

## **Teores de metais pesados em arroz cultivado com pó de rocha Nefelina Sienito**

*Heavy metal contents in rice cultivated with rock powder Nefelina Sienito*

Jocene Ostrowski de Souza<sup>1,2,5</sup>; Júlio Cesar Raposo de Almeida<sup>2</sup>; Omar Vieira Vilella<sup>3</sup>; João Luis Gadioli<sup>2</sup>; Ana Aparecida da Silva Almeida<sup>2</sup>; Hélio Minoru Takada<sup>3</sup>; Carlos Moure Cicero<sup>2</sup>; Aluisio Ramos Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Athenas Educacional;

<sup>2</sup> Universidade de Taubaté (UNITAU);

<sup>3</sup> Agência Paulista de Tecnologia e Agronegócio (APTA);

<sup>4</sup> Mineração Rio do Braço

<sup>5</sup> Autor para correspondência (*Author for correspondence*): joc\_ostrowski@hotmail.com

---

### **Resumo**

Avaliou-se a presença de metais pesados em grãos de arroz em função do uso de nefelina sienito no cultivo do arrozal. As amostras foram obtidas do experimento em campo instalado no Pólo Regional do Vale do Paraíba (APTA) em que se aplicou, em área total e em sulco, 70 kg de K<sub>2</sub>O na forma de KCl e o pó de nefelina sienito, totalizando seis tratamentos em delineamento em blocos. As concentrações de Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cd e Pb foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica em extrato nítrico-perclórico. As análises de variância para as safras de 2013/2014 e 2014/2015 não revelaram efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis analisadas. Os teores de Fe detectados nas duas safras foram de 21,12 e 22,17 mg/kg, respectivamente, enquanto os de Cu atingiram 2,67 e 2,04 mg/kg, os de Mn foram 26,08 e 26,25 mg/kg e os de Zn 2,67 e 2,04 mg/kg, respectivamente. Os elementos Cd, Ni e Pb não foram detectados. Assim, não se identificou riscos de contaminação do arroz proveniente de cultivo de arroz irrigado fertilizados com pó de rocha de nefelina sienito.

**Palavras-chave:** agromineral, ferro, segurança alimentar.

### **Abstract**

The presence of heavy metals in rice grains was evaluated as a function of the use of nepheline sienite in paddy cultivation. The samples were obtained from the field experiment at the São Paulo State Agribusiness Technology Agency (APTA). In this experiment were used six treatments considering the fertilization with 70 kg of K<sub>2</sub>O in the form of KCl and the nepheline sienite powder, in total area and in a furrow, in random blocks. The concentrations of Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cd and Pb were determined by atomic absorption spectrophotometry in nitric-perchloric extract. The analysis of variance for the 2013/2014 and 2014/2015 crops did not reveal a significant effect ( $P > 0.05$ ) for any of the variables analyzed. The levels of Fe detected in both crops were 21.12 and 22.17 mg / kg, respectively, while those of Cu reached 2.67 and 2.04 mg / kg, those of Mn were 26.08 and 26.25 mg / kg. kg and those of Zn 2.67 and 2.04 mg / kg, respectively. The elements Cd, Ni and Pb were not detected. Accordingly, we have not identified contamination risks in rice from irrigated rice cultivation fertilized with nepheline syenite rock powder.

**Keywords:** agromineral, iron, food safety.

---

## INTRODUÇÃO

Uma das primeiras ações necessárias para a produção de alimentos é o preparo do solo para o plantio. Para isto, tem-se a necessidade de empregar-lhe substâncias capazes de melhorar a qualidade da produção de alimentos. Por meio da adição de corretivos e fertilizantes, modifica-se a fertilidade do solo para se aumentar a produtividade de alimentos. A natureza dispõe de todos os nutrientes necessários para a produção de alimentos, sendo estes encontrados em depósitos de rochas, plantas, compostos orgânicos e até mesmo na água. Estes, ao serem retirados da natureza, não são devolvidos à mesma e, cada vez mais, degrada-se o ecossistema, um impacto extremamente negativo ao meio ambiente.

De uma forma geral, cresce a necessidade de reaproveitamento de substâncias que seriam de certa forma, descartadas em um determinado momento. É na verdade, o aproveitamento de produtos que antes eram considerados inutilizáveis. Isto realça e evidencia a importância de trabalhos que tenham como foco a adaptação e reutilização de resíduos oriundos dos processos industriais para o emprego destes na produção de alimentos, sendo uma forma de reaproveitar o que se foi retirado da natureza.

Os nômades enxergavam os solos como fixos e imutáveis e utilizavam-se destes apenas para a produção de pigmentos para as pinturas das cavernas. Nos tempos remotos, não existia a preocupação com a composição e a utilização de solos, entretanto, com passar dos anos, após o surgimento das práticas de agricultura e da fixação dos seres humanos em territórios, iniciaram-se os primeiros cultivos de plantas para a subsistência, o que desencadeou o interesse acerca dos solos (Lepsch, 2010). Os primeiros relatos sobre o emprego de adubação para a correção do solo como alternativa de não abandono surgiu na China, onde eram utilizados resíduos vegetais e animais para a produção agrícola e, algumas civilizações como o Egito e os povos Andinos também recebem destaque nesta história. Na idade média a técnica se intensificou em regiões da

França, da Bélgica e da Holanda, através de agricultores que deram início ao processo de adubação utilizando sobras de lixo humano, de esgoto e dejetos de animais durante a produção dos alimentos. Os relatos da produção de fertilizantes para fins comerciais datam da criação da primeira fábrica de fertilizantes pelos ingleses no ano de 1843 (Dias, 2005).

Na idade moderna surgiu definitivamente o conhecimento de que o solo por si só não é essencial à vida das plantas e, que as mesmas são capazes de sobreviver através de soluções nutritivas essenciais (Alcarde, 1998). Os adubos ou fertilizantes são definidos como substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes para as plantas e são assegurados pela lei que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes. As suas classificações se dão em função de suas finalidades e de seus aspectos físico-químicos (Brasil, 1980). A utilização de fertilizantes contribui de tal forma para o aumento da produtividade que é comum a colocação de que estes "alimentam o mundo" (Lapido Loureiro et al., 2009).

As rochas denominadas de Nefelina Sienito são caracterizadas como rochas que se formaram devido ao resfriamento do magma, rico em álcali e deficiente em sílica, portanto ígneas e plutônicas, tendo sua origem abaixo da superfície. Estas rochas têm em sua composição aluminossilicatos, contendo sódio e/ou potássio, o que as tornam diferentes de outras rochas feldspáticas. O pó da rocha Nefelina Sienito é matéria prima na industrialização de cerâmicas e vidrarias. Este pó tem chamado à atenção de pesquisadores devido ao seu potencial remineralizador de solo, sendo que, dentre os nutrientes encontrados, destaca-se o alto teor de potássio e é sabido que a maioria do solo brasileiro apresenta deficiência de potássio, limitando a agricultura.

A procura por remineralizadores vem sendo impulsionada pela ideia deste ser um aditivo mineral não tóxico às plantas e não gerador de resíduos do tipo metais pesados, além de serem ricos no elemento potássio (Lins, 2005).

Sua utilização como fonte alternativa de potássio se destaca a importância do mineral nefelina (Na,K)(AlSiO<sub>4</sub>), que é definido como sendo um complexo de aluminossilicato de sódio, do sistema hexagonal, pertencente ao grupo dos feldspatóides, que se forma nas rochas magmáticas subsaturadas em sílica (Sampaio, 2008).

Os metais pesados se encontram distribuídos por toda a natureza. Nos solos, os metais são originários da rocha de origem e de outras fontes adicionadas ao solo, como por exemplo, a precipitação atmosférica, as cinzas, o calcário, os fertilizantes químicos e os adubos orgânicos (Moraes, 2009). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da instrução normativa nº 27 de 05/06/2006 estabeleceu que para se utilizar fertilizantes na agricultura, se faz necessária à comprovação de isenção de metais pesados ou, que tenha após a obtenção dos resultados analíticos, tolerâncias limitadas a 30% (trinta por cento) dos valores definidos em Norma. Em relação aos limites máximos dos fertilizantes com o mineral potássio, são de 10,0 mg/kg para arsênio; 20,0 mg/kg para cádmio; 100,0 mg/kg para chumbo; 200,0 mg/kg para cromo e 0,20 para mercúrio (MAPA, 2006).

Os metais pesados não são biodegradáveis e podem se acumular nos tecidos vivos ao longo da cadeia alimentar chegando ao ser humano principalmente por meio da alimentação. Quase todos os elementos químicos estão envolvidos em ciclos fechados na natureza, em concentrações que não causam efeitos nocivos aos organismos, movendo-se entre os vários compartimentos ambientais em velocidades e extensões variadas. Entretanto, um dos aspectos mais graves da introdução de substâncias químicas nesses compartimentos, é a sua bioacumulação na cadeia alimentar existente nos ambientes aquáticos e terrestres (Virga, 2007).

Nos últimos anos devido à intensificação de atividades que modificaram a paisagem natural dos diferentes ambientes, cresceu significativamente a concentração de metais pesados em diversos ecossistemas (Kabata &

Pendias, 2001). Os níveis de concentrações de metais pesados em solos destinados à atividade de produção agrícola é sem dúvida uma grande preocupação quanto à segurança ambiental. Estas substâncias tóxicas podem poluir os organismos do solo, podem estar disponíveis às plantas em níveis fitotóxicos e podem ser transferidas para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas ou pela contaminação das águas subterrâneas e superficiais (Silva et al., 2014).

Na categoria dos grãos, o arroz e seus derivados tem estabelecido os limites máximos de tolerância (mg/kg) dos seguintes metais pesados: Arsênio (As) 0,30 mg/kg; Chumbo (Pb) 0,20 mg/kg; Cádmio (Cd) 0,40 mg/kg. Importante salientar que os metais mercúrio somente é quantificável para peixes e espécies afins e o Estanho somente em enlatados (ANVISA, 1998). A detecção de níveis de metais pesados que possam estar presentes em solos, por meios de insumos que, de certa forma se apresente disponíveis às plantas, principalmente em grãos, torna-se fundamental na análise do risco de determinado ambiente. Baseado nisso existe a necessidade de se ampliar as pesquisas sobre a presença de metais pesados na produção vegetal, principalmente nos grãos, por serem plantas cultivadas em solos que, possivelmente podem ser contaminados (Barata, 2005).

O arroz é um dos grãos mais presentes na dieta básica da população mundial e desta forma, existe uma grande necessidade de que seja um alimento seguro, monitorado em todas as suas etapas, de sua produção ao seu consumo, etapas estas que devem de antemão ser avaliadas em profundidade, para que este suprimento seja garantido (Lima et al., 2015). A população mundial produziu para o consumo no ano de 2013 cerca de 746 milhões de toneladas de grãos de arroz, colhidos em uma área de 165 milhões de hectares com uma produtividade média de 4.527 kg por ha. O cultivo de arroz está em segundo lugar no que se refere à produção e extensão de área cultivada, sendo superado apenas pelo trigo. O arroz participa com, aproximadamente, 30% da produção mundial de cereais e é consumido

pelas populações em todos os quadrantes do globo terrestre (EMBRAPA, 2013).

Estudos feitos acerca dos metais pesados demonstraram que o cultivo de arroz é sensível aos altos níveis de metais pesados existentes nos solos. Este processo é denominado fitotoxicidade e se manifesta principalmente através da clorose e da inibição do crescimento das plantas. Em estudo realizado por Silva (2014), o arroz foi mais sensível às altas concentrações de metais pesados no solo quando comparado com a soja e a alta concentração de zinco (Zn) reduziu as concentrações de ferro (Fe) do arroz para os níveis considerados deficientes, interferindo assim no desenvolvimento da cultura.

Considerando a necessidade de ampliar as pesquisas nesta área de reaproveitamento de resíduos e, considerando ainda que a rocha analisada é utilizada para a fabricação de cerâmicas e vidrarias gerando inúmeros resíduos de pó, este trabalho traz uma abordagem sobre a utilização do pó da rocha Nefelina Sienito na agricultura, especificamente quanto à avaliação de teores de metais pesados em grãos de arroz cultivados com a referida substância, no processo de cultivo de arroz irrigados. Este estudo teve por objetivo a investigação e a quantificação da presença de metais pesados como Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em arroz cultivado com o pó de rocha Nefelina Sienito destinados à alimentação humana, bem como, a avaliação de seu teor frente aos limites determinados na legislação brasileira vigente.

## MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos teores de metais pesados em arroz irrigado em dois cultivos foi realizada a partir de material proveniente de experimento de campo instalado no Pólo Regional do Vale do Paraíba (APTA), em Pindamonhangaba, em uma área de topografia plana e sistematizada própria para o cultivo de arroz.

Os tratamentos foram definidos considerando-se a recomendação de 120 kg/ha de KCl (70 kg de K<sub>2</sub>O), preconizada para a cultura por Raij et al., (1996) conforme resultados de análises de solo realizada previamente e, considerando o teor de K<sub>2</sub>O de 7,3 dg/kg de pó de rocha. Além disso, considerou-se também o modo de aplicação do pó de rocha em área total com incorporação (ROCHAGEM) e disposto em filete contínuo no fundo do sulco de plantio. Assim, foram definidos seis tratamentos, sendo eles:

C - Controle: sem adubação potássica

KCl - 120 kg/ha de KCl

R1 - 1,0 Mg/ha de pó de rocha incorporado ao solo

R2 - 2,0 Mg/ha de pó de rocha incorporado ao solo

S1 - 1,0 Mg/ha de pó de rocha aplicado no sulco de plantio

S2 - 2,0 Mg/ha de pó de rocha aplicado no sulco de plantio

A implantação do experimento foi realizada no dia 29 de outubro de 2013, no mesmo dia da aplicação do pó de rocha. A adubação básica de plantio foi de 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de super fosfato triplo, 3 kg de zinco (Zn) na forma de Sulfato de Zinco, ambos aplicados a lanço 23 dias após a emergência (04/12/2013) conforme descrito por Almeida et al., (2015). Ao longo do ciclo foram aplicados 110 kg de nitrogênio na forma de ureia, assim parcelados: 30 Kg/ha aos 32 dias (13/12/13); 40 kg/ha aos 53 dias; 40 kg/ha aos 72 dias (22/01/2014).

A semeadura ocorreu no dia 30 de outubro, sendo as sementes distribuídas em linha em solo drenado no espaçamento de 30 cm entre linhas e densidade de 450 sementes viáveis por metro quadrado. As parcelas foram constituídas por 12 linhas de 6 metros, porém a unidade amostral correspondeu às 8 linhas centrais desprezando-se 0,5m no início e final de cada linha. A cultivar utilizada foi EPAGRI-109, tradicionalmente cultivada na região.

A estimativa da produção de grãos foi realizada no interior da unidade amostra (11 m<sup>2</sup>). Amostras colhidas de cada parcela foram

secadas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley e, então analisadas quimicamente no Laboratório de Análises de Solos do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNITAU). As concentrações de Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cd e Pb foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica em extrato nítrico-perclórico, conforme preconizado por Malavolta et al. (1997).

Com chama de ar-acetileno em aparelho VARIAN-AA600. Sensitividade medida por (ug/ml) dita à concentração de um elemento que produzira transmitância de 1% (Absorbância de 0,0044) também conhecida como sensibilidade recíproca. Com faixa de trabalho ótima para detecção de cada elemento (ug/ml) de 1,8 a 8,0 para Ni; 0,2 a 1,8 para Cd; 2,5 a 20,0 para Pb, Fe 2 a 9, Cu 1 a 5, Mn 1 3,6 Zn 0,4 a 1,5. Com limites de detecção (Sensitividade) para cada elemento (ug/ml) Ni=0,04; Cd=0,009; Pb 0,06, Fe 0,05, Cu 0,025, Mn 0,02 e Zn 0,08. Os metais pesados foram determinados obedecendo à sensibilidade e a faixa de trabalho. Sendo a

sensitividade padrão do aparelho de 0,2-0,8 abs.

O experimento contendo 6 tratamentos foi arranjado em blocos ao acaso com 4 repetições e os resultados foram submetidos à análise de variância e em caso de F significativo ( $P < 0,05$ ) comparou-se as médias pelo teste Tukey (5%). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Chumbo, Cádmio e Níquel*

Para os elementos chumbo (Pb), cádmio (Cd) e Níquel (Ni) nos grãos de arroz produzidos em todos os tratamentos os resultados encontrados estão abaixo do limite de detecção conforme equipamento utilizado (VARIAN-AA600). O limite máximo de tolerância (LMT) para os contaminantes inorgânicos monitorados em alimentos é definido pelo Decreto 55.871, de 26 de março de 1965 ou pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 42 de 29 de agosto de 2013 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (Tabela 1), em 0,20mg/kg.

**Tabela 1.** Teor de chumbo, cádmio e níquel em comparação ao limite máximo (LTM) permitido pela legislação brasileira.

**Table 1.** Content of lead, cadmium and nickel in comparison to the maximum limit (LTM) allowed by Brazilian legislation.

Elementos	Limite de Detecção (mg/Kg)	Safra1	Safra 2	DECRETO 55.871/65	RDC 42/98 ANVISA
Chumbo	0,06	ND	ND	0,50 ppm	0,20 mg/KG
Cádmio	0,009	ND	ND	1,00 ppm	0,40 mg/KG
Níquel	0,04	ND	ND	5,00 ppm	NC

Segundo Tavares (2010), todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais. Existem cerca de 20 elementos considerados tóxicos para seres humanos, incluindo mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênio (As), manganês (Mn), tálio (Tl), cromo (Cr), níquel (Ni), selênio (Se), telúrio (Te), antimônio (Sb), berílio (Be), cobalto (Co), molibdênio (Mo), estanho (Sn), tungstênio (W) e vanádio (V). Alguns são essenciais e sua toxicidade depende da quantidade absorvida pelo organismo.

A avaliação dos teores Pb, Cd e Ni é de suma importância devido a sua acumulação em alimentos e, portanto, podendo ser prejudicial quando presentes em excesso. Os alimentos podem conter pequenas, porém significantes, quantidades de chumbo, por exemplo, e isto dependerá de diferentes fatores, como por exemplo, a água usada no cozimento ou os utensílios utilizados para cozinhar, ou ainda do local de armazenamento do alimento, especialmente se a comida possuir propriedades ácidas (Who, 2008).

Okada et al. (2004) determinaram as concentrações de chumbo em amostras de alimentos (hortaliças, raízes / tubérculos, frutas, ovos e leites) produzidos e consumidos em área situada ao redor de uma empresa recicladora de baterias chumbo-ácido localizada no município de Bauru, Estado de São Paulo, antes e após a remediação do solo devido a evento de contaminação. Os autores verificaram que dos alimentos analisados, o leite foi o que apresentou a maior porcentagem de contaminação e concluíram que a presença de chumbo no solo ocasionou aumento nos níveis deste metal nos alimentos produzidos na localidade, contribuiu para a exposição humana ao chumbo.

Em um estudo de Lima et al. (2014) que avaliou o teor de Pb em grãos de arroz vendidos no comércio do Rio Grande do Sul, os autores verificaram que o teor de Pb estava abaixo dos limites máximos de tolerância para os contaminantes inorgânicos. No mesmo estudo o Cádmiu também foi verificado e os autores ressaltam que poucos são os estudos já realizados sobre determinação deste metal em grão de arroz. Estes autores observaram que com o aumento das doses de Cd aplicadas ao solo, houve incremento desses elementos nos tecidos das plantas de arroz, ocorrendo maior acúmulo nas raízes. Em uma abordagem feita por Elpo & Freitas (1995) ao avaliar o teor de Cádmiu, Chumbo e Níquel em alimentos da cesta básica comercializada na cidade de Curitiba, os autores ressaltaram que, dentre os principais metais tóxicos que podem ocorrer como contaminantes dos alimentos estão o Mercúrio, o Arsênico, o Chumbo e o Cádmiu. Exceto os locais onde existe poluição, o elemento Cd é encontrado em baixas concentrações nos alimentos, entretanto, amplas variações nas concentrações já foram verificadas por diferentes pesquisadores. É importante entender que, para os seres humanos que não são expostos pelos processos de industrialização, a intoxicação por Cd via alimentação é a mais ocorrente (Reilly, 1980).

Outro elemento verificado neste trabalho foi o Níquel e, a legislação brasileira faz controle de níquel principalmente em bebidas e refrigerantes, sendo estabelecido como limite

máximo tolerável para outros alimentos o teor de 5,0 mg/kg. Vale ressaltar que este elemento é tóxico aos seres humanos. O Níquel é um metal que pode causar fitotoxicidade ao vegetal, sendo que a sua toxidez produz clorose, geralmente semelhante aos sintomas de deficiência de Ferro. Estudos já determinaram a fitotoxicidade de Ni em feijão e concluíram que devido a esta toxicidade houve a redução da produção (Berton et al., 2006).

Já em humanos a intoxicação é por inalação, bem como, pelo contato cutâneo, sendo que estas constituem as vias mais importantes de exposição ao níquel. A deposição, absorção e retenção das partículas de níquel no trato respiratório seguem os princípios da dinâmica pulmonar. Assim, fatores como o tamanho aerodinâmico da partícula e o grau de ventilação irão direcionar a deposição e retenção das partículas de níquel ao nível do trato nasofaríngeo, traqueobronquial ou pulmonar (Ruppenthal, 2013).

Carrapatoso et al. (2004) verificaram dois casos clínicos de dermatites endógenas em humanos causadas pela ingestão de níquel. Os autores enfatizaram que a quantidade de metal absorvida depende da capacidade individual de absorção de cada organismo e do conteúdo de metal, nos alimentos ingeridos. As plantas são a principal fonte de níquel na dieta (Tsoumaris & Tsoukalli-Papadopoulou, 1994) sendo que os principais fornecedores são os cereais, as leguminosas, os produtos lácteos e os frutos (Purello-De Ambrosio et al., 1998). Já nos alimentos de origem vegetal, o conteúdo em níquel é extremamente variável, resultando de uma grande diversidade da sua presença na composição dos diferentes solos. Alimentos com alto teor em níquel, independentemente dos solos onde são produzidos, incluem cereais, cacau, chá, soja, feijão vermelho, ervilhas, amendoim, avelã, semente de girassol e frutos secos.

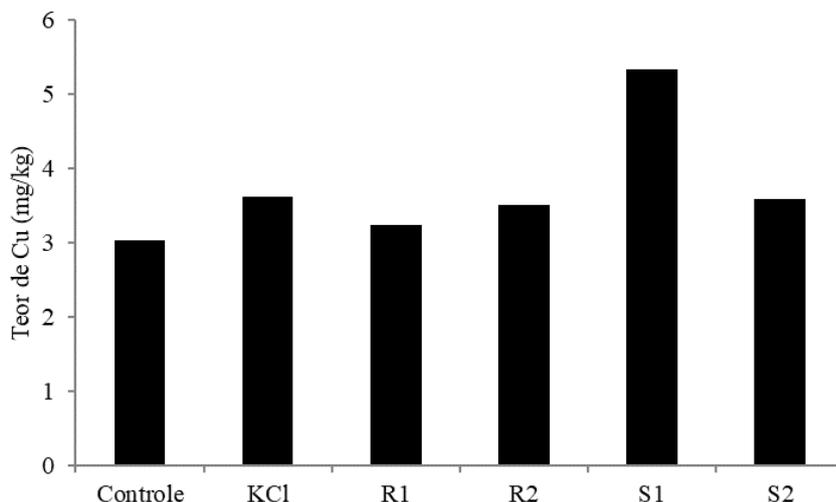
Os resultados demonstram que o arroz produzido com a utilização do pó da rocha Nefelina Sienito pode ser seguramente consumido não apresentado risco de

contaminação dos grãos de arroz pelos metais Chumbo, Cádmio e Níquel.

#### Avaliação do teor de Cobre

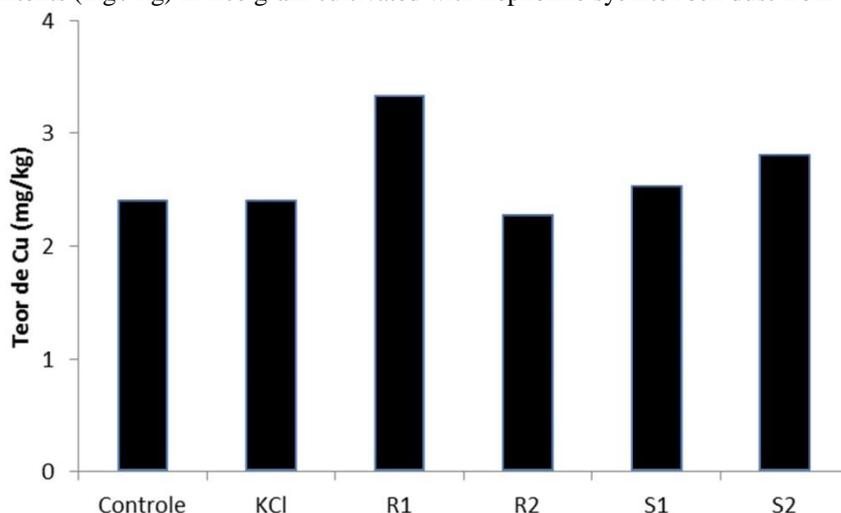
Os teores de cobre encontrado nos grãos de arroz não foram alterados significativamente pelos tratamentos tanto na primeira ( $P>0,29$ ) como na segunda colheita ( $P>0,21$ ) (Figuras 1 e 2). Os teores na primeira colheita variaram

de 3,03 a 5,34 mg/kg atingindo valor médio de 3,72 mg/kg. Na segunda colheita os teores foram mais baixo situando-se entre 2,28 e 3,34 mg/kg atingindo valor médio de 2,64 mg/kg. Contudo esses teores de cobre obtidos no arroz cultivado no Vale do Paraíba encontram-se acima da média conforme se verifica na Tabela Brasileira de Composição de alimentos ou da USDA.



**Figura 1.** Teores de cobre (mg/kg) em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da primeira colheita.

**Figure 1.** Copper contents (mg / kg) in rice grain cultivated with nepheline syenite rock dust from the first harvest.



**Figura 2.** Teores de cobre em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da segunda colheita.

**Figure 2.** Content of copper grains of rice cultivated with nepheline seed powder of the second crop.

A detecção deste elemento em ambas as colheitas esteve abaixo do limite tolerável de 30 mg/kg, estabelecido pelo Decreto No 55.871, de 26 de março de 1965. Já resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013, não faz referência de valores para este metal. O metal cobre é um elemento essencial às plantas, tendo grande participação no metabolismo do

vegetal, porém níveis elevados são potencialmente tóxicos (Yruela, 2005).

Nos seres vivos, quando em excesso o cobre ocasiona lesão no fígado e nos rins, além da “Doença de Wilson”, causado devido o acúmulo nos tecidos e várias outras patologias, tais como: infecções, infarto no miocárdio,

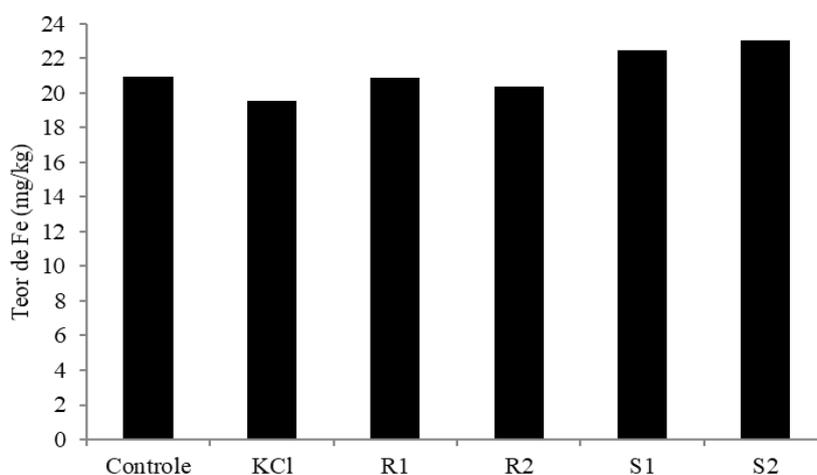
doenças hepáticas, doenças malignas e anemias (ELPO, 1995). Considerando os resultados encontrados neste trabalho constatou-se os grãos de arroz cultivados sob a aplicação de pó de rocha Nefelina Sienito possuem teor de Cu adequados ao consumo encontrando-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação.

#### Avaliação do teor de ferro

Os teores de ferro encontrado nos grãos de arroz não foram alterados significativamente pelos tratamentos tanto na primeira ( $P>0,51$ ) como na segunda colheita ( $P>0,26$ ) (Figura 3 e 4). Os teores na primeira colheita variaram de

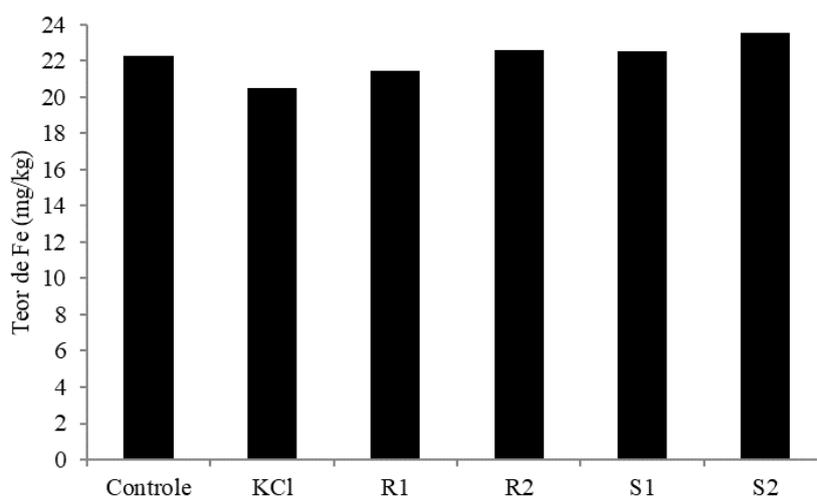
19,5 a 23 mg/kg atingindo valor médio de 21,12 mg/kg. Na segunda colheita os teores situaram-se entre 20,5 e 23,5 mg/kg atingindo valor médio de 22,16 mg/kg. Contudo esses teores de ferro obtidos no arroz cultivado no Vale do Paraíba encontram-se acima da média conforme se verifica na Tabela Brasileira de Composição de alimentos ou da USDA.

Ao buscar avaliar a presença do Fe, foi possível verificar que sua concentração se sobressai em relação aos outros metais, pois demonstra valores que atinge 23,5 mg/kg (Figuras 3 e 4).



**Figura 3.** Teores de ferro (mg/kg) em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da primeira colheita.

**Figure 3.** Iron content (mg / kg) in rice grain cultivated with nepheline syenite rock dust from the first harvest.



**Figura 4.** Teores de ferro em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da segunda colheita.

**Figure 4.** Iron content in rice grain cultivated with rock dust nepheline syenite from the second harvest.

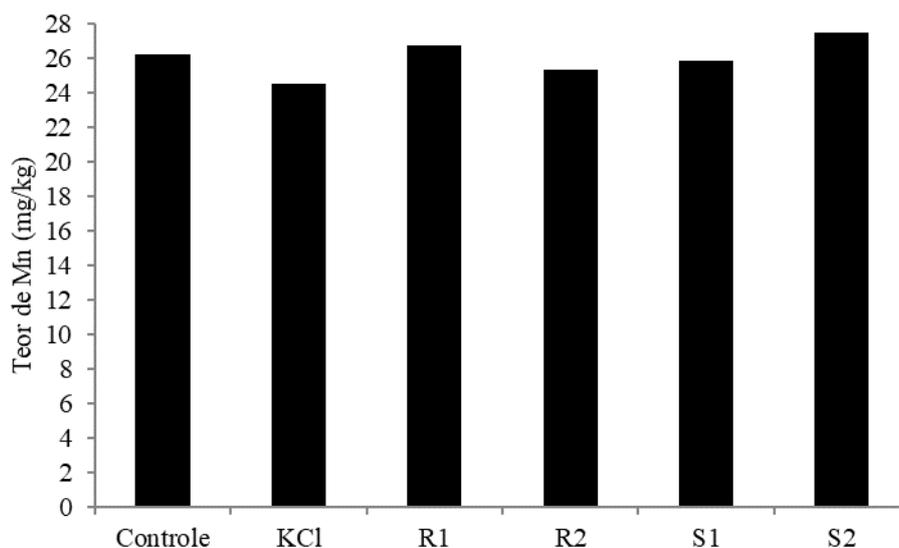
Quanto à avaliação do teor de Fe não há limite máximo estabelecidos na legislação, ou por Órgão Fiscalizador. Ao contrário, o Ministério da Saúde preconiza a ingestão de ferro diariamente por meio de alimentos que o contenham, pois o Fe é um nutriente essencial para a vida e atua principalmente na síntese das células vermelhas do sangue e no transporte do oxigênio para todas as células do corpo.

Estudos apontam que as rochas magmáticas ultrabásicas contêm 9-10% de Fe, enquanto as magmáticas ácidas contêm 1,4 a 2,7%. Nas rochas sedimentares o conteúdo em Fe é bastante variável, sendo de 3,3 a 4,7% nos sedimentos argilosos, 4,3 a 4,8% nos folhelhos, 10 a 30% nos arenitos, 0,4 a 1,0% nos calcários (Malavolta, 1994). Além da presença de Fe no solo onde a cultura de arroz irrigado se desenvolve é necessário destacar que esse elemento está contido na rocha nefelina sienito (Volkman, 2004).

#### *Avaliação do teor de manganês*

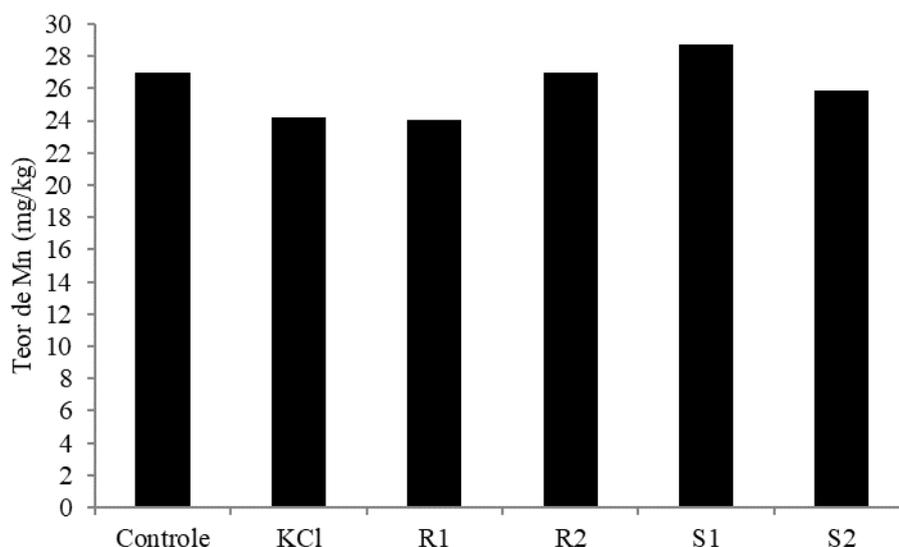
Os teores de manganês encontrado nos grãos de arroz não foram alterados significativamente pelos tratamentos tanto na primeira ( $P>0,82$ ) como na segunda colheita ( $P>0,36$ ) Figura 5 e 6. Os teores na primeira colheita variaram de 24,75 a 26,5 mg/kg atingindo valor médio de 26,08 mg/kg. Na segunda colheita os teores situaram-se entre 24,25 e 29 mg/kg atingindo valor médio de 26,25 mg/kg. Contudo esses teores de manganês obtidos no arroz cultivado no Vale do Paraíba encontram-se acima da prevista na Tabela Brasileira de Composição de alimentos ou da USDA.

A avaliação do teor de manganês apontou valores significativos, atingindo em sua mais alta detecção a quantidade de 27,5 mg/kg de concentração, sendo esta de amostras na colheita 1. As figuras 5 e 6 demonstram simultaneamente as concentrações do metal manganês e apontam concentrações relevantes em todo tratamento.



**Figura 5.** Teores de manganês (mg/kg) em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da primeira colheita.

**Figure 5.** Manganese contents (mg / kg) in rice grain cultivated with nepheline syenite rock dust from the first harvest.



**Figura 6.** Teores de manganês (mg/kg) em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da segunda colheita.

**Figure 6.** Manganese (mg / kg) content in rice grain grown with nepheline syenite rock dust from the second crop.

No sistema de controle de contaminantes não existe legislação que determine o limite máximo de Mn em grãos. A única legislação existente diz respeito à água, e o limite para esse metal é de 0,5 mg/L (Resolução RDC nº 274, de 22 de setembro de 2005) havendo também a recomendação quanto à ingestão diária recomendada (IDR) para este metal que é de 2,3 mg/dia (ANVISA, 2005).

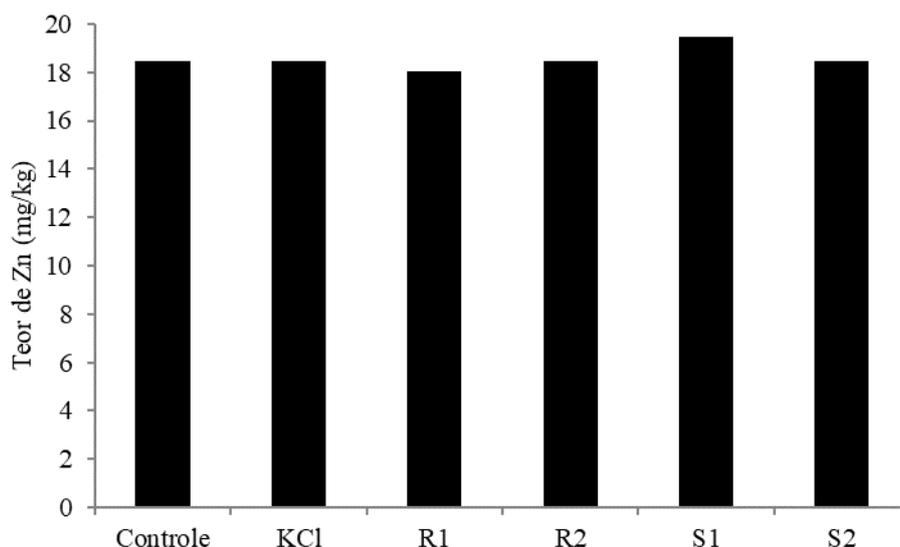
O manganês apresenta-se em grande quantidade na litosfera, ocorrendo comumente em todas as rochas da crosta terrestre, especialmente na constituição do solo. Por ser essencial na nutrição vegetal e controlar a dinâmica de vários outros micronutrientes. Também exerce papel relevante em muitas propriedades do solo, em particular no sistema de equilíbrio do pH (Melo, 2017). O excesso de manganês provoca efeitos tóxicos similares ao encontrado na Doença de Parkinson, por provocar danos no sistema nervoso central (Lima Junior, 2005).

#### Avaliação do teor de zinco

Os teores de zinco encontrado nos grãos de arroz não foram alterados significativamente

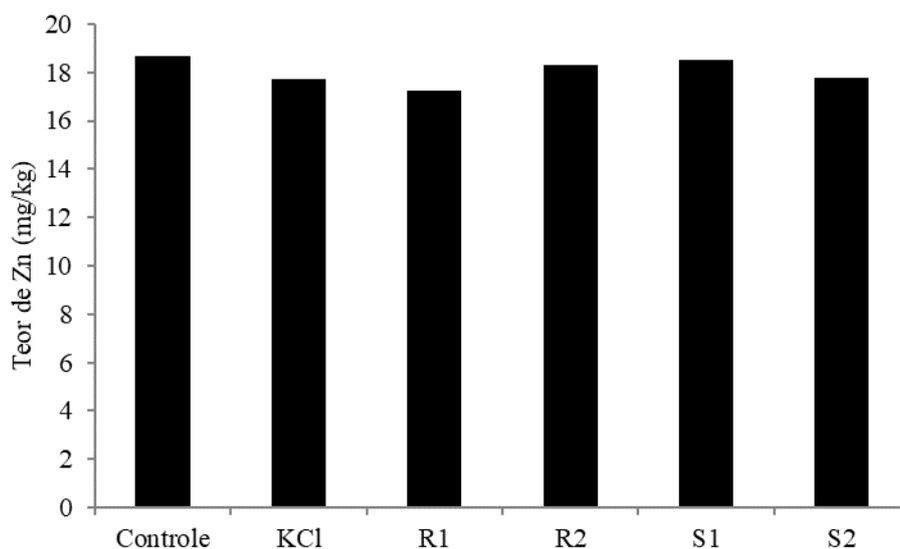
pelos tratamentos tanto na primeira ( $P>0,71$ ) como na segunda colheita ( $P>0,63$ ) (Figuras 7 e 8). Os teores na primeira colheita variaram de 18 a 19,75 mg/kg atingindo valor médio de 18,66 mg/kg. Na segunda colheita os teores situaram-se entre 17,25 e 18,5 mg/kg atingindo valor médio de 17,95 mg/kg. Contudo esses teores de zinco obtidos no arroz cultivado no Vale do Paraíba encontram-se acima da média conforme se verifica na Tabela Brasileira de Composição de alimentos ou da USDA.

Na avaliação do teor de zinco foi possível reconhecer a concentração deste metal em todos os tratamentos. Atingindo na primeira colheita concentração maior, mas não muito diferente das demais determinações. O Decreto No 55.871, de 26 de março de 1965 define o limite máximo de tolerância (LMT) em alimentos para o Zinco de 50,00mg/kg. Embora essencial ao metabolismo humano, a intoxicação com o acúmulo de Zinco devido a ingestão de altas doses de suplementos pode provocar leucopéia e anemia sideroblástica (Asmus, 2016). Por isso, a importância de se estudar este elemento no arroz cultivado com o pó da rocha Nefelina Sienito.



**Figura 7.** Teores de zinco (mg/kg) em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da primeira colheita.

**Figure 7.** Zinc contents (mg / kg) in rice grain grown with nepheline syenite rock dust from the first harvest.



**Figura 8.** Teores de zinco em grão de arroz cultivados com pó de rocha nefelina sienito provenientes da segunda colheita.

**Figure 8.** Zinc contents in rice grain cultivated with nepheline syenite rock dust from the second crop.

Conforme demonstrado os teores de cobre, ferro, zinco e manganês, não indicam contaminação mesmo tendo sido utilizado um grama para a digestão do material e feita diluição de 1: 25 mL. Tendo em vista que não há relatos anteriores de quantificação de metais pesados em arroz produzidos com a administração do pó da rocha Nefelina Sienito realizados no Brasil, verificou-se por meio desta pesquisa que os teores de Cadmio, Chumbo e Níquel que por eventualidade possa existir na composição da Nefelina sienito não

configura risco de contaminação do ambiente ou mesmo à saúde dos consumidores.

Avaliando-se a capacidade de absorção e de translocação de metais pesados do solo para os grãos de soja e arroz, Silva et al. (2007) verificaram limitação da translocação de Cd, Cu, Fe, Mn e Pb das raízes para a parte aérea no arroz e de Cd, Cu, Fe e Pb na soja. As plantas de arroz e soja restringem a transferência de Cd e Cu do solo para o grão, o que não ocorre com Mn e Zn. As plantas de

arroz limitam a transferência de Pb do solo para o grão, ao contrário da soja.

A avaliação de teores de metais pesados em arroz realizado no Rio Grande do Sul por Poletti (2012), apontou que as concentrações dos elementos Cd e Pb permaneceram abaixo dos limites de detecção do aparelho (ICP-OES) e, conseqüentemente, abaixo dos limites máximos permitidos pela ANVISA, corroborando este estudo. Lima et al. (2015), realizou uma pesquisa dos teores de Cd, Cr e de Pb no arroz vendido em diferentes estabelecimentos comerciais do Rio Grande do Sul e constatou-se que os elementos quantificados nas amostras de grãos vendidos em estabelecimentos comerciais apresentaram-se dentro dos limites permitidos pela legislação.

Nesse sentido, ressalta-se que os teores Chumbo, Cádmiio e Níquel em grãos de arroz cultivados sob a aplicação de pó de rocha de Nefelina Sienito ao solo ficaram abaixo dos limites de detecção e sendo, portanto, muito inferiores aos teores mínimos aceitáveis pela legislação vigente, não configurando riscos à segurança alimentar. Quanto aos teores de Cobre e Zinco encontrados são inferiores aos limites máximos estabelecidos na legislação, não sendo considerado prejudicial à saúde o consumo do arroz cultivado com o pó de rocha Nefelina Sienito e, em relação aos teores de Ferro e Manganês detectados, não há legislação que determine os limites da presença destes para a segurança alimentar, tendo em vista que as recomendações do Ministério da Saúde apontam para a importância da ingestão destes elementos para a saúde e, mesmo assim, as quantidades encontradas são consideradas seguras, estado abaixo das doses de ingestão diária recomendada pelo Ministério da Saúde.

## CONCLUSÃO

A aplicação de pó da rocha Nefelina Sienito não influenciou a concentração de metais pesados nos grãos de arroz e não configurando risco a saúde dos consumidores

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações. Associação Nacional Para Difusão de Adubos. **Boletim Técnico**. 3. ed. São Paulo, p. 43.1998. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/boletim03.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Publicações Eletrônicas. Disponível em: <http://coffito.gov.br/nsite/wp-content/uploads/2016/08/resolucao-269-2005-ingestao-diria-recomendada-idr-de-protenas-vitaminas-e-minerais.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

ASMUS, CARMEN ILDES R. FRÓES A. 2017. **Metais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Instituto de Estudos de Saúde Coletiva-IESC/UFRJ. Publicações Eletrônicas. Disponível em: <http://iesc.ufrj.br/cursos/saudetrab/intoxica%E7%F5es%20por%20metais.pdf>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.

BERTON, R. S., PIRES, A. M. M., ANDRADE, S. A. L. D., ABREU, C. A. D., AMBROSANO, E. J., & SILVEIRA, A. P. D. D. Toxicidade do níquel em plantas de feijão e efeitos sobre a microbiota do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 8, p. 1305-1312, 2006.

BRASIL. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto-Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências**. Publicações Eletrônicas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/L6894.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L6894.htm). Acesso em: 10 de julho de 2016.

BRASIL. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. **Aprova o Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos"**. Publicações Eletrônicas. Disponível em: [http://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau delegis/anvisa/1998/prt0685\\_27\\_08\\_1998\\_rep.html](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau delegis/anvisa/1998/prt0685_27_08_1998_rep.html). Acesso em: 10 de Julho de 2016.

BRASIL, ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 42 de 29 de agosto de 2013. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos.** Publicações Eletrônicas. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042\\_29\\_08\\_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0042_29_08_2013.pdf/c5a17d2d-a415-4330-90db-66b3f35d9fbd). Acesso em: 10 de julho de 2016.

CARRAPATOSO, I.; LOUREIRO, G.; LOUREIRO, C.; FARIA, E.; TODO-BOM, A.; CHIEIRA, C. Dermatite endógena induzida pela ingestão de níquel. A propósito de dois casos clínicos. **Revista Portuguesa de Imunoalergologia**, v. 11, p. 261-270, 2004.

DIAS, J. C. **Raízes da fertilidade.** São Paulo: Calandra Editorial. Biblioteca(s): Embrapa Cerrados; Embrapa Mandioca e Fruticultura. p. 128, 2005.

ELPO, E. R. S.; FREITAS, R. J. S. Avaliação dos teores de Cádmiu, Chumbo, Cromo e Níquel nos alimentos da cesta básica. B. **CEPPA**, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 71-84, 1995.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados de conjuntura da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1985-2013).** Disponível em: <http://www.cnparf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm>. Acesso em: 19 de junho de 2016.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants.** 3. ed. Boca Raton: CRC Press. p. 413, 2001.

LAPIDO LOUREIRO, F. E.; NASCIMENTO, M. Importância e função dos fertilizantes numa agricultura sustentável e competitiva, In: Lapido Loureiro, F.E., Melamed, R., Figueiredo Neto, J. (eds), **Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade**, 1 ed., capítulo 2, Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia Mineral, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos /** Igo F. Lepsch. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto. p. 216, 2010.

LIMA JÚNIOR, A. X. de et al. **Determinação de cádmio e manganês com pré-concentração por FI-FAAS e aplicação em aditivo alimentar à base de fosfatos.** Dissertação de Mestrado- Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

LIMA, C.V.S de; HOEHNE, L.; MEURER, E. J. Cádmio, cromo e chumbo em arroz comercializado no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 12, p. 2164-2167, dic. 2014.

LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais /Ed.** Adão Benvindo da Luz e Fernando. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. p. 867, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 27 de 05/06/2006. **Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes.** Publicações Eletrônicas. Publicações Eletrônicas. Disponível em: [http://www.a3q.com.br/dmdocuments/Instru\\_Normativa\\_27.pdf](http://www.a3q.com.br/dmdocuments/Instru_Normativa_27.pdf). Acesso em: 10 de Julho de 2016.

MORAES, M. F. **Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola.** 108f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ciências – Área: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2009.

OKADA, I. A.; DURAN, M. C.; KIRA, C.S.; MAIO F.D.; SAKUMA, A. M.; TIGLEA, P and PEREIRA, M. L. S. Chumbo em alimentos produzidos no entorno de uma empresa recicladora de baterias no município de Bauru, estado de São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 63, n. 1, p. 87-90, 2004.

POLETTI, J. Quantificação de elementos-traço em arroz. 38f. Monografia Trabalho de Conclusão de Curso) - Curso de Química Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Porto Alegre, RS. 2012.

PURELLO-DE AMBROSIO, F.; BAGNATO, G.; GUARNERI, B. et al. The role of nickel in foods exacerbating nickel contact dermatitis. **Allergy**, v. 53, n. Suppl. 46, p. 143-5, 1998.

REILLY, C. **Metal cotamination of food.** London: Applied Science. p. 227, 1980.

RUPPENTHAL, J.E. 128p. Toxicologia / Janis Elisa Ruppenthal. – Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013. [http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos\\_seguranca/sexta\\_etapa/toxicologia.pdf](http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf). Acesso em: junho de 2017.

SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. Nefelina Sienito **In: Práticas Laboratoriais em Tratamento de Minérios.** Centro de Tecnologia Mineral, 2008. Publicações Eletrônicas. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1119/30.%20NEFELINA%20SIENITO.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 de julho de 2016.

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Heavy metal toxicity in rice and soybean plants cultivated in contaminated soil. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 248-254, 2014.

TAVARES, A. D. **Determinação de Cádmio e Chumbo em Alimentos e Bebidas Industrializados por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências

Exatas e da Natureza Departamento de Química,  
Programa de Pós Graduação em Química. 2010.

TSOUMBARIS, P.; TSOUKALI-PAPADOPOULOU,  
H. Heavy metals in common foodstuff: quantitative  
analysis. **Bulletin of Environmental Contamination  
and Toxicology**, v. 53, n. 1, p. 61-6, 1994.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H.  
Avaliação de contaminação por metais pesados em  
amostras de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de  
Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 787-792, 2007.

VOLKMANN, A. R. **Estudos de rotas de  
beneficiamento da nefelina-sienito para aplicação  
como fundente na massa cerâmica do porcelanato.**  
Dissertação mestrado, Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul. 2004.

VAN LERBERGHE, W. **The world health report  
2008: primary health care: now more than ever.**  
World Health Organization, 2008.

YRUELA, I. Copper in plants. **Brazilian Journal Plant  
of Physiology**, v. 17, n. 1, p. 145-156, 2005.