio (LIUKKONEN-LILJA & PIEPPONEN, 1992).

Um trabalho italiano realizado em 1996 por GRAMICCIONI e colaboradores, no qual foi avaliada a migração de alumínio dos utensílios deste material para as preparações culinárias, concluiu que a quantidade média total do metal migrante é relativamente pequena. Segundo este estudo, a ingestão de alumínio, mesmo quando todos os alimentos são preparados e estocados em recipientes de alumínio, é de aproximadamente 6 mg/dia, ou seja, bastante inferior ao valor de 7 mg/kg (equivalente a 60 mg/dia para um adulto) estabelecido como tolerável pelo Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (WHO, 1989).

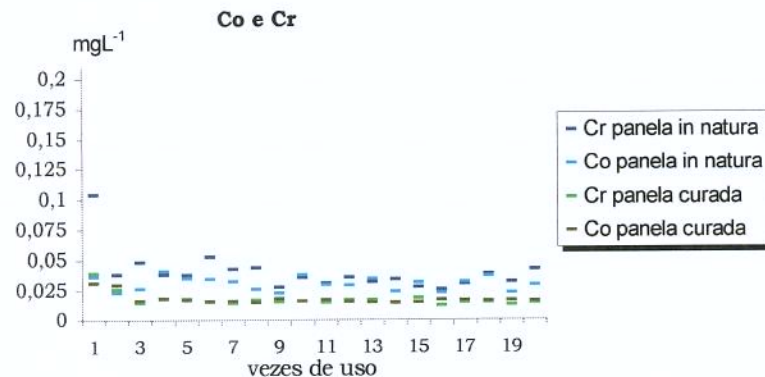
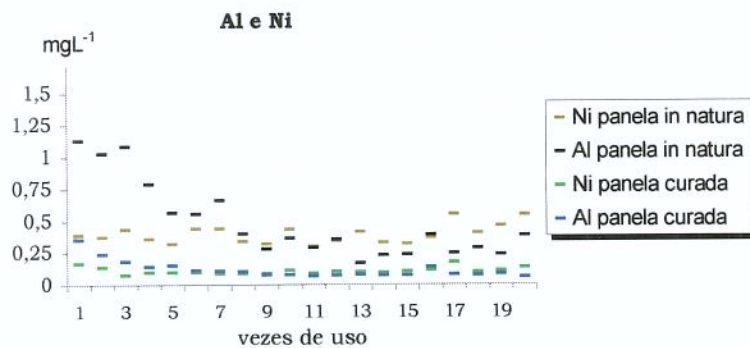
Conforme mostrado no Gráfico 15, a migração do alumínio do esteatito oscilou (máximo de $1,23\text{mgL}^{-1}$ e o mínimo de 0mgL^{-1} (DP=0,35)) durante o decorrer do uso dos utensílios e foram sempre ligeiramente superiores nos utensílios usados *in natura* do que nos curados. É evidente que esses valores não representam risco à saúde humana., vistos os limites permitidos segundo a FAO.

Gráfico 15 - Média de migração de Al, Ni, Co e Cr em placas de pedra-sabão

extrator ácido acético a 5% (v/v) em placas *in natura* e curada



extrator ácido acético a 3% (v/v) em placas *in natura* e curada



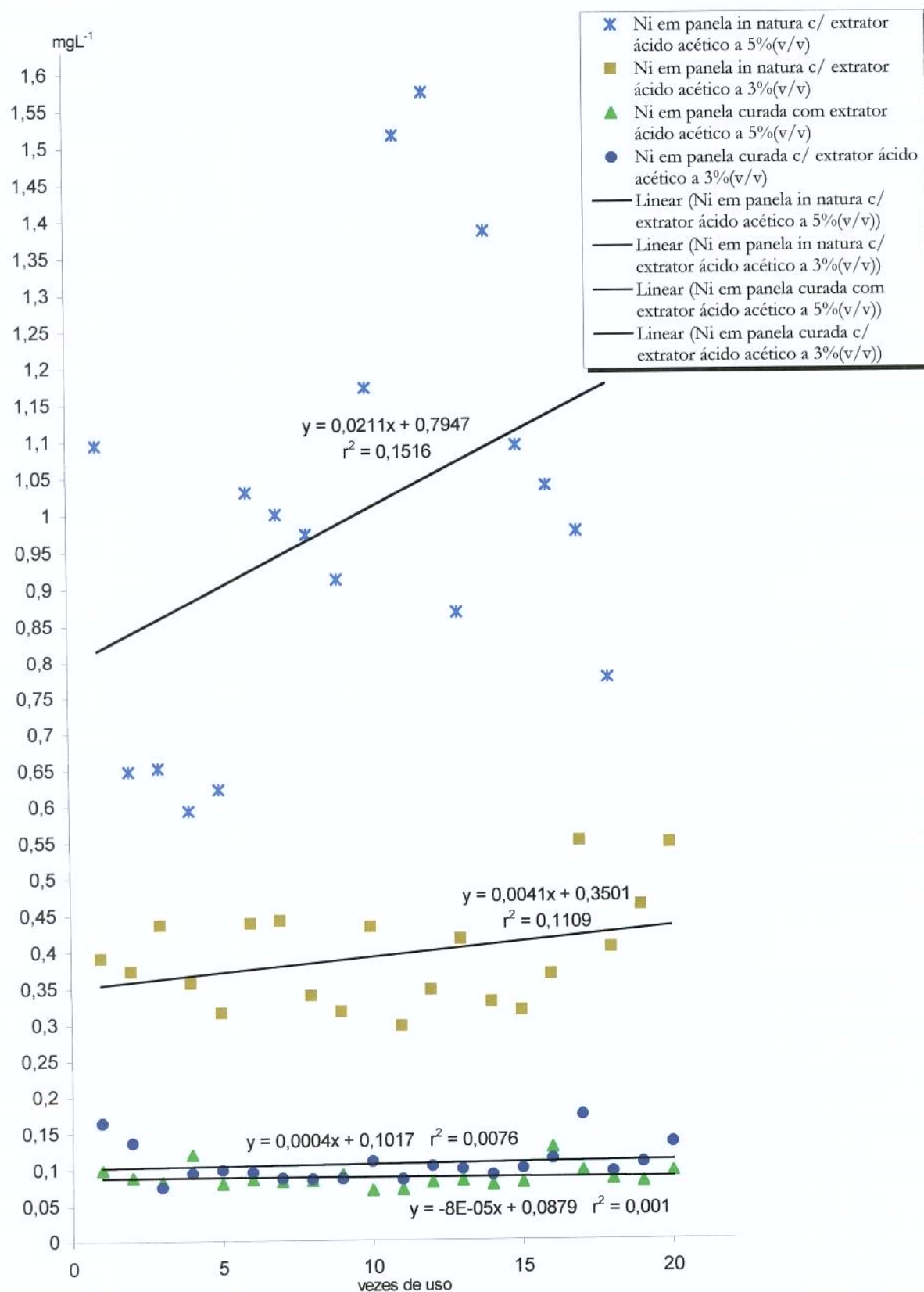
Com relação aos elementos cobalto e o cromo, ambos mostraram comportamento semelhante em todas as panelas utilizadas no experimento, sendo os maiores valores encontrados no início das cocções e especialmente naqueles onde houve a utilização do extrator ácido acético a 5%. As panelas *in natura* apresentaram uma migração maior em relação as usadas na forma curada. A evolução tanto do cobalto como do cromo durante o decorrer do tempo de uso dos utensílios foi constante.

No caso do cromo, cabe ressaltar que os valores médios encontrados estiveram sempre entre 0,01 e 0,05mgL⁻¹ (DP= 0,035), exceto na primeira cocção realizada nas panelas *in natura* onde se atingiu o valor máximo de 0,17mgL⁻¹ (DP= 0,052). Testes feitos em panelas de aço inoxidável indicaram um acréscimo de 0,01 a 0,31mgL⁻¹ no cromo total após 5 minutos de fervura de ácido acético a 5% (KULIGOWSKI e HALPERIN, 1992). Outros estudos realizados sob diversas condições de cocção, obtiveram acréscimos de 0,03 a 0,42mgL⁻¹ na concentração final total de cromo (KUMAR et alii, 1994; AGARWAL et alii, 1997).

O níquel, por ser um metal tóxico (AGARWAL et al., 1997; FLINT & PACKIRISAMY, 1997) merece destaque entre as migrações avaliadas. Conforme mostrado no Gráfico 9, a utilização do ácido acético a 5% em panelas *in natura* demonstrou extrair quantidades não desprezíveis de níquel, apesar das oscilações observadas. Cabe salientar que o uso desta solução extratora em panelas de pedra *in natura* representou extrema corrosão neste tipo de utensílio, uma vez que apenas uma panela do lote (A1) subsistiu até o final do experimento.

Uma quantidade menor de níquel foi extraída com o uso do ácido acético a 3% em panelas *in natura*, entretanto, os valores médios de migração observados foram superiores aos apresentados pelas panelas curadas, mesmo com ácido acético a 5%. Maiores detalhes sobre a migração de níquel em panelas *in natura* e curadas podem ser vistos a seguir no Gráfico 16.

Gráfico 16 - Análise por regressão linear simples da migração média de Ni em painéis de pedra-sabão



Segundo o exposto no Gráfico 16, a diferença na quantidade de migração de níquel em panelas *in natura* e curada foi sensível. No caso das panelas *in natura*, apesar de muito oscilante, a migração específica de níquel esteve muito elevada quando usado o simulante de alimento a 5% (0,81 a 1,18mgL⁻¹), apresentando menores níveis e oscilações quando empregado o extrator na forma mais diluída (0,35 a 0,44mgL⁻¹).

Para as panelas curadas, a situação foi oposta, quantidades ligeiramente maiores de níquel foram extraídas sob o uso do ácido acético a 3%. O comportamento de ambas as curvas de migração, no grupo das panelas curadas, foi similar e constante durante as 20 cocções seqüenciais. A regressão linear calculada, merece destaque, pois apresentou o score de 0,001 na migração do níquel em ácido acético a 5% e de 0,0076 com ácido acético a 3%, ambos com significância de $p < 0,05$. Estes resultados indicam que a migração de níquel em panelas curadas não é afetada com o decorrer do uso do utensílio.

Quantitativamente, os valores atingidos de níquel, estão elevados apenas nos casos das panelas usadas na forma *in natura*. As panelas curadas apresentaram valores aceitáveis para a migração (0,09 a 0,11mgL⁻¹). Panelas de aço inoxidável, conforme demonstrado em vários trabalhos científicos, possuem valores de migração total de níquel com extrator ácido acético a 5% que variam entre 0,01 a 0,21mgL⁻¹, dependendo do tipo de utensílio, composição metálica da liga industrial, pH, tempo de uso, condições experimentais, entre outros (KULIGOWSKI & HALPERIN, 1992; KUMAR et alii, 1994; AGARWAL, et alii 1997).

KUMAR e colaboradores (1994), avaliando a migração total de níquel em vários utensílios de aço inoxidável sob diversas condições experimentais, obtiveram com uso de ácido acético a 5% o valor de 0,17mgL⁻¹. KULIGOWSKI & HALPERIN (1992) também avaliaram a migração específica de níquel em diferentes utensílios de aço inoxidável mediante a fervura de ácido acético a 5% por cinco minutos em diversos utensílios do citado material. Seus resultados revelaram 0,21mgL⁻¹ como valor máximo para o níquel total migrante nos utensílios avaliados.

Rochas ultrabásicas, protólitos dos esteatitos, são usualmente enriquecidas em elementos como Cr, Ni e Co. Processos de metamorfismo redistribuem estes elementos e os acomodam como novos minerais, quando estão em quantidades suficientes para o isolamento de fases cristalinas, ou os dispersam como substituições dentro de outros retículos que os aceitem. Esta aceitação vai depender de raios iônicos, valências e compensações de carga. Minerais e candidatos a estas substituições são: Cr na titanita ocupando o sítio do Ti; Ni na serpentina substituindo o Mg (até 0,25%, DEER et alli, 1966); Cr substituindo Fe^{3+} , Ni e Co substituindo Fe^{2+} na magnetita; Ni e Co substituindo Fe na pirita.

O alumínio também pode ser encontrado como substituições do Si e do Mg presentes no talco, além de estar presente em dois sítios como soluções sólidas ¹ na fórmula da clorita, onde sua variação vai alterar parâmetros cristalinos.

A origem destes elementos e/ou de frações dos outros elementos no simulante, pode estar relacionada à solubilização de porções terminais dos minerais, rompidas mecanicamente pela fabricação das painéis. As bordas fragmentadas de retículos não apresentam a estabilidade química encontrada nas estruturas completas.

A fim de avaliar a migração específica dos metais tóxicos chumbo, cádmio e arsênico, foi feita varredura pelo ICP-OES em dez amostras aleatórias. No caso dos dois primeiros elementos, os valores obtidos foram inferiores a $127 \mu\text{gL}^{-1}$, enquanto que o arsênico não foi detectado em nenhuma das amostras analisadas. Estes resultados estão de acordo com os valores constantes nos laudos dos laboratórios europeus, os quais ainda expressam valores para migração específica de outros metais tóxicos: mercúrio e cromo, ambos com resultados desprezíveis. Os testes de migração global e específica efetuados pelos citados laboratórios envolveram exposição dos utensílios a diferentes soluções: (1) água por 2 horas a 100°C , (2)

¹ Termo considerado em geoquímica para designar uma variação composicional entre dois ou mais elementos químicos posicionados em um determinado sítio de um retículo cristalino, que pode ou não determinar seus membros finais como minerais diferenciados.

ácido acético a 3% por 2 horas a 100°C, (3) ácido acético a 4% por 24 horas a 22°C (CIVO, 1989; POLITÉCNICO DI TORINO, 1994).

Assim sendo, o utensílio de pedra-sabão é seguro para o uso culinário segundo os parâmetros publicados pelo Food and Drug Administration (FDA), que estabelece um limite de segurança de 0,5 mgL⁻¹ para migração de cádmio e de 3,0 mgL⁻¹ para o chumbo (BACZYNSKYJ & YESS, 1995; FDA/CFSAN, 1998).

Por outro lado, o uso regular da panela de pedra-sabão no preparo de alimentos fornece, segundo o observado em nosso experimento, uma contribuição em nutrientes indispensáveis como cálcio, magnésio e ferro, dos quais a população como um todo, mais parece sofrer de deficiência do que de excessos.

Com relação ao peso inicial e final de quatro panelas usadas no experimento, observa-se na Tabela 6 que os utensílios usados na forma *in natura* sofreram uma maior erosão frente aos que passaram pelo tratamento térmico da cura. Nas diferenças de pesos sobressai o valor correspondente ao desgaste sofrido pela panela A3. A erosão, que foi localizada em certos pontos deste utensílio, ocasionou seu rompimento na décima nona vez de uso. Detalhes ainda sobre a erosão das panelas podem ser observados nas Fotografias A, B e C expostas na página 64.

Tabela 6 - Peso inicial e final de panelas de pedra-sabão usadas com solução de ácido acético a 5 %(v/v)

Panela	Veze de uso	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Peso Inicial – Peso final (g)
A1	20	2725	2710	15
A3	18	2720	2670	50
B1	20	2620	2610	10
B3	20	2540	2510	30

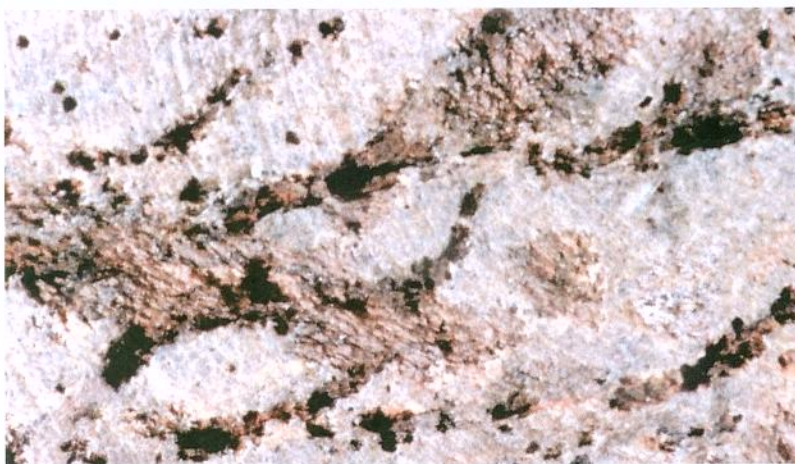
A: *in natura*

B: curada

Fotografias da superfície interna das placas de pedra-sabão



A) Superfície interna do fundo de uma placa de pedra-sabão *in natura* nova



B) Superfície interna do fundo da placa *in natura* (A3) usada com extrator ácido acético a 5%



C) Superfície interna do fundo da placa curada (B3) usada com extrator ácido acético a 5%

Referências Bibliográficas

- AGARWAL, P.; SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, M. M.; PRAKASH, S.; RAMANAMURTHY, M.; SHRIVASTAV, R. DASS, S. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and some Indian drinks. **The Science of the Total Environment**, S.l., v.199, n. 3, p. 271-275, 1997.
- BACZYNSKYJ, W. M.; YESS, N. J. U. S. Food Drug Administration monitoring of lead in domestic and imported ceramic dinnerware. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 78, n. 3, p. 610-613, 1995.
- BAXTER, M.; BURRELL, J. A.; MASSEY, R. C. The effects of fluoride on the leaching of aluminium saucepans during cooking. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 5, n. 4, p. 651-656, 1988.
- CAMPOS, M. L. R.; SILOGO, J. B. **Noções básicas sobre geociências**. Publicação especial do Museu de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1994. 20 p.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM/INSTITUTO de TECNOLOGIA de ALIMENTOS. **Interação embalagem plástica e produto**: curso 25 e 26 de outubro de 1995. Campinas: CETEA/ITAL, 1995. Paginação irregular.
- CHENG, Y. J.; BRITTIN, H. C. Iron in food: effect of continued use of iron cookware. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n.2, p. 584-585, 1991.
- CIVO - Institutten TNO. **Relatório técnico da análise de migração de metais contaminantes de utensílios de pedra-sabão**. Ontvangen: 1989. 2 p.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics a ready-reference book of chemical and physical data. 72 ed. Boca Raton: CRC Press, 1991-92, Cap. 8, p. 1-1—16-32.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. **An introduction to the rock forming minerals**. Essex: Longman Press, 1966. Part 5: Non Silicates, Dolomite, p. 489-493.
- FDA/CFSAN **Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed**. Disponível na Internet: <http://www.vn.cfsan.fda.gov/~lrd/fdaact.html>. 08 Oct. 1998.
- FIMREITE, N.; HANSEN, O. Ø.; PETTERSEN, H. C.; Aluminum concentrations in selected foods prepared in aluminum cookware, and its implications for human health. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 58, n. 1, p.1-7, 1997.

- FLINT, G.M.; PACKIRISAMY, S. Purity of food cooked in stainless steel utensils. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 14, n. 2, p. 115-126, 1997.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Censo Demográfico 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, n. 18, 1991. (Minas Gerais)
- JONES, J. M. Aluminum in the diet or cookware: cause for concern? **Cereal food World**, Saint Paul, v. 34, n. 9, p. 706-708, 1989.
- GALEAZZI, M. A. M.; DOMENE, S. M. A.; SICHIERI, R. Estudo multicêntrico sobre consumo alimentar. **Cadernos de Debate**, Campinas, 1997. Volume especial, 62 p.
- GIBSON, R. S.; DONOVAN, U. M.; HEATH, A-L. M. Dietary strategies to improve the iron and zinc nutriture of young women following a vegetarian diet. **Plant Food for Human Nutrition**, Netherlands, v. 51, n. 1, p. 1-16, 1997.
- GRAMICCIONI, L.; INGRAO, G.; MILANA, M. R.; SANTARONI, P.; TOMASSI, G. Aluminium levels in Italian diets and in selected foods from aluminium utensils. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 13, n. 7, p. 767-774, 1996.
- GREGER, J. L.; GOETZ, W.; SULLIVAN, D. Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 48, n. 9, p. 772-777, 1985.
- 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. **Journal of Food Science and Technology**, Bangalore, v. 34, n. 5, p. 427-430, 1997.
- KULIGOWSKI, J.; HALPERIN, K. M. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 23, n.2, p. 211-215, 1992.
- 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. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 53, n. 2, p. 259-266, 1994.
- LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. S. **Guia para determinação de minerais**. 4 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968, p. 140.
- LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONEN, S. Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages. **Foods Additives and Contaminants**, London, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.

- MARTINEZ, F. E.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of iron added to the diet by cooking food in an iron pot. **Nutrition Research**, New York, v. 6, n.4, p. 421-428, 1986.
- MISTRY, A. N.; BRITTIN, H. C. ; STOCKER, B. J. Availability of iron from food cooked in an iron utensil determined by an *in vitro* method. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1546-1548, 1988.
- MOHAMED, N.; CHIN, Y. M.; POK, F. W. Leaching of lead from local ceramic tableware. **Food Chemistry**, Great Yarmouth, v. 54, n. 3, p. 245-249, 1995.
- PENNINGTON, J. A. T. Aluminium content of foods and diets. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 5, n. 2, p. 161-232, 1987.
- PERRIN, M. B. **An introduction to the chemistry of rocks and minerals**. New York: John Wiley e Sons, 1975. p. 97.
- POLITECNICO DI TORINO. **Relatório técnico da análise de migração de metais contaminantes em utensílios de pedra sabão**. Torino, 1994. 3 p.
- ROESER, H.; ROESER, U.; SHULTZ-DOBRICK, B.; TOBSCHALL, H. J. Pedra Sabão - uma rocha metassomática. **Anais do IV Simpósio de Geologia de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 7, p. 206-308, 1987.
- ROESER, U.; ROESER, H.; MUELLER, G.; TOBSCHALL, H. J. Petrogênese dos esteatitos do sudeste do quadrilátero ferrífero. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**, Camburiú, v. 4, p. 2230 – 2245, 1980.
- SHEETS, R. W. Extraction of lead, cadmium and zinc from overglaze decoration on ceramic dinnerware by acidic and basic food substances. **The Science of the Total Environment**, Sl., v. 197, n. 1/3, p. 167-175, 1997.
- SHEETS, R. W. Use of home test kits for detection of lead and cadmium in ceramic dinnerware. **The Science of the Total Environment**, S.l., v. 219, n. 1, p. 13-19, 1998.
- SHEETS, R. W. Acid extraction of lead and cadmium from newly-purchased ceramic and melamine dinnerware. **The Science of the Total Environment**, S.l., v. 234, n. 1/3, p. 233-237, 1999.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Evaluation of certain food additives and contaminants; Thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **WHO Technical Report Series**. WHO: Geneva, n. 776, p. 26-27, 1989.

4. Conclusões

- ✓ As panelas de pedra-sabão da região de Santa Rita de Ouro Preto (MG) são veículos de vários elementos de possível utilidade nutricional, dentre os quais se destacam o cálcio, o magnésio, o ferro e o manganês.
- ✓ Pelo perfil dos elementos extraídos, o componente mineral da rocha dissolvido nos meios extratores utilizados foi a dolomita, a qual apresenta na composição geoquímica quantidades expressivas de cálcio, magnésio, ferro e manganês.
- ✓ Nas amostras estudadas a migração dos metais pesados chumbo, cádmio e arsênico esteve dentro dos níveis de segurança estabelecidos internacionalmente, não apresentando risco para o usuário.
- ✓ As panelas de pedra-sabão, quando utilizadas na forma *in natura*, são fonte considerável de níquel, elemento com toxicidade associada a alergias, em especial à dermatites de contato.
- ✓ A cura das panelas de pedra-sabão aumenta a resistência física do utensílio e reduz a migração de todos os elementos, inclusive do níquel que, neste caso, se manteve dentro de níveis não tóxicos.
- ✓ Os fatores acidez do meio, cura/não-cura do utensílio e número de vezes de uso, exerceram forte influência sobre a migração. O pH menos ácido, a cura e o tempo de uso influíram no sentido de diminuir a migração.
- ✓ A associação dos fatores promotores da migração (solução mais ácida e panela *in natura*) demonstrou afetar em grande extensão a estrutura física do utensílio, a tal ponto de ocasionar o descarte do utensílio.
- ✓ A recomendação de se efetuar a cura das panelas de pedra-sabão antes do seu primeiro uso foi comprovada, tanto no sentido de reduzir a migração de níquel, como no de estender a durabilidade do utensílio.
- ✓ O saber popular da região, sobre o uso do utensílio de pedra-sabão como meio preventivo e profilático da anemia ferropriva tem ao menos um fundamento teórico, dadas as quantidades de ferro que podem migrar para o alimento.

5. Referências Bibliográficas

- AGARWAL, P.; SRIVASTAVA, S.; SRIVASTAVA, M. M.; PRAKASH, S.; RAMANAMURTHY, M.; SHRIVASTAV, R. DASS, S. Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and some Indian drinks. **The Science of the Total Environment**, S.l., v.199, n. 3, p. 271-275, 1997.
- ALFREY, C. A. Aluminum. In: MERTZ, W. (ed). **Trace elements in human and animal nutrition**. 5 ed. Orlando: Academic Press, 1986. v. 2, p. 399-413.
- AMAYA-FARFAN, J. Fatores nutricionais que influem na formação e manutenção do osso. **Revista de Nutrição da Puccamp**, Campinas, v. 7, n. 2, p.148-172, 1994.
- ARNAUD, C. D.; SANCHEZ, S. D. Calcium and Phosphorus. In: ZIEGLER, E. E.; FILER, Jr. L. J. (eds): **Present Knowledge in Nutrition**. 7 ed. Washington: ILSI Press, 1996. p. 245-255.
- BAXTER, M.; BURRELL, J. A.; MASSEY, R. C. The effects of fluoride on the leaching of aluminium saucepans during cooking. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 5, n. 4, p. 651-656, 1988.
- BINGHAM, S. **Dictionary of nutrition**. 2 ed. Great Britain: Barrie & Jenkins, 1978. p. 319.
- BRASIL. Ministério da Educação. Universidade Federal de Ouro Preto. **Parecer sobre o uso de pedra-sabão na fabricação de utensílios de cozinha**. Ouro Preto, 1993. 2 p.
- BRITTIN, H. C.; NOSSAMAN, C. E. Iron content of food cooked in iron utensils. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 86, n. 7, p. 897-901, 1986.
- CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM/INSTITUTO de TECNOLOGIA de ALIMENTOS. **Interação embalagem plástica & produto: curso 25 e 26 de outubro de 1995**. Campinas: CETEA/ITAL, 1995. Paginação irregular.
- CIVO - Instituten TNO. **Relatório técnico da análise de migração de metais contaminantes de utensílios de pedra-sabão**. Ontvangen: 1989. 2 p.
- 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.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. **An introduction to the rock forming minerals**. Essex: Longman Press, 1966. Part 5: Non Silicates, Dolomite, p. 489-493.
- FAIRWEATHER-TAIT, S.; HURRELL, R. F. Bioavailability of minerals and trace elements. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 9, p. 295-234, 1996.
- FLEISCHER, M.; MANDARINO, J. A. **Mineral species**. Tucson: The Mineralogical Record Inc, 1995. p. 280.

- FIMREITE, N.; HANSEN, O. Ø.; PETTERSEN, H. C.; Aluminum concentrations in selected foods prepared in aluminum cookware, and its implications for human health. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 58, n. 1, p.1-7, 1997
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 54, 1994.
- GALEAZZI, M. A. M.; DOMENE, S. M. A.; SICHIERI, R. Estudo multicêntrico sobre consumo alimentar. **Cadernos de Debate**, Campinas, 1997. Volume especial, 62 p.
- GIBSON, R. S.; DONOVAN, U. M.; HEATH, A-L. M. Dietary strategies to improve the iron and zinc nutriture of young women following a vegetarian diet. **Plant Food for Human Nutrition**, Netherlands, v. 51, n. 1, p. 1-16, 1997.
- IGOE, R. S. **Dictionary of food ingredients**. 2 ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p. 225.
- 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. **Journal of Food Science and Technology**, Bangalore, v. 34, n. 5, p. 427-430, 1997.
- KOLLIPARA, U. K.; BRITTIN, H. C. Increased iron content of some Indian foods due to cookware. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 96, n. 5, p. 508-511, 1996.
- KULIGOWSKI, J.; HALPERIN, K. M. Stainless steel cookware as a significant source of nickel, chromium, and iron. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 23, n. 2, p. 211-215, 1992.
- LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. S. **Guia para determinação de minerais**. 4 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1968. p. 140.
- LIUKKONEN-LILJA, H.; PIEPPONEN, S. Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages. **Foods Additives and Contaminants**, London, v. 9, n. 3, p. 213-223, 1992.
- MARTINEZ, F. E.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of iron added to the diet by cooking food in an iron pot. **Nutrition Research**, New York, v. 6, n.4, p. 421-428, 1986.
- MATERIALS ANALYTICAL SERVICES. **Soapstone samples from Brazil**. Norcross, 1990. 6 p.

- MILLER-IHLI, N. J. Trace element determinations in foods and biological samples using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry or Flame Atomic Absorption Spectrometry. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 9, p. 2675-2679, 1996.
- MISTRY, A. N.; BRITTIN, H. C.; STOCKER, B. J. Availability of iron from food cooked in an iron utensil determined by an *in vitro* method. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1546-1548, 1988.
- MOHAMED, N.; CHIN, Y. M.; POK, F. W. Leaching of lead from local ceramic tableware. **Food Chemistry**, Great Yarmouth, v. 54, n. 3, p. 245-249, 1995.
- MORRIS, E. R. Iron. In: MERTZ, W. (ed) **Trace elements in human and animal nutrition**. 5 ed. Orlando: Academic Press, 1987. v. 1, p. 79-142.
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. Consensus Statement: optimal calcium intake. Bethesda: NHI, 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Recommended Dietary Allowances, 10 ed, Washington: National Academy Press, 1989. 284 p.
- PENNINGTON, J. A. T. Aluminium content of foods and diets. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 5, n. 2, p. 161-232, 1987.
- PARK, J. BRITTIN, H. C. Increase iron content of food due to stainless steel cookware. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 97, n. 6, p. 659-661, 1997.
- PERRIN, M. B. **An introduction to the chemistry of rocks and minerals**. New York: John Wiley & Sons, 1975. p. 97.
- POLITECNICO DI TORINO. **Relatório técnico da análise de migração de metais contaminantes em utensílios de pedra sabão**. Torino, 1994. 3 p.
- PONEROS-SCHNEIER, A. G.; ERDMAN JR, J. W. Bioavailability of calcium from sesame seeds, almond powder, whole wheat bread, spinach and nonfat dry milk in rats. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 1, p. 150-153, 1989.
- RAJWANSHI, P.; SINGH, V.; GUPTA, M. K.; KUMARI, V.; SHRIVASTAV, R.; RAMANAMURTHY, M.; DASS, S. Studies on aluminium leaching from cookware in tea and coffee and estimation of aluminium content in toothpaste, baking powder and masala. **The Science of the Total Environment**, S.L, v. 193, n. 3, p. 243-249, 1997.

- RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; LEINEN, S. D.; SCHNELLER, F. E. Bioavailability of calcium in breads fortified with different calcium sources. **Cereal Chemistry**, New York, v. 74, n. 4, p. 361-363, 1997.
- REILLY, C. Technical note: Lead and copper uptake by food prepared in tinned-copper utensils. **Journal of Food Technology**, London, v. 13, n. 1, p. 71-76, 1978.
- ROBERTS, N. B.; CLOUGH, A.; BELLIA, J. P.; KIM, J. Y. Increased absorption of aluminium from a normal dietary intake in dementia. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 69, n. 3, p. 171-176, 1998.
- ROESER, H.; ROESER, U.; SHULTZ-DOBRICK, B.; TOBSCHALL, H. J. Pedra Sabão - uma rocha metassomática. **Anais do IV Simpósio de Geologia de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 7, p. 206-308, 1987.
- ROESER, U.; ROESER, H.; MUELLER, G.; TOBSCHALL, H. J. Petrogênese dos esteatitos do sudeste do quadrilátero ferrífero. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia**, Camburiú, v. 4, p. 2230 - 2245, 1980.
- ROCHOW, E. G. **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. p. 180.
- SHEETS, R. W. Extraction of lead, cadmium and zinc from overglaze decoration on ceramic dinnerware by acidic and basic food substances. **The Science of the Total Environment**, S.l., v. 197, n. 1/3, p. 167-175, 1997.
- SHEETS, R. W. Use of home test kits for detection of lead and cadmium in ceramic dinnerware. **The Science of the Total Environment**, S.l., v. 219, n. 1, p. 13-19, 1998.
- SHILS, M. E. Magnesium. In: ZIEGLER, E. E.; FILER, Jr. L. J. (eds): **Present Knowledge in Nutrition**. 7 ed. Washington: ILSI Press, 1996. Cap. 7., p.256-264.
- SMART, G. A.; SHERLOCK, J. C. Nickel in foods and the diet. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 4, n. 1, p. 61-71, 1987.
- ZHOU, Y. D.; BRITTIN, H. C. Increased iron content of some Chinese foods due to cooking in steel woks. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 94, n. 10, p. 1153 - 1155, 1994.
- YIP, R.; DALLMAN, P. R. Iron. In: ZIEGLER, E. E.; FILER, Jr. L. J. (eds), **Present Knowledge in Nutrition**, 7 ed. Washington: ILSI Press, 1996. p. 277-292.

6. Anexo 1

Descrição da pesquisa de campo

Localidade	Ouro Preto (MG)
Universo: população total com residência fixa no município (IBGE,1991)	62.514
Tamanho da amostra (domicílios selecionados)	232
Procedimento de amostragem	De acordo com setores censitários (IBGE,1991)
Período de realização do trabalho de campo	13 a 20 de junho de 1998

7. Anexo 2

anfibólios: são cadeias duplas de SiO_4 , unidas lateralmente por cátions, com alguma hidroxila. A estrutura dos anfibólios admite uma grande flexibilidade de substituição iônica em dois sítios básicos: cátions octaédricos menores (Mg , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al , Cr , e Zn) e maiores (Ca , Na , K). Estes cátions podem sofrer muitas trocas entre si. Em muitos anfibólios, o Si é substituído por Al , e o OH , por F ou Cl . A actinolita forma uma série com a tremolita e a antofilita, com a gedrita.

clorita: esta estrutura é uma alternância de camadas tipo talco (com três sub camadas) com as do tipo brucita. Substituições de Mg , Al e Fe podem ocorrer nos componentes “talco” ou “brucita”.

dolomita: uma estrutura romboédrica com eixo em tríade, onde se acomodam os grupos planares de CO_3 . Pode ser considerada como uma combinação de uma camada de calcita, CaCO_3 , e uma camada de magnesita, MgCO_3 . Existe uma substituição completa de Mg por Fe^{2+} , em direção à ankerita, $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$.

epidotos: consistem de cadeias de AlO_6 e $\text{AlO}_4(\text{OH})_2$ octaédricos ligados por grupos SiO_4 e Si_2O_7 independentes. No membro ortorrômbico, a zoizita, somente substituições restrita de Al pelo Fe^{3+} pode ocorrer, enquanto que nos membros monoclinicos, epidoto, clinozoizita e piemontita, tem-se uma grande variedade de substituições no cátion base: Ca , Ce^{3+} , La^{3+} , T^{3+} , Th , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} . Na posição do Al , podem vir Fe^{3+} , Mn^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Ti .

limonita: apesar de ter sido considerada como uma fórmula definida, a limonita consiste de um agregado criptocristalino de goetita e lepidocrocita, juntamente com água adsorvida. Alguma hematita pode estar presente.

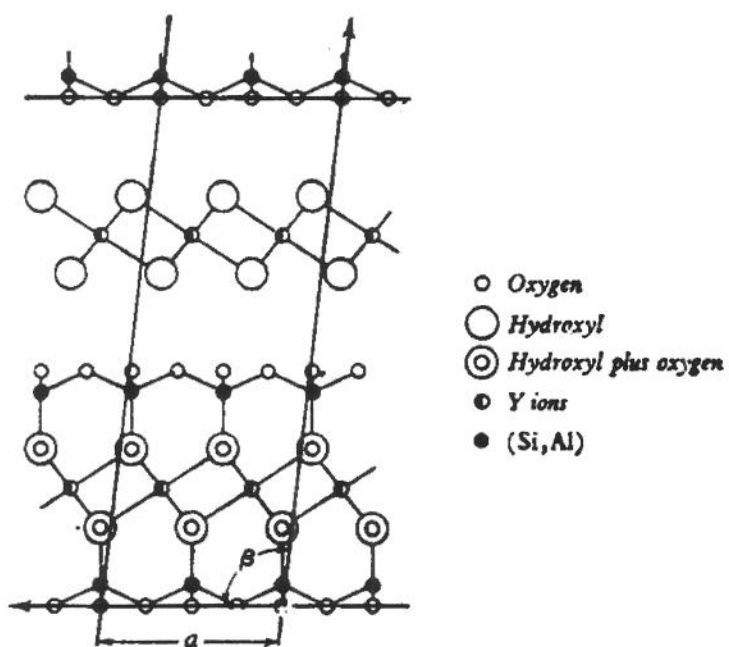
magnetita: membro férrico-ferroso dos espinélios, grupo que apresenta 32 oxigênios e 24 cátions na cela unitária. A magnetita pertence aos chamados espinélio inversos. Neste membro, ocorre uma substituição em pequenas proporções de Al por Fe^{3+} e Ca , Mn ou Mg por Fe^{2+} .

pirita: é um sulfeto densamente empacotado, onde na cela em cubo o Fe se posiciona nos cantos e centros das faces. Pares S-S são arranjados em inclinação, ocupando posições intermediárias das arestas e no centro do cubo. Ocorre substituição completa do Fe por Ni e por Co, formando a vaesita e a cattierita.

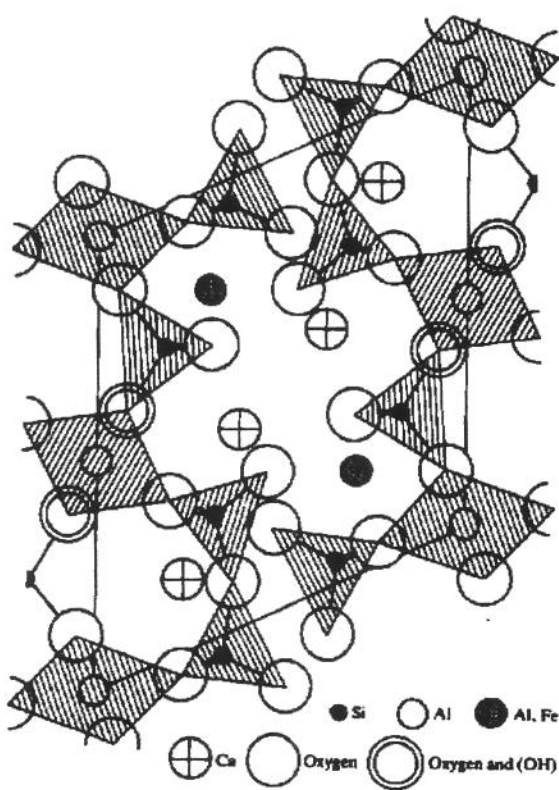
serpentina: apresentam uma estrutura em camadas. Uma parte da estrutura é formada por uma rede pseudo-hexagonal de tetraedros de sílica ligada a uma camada tipo brucita onde duas das hidroxilas são substituídas pelo oxigênio apical da SiO_4 .

talco: a estrutura principal é formada por camadas compostas por cátions coordenados octaetricamente, presos entre 2 camadas idênticas de SiO_4 tetraédricos. Os cátions são Mg com substituição por Fe. Em substituição do Si, podem entrar Al e Ti.

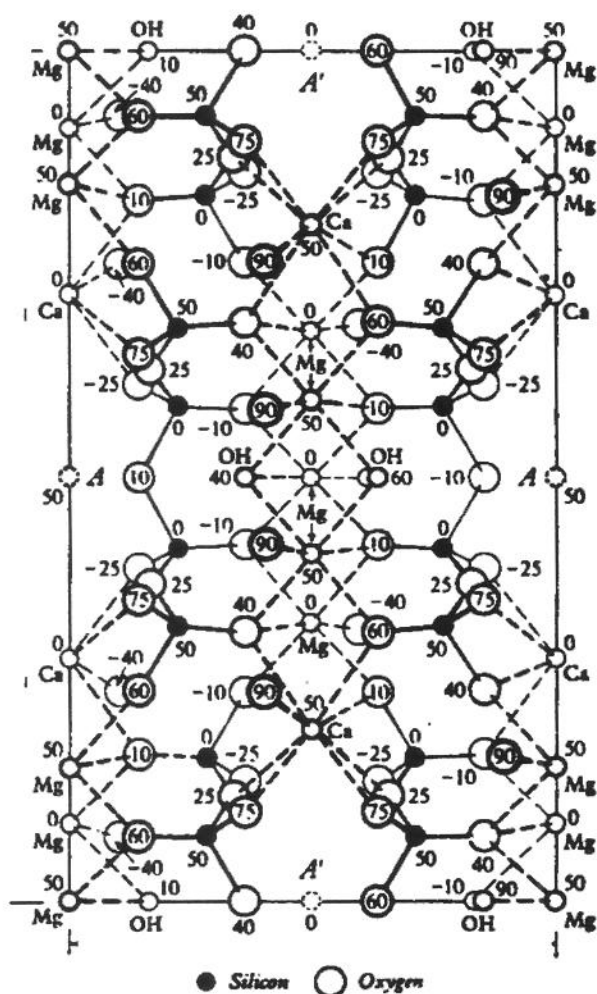
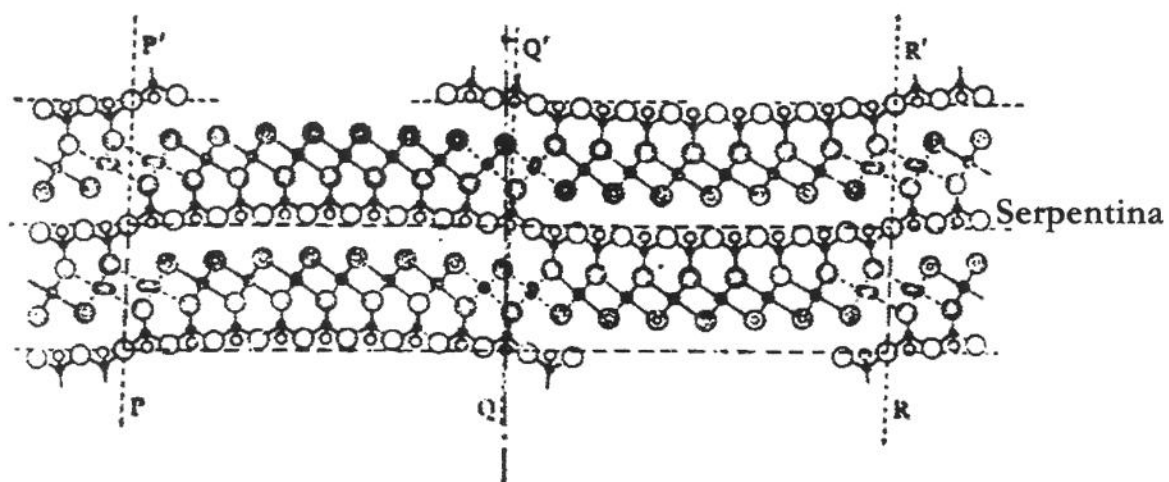
titanita: são tetraedros de Si independentes e grupos de CaO_7 e TiO_6 . Apresentam substituições de Ca por Na, terras raras, Mn, Sr e Ba, de Ti por Al, Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mg, Nb, Ta, V e Cr, de O por OH, F e Cl.

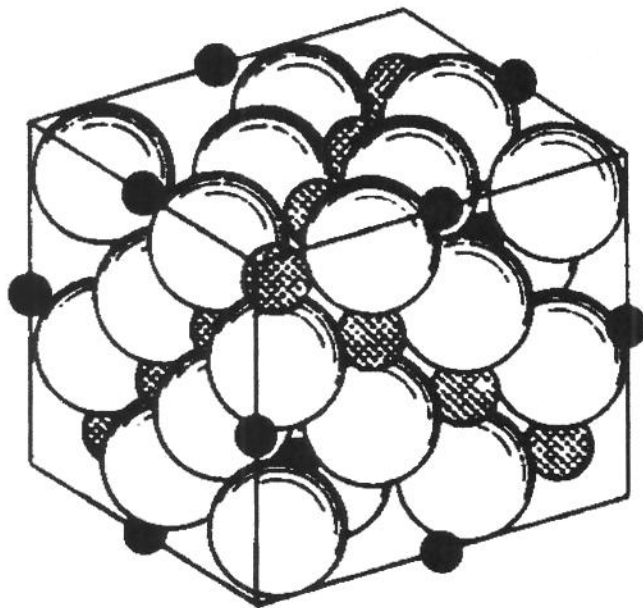


Clorita

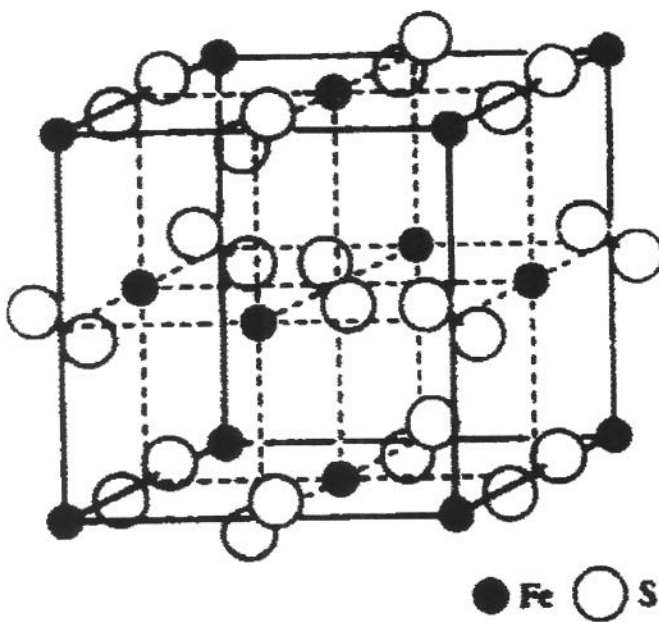


Epidoto

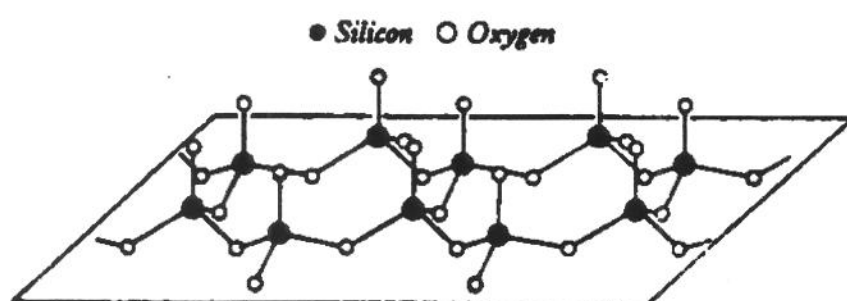




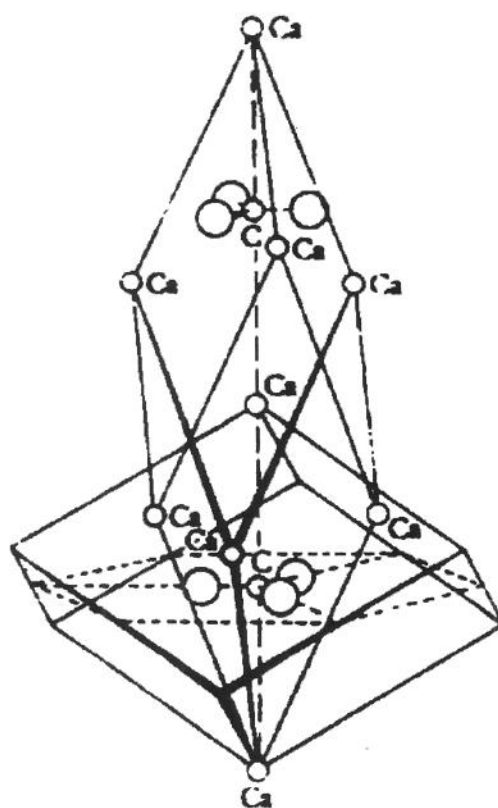
Magnetita



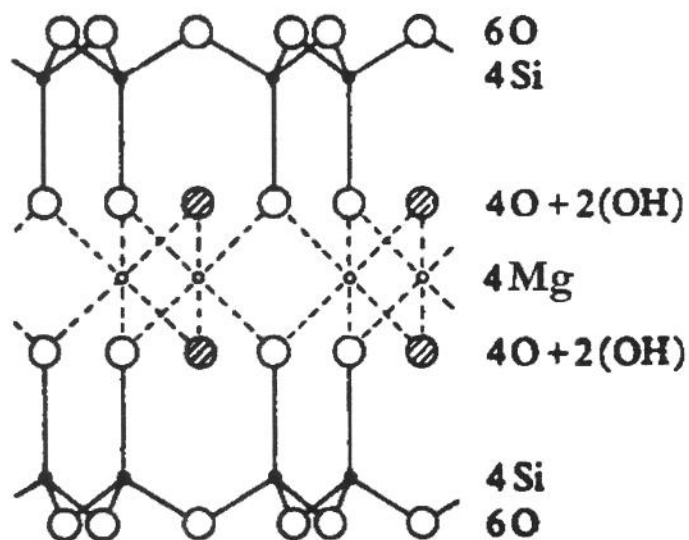
Pirita



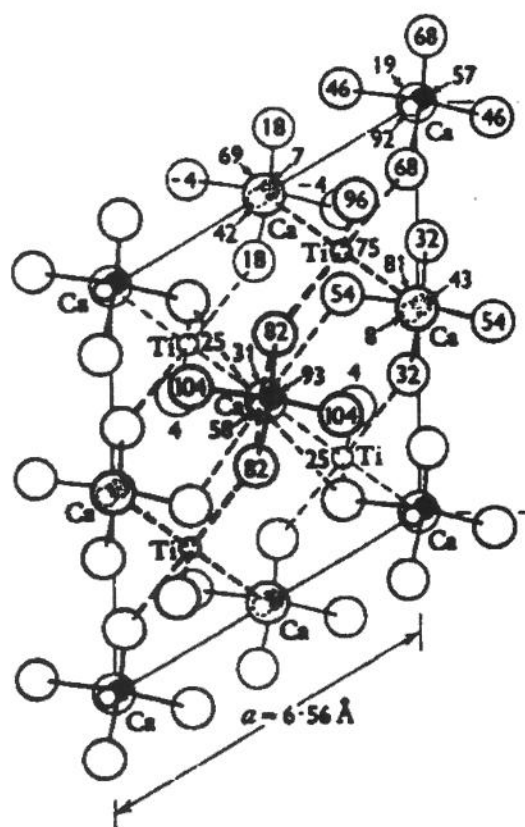
Anfibólios



Dolomita



Talco



Titanita

8. Anexo 3

Migração corrigida de cálcio em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)
1a	166,6334	1186,4771	784,2020	277,2689	422,6131	884,5889
1b	140,6914	1170,3389	1715,8685	273,1888	366,8139	630,4501
2a	116,0342	1175,7451	1182,9442	214,8699	471,2987	852,8250
2b	140,3172	1280,8904	1407,7483	262,5277	509,8493	865,5520
3a	221,0691	1625,5119	1318,8099	300,8699	422,6463	1060,8245
3b	133,8287	1195,3782	1201,9118	237,1317	426,5794	694,5903
4a	182,5070	1199,9303	1195,2705	287,1966	553,4397	1028,1778
4b	146,5765	976,5675	930,9973	357,0861	420,3902	886,7598
5a	182,7064	1611,8888	699,8978	251,8734	483,2235	981,6501
5b	198,8983	1451,7699	1400,7419	252,0634	408,9489	716,3070
6a	109,3596	1706,7376	1408,1592	388,8514	374,6165	986,4724
6b	136,2600	1279,5261	1503,4442	243,2581	398,8541	1100,3848
7a	177,9497	1288,6867	979,4089	248,6853	329,3919	1105,3287
7b	186,6840	1681,9137	1660,2055	313,3487	404,2352	1165,1652
8a	102,3902	996,6164	1555,9181	232,1384	348,2183	1177,4839
8b	141,4402	2298,6160	1347,4656	265,5527	257,8213	1045,0719
9a	119,1601	1608,1980	1532,3447	215,8268	365,3066	646,4631
9b	131,7341	1480,3779	1377,2468	241,2321	281,9629	748,7298
10a	72,9290	1564,1699	1549,5565	202,7684	337,5004	1059,4855
10b	65,8278	1630,0970	1585,2030	214,9067	338,4375	1035,7926
11a	64,8856	2035,9699	917,1796	237,7470	313,8294	930,4973
11b	74,9192	2071,9812	1058,9005	243,3859	319,5259	930,4973
12a	63,7246	1537,0800	1846,2485	182,0670	286,3817	802,7634
12b	74,5102	1674,8518	1924,9094	152,2553	223,7344	967,8330
13a	51,2567		1036,9426	158,5323	327,0481	898,0439
13b	48,6626		1121,4861	177,1507	281,4278	802,7978
14a	58,8029		1415,1687	146,5710	268,1770	814,8871
14b	48,5514		1745,5497	96,2985	335,7619	864,9708
15a	61,8755		1495,2701	224,8626	264,4701	742,2755
15b	59,2756		1425,0724	162,2179	219,6855	849,4511
16a	34,7968		1211,2542	163,1523	150,1215	766,7530
16b	48,4667		1742,8212	148,8460	267,3472	758,5651
17a	37,8695		741,9884	147,6434	222,7548	546,8757
17b	41,9381		707,9657	125,3848	202,4316	557,8782
18a	26,1255		893,0361	118,9495	297,1464	1014,7450
18b	44,9800		780,7994	149,1455	266,1440	1023,4072
19a	64,8507			135,2684	203,9995	622,9950
19b	67,9199			94,8063	255,7813	607,5600
20a	33,5474			123,0765	198,6909	620,7965
20b	37,7422			126,1898	228,1794	453,5675

Migração corrigida de magnésio em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)
1a	73,3759	602,0241	275,3606	302,4957	335,5541	461,7175
1b	62,3597	590,8862	582,1472	303,5241	277,8371	314,5944
2a	50,8582	616,1067	529,2182	224,6417	384,6320	467,7358
2b	61,8331	645,6675	631,1088	260,9978	379,2631	478,0239
3a	96,4749	826,3872	605,8505	317,7522	321,7799	533,6104
3b	59,3890	561,7546	552,9055	227,8285	349,4483	366,4245
4a	80,4994	601,5591	570,2944	281,3925	401,2328	566,2889
4b	64,8982	451,2540	444,0671	326,9401	328,6996	489,5893
5a	78,7632	804,7156	345,3585	235,5050	337,0295	534,4383
5b	86,0735	730,5146	655,6997	239,8892	303,0882	369,8238
6a	52,7503	846,6993	633,7835	393,8203	287,7265	551,7551
6b	65,0096	625,7239	681,8774	245,4143	309,6554	615,3690
7a	84,5452	674,6014	449,2369	234,6720	264,1104	611,4270
7b	88,5375	869,6436	802,1446	297,0402	321,5456	646,5200
8a	48,7144	482,3841	793,2348	221,2644	280,7104	648,3755
8b	65,6997	1132,1391	629,6678	254,8309	201,6345	572,4075
9a	55,0370	843,4098	716,4777	213,8347	323,0633	329,9746
9b	60,0717	775,8673	641,2235	239,3750	232,1035	411,3452
10a	33,3262	767,6427	758,0962	209,6803	309,7458	586,5426
10b	33,7523	800,1134	774,5995	222,0383	302,1379	573,4261
11a	32,1701	1002,7822	555,5719	257,6469	271,2055	262,7640
11b	37,1092	1017,6067	636,6004	264,7684	277,2800	262,7640
12a	31,5540	801,3832	1031,7041	209,4751	269,2290	442,9436
12b	36,3582	865,6444	1077,0543	179,1983	211,8549	533,6792
13a	25,5058		597,4239	186,1631	316,6058	495,7546
13b	24,0951		643,7067	209,1724	268,3311	420,2585
14a	29,4395		814,7560	171,2893	266,0335	429,0543
14b	25,7172		989,9216	120,5875	331,8824	464,1402
15a	31,1349		781,5894	276,6298	263,7188	402,1658
15b	28,9661		743,5162	198,1285	227,4994	458,3833
16a	17,1305		633,3572	223,9999	162,6334	398,6932
16b	23,5803		925,3596	206,8190	287,9063	391,2521
17a	19,9911		438,0723	206,2866	237,8613	301,6748
17b	20,6800		415,1035	185,0907	217,6542	304,2532
18a	12,9499		486,2183	166,7546	327,1752	557,3527
18b	21,9166		426,6431	211,9461	287,7056	563,6604
19a	31,2447			214,7040	264,3552	331,8695
19b	32,5502			146,3093	329,4520	325,1850
20a	16,4092			204,3325	264,6020	314,9656
20b	18,5379			220,0701	307,7963	242,5141

Migração corrigida de ferro em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)
1a	23,9592	144,7053	59,7646	91,2245	76,9543	98,7220
1b	20,2872	142,2272	141,0739	91,4860	64,4561	80,9984
2a	16,8097	138,8101	117,3846	66,6606	91,0542	100,3335
2b	20,4430	154,2679	135,3336	75,7232	85,4685	102,1365
3a	31,3921	196,3911	132,0883	90,3408	72,5963	116,6574
3b	19,3454	130,0018	120,1650	63,3540	82,4266	80,3833
4a	26,6729	132,0586	125,7587	76,8617	88,8700	118,5153
4b	21,4071	106,1045	94,8579	86,1885	74,6265	98,6929
5a	25,9462	192,2770	65,1126	63,3828	72,3297	113,2516
5b	28,2508	174,2728	137,9674	64,3095	65,9754	91,9672
6a	19,0446	219,8726	150,4101	118,3831	62,6109	110,4086
6b	23,4235	161,2186	277,6569	73,6290	67,3817	125,2749
7a	31,4306	176,4877	106,8605	67,5990	60,5242	130,5381
7b	33,4439	228,0008	203,3655	85,5794	73,3913	135,4323
8a	17,7656	126,1674	214,7836	63,8616	64,9273	133,1897
8b	24,1992	267,1857	156,4338	72,9812	46,1071	120,9622
9a	20,3776	223,8781	174,3676	62,2315	78,0758	68,5495
9b	22,1692	201,0570	157,5315	69,0611	55,4417	85,3353
10a	12,3718	204,6780	186,4060	60,1909	73,4020	118,5270
10b	12,5771	215,0199	194,1490	63,7093	71,6385	118,6052
11a	12,0416	236,6053	127,7446	74,8836	65,3350	54,0586
11b	13,7886	237,2143	148,3562	80,2282	67,5719	54,0586
12a	11,8986	213,2376	207,1090	62,8219	62,2524	90,2012
12b	13,7345	229,5641	215,5669	55,1495	49,7254	110,8495
13a	9,7109		125,9989	55,7410	76,0346	98,6481
13b	9,4664		135,5147	60,8724	65,1356	86,3283
14a	11,2959		168,7712	51,9454	67,0517	88,5996
14b	10,3051		199,5680	37,2726	82,0956	95,7494
15a	11,9932		162,2878	87,0597	66,8667	84,0253
15b	11,1204		151,8106	60,6473	59,0095	95,8485
16a	6,8117		138,9342	70,9884	42,2844	77,6653
16b	9,1179		200,1661	64,6910	74,0960	76,8596
17a	7,9315		82,7346	63,6606	61,0634	60,6256
17b	8,0574		79,7338	57,6575	56,0768	61,4795
18a	4,8948		99,3220	50,3372	84,6584	111,3578
18b	8,5093		92,0084	64,9108	74,3460	108,5187
19a	11,4376			71,0684	70,4367	67,1665
19b	11,9641			47,8791	87,9497	69,0755
20a	6,4196			65,4074	73,6788	66,5869
20b	0			71,2837	85,5461	51,9090

Migração corrigida de manganês em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)
1a	5,0671	20,4667	9,7887	6,0839	7,5859	13,2699
1b	4,2917	20,2819	21,9996	6,0903	6,4189	10,0189
2a	3,6797	20,6835	18,3895	4,7169	8,9165	13,7323
2b	4,4489	21,8296	21,6698	5,5729	9,0615	14,0081
3a	6,8753	27,9820	21,0132	6,6131	7,7781	15,7960
3b	4,2486	19,2130	19,2337	4,9486	8,1171	10,9922
4a	5,7494	20,7134	19,7344	6,0105	9,4511	16,0149
4b	4,6184	15,5888	15,4892	7,1224	7,7761	13,8851
5a	5,5817	27,4503	10,9912	5,1799	8,0832	14,7830
5b	6,1341	24,9520	22,7797	5,2066	7,2955	11,6184
6a	3,7029	28,3303	21,8062	8,0281	6,8487	15,8273
6b	4,5785	21,1779	23,3422	5,0513	7,3563	17,4063
7a	5,8956	22,3580	15,2274	5,0018	6,1515	17,6300
7b	6,1757	28,5040	26,8084	6,2728	7,4328	18,1259
8a	3,3463	16,1789	26,5310	4,6602	6,5839	18,7123
8b	4,5774	37,2606	21,1114	5,3239	4,8582	16,6457
9a	3,8854	26,3518	23,8743	4,3914	7,2556	9,8705
9b	4,2413	24,5398	21,4584	4,9003	5,4004	12,1450
10a	2,3143	25,7838	25,5564	4,2733	6,8629	16,5338
10b	2,2886	26,8270	26,0375	4,4932	6,7570	16,5030
11a	2,2466	31,3317	15,2899	5,0400	5,9504	7,6030
11b	2,5406	31,6102	17,9683	5,1946	6,0824	7,6030
12a	2,1264	25,7622	29,3851	4,0912	5,8719	12,2894
12b	2,4542	28,0035	30,6386	3,4782	4,6786	14,8597
13a	1,7614		18,6961	3,5785	6,8196	13,8427
13b	1,6824		20,1512	3,9528	5,8245	12,2340
14a	2,0021		22,9617	3,3637	5,7235	12,4661
14b	1,6830		28,3131	2,3867	7,0771	13,4836
15a	2,0770		24,3325	5,1824	5,4291	11,2880
15b	1,9747		23,1875	3,7675	4,7637	12,8298
16a	1,1908		19,6448	4,1460	3,5521	11,7961
16b	1,6555		28,3950	3,8090	6,2117	11,6356
17a	1,2619		12,5244	3,7334	4,8561	8,2910
17b	1,3710		11,9897	3,3057	4,5620	8,5577
18a	0,8542		15,1291	2,9684	6,4438	16,1978
18b	1,4484		13,3154	3,6980	5,8818	16,1281
19a	2,1115			3,7923	5,3699	9,9758
19b	2,2009			2,6297	6,7030	9,6908
20a	1,0940			3,5732	5,2976	9,3569
20b	1,2400			3,8788	6,0697	7,2373

Migração corrigida de níquel em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)
1a	0,2560	1,4954	0,9978	0,5394	0,3756	0,2687
1b	0,2080	1,4329	2,1765	0,6855	0,3154	0,1595
2a	0,0989	0,6971	1,0042	0,3621	0,5227	0,2256
2b	0,1156	0,7408	1,2319	0,5441	0,3743	0,2078
3a	0,1692	0,9144	1,0935	0,7239	0,4146	0,2784
3b	0,1119	0,6657	0,9595	0,4181	0,6024	0,1805
4a	0,1451	0,7741	1,0894	0,4048	0,4522	0,2425
4b	0,1165	0,5673	0,8654	0,4344	0,3859	0,2159
5a	0,1176	0,8970	0,5902	0,4530	0,3165	0,2057
5b	0,1245	0,8298	1,1747	0,4508	0,3219	0,1442
6a	0,0799	1,5157	1,6233	0,7891	0,3747	0,2306
6b	0,1254	1,0945	1,7370	0,5893	0,3952	0,2464
7a	0,1490	1,0831	1,1117	0,4413	0,5079	0,2530
7b	0,1586	1,5156	1,9796	0,6875	0,5360	0,2215
8a	0,0961	0,6480	1,1733	0,3563	0,4413	0,2802
8b	0,1622	2,3878	1,3656	0,4163	0,2558	0,2779
9a	0,1807	1,1311	1,5714	0,3408	0,5619	0,1226
9b	0,1538	1,0328	1,3986	0,3783	0,3294	0,1613
10a	0,1484	1,4172	1,9430	0,4037	0,6371	0,2217
10b	0,0593	1,4345	2,0215	0,4428	0,6556	0,2299
11a	0,0823	3,5155	0,9283	0,3760	0,3738	0,1072
11b	0,1083	3,3751	1,0793	0,4126	0,3967	0,1072
12a	0,0672	1,1598	3,4300	0,3659	0,5535	0,1753
12b	0,0847	1,2542	3,4468	0,3238	0,4490	0,2038
13a	0,0663		1,5920	0,4476	0,6098	0,1905
13b	0,0614		1,7440	0,4957	0,5522	0,1927
14a	0,1088		2,4956	0,3555	0,4383	0,1881
14b	0,0902		2,8423	0,2645	0,5182	0,2054
15a	0,0844		2,1317	0,4861	0,3967	0,1541
15b	0,0852		2,0666	0,3364	0,3570	0,1683
16a	0,0490		1,6951	0,5129	0,3054	0,1711
16b	0,0764		2,3285	0,4390	0,5588	0,2081
17a	0,0726		1,8874	0,8556	0,7177	0,1309
17b	0,0667		1,8740	0,7842	0,6698	0,1349
18a	0,0366		1,5690	0,3822	0,5567	0,2369
18b	0,0645		1,4281	0,4640	0,5174	0,2559
19a	0,0617			0,6501	0,6172	0,1918
19b	0,0673			0,3598	0,7392	0,1988
20a	0,0352			0,9768	0,4348	0,1694
20b	0,0459			1,0333	0,5290	0,1275

Migração corrigida de alumínio em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)
1a	0,9210	0,9122	0,3143	1,8517	1,1915	0,9447
1b	0,9166	0,2361	0,1476	1,2661	0,9654	0,5353
2a	0,0627	0,0000	0,1653	0,6619	1,2911	0,9244
2b	0,1162	0,0000	0,0281	0,8202	1,0814	1,3798
3a	0,0511	0,0000	0,0000	1,1383	0,9426	0,9309
3b	0,0000	0,0000	0,0000	0,8691	1,2573	1,3361
4a	0,0000	0,0000	0,0000	0,6368	0,7454	1,0762
4b	0,0000	0,0000	0,0000	0,9671	0,4490	0,8409
5a	0,0000	0,0000	0,1280	0,7603	0,8733	0,1777
5b	0,0258	0,0000	0,0000	0,6492	0,7430	0,1897
6a	0,5984	0,5262	0,0000	0,9442	0,2516	0,4716
6b	0,6995	0,7728	0,0000	1,0906	0,1680	0,3945
7a	0,7332	0,6142	0,0190	0,7140	0,4986	1,1740
7b	0,6444	0,0000	0,0281	0,6277	0,2796	0,6813
8a	1,3093	0,0000	1,6785	0,3939	0,2694	0,3463
8b	1,8311	0,1317	0,0000	0,4428	0,3090	0,6429
9a	0,4116	0,0000	0,2388	0,2069	0,4397	0,2994
9b	0,8506	0,5613	0,0000	0,2259	0,3031	0,1875
10a	0,2353	0,0000	0,0000	0,3566	0,5084	0,3059
10b	0,2840	0,0000	0,0000	0,2087	0,5224	0,2713
11a	0,2813	0,4576	0,1396	0,3225	0,1867	0,1841
11b	0,1927	0,0000	0,0000	0,5838	0,2598	0,1841
12a	0,4709	0,1008	0,1697	0,5111	0,1024	0,2824
12b	0,5156	0,2417	0,1293	0,3901	0,6158	0,2143
13a	0,9055		0,0608	0,1873	0,0307	0,4001
13b	0,1928		0,3944	0,1802	0,1741	0,0389
14a	0,1377		0,1832	0,7175	0,2115	0,1294
14b	0,1602		0,9180	0,1633	0,1345	0,0000
15a	0,6837		0,0000	0,4609	0,1877	0,2100
15b	0,1122		0,0976	0,3187	0,2049	0,0233
16a	0,3458		0,4577	1,3190	0,3537	0,4384
16b	1,2030		2,0340	0,1956	0,0322	0,0000
17a	0,7157		0,5253	0,2177	0,0970	0,1568
17b	0,8295		0,4407	0,7251	0,1050	0,1616
18a	0,5871		0,8347	0,3056	0,1826	0,1441
18b	0,7763		0,2709	0,2631	0,6976	0,1092
19a	0,4655			1,1273	0,0000	0,0754
19b	0,4431			0,1921	0,0000	0,0000
20a	0,5882			0,4800	0,0051	0,4715
20b	0,5584			0,4263	0,7337	0,1941

Migração corrigida de cobalto em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)
1a	0,0264	0,1609	0,1544	0,0507	0,0234	0,0383
1b	0,0276	0,1427	0,3257	0,0407	0,0165	0,0490
2a	0,0037	0,0918	0,1672	0,0182	0,0164	0,0251
2b	0,0084	0,1021	0,2587	0,0374	0,0128	0,0283
3a	0,0155	0,0966	0,1792	0,0328	0,0070	0,0341
3b	0,0013	0,0900	0,1520	0,0242	0,0369	0,0207
4a	0,0177	0,0907	0,1381	0,0365	0,0494	0,0600
4b	0,0106	0,0534	0,1203	0,0281	0,0238	0,0441
5a	0,0039	0,1097	0,0871	0,0232	0,0375	0,0575
5b	0,0275	0,0975	0,1630	0,0238	0,0221	0,0439
6a	0,0000	0,1458	0,1819	0,0396	0,0131	0,0615
6b	0,0076	0,1011	0,1875	0,0191	0,0306	0,0406
7a	0,0022	0,1099	0,1338	0,0148	0,0098	0,0523
7b	0,0122	0,1584	0,2190	0,0369	0,0339	0,0446
8a	0,0000	0,0572	0,1354	0,0093	0,0308	0,0718
8b	0,0000	0,3322	0,1634	0,0156	0,0000	0,0269
9a	0,0046	0,1201	0,2156	0,0233	0,0263	0,0268
9b	0,0096	0,1162	0,1892	0,0220	0,0096	0,0257
10a	0,0094	0,1406	0,2369	0,0191	0,0358	0,0535
10b	0,0240	0,1419	0,2484	0,0305	0,0434	0,0402
11a	0,0014	0,3420	0,0901	0,0333	0,0271	0,0299
11b	0,0002	0,3271	0,0975	0,0258	0,0308	0,0299
12a	0,0112	0,1110	0,3418	0,0186	0,0320	0,0387
12b	0,0020	0,1425	0,3654	0,0087	0,0242	0,0499
13a	0,0056		0,1827	0,0270	0,0398	0,0393
13b	0,0022		0,1969	0,0311	0,0370	0,0292
14a	0,0311		0,2458	0,0192	0,0291	0,0301
14b	0,0010		0,3032	0,0000	0,0355	0,0258
15a	0,0000		0,3215	0,0290	0,0319	0,0320
15b	0,0199		0,2886	0,0192	0,0247	0,0475
16a	0,0018		0,2295	0,0204	0,0000	0,0167
16b	0,0015		0,2779	0,0099	0,0385	0,0500
17a	0,0026		0,1841	0,0319	0,0314	0,0318
17b	0,0010		0,1713	0,0282	0,0349	0,0296
18a	0,0073		0,2006	0,0149	0,0319	0,0620
18b	0,0039		0,1922	0,0253	0,0331	0,0519
19a	0,0057			0,0322	0,0421	0,0024
19b	0,0056			0,0197	0,0349	0,0024
20a	0,0062			0,0349	0,0301	0,0387
20b	0,0481			0,0317	0,0300	0,0082

Migração corrigida de cromo em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)
1a	0,2072	0,2611	0,0654	0,1572	0,0683	0,1240
1b	0,1844	0,1815	0,1753	0,1509	0,0569	0,0673
2a	0,0484	0,0550	0,0879	0,0436	0,0308	0,0373
2b	0,0610	0,1155	0,1260	0,0466	0,0242	0,0433
3a	0,0642	0,0771	0,1095	0,0480	0,0315	0,0717
3b	0,0283	0,0669	0,0716	0,0416	0,0504	0,0444
4a	0,0734	0,0671	0,0724	0,0265	0,0513	0,0529
4b	0,0565	0,0320	0,0874	0,0317	0,0206	0,0442
5a	0,0718	0,1137	0,0462	0,0295	0,0262	0,0615
5b	0,0599	0,1001	0,0608	0,0468	0,0334	0,0262
6a	0,0390	0,1108	0,1067	0,0657	0,0210	0,0266
6b	0,0464	0,0771	0,1166	0,0972	0,0487	0,0533
7a	0,0672	0,0985	0,0670	0,0199	0,0528	0,0419
7b	0,0840	0,1658	0,1737	0,0586	0,0331	0,0471
8a	0,0479	0,0633	0,1795	0,0251	0,0622	0,0434
8b	0,0779	0,1752	0,1256	0,0313	0,0322	0,0645
9a	0,0473	0,1371	0,1073	0,0314	0,0434	0,0195
9b	0,0780	0,1501	0,0945	0,0227	0,0283	0,0177
10a	0,0504	0,1860	0,1284	0,0239	0,0379	0,0425
10b	0,0751	0,1694	0,1484	0,0169	0,0527	0,0385
11a	0,0413	0,1243	0,0702	0,0322	0,0382	0,0151
11b	0,0604	0,1349	0,0720	0,0469	0,0357	0,0151
12a	0,0572	0,1259	0,1337	0,0319	0,0349	0,0458
12b	0,0712	0,1506	0,1288	0,0426	0,0258	0,0312
13a	0,0645		0,0632	0,0227	0,0506	0,0137
13b	0,0503		0,0701	0,0183	0,0543	0,0292
14a	0,0777		0,1102	0,0254	0,0348	0,0162
14b	0,0870		0,1296	0,0164	0,0719	0,0370
15a	0,0965		0,1321	0,0329	0,0287	0,0234
15b	0,0662		0,1511	0,0272	0,0202	0,0310
16a	0,0517		0,1285	0,0158	0,0269	0,0132
16b	0,0558		0,1988	0,0263	0,0326	0,0346
17a	0,1098		0,0688	0,0373	0,0300	0,0247
17b	0,0643		0,0658	0,0361	0,0323	0,0182
18a	0,0450		0,0773	0,0204	0,0526	0,0450
18b	0,0756		0,1127	0,0234	0,0457	0,0386
19a	0,0529			0,0347	0,0435	0,0275
19b	0,0542			0,0063	0,0365	0,0413
20a	0,0505			0,0528	0,0337	0,0703
20b	0,0630			0,0422	0,0378	0,0124

Migração corrigida de zinco em painéis de pedra sabão *in natura*

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)			ácido acético a 3%(v/v)		
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Amostras	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)
1a	0,0840	0,7454	0,0578	0,1301	0,1019	0,1864
1b	0,0488	0,2250	0,1457	0,0501	0,2771	0,0606
2a	0,0249	0,0768	0,1662	0,0000	0,3622	0,3615
2b	0,0238	0,0713	6,0369	0,2487	0,0000	0,0189
3a	0,1769	0,0792	1,0887	0,0000	0,1854	0,0059
3b	0,0764	0,0486	0,1108	0,0829	0,3388	0,1686
4a	0,1699	0,0820	0,0647	0,0992	0,0108	0,0819
4b	0,0533	0,0540	0,0563	0,2474	0,0459	0,0360
5a	0,0335	0,1103	0,0356	0,1474	0,1909	0,0065
5b	0,2859	0,0842	0,1153	0,2192	0,1254	0,0392
6a	0,0000	0,0000	0,0000	0,2644	0,1521	0,0520
6b	0,0000	0,0000	0,0000	0,0573	0,1601	0,4191
7a	0,0000	0,0119	0,0000	0,7508	0,0405	0,1574
7b	0,0000	0,0309	0,0000	0,0266	0,0910	0,0345
8a	0,0000	0,0000	0,0015	0,0250	0,0826	0,0000
8b	0,0000	0,0736	0,0000	0,1021	0,2502	0,0000
9a	0,0000	0,0303	0,0170	0,0175	0,2076	0,0110
9b	0,0000	0,0136	0,0143	0,0172	0,1319	0,0753
10a	0,3021	0,0532	0,0000	0,0799	0,0000	0,0306
10b	0,0000	0,0248	0,0000	0,1237	0,0656	0,0000
11a	0,0000	0,0625	0,0130	0,0943	0,0773	0,0000
11b	0,0522	0,0675	0,0211	0,0066	0,0000	0,0000
12a	0,0000	0,0475	0,1025	0,3310	0,0000	0,1017
12b	0,0000	0,0596	0,1137	0,2571	0,0267	0,0205
13a	0,0000		0,0585	0,1386	0,0848	0,0931
13b	0,0000		0,0685	0,0745	0,1053	0,0000
14a	0,0000		0,0570	0,0744	0,0000	0,0000
14b	0,0000		0,0860	0,0992	0,0155	0,0311
15a	0,0000		0,0000	0,6182	0,1431	0,0367
15b	0,0000		0,0000	0,1255	0,0234	0,0724
16a	0,1474		0,0000	0,0137	0,0006	0,2432
16b	0,0870		0,0188	0,1553	1,0982	0,0000
17a	0,0885		0,2205	0,0098	0,0507	0,0158
17b	0,0338		0,1420	0,0784	0,0095	0,0074
18a	0,0360		0,1187	0,0262	0,0723	0,1016
18b	0,0430		0,1816	0,0221	0,1160	0,3133
19a	0,0296			0,0683	0,1259	0,8734
19b	0,0283			0,0340	0,1478	0,1383
20a	0,1850			0,0992	0,5774	0,0836
20b	0,0483			0,0000	0,1369	0,0000

Migração corrigida de cálcio em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Ca (mg/L)
1a	110,6142	113,5550	184,5197	95,5878	77,2957	64,4079	242,9188
1b	97,7538	104,4415	334,3525	97,3057	76,8829	59,6954	182,1194
2a	129,2423	117,6742	386,6384	92,2498	86,4784	91,3591	350,0259
2b	101,7215	121,9851	366,8645	128,2230	87,5339	88,6546	345,9068
3a	143,5626	138,4463	419,6037	132,3149	63,1092	105,2947	219,6097
3b	136,7680	133,2446	425,4074	140,6526	83,0910	95,9198	224,7029
4a	148,2088	159,0210	324,7271	138,7764	95,1231	116,1874	301,0856
4b	158,7249	161,2581	458,4842	150,0072	92,6557	123,4493	221,8418
5a	169,5473		291,7387	116,7210	101,6316	142,6368	241,5265
5b	185,7122		506,1902	119,7569	107,5495	136,2374	233,0482
6a	118,9105		488,5138	149,7309	95,4795	126,1701	164,9324
6b	133,0759		510,5387	158,9727	95,6259	135,5787	185,2757
7a	122,6794		458,2010	126,2366	74,0674	119,6487	186,6008
7b	121,1017		589,6383	147,5506	83,1223	118,3051	174,4119
8a	96,7757		565,2013	123,1317	102,3052	131,4627	142,0876
8b	134,8837		620,9115	123,1845	104,4766	133,3401	177,9560
9a	123,5502		539,7768	101,4941	90,6943	114,6222	145,4473
9b	154,6053		617,7242	113,1769	104,8412	104,6451	157,0777
10a	95,9352		543,4962	123,2982	90,7312	106,2216	132,6255
10b	104,5782		526,0425	114,6411	95,2780	95,5129	150,3623
11a	127,3624		471,5355	115,3514	95,9988	99,2428	132,0077
11b	136,1895		512,3523	96,4124	99,4198	98,4135	143,6476
12a	125,1477		366,4629	111,9383	108,2743	97,3122	121,2845
12b	125,3066		462,7090	87,6634	126,0445	93,9450	123,5967
13a	110,4867		490,5053	111,8127	86,5182	96,8652	124,4402
13b	130,2306		493,0995	92,3104	75,3668	99,2166	101,7071
14a	109,6072		485,5426	93,6267	96,4904	97,9279	79,5260
14b	108,4082		474,2014	87,4340	90,7348	82,7978	95,9577
15a	122,3153		524,5290	87,0166	106,2520	93,3032	90,4322
15b	119,1813		571,6600	89,0513	91,4186	106,9129	90,9503
16a	108,8349		1137,8457	119,5555	83,3036	89,2529	102,4196
16b	111,2099		978,1973	111,3518	94,7946	87,2319	109,4994
17a	103,0290		425,7573	67,5962	90,8910	79,7056	56,5646
17b	78,1539		440,8702	68,4448	78,8605	82,9569	55,1779
18a	101,8508		417,2835	83,3742	62,2552	70,2573	96,8007
18b	101,7973		427,2246	85,6739	72,1631	65,0049	93,1150
19a	115,9184		334,5321	81,5679	66,2999	77,3094	67,9715
19b	112,8224		356,2901	87,7039	71,1889	84,8192	66,5321
20a	81,9404		490,9545	97,9008	63,9863	76,5183	62,5760
20b	92,6425		407,1522	75,0615	64,3344	86,2871	60,2205

Migração corrigida de magnésio em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Mg (mg/L)
1a	75,5320	78,7293	94,8580	45,8094	46,7602	48,3611	57,3497
1b	66,6188	72,7803	166,6715	46,6476	46,2994	44,5437	55,5942
2a	87,9768	79,7244	213,5314	46,0648	55,9422	63,7485	142,2322
2b	69,1264	81,9567	182,7596	63,4484	56,8583	61,6905	138,7539
3a	94,3772	93,3618	209,5083	62,6406	44,7674	72,5108	92,2235
3b	91,1004	90,2123	212,5455	67,1224	58,4676	65,6119	93,3271
4a	95,7862	102,7510	173,1349	69,1337	69,3309	76,0288	111,8801
4b	102,5500	104,9269	244,2731	74,2965	67,0645	80,4615	92,2126
5a	104,0072		148,7076	55,8287	75,3839	95,3490	114,3176
5b	113,9364		263,8934	56,8621	79,7919	91,3964	111,4268
6a	88,0292		293,6915	71,8939	73,3017	84,5601	115,6099
6b	99,7452		307,8643	75,9102	73,7255	90,8862	85,6345
7a	93,3441		274,6465	61,4885	54,9502	81,9833	92,1567
7b	91,1543		355,9331	71,5190	61,5785	81,1996	87,6784
8a	72,0094		341,6626	60,3623	79,7427	87,0393	73,3157
8b	98,6509		374,1042	60,5324	81,5869	87,9326	99,2004
9a	89,8911		321,7499	50,1713	70,0248	80,0985	79,1333
9b	113,4554		370,6175	55,1878	81,2476	73,2062	84,6380
10a	74,3779		358,9750	71,5409	68,0671	72,5288	76,2847
10b	80,8438		346,2619	66,7877	71,4420	67,6441	86,3719
11a	98,7789		304,1311	68,2238	72,7114	73,3089	67,4882
11b	104,0711		330,1733	56,8110	75,7285	72,6745	73,2272
12a	101,3128		242,6279	65,4844	78,7825	68,0252	69,2841
12b	100,8226		297,8375	50,9847	91,6182	65,5315	70,4511
13a	85,6929		317,5676	64,6863	68,3529	70,9144	63,6111
13b	102,3126		316,3185	53,5717	60,0495	73,1243	54,8060
14a	83,1553		313,9980	54,7325	75,5760	73,8494	41,6369
14b	82,9540		286,8103	51,3479	71,0203	65,8618	50,1716
15a	89,2574		336,8454	53,3215	82,0699	76,1529	49,4739
15b	87,0281		380,9487	53,9819	74,7818	85,3033	49,8880
16a	88,8407		705,6123	68,2462	72,3124	76,5933	56,8064
16b	90,4031		615,3995	63,2701	80,6767	75,3288	60,7002
17a	88,0390		271,7208	39,1653	73,2000	64,5471	30,6869
17b	67,5813		281,4074	39,7768	63,4857	66,8182	29,9330
18a	86,2241		263,4716	47,4722	53,9959	58,5053	54,6789
18b	85,5699		268,2772	48,7197	62,6751	54,0815	62,2433
19a	92,0728		207,4258	47,0107	57,2164	66,0546	37,2036
19b	89,1425		220,8116	50,2333	61,8280	73,8187	36,6751
20a	73,4205		304,3559	55,3675	59,2746	67,0959	36,8353
20b	83,7002		257,0091	42,7490	58,5862	73,8802	35,8214

Migração corrigida de ferro em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)	Fe (mg/L)
1a	16,4647	18,6046	19,7798	12,7718	9,3689	12,6036	17,3025
1b	14,4511	17,2093	35,5116	12,9905	9,0831	11,5476	16,7096
2a	18,7770	17,5359	45,9132	13,2178	12,5040	14,7277	44,3218
2b	14,7432	18,1625	39,3687	18,2384	12,5893	14,2401	43,3983
3a	19,8811	20,4354	44,6897	17,9816	10,3768	16,5631	28,4182
3b	19,1651	19,8066	45,2025	19,0713	13,5621	14,9556	28,8306
4a	19,9936	21,9303	36,8252	20,1130	16,4754	17,2531	36,2635
4b	21,2723	22,4110	53,1970	21,5225	16,0353	18,2254	29,0617
5a	21,7655		31,0379	16,0025	18,3797	21,0356	34,9803
5b	23,8193		57,7297	16,4549	19,4443	20,1279	33,8822
6a	20,4004		61,6682	21,0972	18,2880	18,6245	35,2398
6b	23,6707		64,4161	22,2468	18,4042	20,1465	25,7738
7a	22,3526		57,4197	17,7505	13,4665	18,4949	28,0080
7b	21,9845		74,3047	20,6286	15,0506	18,2406	25,8565
8a	17,5163		71,0082	17,4867	20,1405	19,9841	21,7261
8b	24,2205		77,8573	17,5218	20,6132	20,1661	29,0588
9a	21,6483		66,7729	14,5057	17,5149	18,4223	22,9354
9b	27,9273		77,6512	16,0658	20,4923	16,8054	24,5564
10a	18,8566		74,4407	18,2349	16,7623	17,2293	22,2733
10b	20,6018		71,7286	16,9145	17,6592	16,0782	25,1923
11a	25,1396		62,4927	17,3279	18,1464	17,7309	19,9371
11b	26,5578		67,6827	14,5019	18,8396	17,6480	21,6914
12a	26,5032		49,3464	16,5800	19,2957	15,9375	21,1233
12b	26,4143		63,4149	12,8893	22,3388	15,3779	21,3723
13a	21,9806		63,7987	16,6586	17,3657	17,3989	19,1399
13b	26,5406		63,5008	13,7116	15,1738	17,8971	16,5604
14a	21,4839		63,6589	14,1329	19,2683	18,8822	12,3095
14b	21,3592		58,7224	13,1907	18,1761	16,8762	15,4630
15a	23,5803		66,6120	13,6833	20,9849	20,0552	15,1009
15b	22,9073		72,6480	13,7658	19,1000	22,3782	15,1881
16a	24,6523		144,2159	17,5001	19,2834	20,6683	16,2878
16b	25,1016		126,2093	16,3102	21,5402	20,3502	17,3778
17a	24,4781		54,7820	10,0914	18,4631	16,7801	8,9737
17b	18,7599		56,8698	10,2284	16,2075	17,3702	8,7730
18a	23,7187		53,1139	12,4267	14,1790	15,8417	16,4387
18b	23,4277		54,4211	12,6875	16,5134	14,7326	15,9412
19a	25,2077		41,1891	12,2974	16,0292	17,6429	10,7956
19b	24,4890		44,0112	13,1678	17,2479	19,4191	10,5647
20a	21,4260		60,7130	14,5188	16,1493	17,1732	10,9018
20b	24,2040		49,8166	11,0866	16,0762	18,8984	10,5155

Migração corrigida de manganês em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)	Mn (mg/L)
1a	1,9778	2,1605	3,0615	2,2275	1,4302	1,2934	2,4320
1b	1,7465	1,9950	5,4404	2,2762	1,4207	1,2002	2,3782
2a	2,3690	2,2315	6,9239	2,2595	1,7566	1,8697	4,8208
2b	1,8689	2,3054	6,0507	3,1091	1,7324	1,7859	4,6485
3a	2,5486	2,6218	6,9208	3,0612	1,2827	2,0194	3,1402
3b	2,4680	2,5385	7,0241	3,2569	1,6742	1,8313	3,0209
4a	2,5985	2,9074	5,7145	3,3778	2,0498	2,2131	3,4337
4b	2,7740	3,0833	7,9964	3,6522	1,9668	2,3339	2,7901
5a	2,8075		4,8154	2,7277	2,1922	2,7934	3,4841
5b	3,0642		8,6768	2,7943	2,3092	2,7050	2,6355
6a	2,2809		8,2370	3,5717	2,0062	2,5263	2,9399
6b	2,5660		8,6430	3,7672	2,0086	2,6918	2,6406
7a	2,3879		7,7139	3,0687	1,5202	2,3303	3,3186
7b	2,3441		9,9456	3,5540	1,7061	2,3106	2,7708
8a	1,8205		9,5546	3,0386	2,2769	2,5052	2,5136
8b	2,4905		10,4420	3,0313	2,2913	2,5028	3,1240
9a	2,3197		9,0503	2,4955	2,0382	2,3162	2,5119
9b	2,8991		10,3760	2,7765	2,3523	2,0614	2,7232
10a	1,8477		9,9435	3,0983	1,9721	1,2124	2,3520
10b	2,0054		9,6168	2,8907	2,0570	1,2124	2,6889
11a	2,4272		8,4995	2,9761	2,1377	2,0755	2,1464
11b	2,5716		9,1479	2,4900	2,2103	2,0429	2,2925
12a	2,4717		6,7125	2,8374	2,2753	1,9145	2,1913
12b	2,4670		8,3152	2,2263	2,6257	1,8534	2,2308
13a	2,1172		8,8263	2,8384	1,9648	2,0289	2,0084
13b	2,5236		8,7710	2,3429	1,7311	2,0832	1,7697
14a	2,0545		8,7372	2,4112	2,1320	2,0446	1,3097
14b	2,0456		8,0142	2,2614	1,9888	1,7906	1,5774
15a	2,1750		9,3861	2,3272	2,2748	2,0869	1,5620
15b	2,1166		10,2493	2,3749	2,0363	2,3398	1,6258
16a	2,1138		19,2267	2,9802	1,9114	2,0465	1,8092
16b	2,1522		16,3840	2,7804	2,1373	2,0059	1,9215
17a	2,1315		7,2972	1,7542	2,0395	1,7518	1,0517
17b	1,6290		7,6462	1,7839	1,7582	1,8253	1,0215
18a	2,0759		7,0140	2,1038	1,4355	1,5653	1,7883
18b	2,0646		7,2063	2,1592	1,6539	1,4611	1,7260
19a	2,1482		5,3953	2,0707	1,5106	1,7554	1,2683
19b	2,0807		6,3206	2,2198	1,8777	1,9357	1,2438
20a	1,6861		7,7065	2,4559	1,5340	1,7475	1,1778
20b	1,9148		6,8157	1,8928	1,5246	1,9270	1,1443

Migração corrigida de níquel em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)	Ni (mg/L)
1a	0,0918	0,1393	0,0606	0,0787	0,0736	0,1422	0,3003
1b	0,0925	0,1480	0,1044	0,0716	0,0686	0,1223	0,2768
2a	0,0875	0,1145	0,1041	0,0553	0,0606	0,0902	0,2575
2b	0,0772	0,1158	0,0764	0,0724	0,0639	0,0820	0,2624
3a	0,0759	0,0891	0,1048	0,0502	0,0476	0,0851	0,0418
3b	0,0686	0,1253	0,0809	0,0584	0,0629	0,0823	0,1297
4a	0,0973	0,1381	0,0750	0,0662	0,0667	0,0847	0,1378
4b	0,1048	0,2907	0,0976	0,0834	0,0680	0,0820	0,1225
5a	0,0938		0,0531	0,0504	0,0792	0,1025	0,1180
5b	0,1162		0,1152	0,0465	0,0882	0,0909	0,1071
6a	0,1081		0,0779	0,0538	0,0806	0,0897	0,1148
6b	0,1276		0,0865	0,0531	0,0775	0,1080	0,0945
7a	0,1079		0,0761	0,0640	0,0630	0,1067	0,0966
7b	0,0854		0,0971	0,0596	0,0702	0,1006	0,0814
8a	0,0796		0,0952	0,0528	0,0827	0,0942	0,0682
8b	0,1044		0,1115	0,0537	0,0848	0,0948	0,0817
9a	0,1093		0,0667	0,0515	0,0778	0,0961	0,0794
9b	0,1555		0,0965	0,0652	0,0848	0,0864	0,0871
10a	0,0824		0,1040	0,0356	0,0905	0,1663	0,0752
10b	0,0745		0,0989	0,0224	0,0910	0,1505	0,0825
11a	0,1023		0,0831	0,0124	0,0857	0,1023	0,0634
11b	0,1130		0,1017	0,0085	0,0843	0,1016	0,0690
12a	0,1269		0,0790	0,0271	0,0881	0,1332	0,0790
12b	0,1358		0,0907	0,0203	0,1016	0,1303	0,0784
13a	0,1222		0,0938	0,0195	0,0972	0,1356	0,0722
13b	0,1510		0,0936	0,0133	0,0857	0,1351	0,0609
14a	0,1248		0,0946	0,0172	0,1042	0,1164	0,0518
14b	0,1220		0,0798	0,0179	0,0986	0,1041	0,0632
15a	0,1176		0,1130	0,0074	0,1033	0,1283	0,0627
15b	0,1169		0,1110	0,0090	0,0926	0,1415	0,0624
16a	0,1356		0,2345	0,0363	0,1035	0,1417	0,0717
16b	0,1415		0,1949	0,0207	0,1164	0,1546	0,0835
17a	0,1973		0,0832	0,0072	0,1589	0,2848	0,0731
17b	0,1809		0,0889	0,0123	0,1348	0,3037	0,0726
18a	0,1431		0,0810	0,0268	0,0708	0,1089	0,1009
18b	0,1395		0,0848	0,0260	0,0837	0,0998	0,0971
19a	0,1443		0,0685	0,0241	0,0850	0,1261	0,1011
19b	0,1430		0,0709	0,0277	0,0949	0,1344	0,0972
20a	0,1588		0,0898	0,0263	0,1304	0,1965	0,0605
20b	0,1887		0,0823	0,0182	0,1248	0,2264	0,0615

Migração corrigida de alumínio em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)	Al (mg/L)
1a	0,4692	0,4708	0,4106	0,7358	0,2519	0,5010	0,2950
1b	0,6616	0,5641	0,6661	0,6997	0,2633	0,4883	0,3047
2a	0,3175	0,1528	0,3298	0,2779	0,1751	0,2427	0,2744
2b	0,2811	0,0000	0,2749	0,4928	0,1865	0,2467	0,3122
3a	0,0948	0,2971	0,3678	0,3171	0,1467	0,2437	0,1430
3b	0,1442	0,1805	0,3462	0,2858	0,1731	0,2097	0,1712
4a	0,0964	0,0909	0,2760	0,0000	0,1266	0,1649	0,1287
4b	0,1628	0,0902	0,2428	0,1990	0,1312	0,1941	0,0905
5a	0,1712		0,0717	0,0271	0,1420	0,1728	0,0840
5b	0,1634		0,1541	0,0000	0,1510	0,1693	0,1855
6a	0,5174		0,2855	0,0000	0,1226	0,1526	0,0601
6b	0,3541		0,2352	0,0000	0,0743	0,1853	0,0566
7a	0,6517		0,0297	0,0000	0,1063	0,1911	0,0475
7b	0,7648		0,0000	0,0000	0,0973	0,1801	0,0233
8a	0,1989		0,2155	0,0000	0,1231	0,1694	0,0265
8b	0,2379		0,0000	0,1969	0,0839	0,1578	0,0445
9a	0,0274		0,0000	0,1342	0,0696	0,1709	0,0000
9b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0931	0,1139	0,0000
10a	0,0902		0,0000	0,0858	0,0824	0,1296	0,0233
10b	0,1144		0,0000	0,0583	0,0851	0,1333	0,0143
11a	0,1085		0,0000	0,3467	0,0767	0,1146	0,0000
11b	0,0088		0,1260	0,1823	0,0661	0,1270	0,0000
12a	0,0000		0,0000	0,1276	0,0994	0,1147	0,0000
12b	0,0000		0,4590	0,0608	0,0983	0,1007	0,0000
13a	0,0000		0,2855	0,2091	0,0885	0,1255	0,0000
13b	0,0000		0,0000	0,0160	0,0766	0,1575	0,0000
14a	0,0000		0,0000	0,1972	0,1007	0,1079	0,0034
14b	0,0275		0,0000	0,3078	0,0951	0,1089	0,0087
15a	0,0518		0,1384	0,0000	0,1020	0,1149	0,0000
15b	0,0908		0,2880	0,2174	0,0826	0,1317	0,0000
16a	0,0542		0,1799	0,4750	0,0668	0,3212	0,0064
16b	0,0607		0,1817	0,3627	0,2193	0,1992	0,0000
17a	0,0000		0,0000	0,2508	0,1449	0,1027	0,0214
17b	0,2770		0,0453	0,1997	0,0719	0,0889	0,0386
18a	0,0000		0,0587	0,1687	0,0534	0,1146	0,0784
18b	0,0000		0,1714	0,2257	0,1014	0,0673	0,0000
19a	0,1623		0,0947	0,1491	0,0741	0,0551	0,0000
19b	0,1659		0,1127	0,1535	0,1190	0,2466	0,0000
20a	0,1535		0,1148	0,3172	0,0441	0,0710	0,0162
20b	0,2094		0,1192	0,2493	0,1000	0,0958	0,0145

Migração corrigida de cobalto em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)	Co (mg/L)
1a	0,0173	0,0222	0,0147	0,0047	0,0108	0,0196	0,0661
1b	0,0125	0,0247	0,0317	0,0000	0,0097	0,0192	0,0601
2a	0,0213	0,0244	0,0316	0,0000	0,0098	0,0099	0,0707
2b	0,0348	0,0076	0,0281	0,0029	0,0096	0,0087	0,0669
3a	0,0074	0,0069	0,0421	0,0000	0,0047	0,0092	0,0337
3b	0,0000	0,0264	0,0353	0,0000	0,0061	0,0112	0,0300
4a	0,0354	0,0106	0,0216	0,0026	0,0098	0,0091	0,0321
4b	0,0154	0,4540	0,0285	0,0000	0,0084	0,0122	0,0332
5a	0,0230		0,0181	0,0117	0,0083	0,0109	0,0305
5b	0,0188		0,0421	0,0057	0,0128	0,0092	0,0290
6a	0,0092		0,0337	0,0000	0,0090	0,0106	0,0294
6b	0,0143		0,0399	0,0019	0,0095	0,0115	0,0237
7a	0,0184		0,0264	0,0039	0,0086	0,0118	0,0276
7b	0,0080		0,0318	0,0061	0,0104	0,0102	0,0242
8a	0,0074		0,0418	0,0000	0,0085	0,0114	0,0203
8b	0,0054		0,0321	0,0000	0,0080	0,0113	0,0255
9a	0,0063		0,0248	0,0046	0,0157	0,0101	0,0281
9b	0,0089		0,0383	0,0021	0,0147	0,0117	0,0259
10a	0,0043		0,0608	0,0067	0,0104	0,0119	0,0219
10b	0,0008		0,0337	0,0125	0,0116	0,0130	0,0242
11a	0,0171		0,0297	0,0085	0,0142	0,0099	0,0218
11b	0,0021		0,0371	0,0000	0,0108	0,0132	0,0276
12a	0,0000		0,0272	0,0074	0,0088	0,0088	0,0239
12b	0,0000		0,0349	0,0042	0,0145	0,0095	0,0231
13a	0,0058		0,0319	0,0014	0,0108	0,0119	0,0247
13b	0,0082		0,0340	0,0000	0,0108	0,0077	0,0212
14a	0,0071		0,0329	0,0008	0,0144	0,0118	0,0163
14b	0,0145		0,0304	0,0037	0,0122	0,0108	0,0180
15a	0,0111		0,0427	0,0003	0,0150	0,0060	0,0202
15b	0,0090		0,0384	0,0209	0,0110	0,0113	0,0213
16a	0,0093		0,0846	0,0069	0,0112	0,0163	0,0237
16b	0,0147		0,0688	0,0080	0,0178	0,0086	0,0221
17a	0,0137		0,0289	0,0040	0,0129	0,0181	0,0181
17b	0,0137		0,0356	0,0046	0,0108	0,0181	0,0178
18a	0,0097		0,0284	0,0037	0,0084	0,0092	0,0287
18b	0,0212		0,0312	0,0044	0,0096	0,0076	0,0278
19a	0,0128		0,0249	0,0063	0,0096	0,0103	0,0266
19b	0,0130		0,0248	0,0071	0,0096	0,0081	0,0310
20a	0,0183		0,0326	0,0064	0,0103	0,0140	0,0217
20b	0,0074		0,0294	0,0039	0,0152	0,0117	0,0202

Migração corrigida de cromo em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)	Cr (mg/L)
1a	0,0623	0,0665	0,0368	0,0895	0,0278	0,0620	0,0325
1b	0,0565	0,0600	0,0663	0,0805	0,0229	0,0604	0,0286
2a	0,0379	0,0272	0,0239	0,0359	0,0183	0,0342	0,0235
2b	0,0373	0,0222	0,0106	0,0724	0,0203	0,0286	0,0284
3a	0,0100	0,0226	0,0283	0,0387	0,0058	0,0239	0,0114
3b	0,0209	0,0316	0,0104	0,0440	0,0085	0,0213	0,0139
4a	0,0230	0,0211	0,0127	0,0488	0,0189	0,0247	0,0120
4b	0,0235	0,1009	0,0177	0,0451	0,0118	0,0250	0,0150
5a	0,0227		0,0037	0,0332	0,0146	0,0213	0,0154
5b	0,0281		0,0180	0,0299	0,0165	0,0274	0,0107
6a	0,0308		0,0253	0,0308	0,0155	0,0178	0,0131
6b	0,0330		0,0286	0,0338	0,0099	0,0226	0,0108
7a	0,0545		0,0149	0,0384	0,0056	0,0238	0,0085
7b	0,0433		0,0246	0,0388	0,0118	0,0254	0,0088
8a	0,0261		0,0266	0,0226	0,0149	0,0236	0,0100
8b	0,0305		0,0145	0,0366	0,0195	0,0226	0,0084
9a	0,0235		0,0212	0,0285	0,0155	0,0232	0,0101
9b	0,0417		0,0237	0,0263	0,0146	0,0200	0,0076
10a	0,0162		0,0317	0,0385	0,0117	0,0264	0,0095
10b	0,0205		0,0264	0,0356	0,0129	0,0231	0,0095
11a	0,0369		0,0240	0,0349	0,0108	0,0243	0,0060
11b	0,0367		0,0279	0,0248	0,0142	0,0237	0,0067
12a	0,0360		0,0169	0,0283	0,0161	0,0224	0,0098
12b	0,0311		0,0231	0,0259	0,0158	0,0267	0,0093
13a	0,0207		0,0240	0,0263	0,0134	0,0274	0,0180
13b	0,0408		0,0215	0,0237	0,0102	0,0247	0,0069
14a	0,0274		0,0307	0,0279	0,0136	0,0217	0,0071
14b	0,0249		0,0246	0,0290	0,0139	0,0234	0,0078
15a	0,0243		0,0315	0,0312	0,0187	0,0256	0,0089
15b	0,0308		0,0269	0,0345	0,0158	0,0310	0,0082
16a	0,0288		0,0666	0,0436	0,0069	0,0135	0,0051
16b	0,0305		0,0550	0,0364	0,0140	0,0194	0,0117
17a	0,0271		0,0259	0,0256	0,0144	0,0226	0,0060
17b	0,0352		0,0263	0,0236	0,0107	0,0268	0,0064
18a	0,0284		0,0274	0,0309	0,0118	0,0191	0,0133
18b	0,0281		0,0245	0,0292	0,0142	0,0175	0,0117
19a	0,0363		0,0222	0,0270	0,0122	0,0182	0,0112
19b	0,0346		0,0185	0,0334	0,0148	0,0143	0,0042
20a	0,0261		0,0278	0,0391	0,0109	0,0161	0,0114
20b	0,0327		0,0242	0,0308	0,0139	0,0188	0,0119

Migração corrigida de zinco em painéis de pedra sabão curadas

Painéis	ácido acético a 5%(v/v)				ácido acético a 3%(v/v)		
	B1	B2	B3	B7	B4	B5	B6
Amostras	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)	Zn (mg/L)
1a	0,2333	0,6625	0,0556	0,0415	0,1641	0,0777	0,2264
1b	0,1489	0,2034	0,3000	0,1231	0,1227	0,1385	0,0799
2a	0,4411	0,2354	0,2979	0,0000	0,0826	0,0317	0,1359
2b	0,3460	0,1672	0,4828	0,0236	0,1011	0,0165	0,1110
3a	0,1258	0,2085	0,5449	0,0000	0,1303	0,0069	0,1064
3b	0,1004	0,3904	0,1063	0,0000	0,0537	0,0319	0,0958
4a	0,4904	0,3003	0,2530	0,0000	0,0982	0,0070	0,1839
4b	0,1316	7,8195	0,1744	0,0000	0,0954	0,0147	0,0810
5a	0,1733		0,0190	0,0000	0,0484	0,0334	0,2769
5b	0,0386		0,2255	0,0000	0,0368	0,0522	0,1700
6a	0,0000		0,0000	0,0000	0,2073	0,0250	0,0910
6b	0,0000		0,0001	0,5531	0,0659	0,0153	0,1114
7a	0,0000		0,0000	0,0000	0,0361	0,0167	0,1194
7b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0547	0,0420	0,0565
8a	0,0000		0,0000	0,0000	0,2849	0,0095	0,1117
8b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0430	0,0164	0,0350
9a	0,0137		0,0000	0,0000	0,0563	0,1000	0,1454
9b	0,1489		0,0000	0,0000	0,0302	0,0316	0,0837
10a	0,0000		0,4108	0,0000	0,0033	0,1119	0,0811
10b	0,0000		0,0000	0,0000	0,1271	0,2462	0,0149
11a	0,0000		0,0000	0,0000	0,0270	0,0923	0,0302
11b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0258	0,2561	0,0372
12a	0,0000		0,0000	0,0000	0,0205	0,0545	0,0363
12b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0489	0,0281	0,0869
13a	0,0000		0,0000	0,0000	0,1198	0,1049	0,0568
13b	0,0000		0,0000	0,0000	0,0247	0,0757	0,0204
14a	0,0000		0,0000	0,0000	0,0284	0,1214	0,0151
14b	0,0000		0,0000	0,0000	0,1082	0,0327	0,0104
15a	0,0000		0,0216	0,0000	0,0822	0,1586	0,0487
15b	0,0000		0,1011	0,0000	0,0675	0,0413	0,0916
16a	0,0000		0,0368	0,0000	0,0162	0,8010	0,1569
16b	0,0000		0,0253	0,0000	0,3111	0,1266	0,1363
17a	0,3422		0,0172	0,3399	0,0958	0,0643	0,0160
17b	0,0038		0,3120	0,0046	0,1018	0,1667	0,0256
18a	0,1260		0,0131	0,0000	0,0124	0,0391	0,0193
18b	0,0598		0,1126	0,0080	0,0138	0,0401	0,0148
19a	0,0191		0,0221	0,0194	0,0295	0,0101	0,0555
19b	0,0146		0,0361	0,0043	0,0435	0,1325	0,0467
20a	0,0000		0,0935	0,0778	0,0220	0,0515	0,0532
20b	0,1929		0,0538	0,0032	0,0090	0,0727	0,0662