

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ  
INSTITUTO DE QUÍMICA – IQ

Pedro Henrique Oliveira Borges

**Análise de sais de cozinha e alguns alimentos fontes de Magnésio por  
Espectrofotometria de Absorção Atômica com fonte contínua de Xenônio**

Rio de Janeiro, 2015

Pedro Henrique Oliveira Borges

**Análise de sais de cozinha e alguns alimentos fontes de Magnésio por  
Espectrofotometria de Absorção Atômica com fonte contínua de Xenônio**

Relatório de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, como requisito para obtenção do grau de  
Químico:

Prof. João Alfredo Medeiros e Prof.<sup>a</sup> Maria Lúcia  
Couto

Rio de Janeiro, 2015

## RESUMO

### PROJETO DE CURSO

TÍTULO: ANÁLISE DE SAIS DE COZINHA E ALGUNS ALIMENTOS FONTES DE MAGNÉSIO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA COM FONTE CONTÍNUA DE XENÔNIO

ALUNO: PEDRO HENRIQUE OLIVEIRA BORGES

ORIENTADORES: JOÃO ALFREDO MEDEIROS, DQA – INSTITUTO DE QUÍMICA – UFRJ, MARIA LÚCIA COUTO – DQA – INSTITUTO DE QUÍMICA – UFRJ

O presente Trabalho de Conclusão de Curso visa mostrar as diferenças nutricionais de alguns alimentos mais comuns presentes na alimentação brasileira e procurar evidenciar uma problemática menos explorada que possa explicar o número de pessoas com hipertensão. Foi traçado um paralelo entre o consumo de determinados alimentos que possuam mais Magnésio, Sódio, Cálcio e Potássio em diferentes regiões do país e a relação de pessoas com doenças cardiovasculares nessas mesmas regiões. O perfil mineral foi determinado através de digestão ácida das amostras e analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica de Fonte Contínua de Alta Resolução (HR CS-AAS); para sódio, potássio, cálcio e magnésio, turbidimetria para sulfato e potenciometria para cloreto.

Os resultados evidenciam as diferenças entre os alimentos refinados ou processados quanto à quantidade de nutrientes, sobretudo quanto às quantidades de magnésio, que são em torno de cinco vezes maiores no arroz integral e duas vezes na farinha de mandioca que no arroz branco, e potássio, que são quatro vezes maiores no arroz integral e três vezes maiores na farinha de mandioca quando comparadas ao arroz branco. No caso dos sais refinados, perde-se a maior parte dos nutrientes após o processo de limpeza e refino, com maiores perdas para magnésio, cálcio e sulfato.

A partir do cenário de hipertensão apresentado, os resultados obtidos sugerem ligação entre a carência de outros metais e o número de hipertensos no país, permitindo novas oportunidades para investigação do problema sem se limitar ao consumo excessivo de sódio.

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso visa mostrar as diferenças nutricionais de alguns alimentos mais comuns presentes na alimentação brasileira e procurar evidenciar uma problemática menos explorada que possa explicar o número de pessoas com hipertensão. Foi traçado um paralelo entre o consumo de determinados alimentos que possuam mais Magnésio, Sódio, Cálcio e Potássio em diferentes regiões do país e a relação de pessoas com doenças cardiovasculares nessas mesmas regiões. O perfil mineral foi determinado através de digestão ácida das amostras e analisado por Espectrofotometria de Absorção Atômica de Fonte Contínua de Alta Resolução (HR CS-AAS); para sódio, potássio, cálcio e magnésio, turbidimetria para sulfato e potenciometria para cloreto.

Os resultados evidenciam as diferenças entre os alimentos refinados ou processados quanto à quantidade de nutrientes, sobretudo quanto às quantidades de magnésio, que são em torno de cinco vezes maiores no arroz integral e duas vezes na farinha de mandioca que no arroz branco, e potássio, que são quatro vezes maiores no arroz integral e três vezes maiores na farinha de mandioca quando comparadas ao arroz branco. No caso dos sais refinados, perde-se a maior parte dos nutrientes após o processo de limpeza e refino, com maiores perdas para magnésio, cálcio e sulfato.

A partir do cenário de hipertensão apresentado, os resultados obtidos sugerem ligação entre a carência de outros metais e o número de hipertensos no país, permitindo novas oportunidades para investigação do problema sem se limitar ao consumo excessivo de sódio.

**Palavras-chaves:** Magnésio, Hipertensão, alimentação.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de hipertensão arterial por capital (VIGITEL 2012).....	8
Figura 2. Curva analítica para magnésio em 285nm.....	18
Figura 3. Curva analítica para potássio em 766 nm.....	20
Figura 4. Curva analítica para sódio em 588 nm.....	21
Figura 5. Curva analítica para cálcio em 422 nm. ....	23
Figura 6. Curva analítica para determinação de sulfato em 420 nm. ....	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação entre os elementos, suas linhas espectrais, vazão dos gases utilizados e a altura do queimador.....	14
Tabela 2. Relação entre as massas pesadas e a humidade relativa .....	17
Tabela 3 Pontos de calibração para magnésio em 285 nm .....	18
Tabela 4. Dados obtidos para absorbância e concentração.....	19
Tabela 5. Pontos de calibração para potássio em 766 nm.....	19
Tabela 6. Dados obtidos para absorbância e concentração das amostras. ....	20
Tabela 7. Pontos de calibração para sódio em 588 nm. ....	21
Tabela 8. Dados obtidos para absorbância e concentração de sódio nas amostras.....	22
Tabela 9. Pontos de calibração para cálcio em 422 nm.....	22
Tabela 10. Dados obtidos para absorbância e concentração de cálcio nas amostras. ...	23
Tabela 11. Pontos de calibração para determinação de sulfato.....	24
Tabela 12. Concentração de sulfato nas amostras de sal comum, sal light e sal grosso. .....	25
Tabela 13. Dados de titulação potenciométrica para determinação de cloreto. ....	25
Tabela 14. Relação entre as massas dos íons e a das amostras. ....	25
Tabela 15. Concentrações médias de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e outros sais encontrados nos sais dissolvidos na água do mar.....	26
Tabela 16. Comparação entre o consumo médio per capita e a prevalência alimentar dos três alimentos em cada região do Brasil. PA = Prevalência Alimentar, CM = Consumo Médio Per Capita (em mg.dia <sup>-1</sup> ). ....	27
Tabela 17. Total de sódio, potássio, cálcio e magnésio consumido por dia por região e média do número de hipertensos por região. ....	27

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

B	Amostras de Arroz Branco
I	Amostras de Arroz Integral
C	Amostra de Sal Comum
L	Amostra de Sal Light
G	Amostra de Sal Grosso
M	Amostra de Farinha de Mandioca
Abs.	Absorbância
DP	Desvio Padrão
DPR	Desvio Padrão Relativo
FD	Fator de Diluição

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	12
3.1 <i>Preparo da amostras</i> .....	12
3.2 <i>Preparo dos padrões de sódio, potássio, cálcio e magnésio</i> .....	13
3.3 <i>Determinação de Na, K, Ca e Mg por Espectrofotometria de Absorção Atômica</i> . ....	14
3.4 <i>Determinação de Sulfato por turbidimetria nas amostras de sal</i> . ....	14
3.5 <i>Determinação de cloreto em amostras de sais por potenciometria</i> . ....	15
3.5.1 <i>Padronização de solução de NaOH 0,1 M</i> .....	15
3.5.2 <i>Padronização de solução de HCl 0,1 M</i> .....	16
3.5.3 <i>Padronização de solução de AgNO<sub>3</sub> 0,1 M</i> .....	16
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
4.1 <i>Determinação de Magnésio</i> .....	17
4.2 <i>Determinação de Potássio</i> .....	19
4.3 <i>Determinação de Sódio</i> .....	21
4.4 <i>Determinação de Cálcio</i> .....	22
4.5 <i>Determinação de Sulfato</i> .....	24
4.6 <i>Determinação de Cloreto</i> .....	25
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	28
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	30

## 1. INTRODUÇÃO

Sais minerais são constituintes básicos para o funcionamento ideal do metabolismo humano. A obtenção destes a partir de uma alimentação correta é essencial e tem sido largamente discutida e frequentemente explorada pela indústria farmacêutica por meio de suplementos vitamínicos e de sais minerais. Dentre os sais minerais considerados importantes para o metabolismo humano, o magnésio é o menos presente na alimentação do brasileiro em geral. Presente em maiores concentrações em alimentos integrais, grãos, verduras e hortaliças, este metal é de suma importância, principalmente quando em equilíbrio com cálcio, onde previne a calcificação das artérias, sendo ainda o segundo cátion intracelular mais comum.

A calcificação das artérias pode levar a quadros de hipertensão arterial, doença que, segundo pesquisas realizadas pelo Ministério da Saúde em 2011, atinge cerca de 23% da população brasileira e mais de 1 bilhão de adultos no mundo inteiro, podendo este número chegar a 1,5 bilhão em 2025, além do fato de ser responsável por cerca de 9 milhões de mortes anualmente. Segundo ainda a VIGITEL (Vigilância De Fatores De Risco E Proteção Para Doenças Crônicas Por Inquérito Telefônico) de 2012, a frequência de adultos que referiram diagnóstico médico de hipertensão arterial variou entre 16,6% em Boa Vista e 29,7% no Rio de Janeiro. No sexo masculino, as maiores frequências foram observadas no Rio de Janeiro (25,4%), em Aracaju (24,9%) e no Distrito Federal (24,0%), e as menores em Macapá (14,6%), Porto Velho (14,8%) e São Luís (14,9%). Entre as mulheres, as maiores frequências foram observadas no Rio de Janeiro (33,2%), no Recife (30,4%) e em Maceió (29,4%), e as menores em Boa Vista (16,2%), Palmas (17,4%) e Belém (19,0%).

Capitais/DF	Total %	Masculino %	Feminino %	Capitais/DF	Total %	Masculino %	Feminino %
Aracajú	26,6	24,9	28,1	Natal	24,8	20,3	28,5
Belém	17,9	16,7	19,0	Palmas	17,2	17,1	17,4
Belo Horizonte	25,9	23,9	27,7	Porto Alegre	26,2	23,3	28,6
Boa Vista	16,6	17,0	16,2	Porto Velho	18,9	14,8	23,2
Campo Grande	25,9	23,3	28,3	Recife	26,9	22,5	30,4
Cuiabá	25,2	20,9	29,2	Rio Branco	22,4	18,2	26,1
Curitiba	24,2	21,2	26,8	Rio de Janeiro	29,7	25,4	33,2
Florianópolis	21,7	19,1	24,1	Salvador	25,7	23,7	27,4
Fortaleza	20,8	18,0	23,2	São Luís	18,2	14,9	20,9
Goânia	22,9	20,3	25,2	São Paulo	23,5	20,0	26,6
João Pessoa	25,7	21,4	29,2	Teresina	20,9	19,4	22,0
Macapá	19,3	14,6	23,7	Vitória	24,7	22,5	26,5
Maceió	26,7	23,3	29,4	Distrito Federal	23,9	24,0	23,8
Manaus	19,0	16,2	21,6				

**Figura 1. Dados de hipertensão arterial por capital (VIGITEL 2012)**

Para tratamento de hipertensão, freqüentemente são utilizados fármacos como furosemidas, tiazidas e hidrocloro-tiazidas. Devido a seus efeitos diuréticos, estes fármacos diminuem a reabsorção do magnésio pelo rim, podendo causar um ciclo vicioso no tratamento da doença. Além disso, uma menor excreção de magnésio pela urina está associada a um aumento de 60% no risco de cardiopatia isquêmica (CI) fatal e não fatal, após ajustes para outros fatores para CI e concentrações urinárias de cálcio, sódio, potássio e creatinina.

Outro ponto importante do magnésio é sua relação com o metabolismo de lipídios e colesterol, além de estar associado ao metabolismo de glicose e insulina, o que pode levar a uma associação entre hipomagnesemia e diabetes. Estudos recentes mostram que, em conjunto com fatores externos, a presença de LDL, o chamado “colesterol ruim” pode levar à aterosclerose tendo o magnésio a responsabilidade no aumento de HDL, o chamado “colesterol bom”, no sangue.

De modo a explicar o número de brasileiros com doenças cardiovasculares (DCV), o argumento mais utilizado hoje em dia é o consumo elevado de sódio, sobretudo na forma de cloreto de sódio, usado para preparo de alimentos salgados.

Com isso, em 2011 o Ministério da Saúde em conjunto com a Associação de Indústrias de Alimentação (ABIA) fizeram um acordo para a retirada de mais de mil toneladas de sódio em produtos industrializados, produtos estes cuja prevalência ocorre em regiões urbanas, segundo dados do IBGE (2008-2009). Esta extensa preocupação com o sódio vem sendo largamente explorada pelos meios de comunicação e até hoje é tomada como principal fonte de problemas cardiovasculares. Porém, estudos recentes mostram que o sódio não é o único responsável pelo risco de DCV.

Nestes estudos, os autores concluem que apenas uma pequena parcela da população possui uma dieta com uso reduzido de sódio e que a ingestão de sódio não está relacionada com a pressão arterial destas pessoas, o que nos faz repensar sobre a credibilidade e a utilidade de se reduzir o sódio em alimentos. Também é mencionada uma relação interessante: uma maior excreção de sódio está mais fortemente relacionada a um aumento da pressão sanguínea para pessoas que possuem uma menor excreção de potássio, metal presente principalmente em frutas e verduras. Os mesmos estudos também relacionam o excesso de sódio com DCV, o que pode ser interpretado como uma forma de se ter cuidado ao olharmos apenas para o sódio como o grande vilão da alimentação mundial.

Apesar dos esforços do Ministério da Saúde e de outros órgãos de saúde, em nenhum momento se fala da importância do consumo de outros sais que possam equilibrar o efeito do excesso de sódio no organismo. Alimentos integrais, grãos, verduras e outros alimentos que não sejam processados são os mais benéficos quanto à quantidade de sais como cálcio, potássio e magnésio e são os menos presentes na alimentação brasileira. Alimentos como o arroz branco são processados de modo a ficar mais “bonitos” e “limpos” tendo seu valor estético mais valorizado do que o seu valor nutricional.

O ato de processar os alimentos para torná-los mais límpidos altera diversos valores nutricionais. O arroz integral, ao ser processado, perde sua película externa, onde se encontram as maiores partes dos nutrientes. O sal marinho, matéria-prima para o sal de cozinha, possui altas concentrações de magnésio e potássio, que são retirados de forma que o produto final fique mais seco e menos amargo. Os sais para consumo

humano no Brasil são todos provenientes do sal marinho, que passam por um processo de lavagem para retirada de determinadas impurezas. A água do mar é composta por 96,7% de água e 3,3% de sais dissolvidos, sendo estes sais dissolvidos compostos por 54% de cloreto, 31% de sódio, 8% de sulfato, 4% de magnésio, 1% de cálcio, 1% de potássio e 1% de outros sais com teores bem menores.

Segundo dados do IBGE, entre 2008 e 2009, o arroz branco é o mais presente na população brasileira, chegando a ter uma prevalência de 84%, com consumo médio de 160,3 g/dia. Se tomarmos o arroz integral como sendo o mais benéfico, veremos que sua prevalência é de apenas 3,7%, com consumo médio de 8,1 g/dia. Verduras e legumes também possuem baixa prevalência, chegando à faixa entre 2 e 3%, com consumo médio variando entre 3 e 5 g/dia. O pão francês (pão de sal) também é largamente consumido, possuindo prevalência de 63%, com consumo médio de 53,0g/dia, quando comparado ao pão integral, cuja prevalência é de 1,9%, com consumo médio de 0,9 g/dia. Uma diferença marcante fica para a região Norte e Nordeste do país, onde a farinha de mandioca é largamente consumida, possuindo uma prevalência de 45,3% e 18,2% respectivamente, em contraste com o resto do país, cuja prevalência não passa dos 2%. A preferência por estes alimentos pode não ser meramente cultural, mas também econômica. Alimentos integrais, “light” ou outros de cunho saudável costumam ser mais caros que os alimentos considerados “normais”, o que mostra certa incoerência, pois alimentos integrais não passam por processos de limpeza, tendo este um processo a menos no momento de ser distribuído para venda. Dados do IBGE também mostram que a prevalência de alimentos como arroz integral, salada crua e leguminosas é maior em famílias com rendas superiores à R\$1080,00.

Portanto, podemos ter um quadro onde a atitude de reduzir o sódio na alimentação pode não ser o suficiente para diminuir o número de hipertensos no país e onde a solução poderia estar em medidas de reeducação alimentar.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é determinar as quantidades de sódio, potássio, cálcio e magnésio em amostras de arroz branco, arroz integral, farinha de mandioca e de três tipos diferentes de sais; comum refinado, “light” refinado e grosso e determinar as quantidades de sulfato e cloreto nas amostras de sais. Possui como objetivo, também, sugerir uma aproximação diferente do problema de hipertensão no Brasil, a partir das diferenças nutricionais dos alimentos analisados.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Preparo da amostras

Foram avaliadas amostras de arroz integral, arroz branco, farinha de mandioca, sal comum iodado, sal *light* e sal grosso a fim de determinar as quantidades de sódio, cálcio, potássio e magnésio presentes em cada um. As amostras foram escolhidas comprando-se um tipo de arroz branco tipo 1 – classe longo fino – subgrupo polido, da marca Tio João (lote 15JUL15 03B), um tipo de arroz integral tipo 1 – classe longo – subgrupo integral da marca Montan (lote 0100000027), um tipo de farinha de mandioca crua tipo 1 – classe fina – grupo seca, da marca Granfino (lote 280), um tipo de sal refinado iodado comum (lote 03 14), um tipo de sal refinado iodado “light” (lote 03 14) e um tipo de sal grosso iodado (lote 20414 2), todos da marca Sal Cisne.

As amostras de arroz branco, nomeadas de B1 a B4, e integral, nomeadas de I1 a I5, foram moídas em moinho de bolas e cerca de 0,5 g de cada amostra foram calcinadas em forno mufla a 500°C, aquecido a uma taxa de 4°C/min durante uma noite. Seguiu-se o tratamento utilizando-se uma mistura de ácidos (HNO<sub>3</sub> 65%--H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30 vol.--HClO<sub>4</sub> 70%) até digestão completa da amostra, de modo a garantir que apenas a parte inorgânica restasse. As amostras foram levadas à secura e transferidas para balões volumétricos de 50,00mL contendo 5 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 10% e avolumadas com água ultra pura.

As amostras de farinha de mandioca, nomeadas M1 e M2, foram secas em estufa a 180°C por um período de 24h e cerca de 0,5 g foram posteriormente digeridas em uma mistura de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, HNO<sub>3</sub> 65% e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% até digestão completa da amostra, de modo a garantir que apenas a parte inorgânica restasse. As amostras foram levadas à secura e transferidas para balões volumétricos de 50,00mL contendo 5 mL de solução de HNO<sub>3</sub> 10% e avolumadas com água ultra pura.

As amostras de sal comum iodado, sal *light* e sal grosso, nomeadas respectivamente de C1 e C2, L1 e L2 e G1 e G2, foram secos em estufa a 180°C por um período de 24h. Para as amostras C1, L1 e G1, aproximadamente 0,5 g de cada sal

foram dissolvidos em água ultra pura e transferidos para balões volumétricos de 100,00 mL contendo 10 mL de solução de  $\text{HNO}_3$  10% e avolumadas. Para as amostras C2, L2 e G2, aproximadamente 0,4 g de cada sal foram dissolvidos em água ultra pura, transferidos para balão de 100,00 mL e então avolumados.

A conversão para peso seco foi feita utilizando-se o Analisador de Umidade Shimadzu, modelo MOC63u. As amostras foram levadas a peso constante e a umidade média de cada alimento foi determinada. Todas as amostras foram pesadas em balança analítica Shimadzu UniBloc, modelo AUY220.

### *3.2 Preparo dos padrões de sódio, potássio, cálcio e magnésio.*

A solução padrão de sódio de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  foi preparada dissolvendo-se 1,1526g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  anidro em 50 mL de HCl 5M e avolumando-se com 500 mL com água desmineralizada.

A solução padrão de potássio  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  foi preparada dissolvendo-se 0,8837g de  $\text{K}_2\text{CO}_3$  anidro em 50 mL de HCl 5M e avolumando-se com 500 mL com água desmineralizada.

A solução padrão de cálcio  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  foi preparada dissolvendo-se 1,2486g de  $\text{CaCO}_3$  anidro em 50 mL de HCl 5M e avolumando-se com 500 mL com água desmineralizada.

A solução padrão de magnésio  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  foi preparada a partir de ampola da Merck, transferido para balão de 1000 mL, adicionando-se 100 mL de HCl 5M e avolumado com água desmineralizada.

A solução multi-elementar foi preparada a partir das soluções de  $1000 \text{ mg.L}^{-1}$  de sódio, potássio, cálcio e magnésio, diluindo-as para concentrações finais de 20,00  $\text{mg.L}^{-1}$  de sódio, potássio e cálcio e 10,00  $\text{mg.L}^{-1}$  de magnésio, em meio de HCl 1 M.

As soluções padrões utilizadas nas análises por espectrofotometria de absorção atômica, denominadas Cal-Std, foram diluídas com água desmineralizada para as concentrações necessárias, com matriz final de  $\text{HNO}_3$  1%.

### 3.3 Determinação de Na, K, Ca e Mg por Espectrofotometria de Absorção Atômica.

Todas as amostras foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica de fonte contínua de alta resolução (HR CS AAS) utilizando-se padrões multi-elementares contendo Na, K, Ca e Mg em matriz de HNO<sub>3</sub> 1% e água Ultra pura, em suas respectivas linhas espectrais, conforme a Tabela 1. A determinação de Na, K e Mg foi realizada utilizando-se chama contendo mistura de Ar/Acetileno, em diferentes vazões para cada metal. Para a determinação de cálcio, a análise foi feita utilizando-se chama com mistura de Acetileno/N<sub>2</sub>O com vazão pré-determinada. A relação entre os metais, vazões dos gases e altura do queimador são listadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Relação entre os elementos, suas linhas espectrais, vazão dos gases utilizados e a altura do queimador.**

Elemento	$\lambda$ (nm)	Ar/Acetileno (L/h)	Acetileno/N <sub>2</sub> O (L/h)	Altura do Queimador (mm)
Na	588,9953	90	-	6
K	766,4908	80	-	8
Ca	422,6728	-	215	6
Mg	285,2125	60	-	4

### 3.4 Determinação de Sulfato por turbidimetria nas amostras de sal.

A determinação de sulfato foi realizada utilizando-se um Espectrofotômetro Genesys 10S Vis, determinando-se a turbidez das soluções padrões e amostra em 420nm. As soluções padrões de 1,0, 5,0, 10,0, 30,0 e 50,0 mg.L<sup>-1</sup> foram preparadas à partir de solução padrão de 100 mg.L<sup>-1</sup> de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Uma solução condicionante foi preparada misturando-se 50 mL de glicerina a uma mistura de 300 mL de água destilada, 100 mL de etanol, 75 g de cloreto de sódio e 30 mL de HCl concentrado. A solução final ficou sob agitação constante por 10 minutos.

À alíquotas de 100,0 mL de cada padrão, foram adicionados 5mL de solução condicionante e 10 mL de solução de BaCl<sub>2</sub> 10%. Os padrões ficaram sob agitação

constante durante 4 minutos e suas respectivas absorvâncias foram medidas. O mesmo procedimento foi realizado para determinação de sulfato nas amostras C2, L2 e G2. A menor concentração detectada neste método é de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  de sulfato.

### *3.5 Determinação de cloreto em amostras de sais por potenciometria.*

Foi determinada a concentração de cloreto presente nas amostras de sais pelo método de titulação potenciométrica, utilizando-se um titulador automático 848 Titrino Plus da Metrohm® acoplado a um eletrodo Titrodo íon-seletivo de Ag da Metrohm®. Foi preparada uma solução  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de  $\text{AgNO}_3$  a partir de 17,1520 g do sal seco, dissolvidos, transferidos e avolumados em balão de 1000 mL com água ultra pura. A solução foi estocada para posterior padronização. A temperatura marcada pelo sensor do titulador era de  $24,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Foram utilizadas alíquotas de 4,0 mL de cada amostra e as titulações das amostras foram realizadas em triplicata.

#### 3.5.1 Padronização de solução de NaOH 0,1 M

Para a padronização da solução de NaOH  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , foi preparada uma solução  $0,1000 \text{ mol.L}^{-1}$  de biftalato de potássio a partir de 20,4248 g do sal seco, dissolvidos e transferidos para balão volumétrico de 1000 mL, avolumando-se com água Ultra pura. A partir desta, uma alíquota de 10,0 mL de uma solução estoque  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de NaOH foi padronizada, titulando-se em bureta de 25,00 mL, utilizando-se fenolftaleína como indicador.

O volume médio obtido através da titulação foi de 9,63 mL, resultando em uma solução  $0,0963 \text{ mol.L}^{-1}$  de NaOH.

### 3.5.2 Padronização de solução de HCl 0,1 M

Após a padronização da solução de NaOH, uma alíquota de 10,0 mL de solução estoque  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de HCl foi também padronizada por titulação em bureta de 25,00 mL utilizando-se fenolftaleína. O volume médio obtido foi de 11,03 mL, resultando em uma solução  $0,1063 \text{ mol.L}^{-1}$  de HCl.

### 3.5.3 Padronização de solução de $\text{AgNO}_3$ 0,1 M

A partir da solução padronizada de HCl, seguiu-se a padronização da solução  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  de  $\text{AgNO}_3$ . Uma alíquota de 4,0 mL da solução padronizada de HCl foi titulada contra a solução de  $\text{AgNO}_3$  no titulador automático, onde o volume gasto foi de 4,4409 mL, resultando em uma solução  $0,0957 \text{ mol.L}^{-1}$  de  $\text{AgNO}_3$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação entre as amostras, massas pesadas e umidade são descritas na Tabela 2.

**Tabela 2. Determinação de umidade nas amostras**

Amostras		Massa (g)	Umidade média (%)	Massa seca (g)
Arroz Branco	B1	0,5668	13,69	0,4892
	B2	0,5685		0,4907
	B3	0,5720		0,4937
	B4	0,5760		0,4971
Arroz Integral	I1	0,5642	12,8	0,4920
	I2	0,5733		0,4999
	I3	0,5891		0,5137
	I4	0,5646		0,4923
	I5	0,6198		0,5405
Sal Light	L1	0,5102	-	0,5102
	L2	0,3993		0,3993
Sal Comum	C1	0,5291	-	0,5291
	C2	0,3992		0,3992
Sal Grosso	G1	0,5101	-	0,5101
	G2	0,4588		0,4588
Farinha de Mandioca	M1	0,5374	-	0,5374
	M2	0,5272		0,5272

##### 4.1 Determinação de Magnésio

As amostras de Arroz Integral (I1 a I5) foram diluídas por um fator de cinco vezes, usando-se alíquota de 2,0 mL em balão de 10,0 mL contendo 1,0mL de HNO<sub>3</sub> 10%.

Tabela 3. Calibração para magnésio em 285 nm

Padrões	[Mg] (mg/L)	Absorbância				Abs. Média	Desvio Padrão	DPR (%)
Cal-Zero1	0	0,01719	0,01779	0,01765	0,01752	0,01754	0,00026	1,5
Cal-Std1	1	0,14833	0,15325	0,15279	0,15443	0,1522	0,00267	1,8
Cal-Std2	2	0,28351	0,2865	0,28641	0,28615	0,28564	0,00143	0,5
Cal-Std3	3	0,40236	0,40975	0,40527	0,41400	0,40784	0,00510	1,3
Cal-Std4	4	0,49796	0,51918	0,51556	0,51921	0,51298	0,01016	2,0
Cal-Std5	5	0,59295	0,59725	0,58948	0,59195	0,59291	0,00324	0,5
Cal-Std6	6	0,67494	0,69180	0,69662	0,68391	0,68682	0,00950	1,4

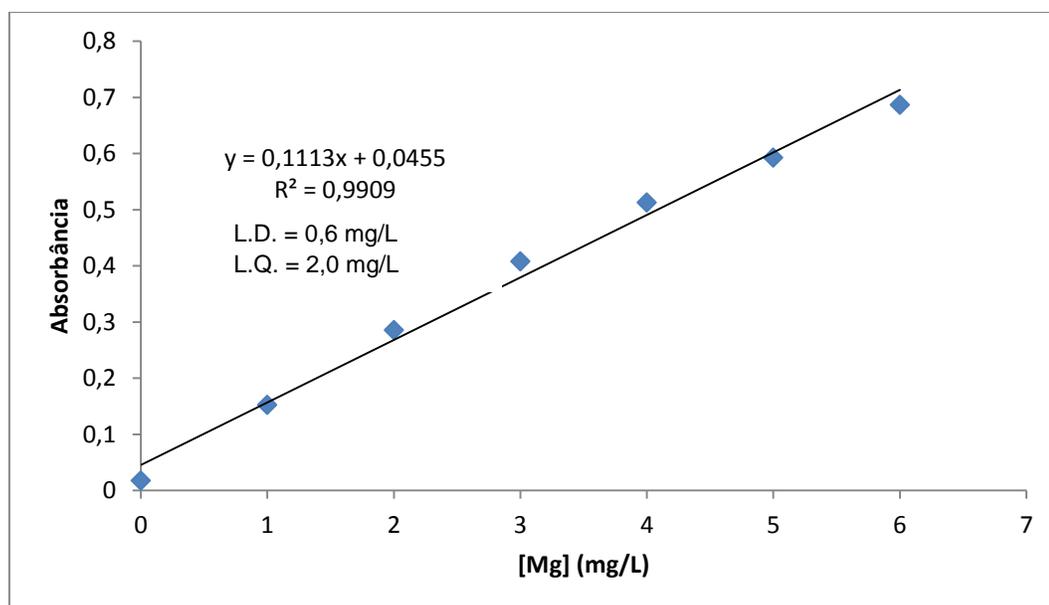


Figura 2. Curva analítica para magnésio em 285nm

Tabela 4. Dados obtidos para absorvância e concentração

Amostras		Absorvância	FD	[Mg] (mg/L)	[Mg] (mg/g)
Arroz Branco	B1	0,34440	1	2,685	0,274
	B2	0,31843	1	2,452	0,250
	B3	0,34170	1	2,661	0,269
	B4	0,35980	1	2,824	0,284
Arroz Integral	I1	0,40534	5	16,16	1,642
	I2	0,41387	5	16,55	1,655
	I3	0,41713	5	16,69	1,625
	I4	0,35560	5	13,93	1,415
	I5	0,47099	5	19,11	1,768
Sal Light	L1	0,03229	1	< 0,6	< 0,118
Sal Comum	C1	-0,00049	1	< 0,6	< 0,113
Sal Grosso	G1	0,02056	1	< 0,6	< 0,118
Farinha de Mandioca	M1	0,71957	1	6,056	0,5635
	M2	0,72079	1	6,067	0,5703

#### 4.2 Determinação de Potássio

As amostras I1 a I5 foram diluídas 5 vezes, usando-se alíquota de 2,0 mL em balão de 10,0 mL contendo 1,0mL de HNO<sub>3</sub> 10%. As amostras M1 e M2 foram diluídas 25 vezes utilizando-se uma alíquota de 1,0 mL em balão de 25,0 mL contendo 2,5 mL de HNO<sub>3</sub> 10%. A amostra L1 foi diluída 100 vezes utilizando-se uma alíquota de 1,0 mL em balão de 100,0 mL contendo 10,0 mL de solução HNO<sub>3</sub> 10%.

Tabela 5. Calibração para potássio em 766 nm

Padrões	[K] (mg/L)	Absorvância				Abs. Média	DP	DPR %
Cal-Zero1	0	0,02824	0,02848	0,03271	0,02967	0,02978	0,00205	6,9
Cal-Std1	2	0,11808	0,11618	0,11917	0,11869	0,11803	0,00131	1,1
Cal-Std2	4	0,23556	0,23212	0,23046	0,23041	0,23214	0,00242	1,0
Cal-Std3	6	0,33381	0,34046	0,33884	0,33751	0,33765	0,00283	0,8
Cal-Std4	8	0,43544	0,43754	0,42769	0,42893	0,43240	0,00483	1,1
Cal-Std5	10	0,53038	0,51531	0,51826	0,51900	0,52073	0,00662	1,3

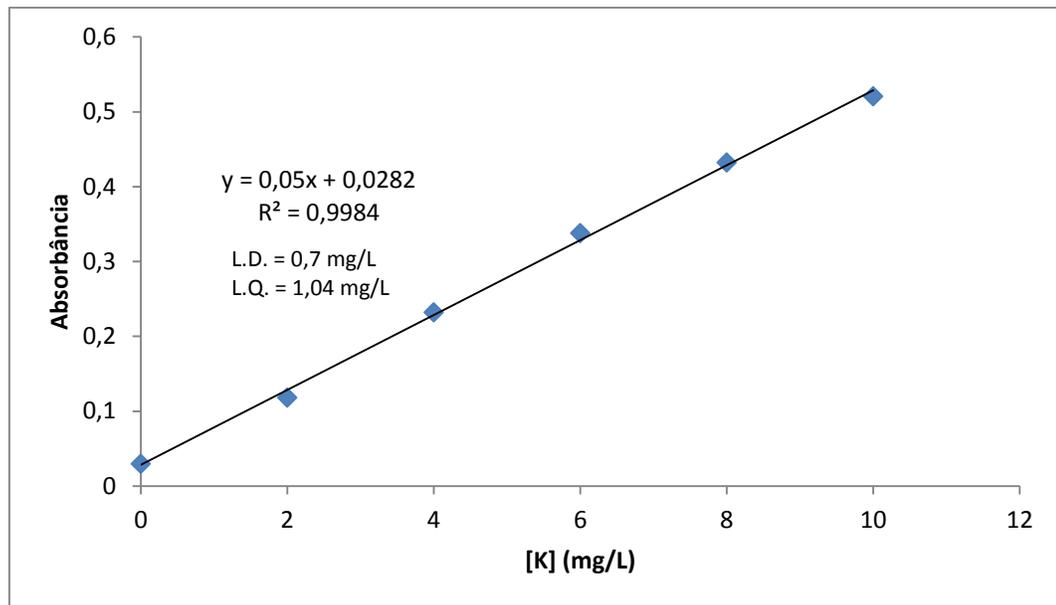


Figura 3. Curva analítica para potássio em 766 nm

Tabela 6. Dados obtidos para absorbância e concentração das amostras.

Amostras	Absorbância	FD	[K] (mg/L)	[K] (mg/g)	
Arroz Branco	B1	0,43582	1	8,14	0,832
	B2	0,44117	1	8,25	0,841
	B3	0,44446	1	8,32	0,842
	B4	0,45284	1	8,48	0,853
Arroz Integral	I1	0,33563	5	30,7	3,121
	I2	0,35698	5	32,8	3,285
	I3	0,36768	5	33,9	3,301
	I4	0,33828	5	31,0	3,146
	I5	0,37219	5	34,4	3,179
Sal Light	L1	0,86309	100	1668	326,9
Sal Comum	C1	0,84640	10	65,5	12,4
Sal Grosso	G1	0,04636	1	< 0,46	< 0,07
Farinha de Mandioca	M1	0,08026	25	26,0	2,419
	M2	0,07892	25	25,3	2,402

### 4.3 Determinação de Sódio

Tabela 7. Calibração para sódio em 588 nm.

Padrões	[Na] (mg/L)	Absorbância				Abs. Média	DP	DPR %
Cal-Zero1	0	0,19113	0,18927	0,18674	0,18680	0,18849	0,00212	1,1
Cal-Std1	2	0,36775	0,37078	0,39809	0,38656	0,38080	0,01418	3,7
Cal-Std2	4	0,62179	0,63573	0,61564	0,63376	0,62673	0,00962	1,5
Cal-Std3	6	0,91598	0,89847	0,90164	0,89048	0,90164	0,01065	1,2
Cal-Std4	8	1,1413	1,1122	1,1385	1,1443	1,1341	0,01475	1,3
Cal-Std5	10	1,3841	1,3803	1,3574	1,3687	1,3726	0,01210	0,9

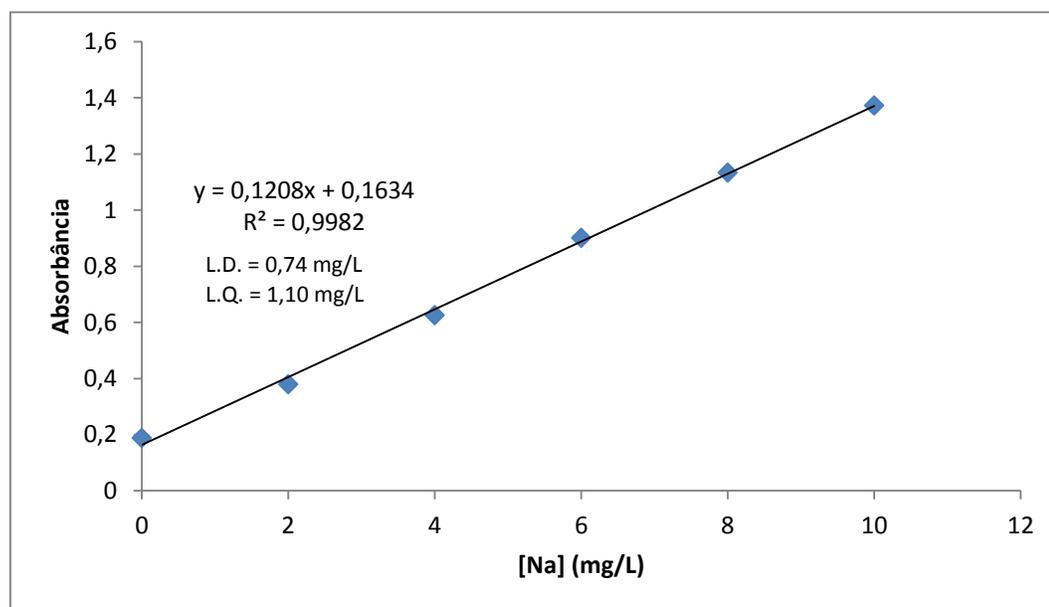


Figura 4. Curva analítica para sódio em 588 nm.

**Tabela 8. Dados obtidos para absorvância e concentração de sódio nas amostras.**

Amostras		Absorbância	FD	[Na] (mg/L)	[Na] (mg/g)
Arroz Branco	B1	0,30021	1	1,13	0,12
	B2	0,35695	1	1,60	0,16
	B3	0,31824	1	1,28	0,13
	B4	0,38867	1	1,87	0,19
Arroz Integral	I1	0,36534	1	1,67	0,17
	I2	0,42300	1	2,15	0,21
	I3	0,41079	1	2,05	0,20
	I4	0,42229	1	2,14	0,22
	I5	0,43908	1	2,28	0,21
Farinha de Mandioca	M1	0,56314	1	3,31	0,31
	M2	0,52937	1	3,03	0,29

#### 4.4 Determinação de Cálcio

As amostras M1 e M2 foram diluídas na ordem de duas vezes, utilizando-se uma alíquota de 5,0 mL em balão de 10,0 mL contendo 1,0 mL de HNO<sub>3</sub> 10%.

**Tabela 9. Calibração para cálcio em 422 nm.**

Nome	[Ca] (mg/L)	Absorbância				Abs. Média	DP	DPR (%)
Cal-Zero1	0,0	-0,00025	-0,00025	-0,00040	-0,00064	-0,00038	0,00018	47,8
Cal-Std1	1,2	0,09868	0,09771	0,09890	0,09623	0,09788	0,00122	1,2
Cal-Std2	1,8	0,14677	0,14339	0,14559	0,14529	0,14526	0,00140	1,0
Cal-Std3	2,4	0,20491	0,20697	0,21379	0,20940	0,20877	0,00382	1,8
Cal-Std4	3,6	0,29585	0,29675	0,29451	0,29911	0,29656	0,00194	0,7
Cal-Std5	4,8	0,41823	0,41768	0,41353	0,41794	0,41685	0,00222	0,5

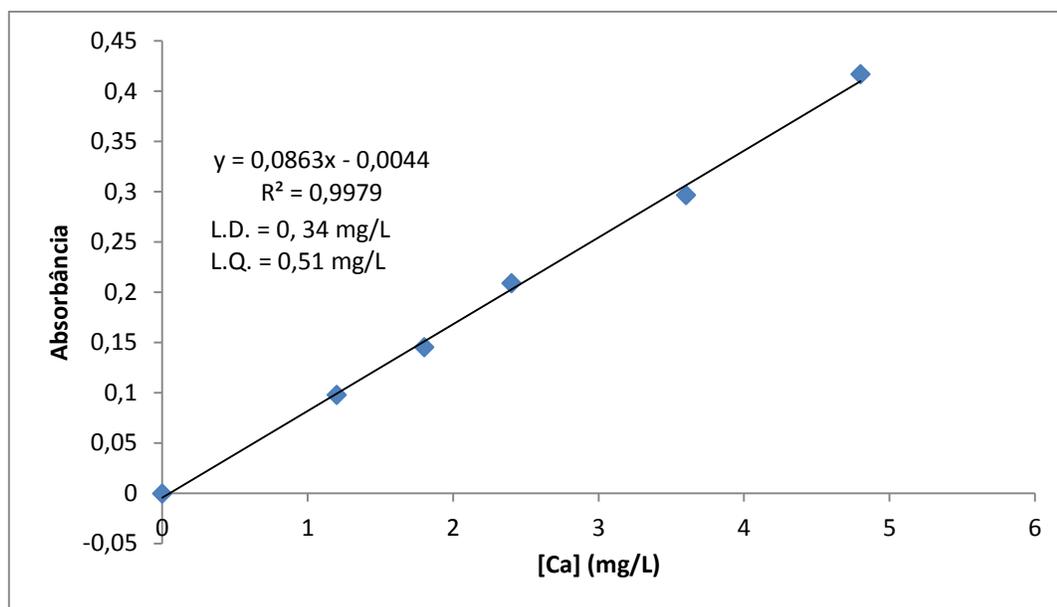


Figura 5. Curva analítica para cálcio em 422 nm.

Tabela 10. Dados obtidos para absorbância e concentração de cálcio nas amostras.

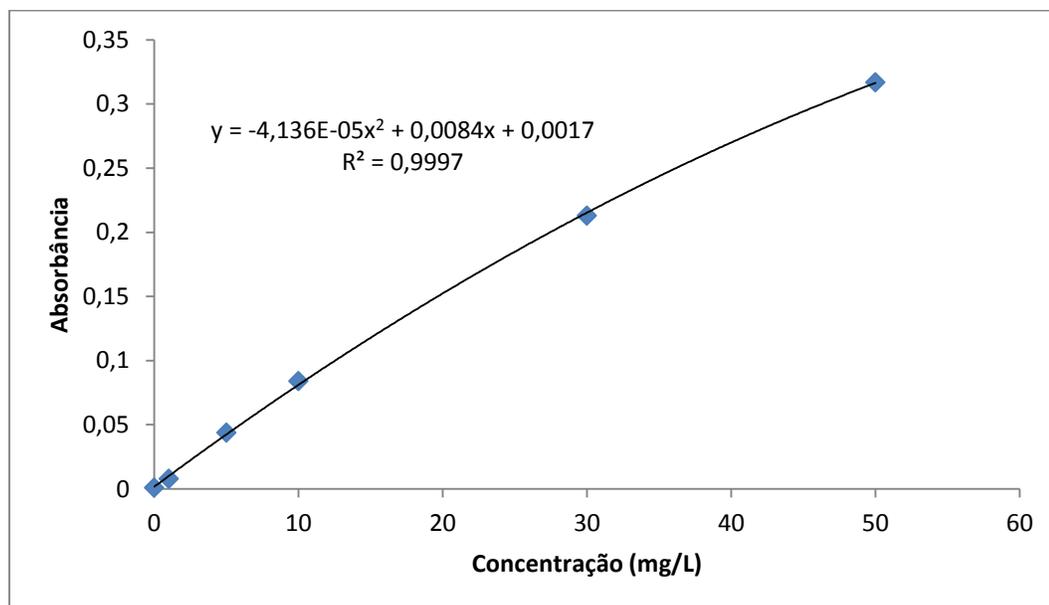
Amostras		Abs. Média	FD	[Ca] (mg/L)	[Ca] (mg/g)
Arroz Branco	B1	0,09645	1	1,17	0,12
	B2	0,08027	1	0,98	0,10
	B3	0,07326	1	0,90	0,09
	B4	0,16038	1	1,91	0,19
Arroz Integral	I1	0,20438	1	2,42	0,25
	I2	0,15646	1	1,86	0,19
	I3	0,22618	1	2,67	0,26
	I4	0,15354	1	1,83	0,19
	I5	0,28847	1	3,39	0,31
Sal Comum	C1	0,01972	1	< 0,34	< 0,06
Sal Light	L1	0,07751	1	0,95	0,19
Sal Grosso	G1	0,02762	1	< 0,51	< 0,10
Farinha de Mandioca	M1	0,37516	2	4,37	0,41
	M2	0,39458	2	4,60	0,44

#### 4.5 Determinação de Sulfato

A partir dos valores obtidos pela regressão linear, foi possível calcular as concentrações das amostras, indicados na Tabela 11. Calibração para determinação de sulfato.e a curva de calibração pode ser visualizada pela Figura 6. As concentrações obtidas para cada amostra de sal estão descritas na Tabela 12.

**Tabela 11. Calibração para determinação de sulfato.**

Padrão	Concentração (mg Sulfato/L)	Absorbância
Branco	0,0	0,001
1	1,0	0,008
2	5,0	0,044
3	10,0	0,084
4	30,0	0,213
5	50,0	0,317



**Figura 6. Curva analítica para determinação de sulfato em 420 nm.**

**Tabela 12. Concentração de sulfato nas amostras de sal comum, sal light e sal grosso.**

<b>Amostra</b>	<b>Absorbância</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>	<b>Concentração (mg/g)</b>
C2	0,045	5,10	1,28
L2	0,022	2,42	0,61
G2	0,006	< 1,0	< 0,22

#### 4.6 Determinação de Cloreto

**Tabela 13. Dados de titulação potenciométrica para determinação de cloreto.**

<b>Amostra</b>	<b>Volume (mL)</b>			<b>Volume Médio (mL)</b>	<b>DP</b>	<b>[Cl] (mol/L)</b>	<b>[Cl] (mg/g)</b>
C1	3,5071	3,4910	3,4857	3,4946	0,011144954	0,08364	561,2
L1	3,0339	3,0373	3,0359	3,0357	0,001708801	0,07266	505,5
G1	3,3889	3,3914	3,3858	3,3887	0,002805352	0,08110	564,4

As médias das concentrações determinadas são mostradas na Tabela 14. Na Tabela 15. Concentrações médias de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto estão resumidas, conforme enunciado anteriormente na Introdução, as concentrações médias encontradas em sal marinho, podendo então ser feita a comparação entre a quantidade de nutrientes perdidos durante o refinamento do sal.

**Tabela 14. Porcentagem em massa dos íons nas amostras.**

<b>Amostras</b>	<b>Sódio (%)</b>	<b>Potássio (%)</b>	<b>Magnésio (%)</b>	<b>Cálcio (%)</b>	<b>Sulfato (%)</b>	<b>Cloreto (%)</b>
Arroz Branco	<b>0,01</b>	<b>0,08</b>	<b>0,03</b>	<b>0,01</b>	-	-
Arroz Integral	<b>0,02</b>	<b>0,32</b>	<b>0,16</b>	<b>0,02</b>	-	-
Farinha de Mandioca	<b>0,03</b>	<b>0,24</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	-	-
Sal Light	-	<b>32,7</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,06</b>	<b>56,1</b>
Sal Comum	-	<b>1,24</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,13</b>	<b>50,6</b>
Sal Grosso	-	<b>0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,02</b>	<b>56,4</b>

**Tabela 15. Concentrações médias de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e outros sais encontrados nos sais dissolvidos na água do mar.**

<b>Elemento</b>	<b>Concentração (%)</b>
Na	31
K	1
Ca	1
Mg	4
Cl	54
SO <sub>4</sub>	8
Outros Sais	1

Dados de HR CS-AAS mostram que concentrações maiores de potássio e magnésio são obtidas no arroz integral e na farinha de mandioca, enquanto as quantidades de sódio entre o arroz integral e o branco permanecem próximas. Além disso, quantidades maiores de cálcio são vistas nas amostras de farinha de mandioca quando comparada aos dois tipos de arroz. É visível a diferença entre a preferência por alimentos integrais e a possível relação entre o número de hipertensos e o baixo consumo de magnésio e cálcio em algumas regiões. O consumo de cada íon pode ser calculado multiplicando-se a frequência (prevalência alimentar), o consumo médio per capita e a quantidade deste íon no alimento (ver Tabelas Tabela 16 e

Tabela 17). Apesar de a região Sudeste ter um consumo de magnésio próximo ao da região Norte, o consumo de potássio e cálcio desta região é mais baixo que o do último. Além disso, o consumo de alimentos gordurosos e industrializados é maior nesta região do que no Norte do país (IBGE).

**Tabela 16. Comparação entre o consumo médio per capita e a prevalência alimentar dos três alimentos em cada região do Brasil. PA = Prevalência Alimentar, CM = Consumo Médio Per Capita (em g.dia<sup>-1</sup>).**

Região	Arroz Branco		Arroz Integral		Farinha de Mandioca	
	PA (%)	CM	PA (%)	CM	PA (%)	CM
<b>Norte</b>	76,9	156,6	8,1	19,4	45,3	46,2
<b>Nordeste</b>	80,3	142,6	4,6	9,8	18,2	11,5
<b>Sudeste</b>	88,5	175,6	2,5	6,1	1,8	0,8
<b>Sul</b>	78,5	133,8	2,6	3,7	0,7	0,2
<b>Centro-Oeste</b>	89,8	194,5	5,2	10,9	1,3	0,5

**Tabela 17. Total de sódio, potássio, cálcio e magnésio consumido por dia por região e média do número de hipertensos por região.**

Região	Total (mg/dia)				Média Hipertensos (%)
	Na	K	Ca	Mg	
<b>Norte</b>	24,50	156,91	33,13	46,86	18,8
<b>Nordeste</b>	17,79	102,93	16,25	32,77	24,0
<b>Sudeste</b>	23,20	131,40	19,57	42,13	26,0
<b>Sul</b>	15,68	88,77	13,22	28,46	24,0
<b>Centro-Oeste</b>	26,16	148,93	22,08	47,99	24,5

Ao compararmos as concentrações dos íons em questão entre os sais de consumo e o sal marinho veremos que as quantidades de magnésio, cálcio e sulfato diminuem consideravelmente, mostrando perda significativa destes nutrientes durante os processos de refino e limpeza, enquanto as quantidades de cloreto não sofrem alteração significativa. A exceção fica para o caso do sal *light*, onde a concentração de potássio é muito maior, devido à própria proposta do produto ser um sal de mesa com teor reduzido de sódio.

## 5. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem uma ligação entre as concentrações destes cátions nos alimentos e a hipertensão no Brasil, sobretudo em determinadas regiões. No Norte do país, a população consome muito mais alimentos integrais e, principalmente, a farinha de mandioca. Se levarmos em conta o consumo alimentar e a prevalência desses alimentos, poderemos ver que entre as regiões Norte e Sudeste, a primeira consome cerca de 4% mais magnésio. A Região Sul, com 24% da população hipertensa, possui o menor consumo destes quatro metais e, em relação ao Norte do país, todas as regiões possuem um menor consumo de potássio, cálcio e magnésio, com exceção da região Centro-Oeste, justamente os metais que podem contribuir para a diminuição ou prevenção desta doença.

O processo de refino dos alimentos retira grande parte dos nutrientes importantes para a saúde humana e estes mesmos alimentos são os mais consumidos pela população. Alimentos integrais, grãos e verduras não possuem apelo tão grande para competir com os alimentos refinados devido à sua aparência, sabor, ou a falta dele e também preço. Como forma de vir a diminuir a ingestão de sódio, temos produtos industrializados que promovem em sua capa o teor reduzido do mesmo, como o sal “light”. Geralmente, este tipo de sal é recomendado para pessoas que querem diminuir a pressão arterial, apesar dos estudos não comprovarem que apenas o consumo de cloreto de sódio contribui para tal. O uso destes sais não contribui significativamente com o aporte de cálcio e magnésio da população, apesar de o sal de cozinha ser bastante utilizado no país, com consumo de sódio maior em homens (85%) e consumo médio de 3200 mg per capita, 900 mg a mais que o recomendado. Ainda, a própria Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) limita as quantidades máximas e mínimas de magnésio, potássio, cálcio, sulfato, iodo e umidade, sendo este último dependente da presença destes sais, conforme descrito no Decreto 75.697.

Apesar de a abordagem mostrar ligação entre a carência de determinados metais na alimentação brasileira e o alto número de hipertensos no país, não foi levado

em consideração fatores culturais de cada região, assim como fatores externos que podem contribuir ou não para a hipertensão, como exercícios físicos, uso de cigarros e outras substâncias nocivas à saúde. Ainda assim, o trabalho mostra uma vertente que pode ser melhor explorada para a melhoria da saúde do brasileiro.

## 6. REFERÊNCIAS

Acordo retira mais de mil toneladas de sódio de produtos industrializados. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/noticias-svs/14225-acordo-retira-mais-de-mil-toneladas-de-sodio-de-produtos-industrializados>. Acesso em: Fevereiro, 2015.

<http://solucaoperfeita.com/magnesio/deficiencia-em-magnesio-causa-agressividade-suicidio-e-depressao-2>

<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/cidadao/principal/agencia-saude/noticias-antiores-agencia-saude/5874->

<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/cidadao/principal/agencia-saude/noticias-antiores-agencia-saude/473->

Kupetsky-Rincon E. A.; UITTO, J. Magnesium: Novel Applications in Cardiovascular Disease – A Review of the Literature. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 2012.

OPARIL, S. Low Sodium Intake: Cardiovascular Health Benefit or Risk? *The New England Journal of Medicine*, 2014

O' DONNELL, M. et al. Urinary Sodium and Potassium Excretion, Mortality, and Cardiovascular Events. *The New England Journal of Medicine*, 2014

Larsson, S. C. (2013). Urinary magnesium excretion as a marker of heart disease risk. *American Journal of Clinical Nutrition*, 97, 1159–1160.

Peters, K. E., Chubb, S. a P., Davis, W. a., & Davis, T. M. E. (2013). The Relationship between Hypomagnesemia, Metformin Therapy and Cardiovascular Disease Complicating Type 2 Diabetes: The Fremantle Diabetes Study. *PLoS ONE*, 8(9), 2–9.

Ross, M. K., Matthews, A. T., & Mangum, L. C. (2014). Chemical Atherogenesis: Role of Endogenous and Exogenous Poisons in Disease Development, 2(1), 17–34.

Gobbo, L. C. Del, Imamura, F., Wu, J. H. Y., Otto, M. C. D. O., & Chiuve, S. E. (2013). Circulating and dietary magnesium and risk of cardiovascular disease : a systematic review and meta-analysis of prospective studies 1 – 3. *American Journal of Clinical Nutrition*, 98(2), 160–173.

Inácio, L., Silva, P. B., Nunes, E. P., & Tai, D. W. (n.d.). Instituto De Geografia E Estatística - Ibge.

Cardoso, L. D. O., Alves, L. C., Castro, I. R. R. De, Leite, I. D. C., & Machado, C. J. (2011). Uso do método Grade of Membership na identificação de perfis de consumo e comportamento alimentar de adolescentes do Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 27(2), 335–346.

Walter, M., Marchezan, E., & Avila, L. A. De. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38(4), 1184–1192.

Anvisa – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>. Acesso em: 20 ago. 2015.