



Faculdade de Pindamonhangaba



**Roseli Martino Garcia**

**DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM  
PANELA DE ALUMÍNIO E SUA POSSÍVEL  
RELAÇÃO PARA A SAÚDE**

**Pindamonhangaba- SP  
2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



**Roseli Martino Garcia**

**DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM  
PANELA DE ALUMÍNIO E SUA POSSÍVEL  
RELAÇÃO PARA A SAÚDE**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Bacharel pelo Curso de Graduação em Farmácia da Faculdade de Pindamonhangaba

Orientador: Prof. Dr. Dailton de Freitas

**Pindamonhangaba – SP  
2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



**Roseli Martino Garcia**

## **DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM PANELA DE ALUMÍNIO E SUA POSSÍVEL RELAÇÃO PARA A SAÚDE**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Bacharel em farmácia pelo Curso de Graduação em Farmácia da Faculdade de Pindamonhangaba.

Orientador: Prof. Dr. Dailton de Freitas

Data: 18/11/2014

Resultado: \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

Prof.

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Profa.

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Profa.

Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

## **Dedico a minha família**

Ao meu pai Francisco Garcia e minha mãe,  
Cerialina Martino Garcia,  
que mesmo não estando mais entre nós,  
sempre se alegraram por minhas conquistas.

Aos meus queridos filhos  
Thiago e Diego

Ao Mauricio Rocha Lopes,  
que fez parte deste caminho, sempre me apoiando.

Obrigada por todo carinho e dedicação

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me capacitar, sustentar e permitir  
que eu chegasse até aqui.

À Fundação Universitária Vida Cristã – FUNVIC / Faculdade de Pindamonhangaba e à Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba, pela concessão da bolsa de estudos que permitiu que eu atingisse o meu objetivo.

Ao Prof. Dr. Dailton de Freitas pela forma que orientou nosso trabalho.

À Profa. Dra Daniela Camargo pelo carinho, apoio e na realização das análises em Fluorescência Raios X no DEMAR – Departamento de Materiais da USP – Escola de Engenharia de Lorena.

Ao Prof. Dr. Ivancy Moreira Miguel pelo empenho nos esclarecimentos e realização das análises em EDX no Instituto Nacional de Pesquisa Aeroespacial (INPE) no laboratório CMS/LAS – Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores.

Ao Prof. Dr. Matheus Diniz Gonçalves Coelho pelo apoio e entusiasmo.

À Prof. Dra. Luciana Garcia pelo interesse, apoio e carinho.

Ao Prof. Dr. Claudemir de Carvalho pelos esclarecimentos e apoio às pesquisas na literatura.

Ao Gervásio Amador Rosa, Técnico do Laboratório de Química da Faculdade de Pindamonhangaba, e seus colaboradores, Henrique, Vinícius e Luana, pela paciência e presteza na realização dos ensaios.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

*(Marthin Luther King)*

## RESUMO

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre e o segundo metal mais utilizado, perdendo em utilização apenas para o aço. É o mais importante dos metais não-ferrosos, possui grande importância industrial, isso devido as suas propriedades, como baixa massa específica, comparado com outros metais de grande consumo, resistência à corrosão, boa resistência às intempéries, produtos químicos e à água do mar, facilidade de manuseio na fabricação, boas qualidades estéticas, além de boa condutibilidade elétrica e térmica. Seu principal diferencial é a reciclabilidade, sem a perda de propriedades físico-químicas. O alumínio está presente em todos os órgãos, tecidos e fluidos do corpo humano. O metal está no corpo humano sob diversas formas, já que o homem está exposto ao alumínio do solo, da água, do ar, nos alimentos e em produtos utilizados para o tratamento da própria saúde. Alguns metais são essenciais às estruturas biológicas, sendo necessários em variadas quantidades. Podem ser de necessidade em gramas ou em miligramas e em quantidades maiores podem ser tóxicos. Diversos são os materiais utilizados pelo homem, na confecção dos utensílios: ferro, alumínio, aço inox, cerâmica, pedra, vidro, barro e outros. Entretanto, pouco se fala sobre o efeito, quer positivo ou negativo que os utensílios podem exercer nos alimentos. Elementos indesejáveis contidos em determinados utensílios, como o alumínio entre outros, podem migrar para os alimentos durante o processo de cocção. Os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o mecanismo celular em geral. Embora uma relação direta entre o Alumínio e as doenças neurodegenerativas não tenha sido demonstrada claramente, existe uma base de mecanismos detalhados para esta hipótese, que pode exacerbar eventos associados a essas doenças. Neste sentido, perante caracterização química do arroz cozido em panelas de alumínio, este trabalho objetivou investigar a possível contribuição deste metal nas doenças neurodegenerativas.

Palavras chave: Panelas de Alumínio. Toxicidade. Doenças Neurodegenerativas. Caracterização Química.

## ABSTRACT

The aluminum is the third element most found in the earth. It is the second most used element, behind only of steel. The aluminum is the most important non-ferrous metal. It is very important in industrial field due to its properties as low specific weight (when compared to other used metals), resistance to corrosion, high resistance to weather, chemical products and sea water, good handling when used during manufacturing, good esthetic quality and high electric and thermic conductivity. Its most important characteristic is to be easily recycled without losing physic-chemical properties. The aluminum is found in all organs, tissues and fluids of the human body. The metal is present in the human body in many ways, since men is exposed to aluminum from ground, water, air, food and also from products used on health treatments. Some elements are essential to biological structures, being necessary in different amounts depending on their use. They can be used either in grams or miligrams, and in larger amounts they may be toxic. Many materials are used while manufacturing utensil: iron, aluminum, inox, ceramics, stones, glass, clay, among others. However, not much is said about the effects, either positive or negative, that the utensil may have on food. Undesirable elements found in some utensil, as aluminum, may move to the food during cooking process. The toxic effects of metals may express themselves in acute or chronic ways. Among the metals toxic mechanisms are included: the interaction with enzymatic systems, interaction with cell membranes and specific effects on some organs and on general cell mechanisms. Although there has not been clearly demonstrated a direct relation between aluminum and the degenerative diseases, there is a detailed mechanism basis for this hypothesis which may increase the events related to those diseases. Then, considering the chemical characteristics of rice cooked in aluminum pot, this work aims to investigate the possible contribution of that metal on neurodegenerative diseases.

Keywords: Aluminum pot, toxicity, neurodegenerative diseases, chemical characteristics.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Resultados do teor de alumínio em Análises de EDX.....	26
Tabela 2- Resultados do teor de alumínio nas análises de Fluorescência de Raios X.....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cozimento do arroz – Amostras.....	21
Figura 2- Cozimento do arroz – Branco.....	21
Figura 3- Processamento das Amostras.....	22
Figura 4- Amostras identificadas.....	22
Figura 5- Secagem das amostras (estufa).....	22
Figura 6- Amostras secas.....	22
Figura 7- Trituração pelo gral.....	23
Figura 8- Peneira de Análise Granulométrica.....	23
Figura 9- Equipamento modelo 435 VPI da marca LEO-EDX.....	24
Figura 10- Equipamento de Fluorescência marca Axios com o braço robótico.....	25
Figura 11- Gráfico representativo do teor de alumínio da análise de EDX.....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
<b>3 MÉTODO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Preparo do arroz.....</b>	<b>18</b>
3.1.1 MATERIAIS.....	18
3.1.2 REAGENTES.....	19
3.1.3 PROCEDIMENTOS.....	19
<b>3.2 Preparo das amostras para caracterização química.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 MATERIAIS.....	20
3.1.2 REAGENTES.....	20
3.1.3 PROCEDIMENTOS.....	20
<b>3.3 Caracterização química instrumental.....</b>	<b>23</b>
3.3.1 ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA DE RAIOS X (EDX).....	23
3.3.1.1 Materiais.....	23
3.3.1.2 Procedimentos.....	24
3.3.2 FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	24
3.3.2.1 Materiais.....	24
3.3.2.2 Procedimentos.....	25
<b>4. RESULTADO.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX).....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Fluorescência de Raios X.....</b>	<b>27</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO A- Relatório de análise química da água do fornecimento público.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO B- Resultados Originais das análises de EDX.....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO C- Resultados Originais das análises de Fluorescência de Raios X.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O elemento “alumínio” é abundante na crosta terrestre na forma de óxido de alumínio e as reservas minerais são quase ilimitadas. O minério industrial mais importante é a “bauxita”, com um teor de óxido de alumínio entre 35% a 45%; suas jazidas localizam-se principalmente nas regiões tropicais e, no Brasil, concentram-se na área amazônica.

O alumínio foi descoberto por Sir Humphrey Davy em 1809, porém, apenas em 1886 foi desenvolvido um processo industrial econômico de reduzir a alumina ( $Al_2O_3$ ) presente na bauxita em alumínio. Apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre é o metal mais jovem usado em escala industrial. Mesmo utilizado a milênios antes de Cristo, o alumínio, começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos.

Hoje é o segundo metal mais utilizado, perdendo em utilização apenas para o aço. É o mais importante dos metais não ferrosos, possui grande importância industrial, isso devido as suas propriedades, como baixa massa específica, comparado com outros metais de grande consumo, resistência à corrosão, boa resistência às intempéries, produtos químicos e a água do mar, bom manuseio na fabricação, boas qualidades estéticas, além de boa condutibilidade elétrica e térmica. Seu principal diferencial é a reciclabilidade, sem a perda de propriedades físico-químicas. Ao contrário de outros materiais, ele pode ser reciclado infinitas vezes sem perder suas qualidades no processo de reaproveitamento.

Desde que nascemos o alumínio está presente em todos os órgãos, tecidos e fluidos do corpo humano. O metal está no corpo humano sob diversas formas, já que o homem está exposto ao alumínio do solo, da água, do ar, nos alimentos e em produtos utilizados para o tratamento da própria saúde.

Os metais são capazes de afetar todas as formas de vida, algumas vezes de forma benéfica, outras danificando o sistema biológico. Os metais entram em contato com o homem através dos alimentos, da água, do ar e até mesmo no local de trabalho.

Alguns metais são essenciais às estruturas biológicas, sendo necessários em variadas quantidades. Podem ser os macro elementos (necessidade de gramas) ou elementos traço (miligramas). Em alguns casos os metais podem ser simultaneamente contaminantes e essenciais, já que em que pequenas quantidades podem desencadear uma condição patológica, e em quantidades maiores podem ser tóxicos, por outro lado tem aqueles, que não são necessários para nosso organismo, e mesmo em pequenas quantidades podem causar intoxicação.

Diversos são os materiais utilizados pelo homem, tanto artesanal como industrialmente, na confecção dos utensílios: ferro, alumínio, aço inox, cerâmica, pedra, vidro, barro e outros. Entretanto, pouco se fala sobre o efeito, quer positivo ou negativo que os utensílios podem exercer nos alimentos. Elementos indesejáveis contidos em determinados utensílios, como o alumínio entre outros, podem migrar para os alimentos durante o processo de cocção.

Apesar das concentrações de Alumínio em água ser controlada e estimada em 0,2 mg/L, (laudos da SABESP, ANEXO A), a adição da água na cocção dos alimentos, adicionados à exposição dos mesmos ao calor, pH e pressão, expõe o alimento a índices mais elevado à exposição a esse metal a longo prazo.

Neste sentido o presente trabalho teve como principal objetivo investigar perante análises químicas instrumentais a presença de alumínio em um alimento preparado diariamente em todas as refeições, o arroz, que é de preparo rápido e simples em utensílios domésticos deste metal e relacionar sua presença, tomando como base referências bibliográficas, a sua possível influência no desenvolvimento de doenças neurodegenerativas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Alguns poucos estudos assinalam a presença de Alumínio na água potável e em alimentos como um dos agentes etiológicos de doenças mentais<sup>1</sup>, dores de cabeça, perda de memória, nervosismo, azia, instabilidade emocional, sono perturbado, intelecto prejudicado, perda de coordenação. Elevados níveis de alumínio no organismo pode prejudicar a capacidade do corpo para digerir e utilizar-se o fósforo, flúor e cálcio, que por sua vez, impede o crescimento ósseo e reduz a sua densidade<sup>2</sup>, havendo também a hipótese de que a exposição a esse elemento represente risco para o desenvolvimento da Doença de Alzheimer<sup>3</sup>. Consistentemente, os especialistas concordam que a exposição de alumínio é algo para se preocupar.

A posição do Departamento de Neurologia e Psiquiatria da Universidade de Saint Louis é que o alumínio pode causar toxicidade hepática e levar a sintomas degenerativos, incluindo a Doença de Alzheimer<sup>3</sup>. Pesquisadores da Escola de Estudos em Zoologia na Universidade Jiwaji na Índia descrevem o alumínio como uma neurotoxina potente associado com a doença de Alzheimer<sup>4</sup>. A Universidade da Califórnia, Departamento de Medicina de Irvine informou que o alumínio causa inflamação no cérebro. Sem surpresa, a doença de Alzheimer é frequentemente associada com inflamação elevada<sup>5</sup>.

A Escola de Medicina da Universidade de Belgrado publicou informações mostrando que a água potável com um alumínio de alta e baixa concentração de flúor está associada com o risco de Alzheimer<sup>6</sup>. Infelizmente, isso é evidente na Nova Guiné e Ilhas Papua, onde a água potável contém íons de alumínio e a doença de Parkinson ou ALS é encontrada coletivamente<sup>7</sup>. A preocupação com a poluição de alumínio na água potável alcançou pesquisadores do mundo todo<sup>8</sup>.

Em 1965, foi relatada inoculação intracerebral de fosfato de Alumínio em coelhos, que resultou em degeneração neurofibrilar de semelhança significativa com a degeneração neurofibrilar da doença de Alzheimer (DA); a relação entre o Alumínio e DA começou desde então. Em 1973, foi publicado o primeiro artigo que demonstrou o aumento na concentração de Alumínio em cérebros de pacientes com DA<sup>9</sup>. Essa doença é uma desordem neurodegenerativa, predominante na população senil, caracterizada clinicamente pela perda progressiva da memória e de outras habilidades cognitivas e, patologicamente, por perda neuronal severa, proliferação glial e placas amilóides compostas da proteína  $\beta$ -amilóide (A $\beta$ ),

rodeadas de terminações nervosas degeneradas e de emaranhado neurofibrilar<sup>14</sup>. O diagnóstico dessa patologia é dado quando são excluídas outras causas<sup>9</sup>.

Há três décadas pesquisadores levantaram a suspeita de que a ingestão do alumínio estaria relacionada com a incidência dos males de Alzheimer e Parkinson, mais até hoje o material continua em estudo.

Depois que o leite materno deixa de ser a principal fonte de alimento, as panelas passam a fazer parte da vida de todos os indivíduos. Existem componentes nas panelas que fazem mal à saúde e podem passar para o alimento na hora do preparo.

As panelas de alumínio são as mais comuns e as mais baratas, mas também são as que causam mais polêmica.

“Nós, consumidores, estamos expostos a vários tipos de contaminação ambiental, que inclui água, alimentos e também panelas. Os efeitos negativos provêm de quase todos os materiais” adverte Jaime Amaya-Farfan, bioquímico e cientista de alimento da Universidade de Campinas (UNICAMP). Segundo ele, a maioria dos materiais é considerada não tóxica e, em curto prazo não trazem danos à saúde.

Os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o mecanismo celular em geral<sup>3</sup>.

A relação entre alumínio e a doença de Alzheimer, envolvendo riscos relativos para populações expostas a concentrações de alumínio em água potável superiores a 0,1 mg/L<sup>10</sup>. Assim, existe outra preocupação, de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde, a concentração de alumínio em água potável tem o valor máximo permitido (VMP) de 0,2 mg/L. Há evidências sugestivas que o metal provoca eventos inflamatórios e conduz a danos no tecido.

Uma revisão de evidências clínica e epidemiológica discute o papel do referido metal em dois mecanismos de desordem neurológica, inclusive a doença de Alzheimer. Embora uma relação direta entre o Alumínio e as doenças neurodegenerativas não tenha sido demonstrada claramente, existe uma base de mecanismos detalhados para esta hipótese, que pode exacerbar eventos associados com a Doença de Alzheimer que está emergindo. As discussões até aqui tem largas implicações para o papel do alumínio e outros metais em

doenças neurodegenerativas, e sugerem que deveriam ser evitadas exposições, à longo prazo, do sistema fisiológico<sup>11</sup>.

Considera-se que, mesmo a alimentação sendo importante fonte de ingestão de Alumínio, é na água onde se apresenta a forma mais biodisponível para ser absorvido pelo intestino<sup>1</sup>. Sais de Al são amplamente utilizados como coagulantes para redução da matéria orgânica, turbidez e presença de microrganismos durante o tratamento de água superficial, que apresenta maior quantidade de partículas em suspensão. Essa utilização, apesar de necessária para o tratamento de água em muitos municípios, pode aumentar a concentração de Al no ponto final de consumo<sup>12</sup>.

Os potenciais de redução indicam ser possível a reação deste metal com água. A não ocorrência dessa reação é atribuída à presença de uma camada aderente e protetora de óxido de alumínio formada na reação do metal com o oxigênio do ar<sup>12</sup>.

As concentrações de alumínio nos alimentos são tipicamente baixas, usualmente inferior a 5 mg/Kg e, torna-se suscetível a variações. Sua concentração mais elevada é encontrada em conservas de picles e queijos, além de fermentos. Portanto, dependendo dos hábitos alimentares individuais, a sua ingestão diária varia de 3 a 36 mg/dia. Assim sendo, o conteúdo de alumínio nos alimentos, apesar de pequeno pode ser mais elevada do que a média estimada. A quantidade do alumínio adicionado ao alimento durante a cocção em utensílios deste material chega a ser de 0,7 mg/100g de alimentos<sup>2</sup>.

Um estudo italiano concluiu que a ingestão, mesmo quando todos os alimentos são preparados e estocados em recipientes de alumínio, é de aproximadamente 6 mg/dia, ou seja, inferior ao valor de 7 mg/Kg (equivalente a 70 mg/dia para um homem adulto). Na faixa de 75% a 95% do alumínio ingerido é eliminado na urina e fezes. O restante é absorvido e depositado no corpo humano como ossos e pulmões. O alumínio é facilmente eliminado pelo organismo, mas quando absorvido, é distribuído principalmente nos ossos, fígado, rins e cérebro. Em mamíferos, a absorção gastrointestinal de alumínio é baixa devido à conversão de sais de alumínio em fosfato de alumínio, que é insolúvel no aparelho digestivo. Isso pode ocorrer a partir de mudanças no pH e presença de fosfato na dieta. Vale salientar, portanto, que a sua biodisponibilidade é diretamente dependente da sua forma química<sup>13</sup>.

As principais fontes de exposição para o homem são os alimentos, água, partículas inaláveis, anti-perspirante, cosméticos, analgésicos, anti-ulcerativos, anti-diarréicos, utensílios domésticos, aditivos alimentares, chás, a própria água consumida, sendo que esta última teve,

nos últimos anos, um acréscimo no conteúdo de alumínio em decorrência da chuva ácida. Medicamentos como antiácidos, contendo hidróxido de alumínio, podem também contribuir para um aumento na ingestão de alumínio pelos usuários destas drogas<sup>14</sup>.

A absorção dos compostos de alumínio (toxicocinética) pode ocorrer por via respiratória, oral ou cutânea. Sua absorção pode ser aumentada na presença de ascorbato, gluconato, lactato, malato, oxalato, succinato, tartarato e citrato, sendo que a interação com este último pode ser fatal. A absorção fica diminuída na presença de fosfato e silício<sup>8</sup>.

É distribuído ligado a transferrina (80%), albumina (10%) e proteínas de baixo peso molecular (10%). O alumínio tem uma grande afinidade pelos ossos e tende a se depositar neste tecido. É capaz de atravessar a barreira hematoencefálica e fetoplacentária<sup>17</sup>.

A principal via de eliminação do alumínio é a renal com excreção pela urina. Uma pequena parte do alumínio absorvido pode ser eliminada pela vesícula biliar e excretado nas fezes<sup>9</sup>.

O mecanismo de ação tóxica do alumínio ainda não está bem esclarecido, mas o que se sabe é que é um agente neurotóxico. Dentre os efeitos neurológicos, o principal é a encefalopatia, onde se observa, inicialmente, uma perturbação da linguagem, lentidão da fala, disnomia e dispraxia, que evolui com tremores, mioclonias, dispraxia de movimentos, perturbações da memória, perturbações psiquiátricas, perda da consciência e até o óbito.

Como o alumínio tende a se acumular nos ossos pode ocorrer a doença óssea induzida pelo alumínio, onde se observa baixo nível de remodelagem óssea. O paciente se queixa de dores nos ossos, e estes ficam mais suscetíveis a fraturas<sup>12</sup>.

O tecido hematológico também pode ser afetado pela exposição ao alumínio. A presença deste metal pode causar anemia microcítica, hipocrômica e diminuição no número de hemácias, por deprimir a hematopoese<sup>9</sup>.

Além dos ossos, o alumínio também pode se acumular no miocárdio, levando a uma hipertrofia cardíaca que pode causar arritmia. Vários são os fatores que influenciam a migração do alumínio do utensílio: a qualidade da liga de alumínio utilizada pela indústria, o tempo de uso do utensílio, o tempo de duração da cocção do alimento, o pH do alimento, a presença de sal ou açúcar, entre outros<sup>15</sup>.

Os efeitos resultantes da ingestão de alumínio dependem obviamente da absorção, esta, por sua vez, depende da forma química do metal, sendo vários os fatores responsáveis pela biodisponibilidade do alumínio<sup>16</sup>.

A média da expectativa de vida tem aumentado significativamente nos últimos anos, gerando um crescimento do grupo de pessoas com mais de 65 anos. No entanto, este aumento no número nos últimos anos vividos não vem sendo acompanhado por uma melhor qualidade de vida. Este fato ocorre, principalmente, em decorrência da alta incidência de doenças neurodegenerativas, como a demência, Parkinson e a Doença de Alzheimer. Suspeitas são levantadas, através de várias observações, entre elas a utilização de panelas, embalagens de alumínio, desodorantes antitranspirantes, antiácidos entre outras formas já citadas, que poderiam estar aumentando as quantidades de alumínio no organismo humano, existem vários artigos relatando o papel deste metal na incidência do Mal de Alzheimer<sup>9,10,11</sup>.

Segundo Figue et al, da Universidade do Porto, existem quatro formas para que o alumínio se ligue às estruturas e substâncias no organismo humano, na forma de íons livre, onde seu destino é determinado pela afinidade a cada ligando, sua quantidade e metabolismo, na forma de complexos de baixo peso molecular, que se liga a ácidos orgânicos e aminoácidos, na forma de complexos reversíveis com macromoléculas (proteínas), e como complexos irreversíveis com macromoléculas. A toxicocinética pode variar, dependendo da natureza destes complexos. Por exemplo, o alumínio ligado a um complexo de baixo peso molecular pode ser filtrado ao nível do glomérulo renal e excretado, enquanto que o alumínio num complexo de elevado peso molecular não<sup>17</sup>.

### 3 MÉTODO

O presente trabalho foi desenvolvido em três partes, a saber:

- Inicialmente usou-se a metodologia de preparo de alimentos seguindo a rotina de uma cozinha doméstica, traduzindo o que é realizado por uma pessoa no dia a dia. O alimento escolhido para esta investigação foi o arroz. Esta escolha é justificada pelo fato que este alimento está presente na composição de quase todas as refeições diárias;

- Com o alimento pronto preparou-se amostras para as caracterizações químicas perante análises instrumentais;

- Posteriormente foram realizadas análises químicas instrumentais para a investigação da presença de alumínio oriundo da sua possível dissolução durante cozimento deste alimento em panelas de alumínio. Neste caso também foram preparadas amostras de referências (Branco).

#### 3.1 Preparo do Arroz

##### 3.1.1 MATERIAIS

Foram considerados materiais todos os utensílios domésticos, acessórios e materiais de limpeza relacionados com o dia-a-dia de uma dona de casa para o preparo de uma refeição seguindo uma receita comum.

- Balança digital doméstica;
- Detergente líquido;
- Esponja dupla face para limpeza;
- Fogão a gás;
- Geladeira;
- Palha de aço fina para limpeza;
- Panela alta de alumínio com cabo de 16 cm de diâmetro;
- Panela de alumínio com cabo de 25 cm de diâmetro;
- Processador de alimentos;
- Talheres de aço inox (colher e faca);
- Termômetro (100°C);
- Panela de pedra de 20 cm de diâmetro;
- Panela alta de ágata com 13 cm de diâmetro.

### 3.1.2 REAGENTES

Foram considerados como reagentes os ingredientes normais para o preparo de uma refeição e também os necessários para o preparo das amostras a serem caracterizadas.

- Arroz “Tipo 1” marca Fantástico embalagem de 1 Kg;
- Água potável fornecida pela rede pública (Sabesp);
- Temperos e condimentos: alho, sal e óleo de soja marca Leve.

### 3.1.3 PROCEDIMENTOS

O processo foi realizado em uma cozinha doméstica comum, os ingredientes para o preparo do arroz, foram adquiridos no comércio da cidade de Pindamonhangaba no dia de sua realização, a água utilizada foi da rede pública fornecida pela Sabesp.

Utilizou-se para o preparo do arroz 2 panelas (semi novas) de alumínio, uma para o aquecimento da água e outra para o preparo do arroz. Estas panelas foram lavadas de maneira habitual, utilizando-se detergente e palha de aço fina, onde seu aspecto ficou limpo e brilhante, utilizou-se também uma colher de aço inox.

Para o preparo do arroz foi utilizado um livro de receitas caseiras, conforme o procedimento apresentado a seguir:

- Pesar uma quantidade de arroz equivalente a um copo americano, 150 gramas;
- Lavar essa quantidade de arroz com água da torneira e colocar para escorrer;
- Descascar o alho (1 dente médio) e triturar juntamente com o sal (uma colher de café) e reservar;
- Colocar a água para aquecer em uma panela alta;
- Colocar em uma panela baixa 2 colheres de óleo de soja; a massa obtida da trituração do alho e o sal e o arroz lavado e escorrido e misturá-los;
- Refogar (fritar) o arroz à temperatura de cerca de 80°C;
- Cozinhar o arroz refogado de maneira habitual com 900 mL de água da torneira em cerca de 90°C por cerca de 30 minutos;
- Transferir o arroz cozido para uma vasilha plástica e reservar na geladeira;
- Lavar a panela utilizada com detergente e palha fina de aço;
- Repetir todo o procedimento de preparo por mais duas vezes (triplicata);

- Repetir todo o procedimento de preparo em triplicata utilizando uma panela fabricada de material isento de alumínio para a obtenção de amostras de referência (Branco).

### **3.2 Preparo das Amostras para Caracterização Química Instrumental**

#### **3.2.1 MATERIAIS**

Foram utilizados os seguintes materiais e acessórios para o preparo das amostras a serem caracterizadas.

- Espátula de plástico;
- Estufa de secagem;
- Liquidificador;
- Processador de alimentos;
- Tesoura pequena.

#### **3.2.2 REAGENTES**

Foram considerados como reagentes os ingredientes normais para o preparo de uma refeição e também os necessários para o preparo das amostras a serem caracterizadas.

- Arroz cozido em panela de alumínio – Amostras (A);
- Arroz cozido em panela isenta de alumínio – Branco (B);
- Arroz em natura – cru ( $B_{cru}$ )

#### **3.2.3 PROCEDIMENTOS**

O preparo das amostras seguiu procedimentos necessários para efetuar a caracterização química em equipamentos de Fluorescência de Raios X e Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) Modelo 435 VPI da Marca LEO.

As amostras que foram obtidas dos cozimentos de arroz em panelas de alumínio ( $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$ ), cozimentos de arroz em panelas de material isento de alumínio –Branco ( $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_3$ ) e arroz em natura (cru), sem cozimento ( $B_{cru}$ ) foram submetidas ao seguinte procedimento:

- Processar o arroz cozido (amostras e brancos) para a obtenção de uma massa homogênea;

- Dispor homogeneamente as massas obtidas em placas de Petri utilizando uma espátula de plástico;
- Colocá-las em estufa com temperatura controlada em 45°C para uma secagem lenta de modo a evitar a queima das mesmas, por um tempo de 48 horas;
- Preparar pequenas placas quadradas ( $\cong 4 \times 4$  mm) com o auxílio de uma tesoura pequena, das amostras e brancos para as análises em EDX;
- Pulverizar as massas secas (formar pós finos), amostras e brancos, utilizando um liquidificador, para efetuar análises em Difração e Fluorescência de Raios X.
- Pulverizar o arroz em natura ( $B_{\text{cru}}$ ) utilizando um liquidificador para efetuar análises em Difração e Fluorescência de Raios X.

Tarou-se a balança, pesou-se 150g do arroz, que foi levado para refogar durante 2 minutos, quando foi colocada a água, que tinha sido colocada para aquecer.

O processo de cozimento do arroz foi de 32 minutos à temperatura de 92°C.



Figura 1- Cozimento do arroz – Amostras



Figura 2- Cozimento do arroz – Branco

Após o cozimento (Figura 1), o arroz foi retirado da panela de alumínio e colocado em um vasilhame de plástico e a panela foi lavada com esponja dupla face e posteriormente com esponja de aço fina, enxaguada em água corrente abundantemente.

O procedimento de preparo do arroz foi repetido em todos os passos igualmente ao anterior por mais 2 vezes, sendo realizado o processo em triplicata e identificados. Após o esfriamento do arroz preparado e separado em vasilhames de plástico, os mesmos foram processados (Figura 3) e colocados em vasilhames de vidro, identificados como Amostras 1, 2 e 3 (Figura 4), cobertos com película de plástico (filme plástico) e levados ao laboratório para serem transferidos para vidros de relógios grandes e levados para secagem em estufa.



Figura 3- Processamento da Amostra



Figura 4- Amostras identificadas

O procedimento de preparação do controle, isto é o Branco (Figura 2), foi realizado da mesma maneira que o das amostras e também foi feito em triplicata.

Após o término do preparo do controle, foram acondicionados, identificados como Branco 1, 2 e 3 e levados ao laboratório para serem colocados na estufa Spencer – MOD 10031. Todas as amostras e controles (Branco), foram transferidas para vidros de relógios grandes e colocadas na estufa (Figura 5) à temperatura de 45°C por 48 horas quando verificou-se que, já estavam completamente secas (Figura 6). Foram retirados 3 pequenas alíquotas de formato retangular de cerca de  $\cong 4 \times 4$  mm de cada amostra em um total de 9 amostras, o restante contido ainda no vidro de relógio das 3 amostras foram reservados. Da mesma forma foi realizado com o Branco.



Figura 5 – Secagem das amostras (estufa)



Figura 6 – Amostras secas

Após os procedimentos de preparo das amostras sólidas, efetuou-se o preparo das amostras em pó, para a caracterização em Fluorescência de Raios X.

Utilizou-se das amostras reservadas nos vidros de relógios e realizou-se a sua trituração, primeiramente com o auxílio de um liquidificador e em seguida utilizou-se de um grau (Figura 7), para a obtenção de grãos bem finos, utilizou-se também um (tamis), Peneira de Análise Granulométrica (Figura 8), marca Bronzinox, com abertura de 180 $\mu$ m, malha de 80 TY e caixilho de inox de 8" x 2" para a padronização das partículas, as amostras em pó foram acondicionados em potes de plástico, identificados e encaminhados para análise e caracterização em Raios X.



Figura 7- Trituração pelo gral



Figura 8- Peneira de Análise Granulométrica

### 3.3 Caracterização Química Instrumental

As seguintes análises químicas instrumentais foram realizadas:

#### 3.3.1 ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA DE RAIOS-X (EDX)

Esta análise foi realizada no do Instituto Nacional de Pesquisa Aeroespacial (INPE) no laboratório CMS/LAS – Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores.

##### 3.3.1.1 Materiais

Foi utilizado nesta análise o seguinte equipamento:

Equipamento modelo 435 VPI da marca LEO, acoplado a um Analisador por Energia Dispersiva de Raios X (Figura 9).



Figura 9- Equipamento modelo 435 VPI da marca LEO, acoplado a um Analisador por Energia Dispersiva de Raios X

### 3.3.1.2 Procedimentos

Neste procedimento foram realizadas análises investigativas nas pequenas placas quadradas ( $\cong 4 \times 4$  mm) das amostras que foram obtidas dos cozimentos de arroz em panelas de alumínio ( $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$ ) e cozimentos de arroz em panelas de material isento de alumínio – Branco ( $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_3$ ).

Foram analisados 3 pontos (triplicata) para cada placa investigada.

### 3.3.2 FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

Esta análise foi realizada no Departamento de Engenharia de Materiais Refratários – DEMAR da Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP) .

#### 3.3.2.1 Materiais

Foi utilizado nesta análise o equipamento de Fluorescência de Raios X modelo Axios MAX da marca PANalytical (Figura 10).

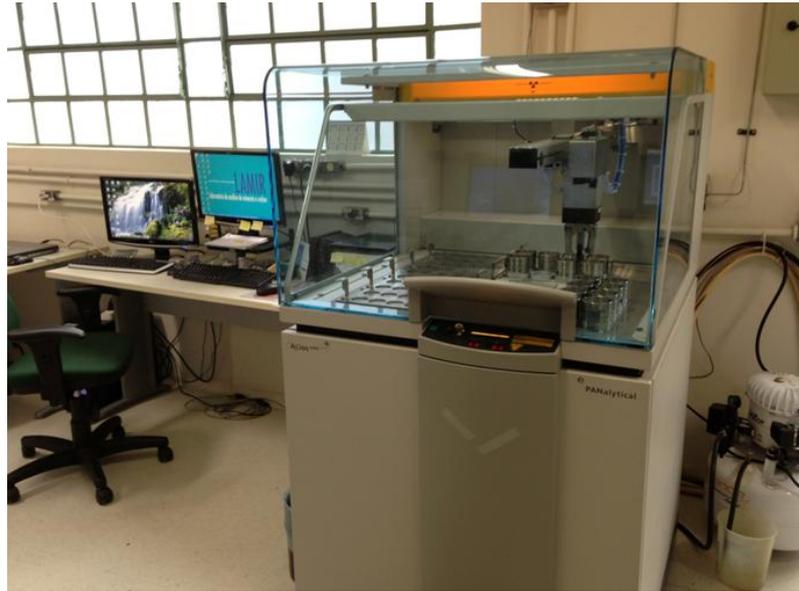


Figura 10- Equipamento de Fluorescência marca Axios com o braço robótico

### 3.3.2.2 Procedimentos

Nesta análise foram realizadas análises investigativas de pós finos das amostras que foram obtidas dos cozimentos de arroz em panelas de alumínio ( $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$ ), cozimentos de arroz em panelas de material isento de alumínio – Branco ( $B_1$ ,  $B_2$  e  $B_3$ ) e do arroz em natura ( $B_{cru}$ ).

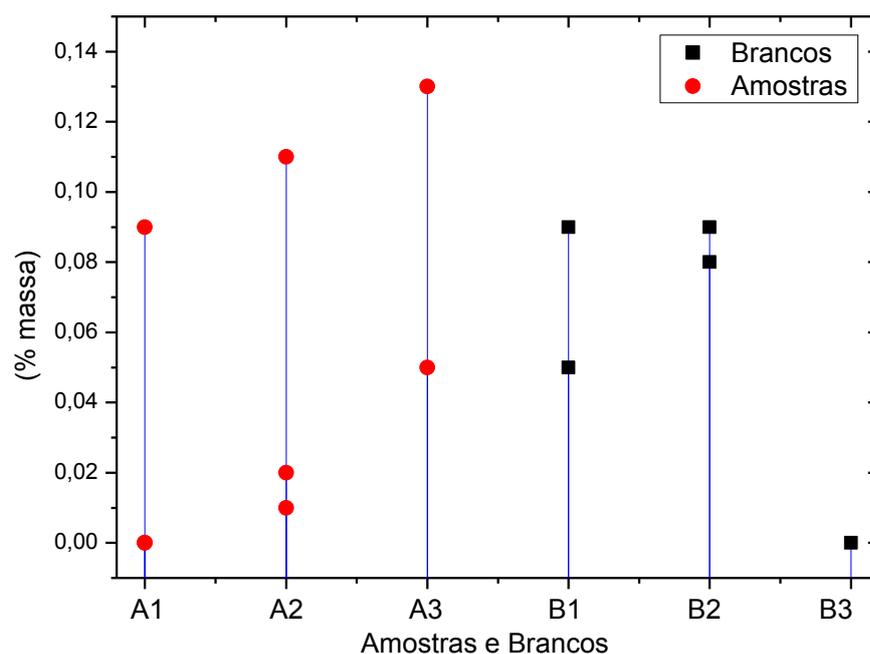
## 4. RESULTADOS

### 4.1. Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX)

Os resultados completos e originais obtidos desta análise são apresentados no Anexo B e os resultados somente em termos de alumínio são apresentados na Tabela 1 com o seu respectivo gráfico na Figura 1.

**Tabela 1-** Resultados do teor de alumínio em Análises de EDX

AMOSTRAS	TEOR (% massa)
A1- (area 1)	0,00
A1- (área 2)	0,04
A1- (area 3)	0,00
A2- (area 1)	0,11
A2- (área 2)	0,02
A3- (area 1)	0,01
A3- (área 2)	0,13
A3- (area 3)	0,05
B1- (area 1)	0,09
B1- (área 2)	0,05
B2- (area 1)	0,09
B2- (área 2)	0,08
B3- (area 1)	0,00
B3- (área 2)	0,00



**Figura 11**– Gráfico representativo do teor de alumínio da análise de EDX

## 4.2 Fluorescência de Raios X

Os resultados completos e originais obtidos desta análise são apresentados no Anexo C e os resultados somente em termos de alumínio são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2-** Resultados do teor de alumínio nas análises de Fluorescência de Raios X

<b>AMOSTRAS</b>	<b>TEOR (% massa)</b>
A <sub>cru</sub>	0,00
A1	0,00
A2	0,00
A3	0,01
B1	0,00
B2	0,00
B3	0,00

## 5 DISCUSSÃO

Os resultados de EDX (Tabela 1) e Fluorescência de Raios X (Tabela 2) demonstraram teores baixos de alumínio o que representa que houve pouca dissolução deste metal na cocção do arroz, que é um alimento de rápido preparo (aproximadamente 30 minutos) e de pH neutro. Os teores encontrados deste metal obtidos perante as técnicas de análises realizadas não aparentaram ser significativos, pois tiveram um valor máximo de 0,13 (% massa) e 0,01 (% massa), respectivamente. Nestas análises o equipamento de EDX aparentou maior sensibilidade de detecção. Segundo a literatura referenciada, a dissolução do alumínio pode ocorrer em maiores proporções na cocção de outros alimentos, em meios mais ácidos, e na utilização de determinados temperos e condimentos, podendo sofrer também influências de tempo e pressão. No preparo das amostras investigadas não houve tempo longo de exposição do alimento com a panela durante o cozimento e armazenamento.

Pode parecer pouca a quantidade de alumínio que pode ser ingerida diariamente preconizada pela OMS - Organização Mundial de Saúde (0,7 mg/Kg de massa corporal), levando em conta que o organismo absorve somente 0,2% em media da quantidade total do alumínio ingerido. Mas se projetarmos essa pequena quantidade ao longo dos anos e ainda com o uso concomitante de temperos industrializados, a água, entre outros produtos que podem conter o metal, a somatória acumulada, pode justificar as suspeitas a ele atribuída, sobre o depósito no Sistema Nervoso Central, por exemplo, causarem doenças neurodegenerativas.

Mediante o exposto, a diminuição do uso desses utensílios pode, em longo prazo, ser benéfica à saúde.

## 6. CONCLUSÃO

Pelo estudo investigativo, analisando os resultados de análises químicas realizadas, conclui-se que ocorre pouca dissolução de alumínio durante a preparação de arroz em panelas de alumínio. Nas condições experimentais adotadas, a ingestão de alumínio proveniente da migração do metal da panela para este alimento não representa risco para a saúde humana e está bem abaixo do limite tolerável e internacionalmente aceito. Será necessário um estudo e ensaios mais amplos, para se tentar desvendar essa polêmica que se formou em torno do uso de utensílios de alumínio para a cocção dos alimentos.

Pela literatura referenciada conclui-se que há largas implicações do papel do alumínio em doenças neurodegenerativas e sugerem que deveriam ser evitadas exposições em longo prazo, porém, não há estudos concretos que evidenciam a presença deste metal com essas doenças, em especial, a Doença de Alzheimer. Ainda neste sentido conclui-se que:

- O Aumento da prática de uso de utensílios fabricados com outros materiais para cozimento de alimentos é bastante estimulado; para a escolha de uma panela devem-se observar três qualidades: a saúde, a praticidade e a funcionalidade e, também observar se as pessoas que vão consumir os alimentos preparados nesses utensílios possuem carências nutricionais, alergias ou alguma patologia;
- Utilização de panelas de ferro, por exemplo, contribuem para a prevenção da anemia, sendo estes utensílios bastante duráveis.
- Na utilização de panelas de pedra, ágata ou vidro, seriam mais recomendadas, pois esses materiais são isentos de íons metálicos que possam ser transferidos para os alimentos.
- Para a limpeza de panelas de alumínio, é indicado que se evite o uso de esponja de aço, pois o atrito da esponja com a panela aumenta as chances de íons metálicos migrem para os alimentos no ato da cocção. Quando o material é polido, há remoção da camada de óxido de alumínio, que dificulta a passagem de íons para o alimento.

## REFERÊNCIAS

1. Martyn CN, Coggan D, Inskip H, Lacey RF, Young WF. Aluminum concentrations in drinking water and risk of Alzheimer's disease. *Epidemiology* 1997 May; 8(3):281-6.
2. Associação Brasileira do Alumínio. Alumínio e saúde. 2. ed. São Paulo (SP): ABAL; 2000.
3. Shrivastava S. Combined effect of HEDTA and selenium against aluminum induced oxidative stress in rat brain. *J Trace Elem Med Biol.* 2012 Jun; 26(2-3):210-4. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.04.014. Epub 2012 May 8.
4. Bondy SC. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. *Neurotoxicology.* 2010 Sep; 31(5):575-81. doi: 10.1016/j.neuro.2010.05.009. Epub 2010 May 27. Review.
5. Belojević G, Jakovljević B. Aluminum and Alzheimer's disease. *SrpArhCelokLek.* 1998 Jul-Aug; 126(7-8):283-9. Review. Serbian.
6. Nishida Y. Elucidation of endemic neurodegenerative diseases—a commentary. *Z Naturforsch C.* 2003 Sep-Oct; 58(9-10):752-8. Review.
7. Mandour R.A., Azab Y.A. The prospective toxic effects of some heavy metals overload in surface drinking water of Dakahlia Governorate, Egypt. *Int J Occup Environ Med.* 2011 Oct;2(4):245-53.
8. Souza A.L.S. Et al. Faculdade de Tecnologia de Sorocaba. 2010. Disponível <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABIJQAI/aluminio>, acesso em 29 jan 2014.
9. Yokel RA. The toxicology of aluminum in the brain: a review. *Neurotoxicology* 2000 October; 21(5):813-28.
10. Suay L, Ballester DF. Review of studies on exposure to aluminum and Alzheimer's disease. *Rev Esp Salud Publica* 2002 Nov-Dec; 76(6):645-58.
11. Campbell A. The potencial role of aluminum in Alzheimer's disease 2003 Fev; 5(1):31-8.
12. Bates AL. Water as consumed and its impact on the consumer we understand the variables? *Food Chem Toxicol* 2000; 38(1 Suppl):29-36.
13. Quintaes KD. Utensílios para Alimentos e Implicações Nutricionais – *Rev de Nutrição Campinas* 2000; Set-Dec; 13(3).
14. Liukkonen-LILJA, H., PIEPPONE, S. Leaching of aluminium from dishes and packages. *Food Additives and Contaminants*, London, v.9, n.3, p.213-223, 1992.
15. Pennington, J. A. T. Aluminium content of foods and diets. *Food Additives and Contaminants*, London, v.5, n.2, p.161-232, 1987.
16. Fimreite, N., Hansen, O. O., Pettersen, H. C. Aluminium concentrations in selected foods prepared in aluminium cook ware, and its implications for human health. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.58, n.1, p.1-7, 1997.
17. Figue, A. I., Pais, J., Cardoso, L. Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto. 2006-2007. Disponível em: <HTTP://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0405/manganes/manganes.ht>> Acesso em 4 nov. 2014.

## ANEXO A- Relatório de análise química da água do fornecimento público

1 de 3



## Divisão de Controle Sanitário do Vale do Paraíba - RVOC

Rua Paulo Setubal nº 19 - CEP: 12245-460 - VI Ady Anna - Sao Jose Dos Campos



**RELATÓRIO DE ENSAIO Nº RVOC 20485/13-101-A Versão 00** **CRL 0168**

---

**Número da amostra:** 20485/13  
**Cliente:** Sabesp / RVDP - José Fonseca Marcondes Jr  
**Endereço:** R CAP Alfredo Cesar, 200 - VI Nair - Pindamonhangaba  
**Tipo de Amostra:** ETA Pindamonhangaba - Saída **Id. Pto:** 014FN003  
**Data/horário de coleta:** 13/08/2013 - 11:30 **Chuvas:** Não **Coletor:** Airton Alves de Freitas  
**Procedência:** 014FN003 R Paul Harris nº s/n REnt(1000m3)ZonaBaixa Eflu ETA-Centro-Pindamonhangaba  
**Valor de Referência:** Portaria 2914/11 - Ministério da Saúde

Ensaio	Resultado	Valor de Referência	Unidade de Medida	Método	Data	Sala
Alumínio total	<0,05	≤ 0,2	mg/L	Eriocromocianina-R / SMEWW - 3500-AI B	06/09/13	FQA
Amônia	< 0,05	≤ 1,5	mg/L	Nesslerização / ABNT - NBR 10.560	22/08/13	FQA
Antimônio total	< 0,005	≤ 0,005	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Arsênio total	< 0,005	≤ 0,01	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Bário total	0,03	≤ 0,7	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Cádmio total	< 0,001	≤ 0,005	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Chumbo total	< 0,01	≤ 0,01	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Cloreto	13	≤ 250	mg/L	Argentométrico / SMEWW - 4500-CI-B	31/08/13	FQA
Cloro Residual Livre	2,2	0,2 ~ 5,0	mg/L	Colorimétrico / SMEWW - 4500-CI G	13/08/13	Em campo
Cobre total	< 0,005	≤ 2	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Coliformes Totais	<1	Ausência	/100mL	Membrana Filtrante / SMEWW - 9222 B	14/08/13	BAC
Cor Aparente	< 5	≤ 15	uH	Comparação Visual / SMEWW - 2120 B	13/08/13	FQA
Cromo Total	< 0,01	≤ 0,05	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Dureza total	27	≤ 500	mg/L	Titulométrico do EDTA / SMEWW - 2340 C	31/08/13	FQA
Ferro total	< 0,05	≤ 0,30	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Fluoreto	0,64	0,60 ~ 0,80	mg/L	Eletrodo de ion seletivo / SMEWW - 4500-F- C	13/08/13	FQA
Manganês total	< 0,05	≤ 0,10	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Mercurio total	< 0,0002	≤ 0,001	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	09/09/13	FQA
Níquel total	< 0,01	≤ 0,07	mg/L	ICP OES / SMEWW - 3120 B	20/08/13	FQA
Nitrato	1	≤ 10	mg/L	Espectrometria Ultra Violeta / SMEWW - 4500-NO3 B	15/08/13	FQA
Nitrito	< 0,01	≤ 1	mg/L	Colorimétrico / SMEWW - 4500-NO2 B	15/08/13	FQA
pH	7,0 a 22,0 °C	-	pH	Eletrométrico / SMEWW - 4500-H+ B	13/08/13	Em campo



### Divisão de Controle Sanitário do Vale do Paraíba - RVOC

Rua Paulo Setubal nº 19 - CEP: 12245-460 - VI Ady Anna - Sao Jose Dos Campos

#### RELATÓRIO DE ENSAIO Nº RVOC 20485/13-101 Versão 00

**Número da amostra:** 20485/13  
**Cliente:** Sabesp / RVDP - José Fonseca Marcondes Jr  
**Endereço:** R CAP Alfredo Cesar, 200 - VI Nair - Pindamonhangaba  
**Tipo de Amostra:** ETA Pindamonhangaba - Saída **Id. Pto:** 014FN003  
**Data/horário de coleta:** 13/08/2013 - 11:30 **Chuvas:** Não **Coletor:** Airton Alves de Freitas  
**Procedência:** 014FN003 R Paul Harris nº s/n REnt(1000m3)ZonaBaixa Eflu ETA-Centro-Pindamonhangaba  
**Valor de Referência:** Portaria 2914/11 - Ministério da Saúde

**ENG Maria Cristina Q M Oliveira**  
CRQ 043119900  
Engenheiro  
Matr. 356852

**ENG Roberto Messias de Moraes**  
CRQ 04111961  
Gerente de Divisão  
Matr. 352601

**Data 22/01/2014**

## ANEXO B- Resultados originais das análises de EDX

Os resultados originais obtidos da análise de EDX, com os respectivos gráficos, são apresentados a seguir.

### Amostra: A1

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 14046	56,00	56,00	63,46	7,51
O	8	K-series 6945	41,71	41,71	35,49	6,20
Cl	17	K-series 2358	1,47	1,47	0,57	0,09
Na	11	K-series 500	0,82	0,82	0,48	0,10
Total			100,00	100,00	100,00	

### Amostra: A1- Duplicata

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 12042	55,40	55,40	63,38	7,58
O	8	K-series 6640	40,48	40,48	34,77	6,06
Cl	17	K-series 4353	2,93	2,93	1,14	0,14
Na	11	K-series 831	1,15	1,15	0,69	0,12
Al	13	K-series 60	0,04	0,04	0,02	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

### Amostra: A1- Triplicata

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 6512	54,60	54,60	62,63	8,19
O	8	K-series 3736	41,35	41,35	35,60	6,87
Cl	17	K-series 2323	2,85	2,85	1,11	0,15
Na	11	K-series 391	1,00	1,00	0,60	0,12
Ca	20	K-series 116	0,20	0,20	0,07	0,05
Mg	12	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	13	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	14	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
P	15	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: A2**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 11915	53,68	53,68	61,90	7,36
O	8	K-series 7156	41,41	41,41	35,84	6,12
Cl	17	K-series 4120	2,70	2,70	1,06	0,13
Na	11	K-series 1157	1,57	1,57	0,94	0,15
Ca	20	K-series 403	0,37	0,37	0,13	0,05
Si	14	K-series 285	0,15	0,15	0,07	0,04
Al	13	K-series 155	0,11	0,11	0,06	0,04
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: A2- Duplicata**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 8036	51,65	51,65	60,30	7,50
O	8	K-series 5816	41,91	41,91	36,73	6,41
Cl	17	K-series 4675	3,89	3,89	1,54	0,17
Na	11	K-series 1102	1,89	1,89	1,15	0,18
Ca	20	K-series 298	0,35	0,35	0,12	0,05
Si	14	K-series 422	0,28	0,28	0,14	0,05
Al	13	K-series 17	0,02	0,02	0,01	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: A3**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 11607	53,59	53,59	61,89	7,37
O	8	K-series 6994	41,28	41,28	35,79	6,13
Cl	17	K-series 4291	2,84	2,84	1,11	0,13
Na	11	K-series 1111	1,52	1,52	0,92	0,15
Ca	20	K-series 649	0,61	0,61	0,21	0,06
Si	14	K-series 273	0,15	0,15	0,07	0,04
Al	13	K-series 18	0,01	0,01	0,01	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: A3- Duplicata**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 9224	49,48	49,48	57,60	7,03
O	8	K-series 6844	46,31	46,31	40,47	6,89
Cl	17	K-series 1985	1,66	1,66	0,66	0,10
Na	11	K-series 670	1,19	1,19	0,73	0,13
Ca	20	K-series 748	0,88	0,88	0,31	0,07
Si	14	K-series 515	0,35	0,35	0,17	0,05
Al	13	K-series 136	0,13	0,13	0,07	0,04
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: A3- Triplicata**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 5718	50,06	50,06	58,49	7,68
O	8	K-series 4115	44,64	44,64	39,16	7,27
Cl	17	K-series 1892	2,40	2,40	0,95	0,13
Na	11	K-series 476	1,27	1,27	0,78	0,15
Ca	20	K-series 696	1,25	1,25	0,44	0,09
Si	14	K-series 314	0,32	0,32	0,16	0,05
Al	13	K-series 33	0,05	0,05	0,02	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: B1**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 10998	53,80	53,80	61,71	7,46
O	8	K-series 6343	42,42	42,42	36,53	6,40
Cl	17	K-series 2144	1,66	1,66	0,65	0,10
Na	11	K-series 668	1,07	1,07	0,64	0,12
P	15	K-series 666	0,48	0,48	0,21	0,06
Ca	20	K-series 204	0,22	0,22	0,08	0,04
Mg	12	K-series 195	0,21	0,21	0,12	0,05
Al	13	K-series 106	0,09	0,09	0,05	0,04
Si	14	K-series 73	0,05	0,05	0,02	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: B1- Duplicata**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 8237	54,60	54,60	62,13	7,89
O	8	K-series 4276	42,98	42,98	36,72	6,95
Cl	17	K-series 742	0,86	0,86	0,33	0,07
Na	11	K-series 337	0,82	0,82	0,49	0,11
P	15	K-series 301	0,33	0,33	0,14	0,05
Ca	20	K-series 119	0,19	0,19	0,07	0,04
Mg	12	K-series 92	0,15	0,15	0,08	0,05
Al	13	K-series 36	0,05	0,05	0,02	0,03
Si	14	K-series 30	0,03	0,03	0,01	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: B2**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 14078	55,14	55,14	62,67	7,40
O	8	K-series 7111	42,31	42,31	36,10	6,26
Na	11	K-series 558	0,80	0,80	0,47	0,10
Cl	17	K-series 1098	0,76	0,76	0,29	0,06
P	15	K-series 847	0,55	0,55	0,24	0,06
Mg	12	K-series 252	0,24	0,24	0,13	0,05
Al	13	K-series 119	0,09	0,09	0,05	0,04
Ca	20	K-series 64	0,06	0,06	0,02	0,03
Si	14	K-series 98	0,05	0,05	0,03	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: B2- Duplicata**

Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net un. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 16632	55,09	55,09	62,71	7,26
O	8	K-series 8368	42,30	42,30	36,08	6,10
Na	11	K-series 643	0,78	0,78	0,46	0,09
Cl	17	K-series 1294	0,76	0,76	0,29	0,06
P	15	K-series 983	0,54	0,54	0,24	0,06
Mg	12	K-series 290	0,23	0,23	0,13	0,05
Al	13	K-series 118	0,08	0,08	0,04	0,03
Ca	20	K-series 87	0,07	0,07	0,02	0,03
Si	14	K-series 112	0,05	0,05	0,03	0,03
Total			100,00	100,00	100,00	

**Amostra: B3**

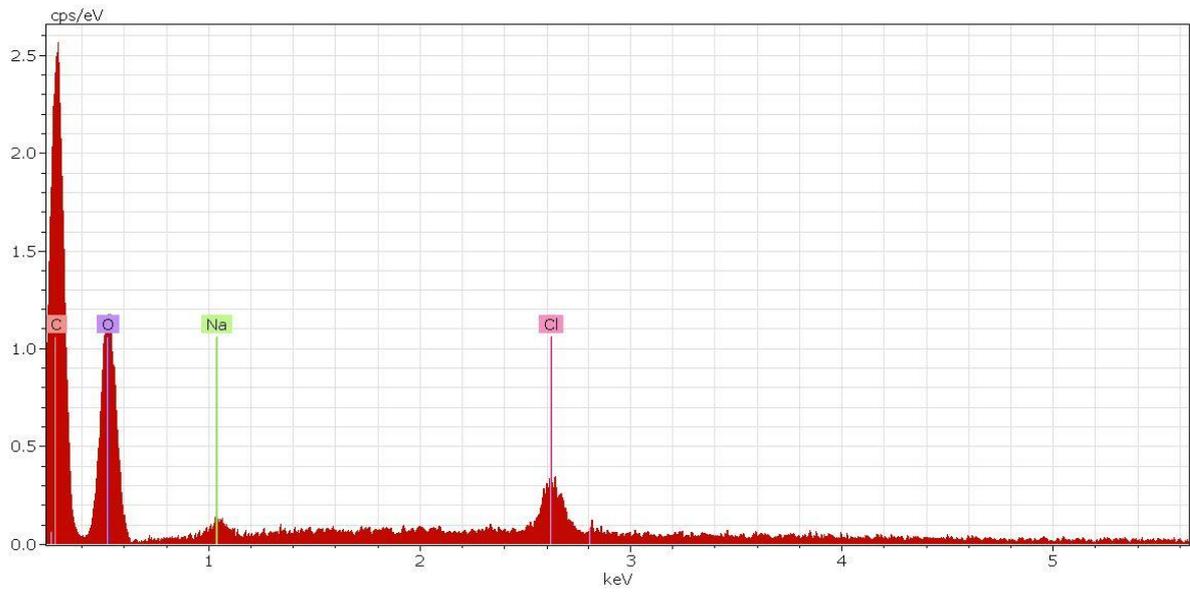
Spectrum: Acquisition

El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 9275	51,77	51,77	60,23	7,35
O	8	K-series 6375	42,63	42,63	37,22	6,42
Cl	17	K-series 3203	2,50	2,50	0,98	0,13
Na	11	K-series 737	1,19	1,19	0,72	0,13
P	15	K-series 1443	1,05	1,05	0,47	0,08
Ca	20	K-series 369	0,41	0,41	0,14	0,05
Mg	12	K-series 279	0,30	0,30	0,17	0,05
K	19	K-series 178	0,16	0,16	0,06	0,04
Si	14	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	13	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			100,00	100,00	100,00	

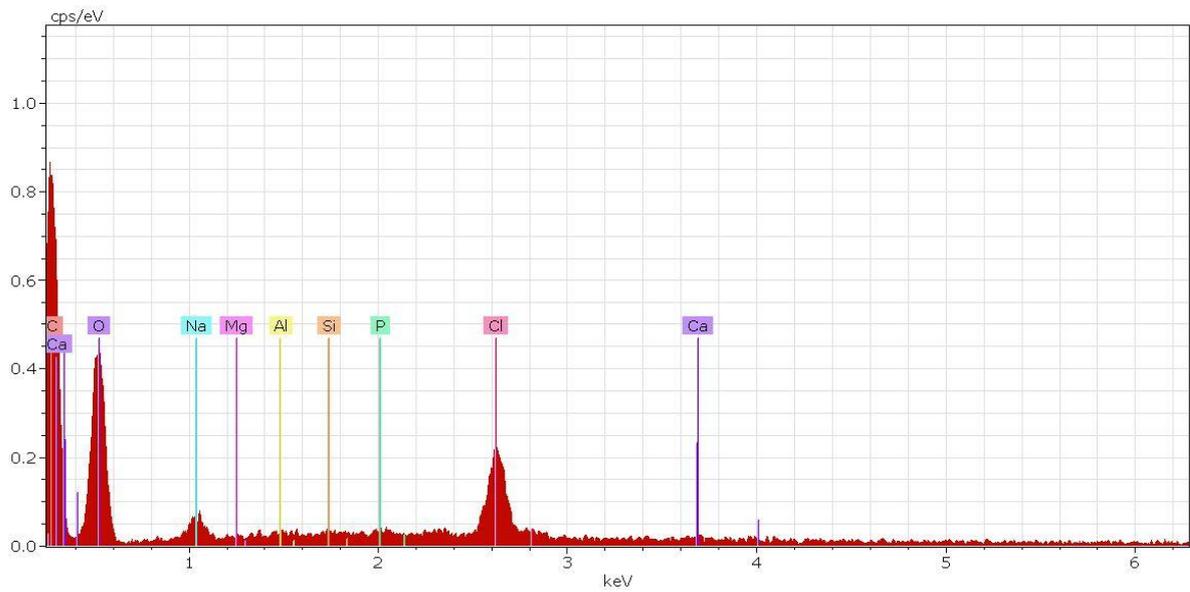
**Amostra: B3- Duplicata**

Spectrum: Acquisition

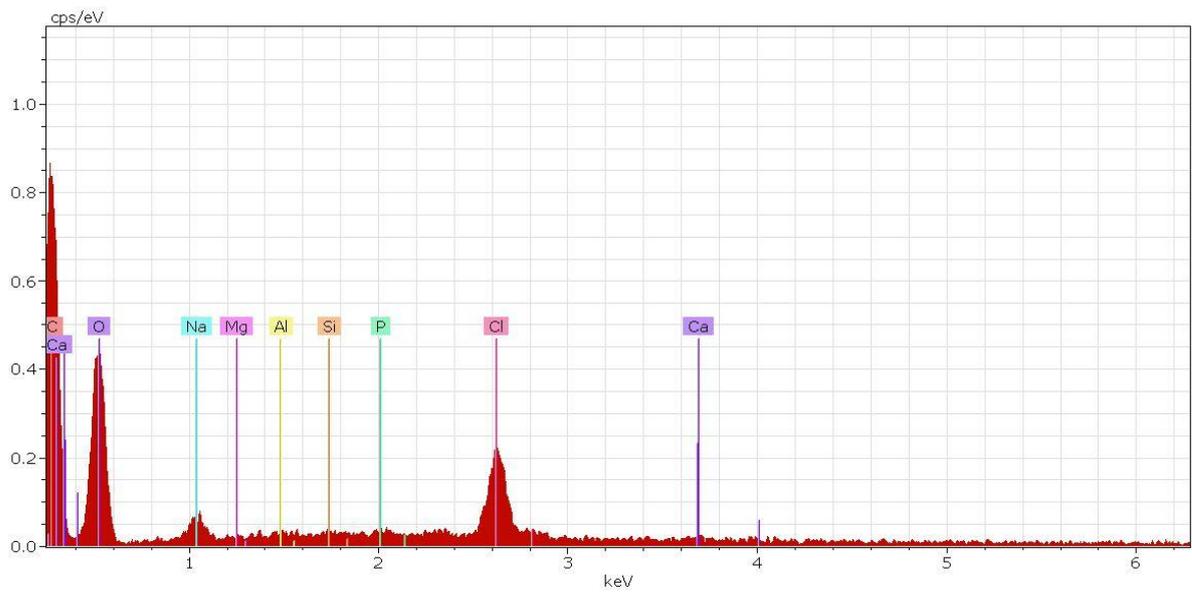
El	AN	Series	Net unn. [wt %]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	C Error (1 Sigma) [wt.%]
C	6	K-series 2586	54,09	54,09	61,99	9,69
O	8	K-series 1430	42,55	42,55	36,60	8,78
Cl	17	K-series 438	1,48	1,48	0,57	0,12
P	15	K-series 216	0,68	0,68	0,30	0,09
Ca	20	K-series 108	0,51	0,51	0,18	0,08
Na	11	K-series 68	0,48	0,48	0,29	0,11
K	19	K-series 55	0,22	0,22	0,08	0,06
Mg	12	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Si	14	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	13	K-series 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Total			100,00	100,00	100,00	



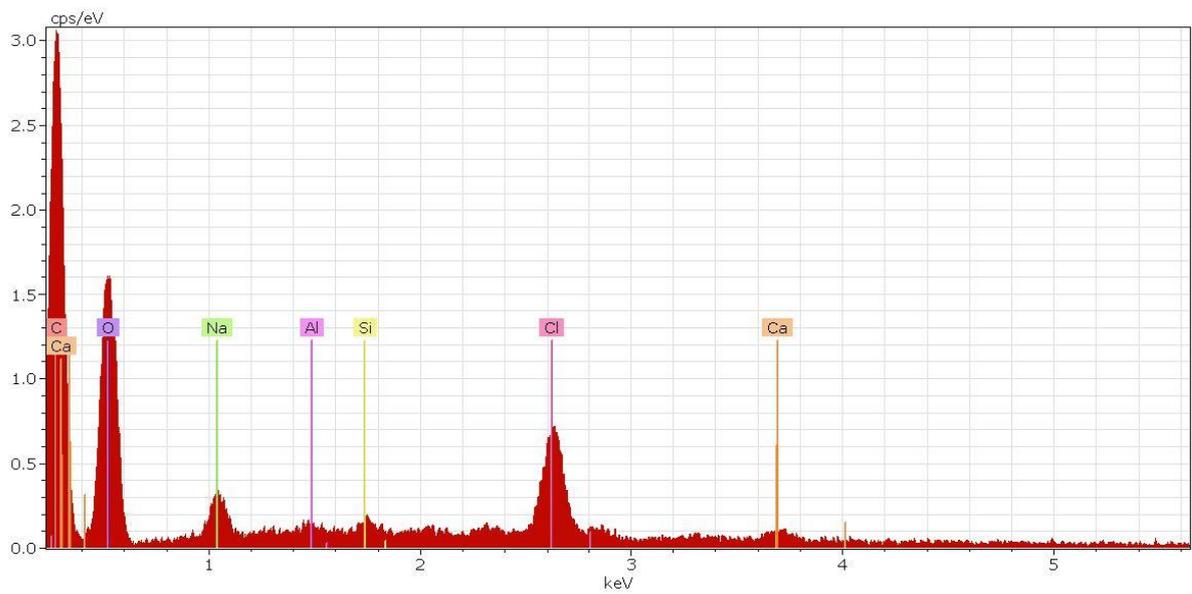
A1- Gráfico de EDS - Área1



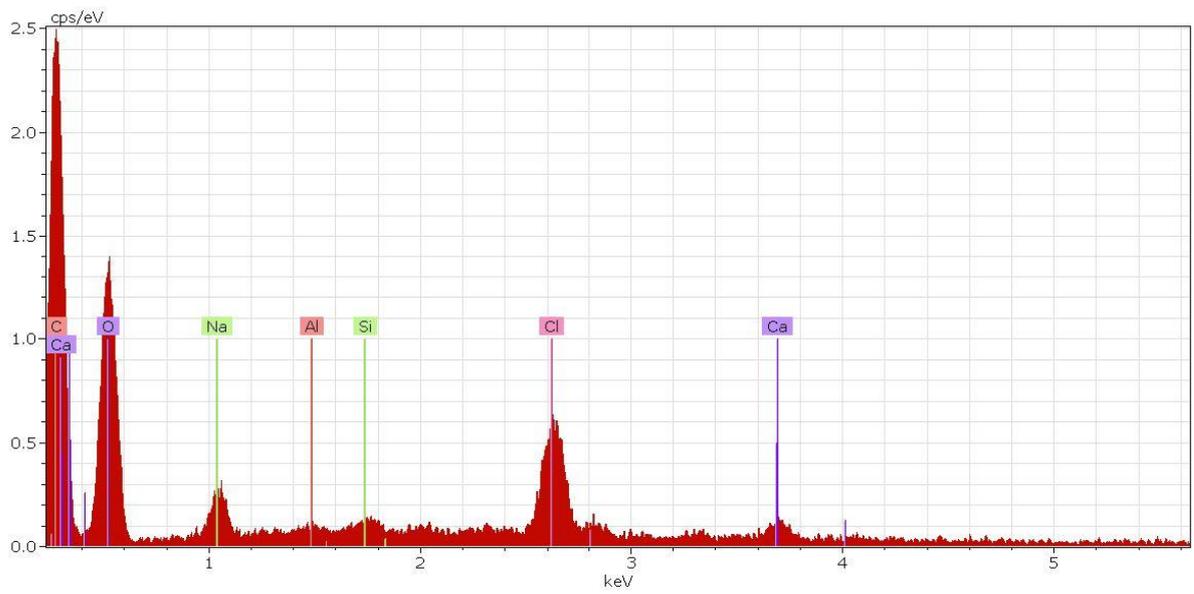
A1- Gráfico de EDS – Área 2



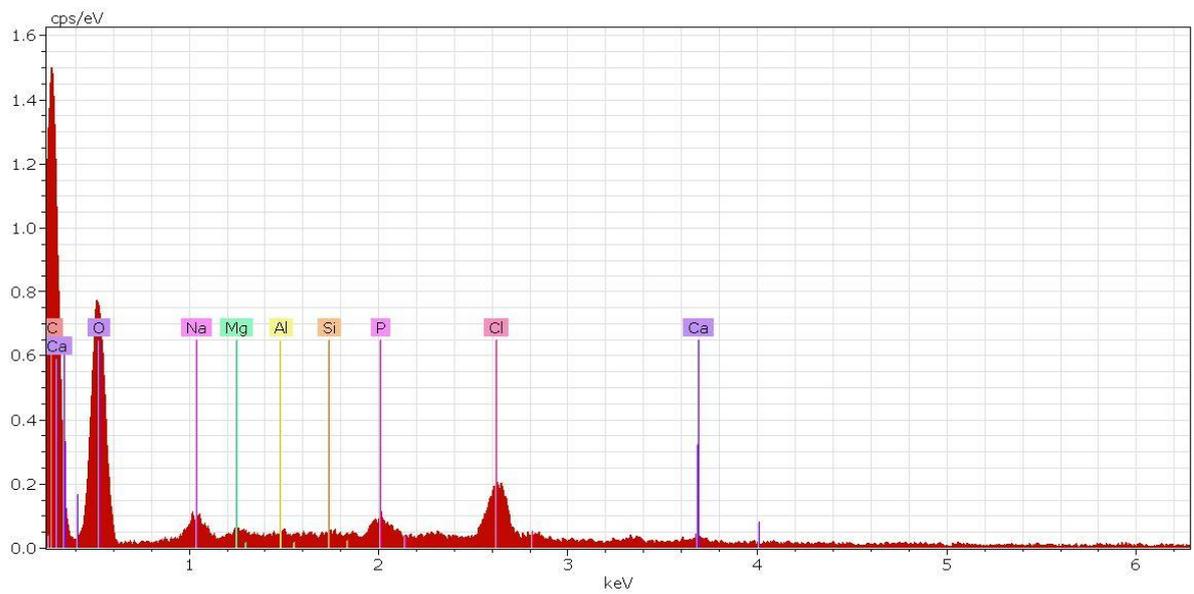
A1- Gráfico de EDS-Área 3



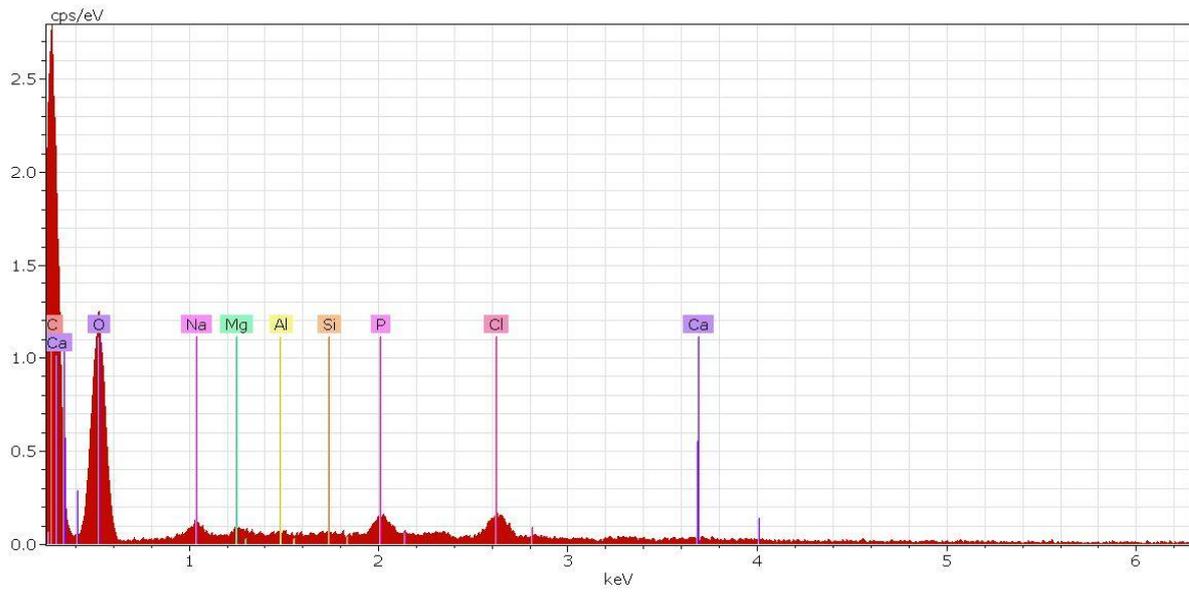
A2- Gráfico de EDS



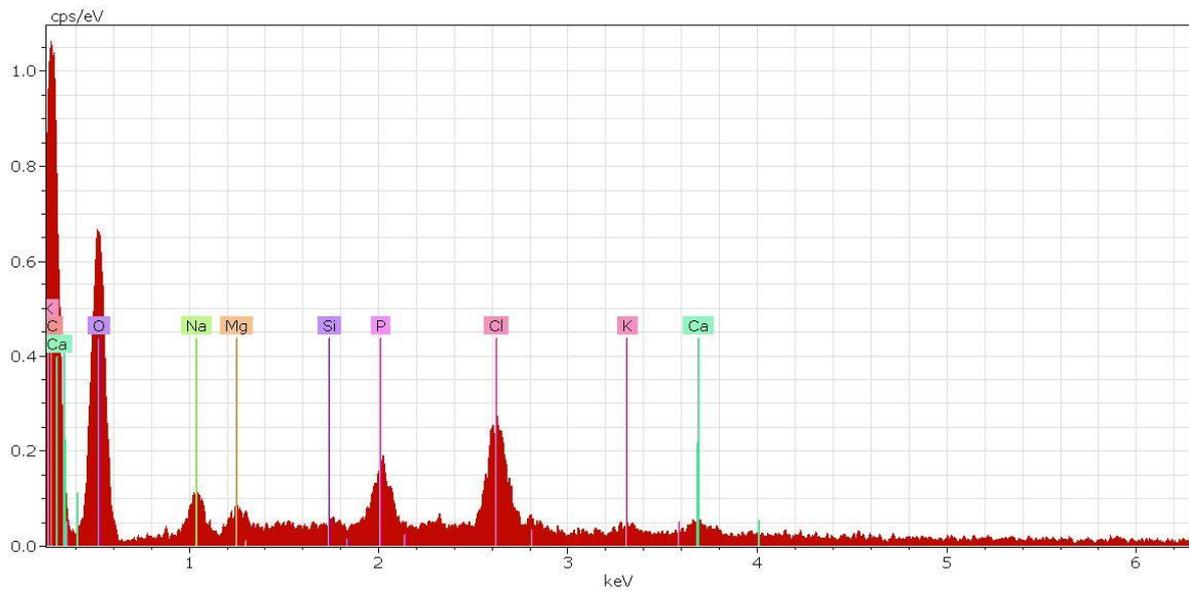
A3- Gráfico de EDS



B1- Gráfico de EDS



B2- Gráfico de EDS



B3-gráfico de EDS

**ANEXO C- Resultados originais das análises de Fluorescência de Raios X**

Os resultados originais obtidos da análise de Fluorescência de Raios X são apresentados a seguir.

**CERTIFICADO 34/2014**

**OS: 34/2014 DATA: 13/11/2014**

**SOLICITANTE:** Dra. Daniela Camargo Vernilli

**MATERIAL:** Arroz

**RESULTADOS:** Resultados expressos em percentual de elementos

**Amostra: Arroz Cru**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Mg	0.14 %
Al	0.00 %
Si	0.01 %
P	0.60 %
S	0.32 %
Cl	0.07 %
K	0.86 %
Ca	0.07 %
Zn	0.02 %
Rb	0.01 %

**Amostra: Arroz A1**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.62 %
Mg	0.04 %
Al	0.00 %
Si	0.01 %
P	0.17 %
S	0.17 %
Cl	5.23 %
K	0.49 %
Ca	0.17 %
Zn	0.05 %

**Amostra: Arroz A2**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.74 %
Mg	0.04 %
Al	0.00 %
Si	0.02 %
P	0.20 %
S	0.19 %
Cl	5.41 %
K	0.53 %
Ca	0.19 %
Zn	0.03 %

**Amostra: Arroz A3**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.53 %
Mg	0.03 %
Al	0.01 %
Si	0.02 %
P	0.18 %
S	0.16 %
Cl	4.72 %
K	0.51 %
Ca	0.20 %
Zn	0.03 %

**Amostra: Arroz B1**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.52 %
Mg	0.03 %
Al	0.00 %
Si	0.01 %
P	0.14 %
S	0.12 %
Cl	4.12 %
K	0.49 %
Ca	0.15 %
Zn	0.03 %

**Amostra: Arroz B2**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.50 %
Mg	0.03 %
Al	0.00 %
Si	0.01 %
P	0.13 %
S	0.11 %
Cl	4.23 %
K	0.49 %
Ca	0.12 %
Zn	0.03 %

**Amostra: Arroz B3**

ELEMENTO	CONCENTRAÇÃO
Na	0.46 %
Mg	0.02 %
Al	0.00 %
Si	0.01 %
P	0.13 %
S	0.11 %
Cl	3.99 %
K	0.50 %
Ca	0.11 %
Zn	0.03 %

**Observações:**

1. Análises realizadas por Fluorescência de Raios X, em equipamento Axios MAX, marca PANalytical. Análise semiquantitativa sem padrões, com determinação de elementos químicos de flúor a urânio;
2. Amostra preparada por prensagem em cama de ácido bórico;
3. Os resultados apresentados referem-se exclusivamente às amostras ensaiadas, nas condições especificadas, não sendo extensivos a quaisquer lotes. A reprodução do documento para outros fins só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração, e com autorização prévia da EEL-USP.