



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**Dissertação de Mestrado**

**Tema: ESTUDO FITOQUÍMICO E AVALIAÇÃO DO VALOR  
NUTRICIONAL DO TUBÉRCULO INHAME  
(*DIOSCOREA SPP.*)**



**Autora:**

Eulália Domingos Uaila

Maputo, Dezembro de 2015



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**Dissertação de Mestrado**

**Tema: ESTUDO FITOQUÍMICO E AVALIAÇÃO DO VALOR  
NUTRICIONAL DO TUBÉRCULO INHAME  
(*DIOSCOREA SPP.*)**



**Autora:**

Eulália Domingos Uaila

**Supervisores:**

Profa. Doutora Amália Uamusse

Prof. Doutor Victor Sevastianov

Maputo, Dezembro de 2015

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação à memória dos meus pais Domingos Uaila e Raulina Uate que, com muito amor e carinho, fizeram-me acreditar que o melhor caminho para o sucesso é a formação e ao meu filho Chris, para que nela se inspire e possa seguir o mesmo caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela vida, saúde, força e bênçãos diárias; sem me esquecer de proferir os meus sinceros agradecimentos a algumas pessoas que pela sua ajuda, dedicação e apoio tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho. Assim, manifesto o meu profundo reconhecimento:

Aos meus supervisores Profa. Doutora Amália Uamusse e Prof. Doutor Victor Sevastianov pela excelente orientação, experiência e conhecimentos que me proporcionaram, pelo apoio, dedicação e simpatia com que me receberam e acompanharam durante o meu percurso.

Ao Departamento de Química Aplicada da Universidade de Johannesburg, em especial ao Prof. Doutor Titus Msagati por me receber, disponibilizar condições para realização da parte experimental e o seu precioso tempo para me orientar em todas as análises feitas. Ao Mr. Nyoni e Mr. Patrick vai o meu agradecimento pelo acompanhamento na realização da parte experimental deste trabalho.

À Profa. Doutora Fung Dai Kin pela revisão e correcção do manuscrito e orientações sábias na elaboração.

Ao Professor Doutor Carvalho Madivate pelas sugestões para melhorar a apresentação do relatório.

Aos meus irmãos pelo apoio, motivação, confiança e encorajamento que sempre prestaram.

Por fim, a todas as outras pessoas, que directa ou indirectamente, fizeram com que este trabalho fosse possível.

A todos **MUITO OBRIGADO.**

## **DECLARAÇÃO SOB PALAVRA DE HONRA**

Eu Eulália Domingos Uaila, declaro por minha honra, que a presente dissertação de mestrado foi elaborada por mim, com base na bibliografia referenciada ao longo do texto e nos resultados obtidos das análises químicas feitas em diferentes laboratórios e dos testes estatísticos a eles submetidos.

Maputo, aos 14 de Dezembro de 2015

A Autora



(Eulália Domingos Uaila)

## RESUMO

A presente dissertação tem em vista a avaliação fitoquímica e nutricional do tubérculo inhame (*Dioscorea spp.*) através da análise qualitativa e quantitativa da sua composição química.

As amostras analisadas foram colhidas aleatoriamente, nas províncias de Maputo (Zona Verde) e Manica (Macate e Gondola).

As amostras foram submetidas a diferentes métodos de análise química, dentre eles “GC-MS” (para identificação de metabólitos secundários e ácidos orgânicos), a gravimetria (para determinação de humidade, cinzas e gorduras), método de Lane-Eynon (açúcares), método de Kjeldahl (proteínas), FC (Na e K), “FAAS” (Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn) e “MAS” (P).

A análise qualitativa das amostras foi feita no LDQA-UJ, de onde foi possível fazer a identificação de  $\alpha$ -sitosterol (metabólito secundário) e ácidos orgânicos (cítrico, oleico, mandélico e ftálico) através da comparação dos espectros de massa das soluções-amostra e os espectros teóricos fornecidos pelo instrumento.

Para as análises quantitativas as amostras foram preparadas com réplicas e as determinações foram feitas em três laboratórios: LDQA-UJ, LS-IIAM e LCQ-CIDE.

Os teores foram apresentados na forma de percentagem (para humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas) e em ppm (para os minerais). Os teores obtidos variaram de: 5,54 a 8,46% para proteínas; 1,09 a 1,24% para gorduras; 3,52 a 5,10% para açúcares; 18,23 a 6090 ppm para minerais; 20,64 a 21,38% para humidade e 29,08 a 34,49% para cinzas.

Para os elementos determinados em dois laboratórios, o teste t de comparação de dois conjuntos de dados revelou, na sua maioria, não existirem diferenças significativas entre os valores obtidos.

Através da “ANOVA” notou-se que a mudança do local de amostragem influencia significativamente nos teores de gorduras, açúcares, proteínas, P, Zn, Cr, Mg, Mn e Na e não apresenta influência significativa nos teores de humidade, cinzas, Co, Cu, Fe e K.

**Palavras-chave:** Avaliação nutricional, composição fitoquímica, inhame (*Dioscorea spp.*).

## ABSTRACT

This thesis aims to the phytochemical and nutritional assessment of yam by qualitative and quantitative analyses of chemical composition.

The samples were randomly collected in Maputo (Zona Verde) and Manica (Macate and Gondola), aiming to further comparison of the obtained results from samples collected at different points.

To obtain the results of the above determinations, the samples were subjected to various chemical analysis methods, including GC-MS (identification of secondary metabolites and organic acids), gravimetry (for determination of moisture, ash and fats), Lane-Eynon method (sugars), Kjeldahl method (proteins), Flame Photometry (Na and K), FAAS (Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn) and MAS (P).

$\alpha$ -sitosterol (secondary metabolite) and organic acids (citric, oleic, mandelic and phthalic) were identified by qualitative analysis which was done in the laboratory of Department of Applied Chemistry – UJ.

Determinations were carried out in 3 replicates in two different laboratories (Department of Applied Chemistry, UJ and of soils, IIAM, the compositions are presented in percentage (for moisture, ash, fat, sugars and protein) and in “ppm” (minerals). The obtained results ranged from: 5.54 to 8.46 % for proteins; 1.09 to 1.24 % for fats; 3.52 to 5.10% for sugars; 18.23 to 6090 ppm for minerals; 21.38 to 20.64 % for moisture and 29.08 to 34.49 % for ash.

The t-test comparing two sets of data revealed, in the majority of cases, no significant differences between the minerals values analyzed in two laboratories.

By ANOVA it was noted that the change of local takes a significant influence to levels of fats, sugars, proteins, P, Zn, Cr, Mg, Mn and Na and no significant influence was detected on moisture, ash, Co, Cu, Fe and K.

**Keywords:** Nutritional evaluation, phytochemical composition, yam (*Dioscorea spp.*)

## ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objectivos .....	2
1.1.1. Objectivo geral .....	2
1.1.2. Objectivos específicos .....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	3
2.1. Acção dos nutrientes no organismo .....	4
2.2. Acção dos antinutrientes no organismo .....	14
2.3. Descrição da planta .....	15
2.3.1. Princípios activos do inhame .....	16
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
3.1. Amostragem .....	20
3.2. Procedimentos experimentais .....	20
3.2.1. Determinação de humidade .....	20
3.2.2. Determinação de cinzas .....	21
3.2.3. Determinação de proteínas .....	21
3.2.3.1. Digestão das amostras .....	22
3.2.3.2. Destilação e titulação .....	22
3.2.4. Determinação de lípidos (gorduras) .....	23
3.2.5. Determinação de açúcares .....	25
3.2.6. Determinação de minerais .....	26
3.2.6.1. Parâmetros instrumentais e condições de operação dos aparelhos .....	26
3.2.6.2. Solubilização das amostras .....	27
3.2.6.3. Leitura das amostras .....	28
3.2.7. Identificação dos metabólitos secundários e ácidos orgânicos .....	28
3.2.8. Identificação de vitaminas lipossolúveis .....	29
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	30

---

4.1. Apresentação das curvas de calibração referentes à determinação dos minerais .....	32
4.2. Comparação dos resultados obtidos em dois laboratórios .....	35
4.3. Discussão e interpretação dos resultados .....	39
4.3.1. Identificação dos metabólitos secundários e ácidos orgânicos .....	39
4.3.2. Quantificação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas .....	41
4.3.3. Quantificação de minerais .....	43
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros instrumentais e condições de operação do aparelho para determinação de Co, Cr, Cu, Fe e Zn pelo LDQA-UJ.....	26
<b>Tabela 2.</b> Parâmetros instrumentais e condições de operação do aparelho para determinação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn pelo LS-IIA .....	27
<b>Tabela 3.</b> Apresentação de teores (em %) de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas.....	30
<b>Tabela 4.</b> Apresentação do teor (em ppm) dos minerais .....	31
<b>Tabela 5.</b> Comparação de resultados obtidos em dois laboratórios diferentes .....	36
<b>Tabela 6.</b> Comparação dos resultados obtidos nas amostras colhidas nas diferentes regiões de amostragem .....	38
<b>Tabela 7.</b> Comparação dos valores obtidos na determinação de humidade, cinzas gorduras, açúcares e proteínas e os da literatura .....	42
<b>Tabela 8.</b> Comparação dos resultados obtidos na determinação de minerais e os da literatura...	44

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Estrutura química de diosgenina e progesterona .....	3
<b>Figura 2.</b> Estrutura química de tiamina, pirofosfato de tiamina e pirofosfato de $\alpha$ -hidroxietiltiamina .....	10
<b>Figura 3.</b> Riboflavina e suas estruturas coenzimáticas .....	11
<b>Figura 3A.</b> Processo de transferência de um par de átomos de hidrogénio para o anel de isoaloxasina do FMN ou do FAD por uma flavina-desidrogenase .....	12
<b>Figura 4.</b> Estrutura química de ácido nicotínico e nicotinamida .....	12
<b>Figura 5.</b> Estruturas químicas de NAD e NADP .....	13
<b>Figura 6.</b> Processo de formação de Acetil-CoA .....	14
<b>Figura 7.</b> Estrutura química de ácido fítico.....	15
<b>Figura 8.</b> Tubérculo inhame e sua planta .....	16
<b>Figura 9.</b> Estrutura química de spirostanol (diosgenina) e furostanol .....	17
<b>Figura 10.</b> Estrutura química de dioscorina .....	18
<b>Figura 11.</b> Estrutura base de flavonóides .....	19
<b>Figura 12.</b> Processo de destilação das amostras .....	23
<b>Figura 13.</b> Sistema Soxhlet durante a extracção de gorduras .....	23
<b>Figura 14.</b> Processo de evaporação de solvente no rotavapor .....	24
<b>Figura 15.</b> Processo de extracção de açúcares .....	25
<b>Figura 16.</b> Determinação de minerais por espectrofotometria de absorção atómica por chama.....	28
<b>Figura 17.</b> Espectros de identificação de ácido cítrico.....	39
<b>Figura 18.</b> Espectros de identificação de ácido oleico .....	40
<b>Figura 19.</b> Espectros de identificação de alfa-sitosterol .....	41

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1.</b> Identificação de metabólitos secundários e ácidos orgânicos .....	52
<b>Anexo 2.</b> Determinação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas .....	62
<b>Anexo 3.</b> Determinação de fósforo .....	65
<b>Anexo 4.</b> Determinação de metais .....	66

## **GLOSSÁRIO DE SIGLAS E ACRÓNIMOS**

ANOVA” – Análise de Variância

“CIDE – Centro de Investigação e Desenvolvimento em Etnobotânica

DCM – Diclorometano

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

“FAAS” – Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomização por Chama

FC – Fotometria de Chama

“GC-MS” – Cromatografia Gasosa acoplada à Espectroscopia de Massas

IIAM – Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

IN-Gnd – Inhame de Gondola

IN-Mc – Inhame de Macate

IN-Mp – Inhame de Maputo

LCQ-CIDE – Laboratório de Controlo de Qualidade do Centro de Investigação e Desenvolvimento em Etnobotânica

LD – Limite de Detecção

LDQA-UJ – Laboratório do Departamento de Química Aplicada da Universidade de Johannesburg

LQ – Limite de Quantificação

LS-IIAM – Laboratório de Solos do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

“MAS” – Espectrofotometria de Absorção Molecular

MeOH – Metanol

RNA – Ácido Ribonucleico

## 1. INTRODUÇÃO

O corpo humano é constituído por células que, para se manterem vivas e executarem as suas funções precisam de materiais nutritivos. O corpo precisa de uma variedade de nutrientes (constituintes do alimento com uma composição química que participa na manutenção da vida) tais como: proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais, os quais estão presentes nos alimentos que consumimos (Eder, 2010).

A análise dos alimentos, quer naturais como os já processados, é muito importante para a sua caracterização pois a nutrição é um dos factores fundamentais para se ter uma vida longa e saudável, para além de que a informação sobre a composição de alimentos é um pilar básico para a educação nutricional, por meio da qual, autoridades de saúde pública podem estabelecer metas nutricionais e guias alimentares que levem a uma dieta mais saudável e estes dados podem orientar a produção agrícola e das indústrias de alimentos no desenvolvimento de novos produtos (Taco, 2006).

O inhame (*Dioscorea spp.*) é um produto agrícola importante na alimentação humana uma vez que constitui boa fonte de calorías, fibras, minerais e vitaminas. Em Moçambique há escassez de informações sobre alimentos de origem agrícola localmente cultivados, levando ao desconhecimento do valor nutritivo desses alimentos e conseqüentemente ao seu sub aproveitamento. Por outro lado, a prevalência de problemas de mal nutrição, doenças crónicas não transmissíveis e malária tende a aumentar significativamente e a prevalência dessas doenças no seio da população diminui a força de trabalho sobretudo na camada jovem, afectando directamente os níveis de produtividade, baixando o crescimento económico do País.

Sendo o inhame um alimento com elevado valor nutricional e vários efeitos terapêuticos, acima de tudo, de cultivo muito fácil e barato (para o seu cultivo não é necessário acrescentar pesticidas pois é resistente a pragas e doenças), o que o torna acessível a todas as classes sociais, interessa nesta pesquisa, estudar o seu valor nutricional e terapêutico com vista a minimizar a problemática acima referida, contribuindo para incentivar o seu cultivo e consumo em todas as regiões do nosso País.

## 1.1. Objectivos

O presente trabalho teve como objectivos:

### **1.1.1. Objectivo geral:**

- Estudar a composição fitoquímica e avaliar o valor nutricional do inhame.

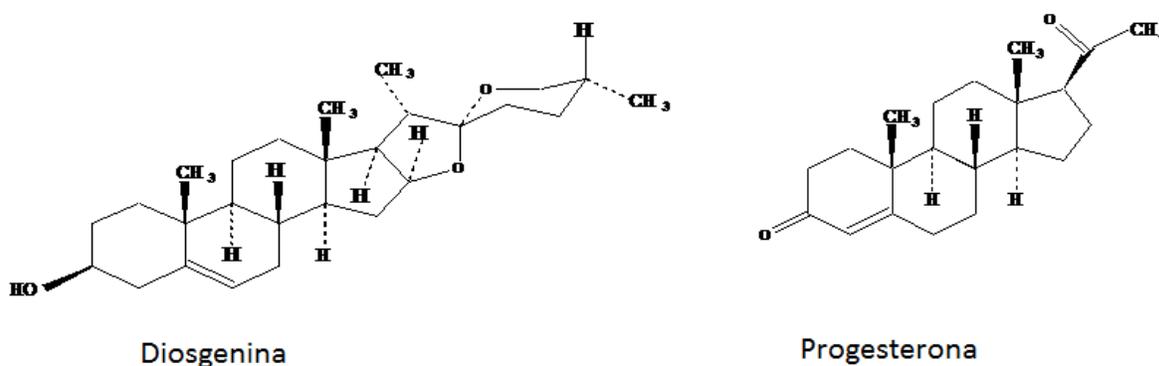
### **1.1.2. Objectivos específicos:**

- Identificar os metabólitos secundários e vitaminas usando cromatografia gasosa acoplada à espectroscopia de massa;
- Quantificar proteínas pelo método de Kjeldhal, gorduras por gravimetria, açúcares pelo método Lane-Eynon e minerais por espectrofotometria (“FAAS”, “MAS”) e FC;
- Validar os resultados através da comparação de resultados obtidos em dois laboratórios usando o teste t de comparação de duas médias;
- Aplicar a Análise de Variância (“ANOVA”) para avaliar a influência de mudar o local de amostragem.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O inhame (*Dioscorea spp.*) é um tubérculo de digestão fácil e rápida, pertencente à família Dioscoreaceae, é um alimento rico em vitaminas, proteínas, lípidos, fibra, carboidratos e minerais (como cálcio, sódio, potássio, zinco, fósforo e ferro). Apresenta vários efeitos terapêuticos, dos quais se destaca o seu poder desintoxicante e depurativo, sendo recomendado na prevenção e/ou controle de doenças como malária, reumatismo, artrite, inflamações em geral, viroses e micoses, bem como para fortalecer os gânglios linfáticos, que são os postos avançados de defesa do sistema imunológico (Ramos et al., 1997).

O consumo de inhame ajuda a aumentar a fertilidade nas mulheres devido à presença de fitoestrógenos (hormonas vegetais), importantes na menopausa e pós-menopausa, isto porque a diosgenina (uma saponina), que é encontrada no inhame, tem uma estrutura semelhante à progesterona e serve como terapia de reposição hormonal natural para aliviar sintomas de menopausa (devidos à redução na quantidade de estrogêneos produzidos e secretados pelo corpo), reduzindo o uso de estrogêneos sintéticos que têm sido associados com maior risco de cânceros da mama, uterino e ovariano (Hywood, 2010; Romm et al., 2010). A figura 1 mostra as estruturas de diosgenina e progesterona.



**Figura 1.** Estrutura química de diosgenina e progesterona

Para além dos nutrientes anteriormente mencionados, o inhame também apresenta na sua composição um factor desfavorável, que é a presença de acidez, causadora de irritação da

mucosa oral e da epiderme, a qual pode ser eliminada através do cozimento, razão pela qual se recomenda o consumo do inhame na sua forma cozida. Para além da presença de acridez, o inhame também apresenta algumas substâncias denominadas antinutrientes como ácidos orgânicos (destacando-se os ácidos oxálico e fítico) e compostos fenólicos livres (Shajeela et al., 2011; Bhandari e Kawabata, 2003; Polycarp et al., 2012).

### **2.1. Acção dos nutrientes no organismo**

Nutrientes são produtos que se obtêm depois da transformação dos alimentos no organismo e todos eles desempenham funções essenciais ao crescimento e à vida, sendo subdivididos em:

- Macronutrientes (nutrientes necessários em maiores quantidades): proteínas, carboidratos e lípidos e
- Micronutrientes (nutrientes necessários em menores quantidades): Vitaminas e minerais (Goveia, 2007).

### **Proteínas**

As proteínas são componentes essenciais à matéria viva. Segundo Da Silva, 2010 as proteínas desempenham as seguintes funções no organismo:

- Formam os componentes do esqueleto celular;
- Actuam no controle global do metabolismo;
- Servem como transportadores de oxigénio por hemoglobina e mioglobina no sangue e músculos, respectivamente;
- Participam na transmissão de impulsos nervosos (neurotransmissores) e em quase todos os processos biológicos;
- Actuam como catalisadores (enzimas);
- Controlam o crescimento e diferenciação celular (factores de crescimento);
- Fazem a manutenção da distribuição de água entre o compartimento intersticial e o sistema vascular do organismo;

- Nutrem os tecidos;
- Formam tampões para a manutenção do pH e
- Protegem o sistema imunológico (anticorpos).

### **Carboidratos (Glícidos)**

Neste grupo de compostos, tem-se os mais variados tipos de substâncias, desde os monossacáridos, representados pela glicose, os dissacáridos, dos quais os mais frequentes em alimentos são a sacarose e a lactose, até aos polissacáridos, como amido e celulose (Barbosa, 2011 e Ficha Catalográfica, 2006).

Os carboidratos têm como funções:

- Fornecer energia para o corpo;
- Poupar a queima de proteínas com finalidade energética;
- Auxiliar a oxidação mais eficiente e completa de gorduras com finalidade energética;
- Auxiliar na absorção do cálcio;
- A glicose é o principal combustível para o cérebro. A falta deste nutriente pode causar danos irreversíveis ao cérebro, pois é ela que irá manter a integridade funcional dos tecidos nervosos;
- A lactose (dissacárido) permanece mais tempo nos intestinos, estimulando a acção laxativa.

### **Lípidos (gorduras)**

Os lípidos são macronutrientes insolúveis em água e solúveis apenas em solventes orgânicos apolares. São altamente energéticos (fornecem nove calorias por grama) e apresentam as seguintes funções no organismo (Ficha Catalográfica, 2006 e Goveia, 2007):

- Fornecem os ácidos gordos essenciais que não podem ser sintetizados pelo nosso organismo e são fundamentais para o crescimento e desenvolvimento de crianças e adolescentes e para a manutenção do estado de saúde físico e mental de adultos;
- Actuam como transportadores de vitaminas lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K);
- Estimulam a secreção da bÍlis;
- Melhoram o funcionamento da vesÍcula biliar;
- Atrasam o esvaziamento gÁstrico e por isso regulam o trÁnsito do bolo alimentar e
- Possuem grande capacidade de saciar o apetite, contribuindo assim para a diminuição da quantidade de alimentos consumidos.

## **Minerais**

Segundo Food Ingredients, 2008 os minerais apresentam funções essenciais à saúde, dentre elas:

- Regulação de processos enzimáticos;
- Manutenção do equilíbrio osmótico e ácido;
- Facilitação da transferência de substâncias pelas membranas celulares e
- Estimulação nervosa e muscular.

Cada mineral é necessário em quantidades específicas, dessa maneira, é importante dizer que o excesso na ingestão de um pode acarretar prejuÍzos na absorção e utilização de outro.

**O cálcio** é de extrema importância na coagulação do sangue e na formação dos ossos e dos dentes que a ele devem a sua firmeza, além de ajudar a produzir uma contração muscular e nervosa adequadas.

A sua deficiência leva o corpo a retirÁ-lo dos ossos, o que pode vir a provocar o processo de perda óssea conhecido como a osteoporose na terceira idade (Rothfeld e Levert, 2003).

**O cobre** é um bom oxidante, além de componente de várias enzimas envolvidas na (Rothfeld e Levert, 2003) :

- Produção de energia celular,
- Formação de tecidos conectivos e

- Produção de melanina (pigmento de pele).

**O crômio** é um nutriente essencial ao organismo com as seguintes funções (Rothfeld e Levert, 2003):

- Estabilização das proteínas e ácidos nucleicos,
- Potencializar o papel da insulina no metabolismo dos açúcares e das proteínas e gorduras e
- Reduzir as taxas de colesterol.

**O ferro** é um nutriente essencial para a vida e actua principalmente na síntese das células vermelhas do sangue e no transporte do oxigénio para todas as células do corpo. É importante na nutrição humana e está presente em uma série de enzimas. A ingestão de ferro é necessária ao organismo pois é a presença de  $Fe^{++}$  nas hemoglobinas que garante o transporte de oxigénio para os tecidos, para além de que o ferro faz parte das enzimas que actuam no processo de respiração celular (Grisi, 2009).

**O fósforo** é de grande importância para o funcionamento do organismo humano. Segundo Polêmicos, 2011 este mineral desempenha as seguintes funções:

- Actua na formação de dentes e ossos;
- Faz parte das membranas celulares do organismo;
- Participa do metabolismo dos glícidos (carboidratos);
- Age na contracção de músculos e
- Integra o DNA (Ácido Desoxirribonucleico) e o RNA (Ácido Ribonucleico)

**O magnésio** é um mineral importante no organismo, visto que (Polêmicos, 2011):

- Actua na formação dos tecidos, ossos e dentes;
- Ajuda a metabolizar os carboidratos;
- Controla a excitabilidade neuromuscular.

**O manganês** é parte constituinte de diversas enzimas e actua como activador de tantas outras (como as que participam do metabolismo dos carboidratos, aminoácidos e colesterol). O seu papel metabólico é considerável, pois activa enzimas implicadas na síntese do tecido conjuntivo, na regulação da glicose, na protecção das células contra radicais livres e nas actividades neurohormonais (Polêmicós, 2011).

**O sódio** participa na absorção de aminoácidos, glicose e água. Por ser um micronutriente determinante no volume extracelular, é possível regular a pressão arterial ajustando o conteúdo de sódio no organismo, razão pela qual, quem sofre de pressão alta, deve reduzir a ingestão de sal, pois é rico no mineral (Polêmicós, 2011).

**O potássio** está presente no interior das células e tem as seguintes funções:

- Regula o balanço osmótico da célula e distribuição da água no organismo;
- No equilíbrio ácido-base ele actua como uma base disponível para neutralizar ácidos;
- Actua como um ião que afecta as funções capilares e celulares e a excitabilidade nervosa, sendo portanto um elemento de muita importância na regulação do batimento cardíaco, na prevenção da tétano muscular e nos estados de convulsão cerebral e
- Activa diversos sistemas enzimáticos incluindo aqueles envolvidos na transferência e utilização da energia, síntese de proteína e metabolismo dos carboidratos (Polêmicós, 2011).

**O zinco** está presente em todos os órgãos do corpo e é essencial para muitos processos físicos. Acredita-se que regula a comunicação química entre as células do cérebro e é vital para a actividade de muitas enzimas do corpo. As enzimas que contêm zinco participam de muitos processos metabólicos particularmente da reprodução das células. É importante para o funcionamento adequado do sistema imunológico e actua no equilíbrio entre os fluidos intra e extracelulares, na transmissão de impulsos nervosos e controla funções vitais (sem este mineral o nosso corpo não armazenaria água, não moveria os músculos nem sentiria dor) (Crook III e Adderly, 2001; Lima et al., 2007).

## **Vitaminas**

As vitaminas são elementos indispensáveis para a vida. Elas desempenham a função de catalisadores no organismo humano, por isso, são incluídas no grupo dos biocatalisadores. A qualidade biocatalisadora confere às vitaminas (em combinação com as enzimas, hormonas e oligoelementos) a possibilidade de produção de reacções num meio tão difícil como é o organismo humano, que é um meio aquoso que deve manter uma temperatura constante de 37°C.

Por outro lado as vitaminas activam a oxidação dos alimentos, as reacções metabólicas e facilitam a libertação e utilização de energia. Desta forma, permitem que o organismo possa aproveitar as substâncias plásticas e energéticas proporcionadas pela ingestão de alimentos (Polênicos, 2011).

### **Classificação das Vitaminas**

Com base na solubilidade nos lípidos e nos solventes orgânicos ou em água, as vitaminas são classificadas em dois grandes grupos, vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

#### **1) Vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K)**

Solúveis nas gorduras, são moléculas apolares e hidrofóbicas, derivados do isopreno. Não são sintetizadas pelo organismo em quantidades adequadas e devem, portanto ser suportadas na dieta. Estas vitaminas têm merecido destaque no desenvolvimento de produtos enriquecidos e vitaminados, com o intuito de assegurar ao público infantil o suprimento destes micronutrientes essenciais ao crescimento, desenvolvimento e outras funções biológicas (Da Paixão e Stamford, 2004).

#### **2) Vitaminas hidrossolúveis:**

São solúveis em água e neste grupo incluem-se as vitaminas B essenciais na nutrição humana: tiamina (B1), riboflavina (B2), vitamina B3 (niacina, ácido nicotínico, nicotinamida), ácido pantoténico (B5), vitamina B6 (piridoxina, pirodoxal, pirodoxamina), biotina, vitamina B12 (cobalamina) e ácido fólico. Estas vitaminas normalmente não são armazenadas no organismo o que exige um abastecimento quase que diário. Devido à solubilidade em água, o excesso é liberado através de urina e raramente se acumulam em concentrações tóxicas. De um modo geral,

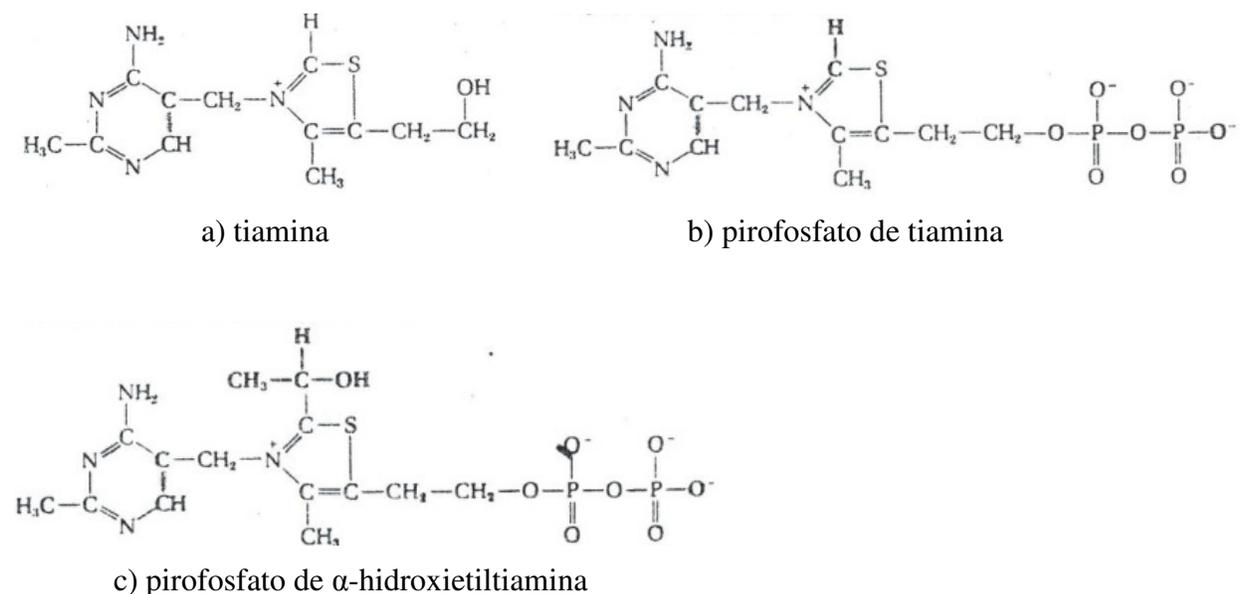
as vitaminas hidrossolúveis são necessárias à manutenção, crescimento e ao funcionamento adequado do organismo (Fernandes, 2001).

### Coenzimas e função coenzimática das vitaminas

As vitaminas hidrossolúveis têm uma actuação essencial em muitos aspectos metabólicos, incluindo o metabolismo de carboidratos, lípidos e aminoácidos. Essas vitaminas actuam como coenzimas, as quais funcionam como transportadoras transitórias de alguns grupos funcionais específicos derivados do substrato, sendo o grupo prostético de enzimas responsáveis por reacções bioquímicas essenciais. Muitas vitaminas são precursoras das coenzimas, tal como é o caso das que estão apresentadas a seguir (Fernandes, 2001 e Gentili e Caretti, 2013).

- **Tiamina (Vitamina B1)**

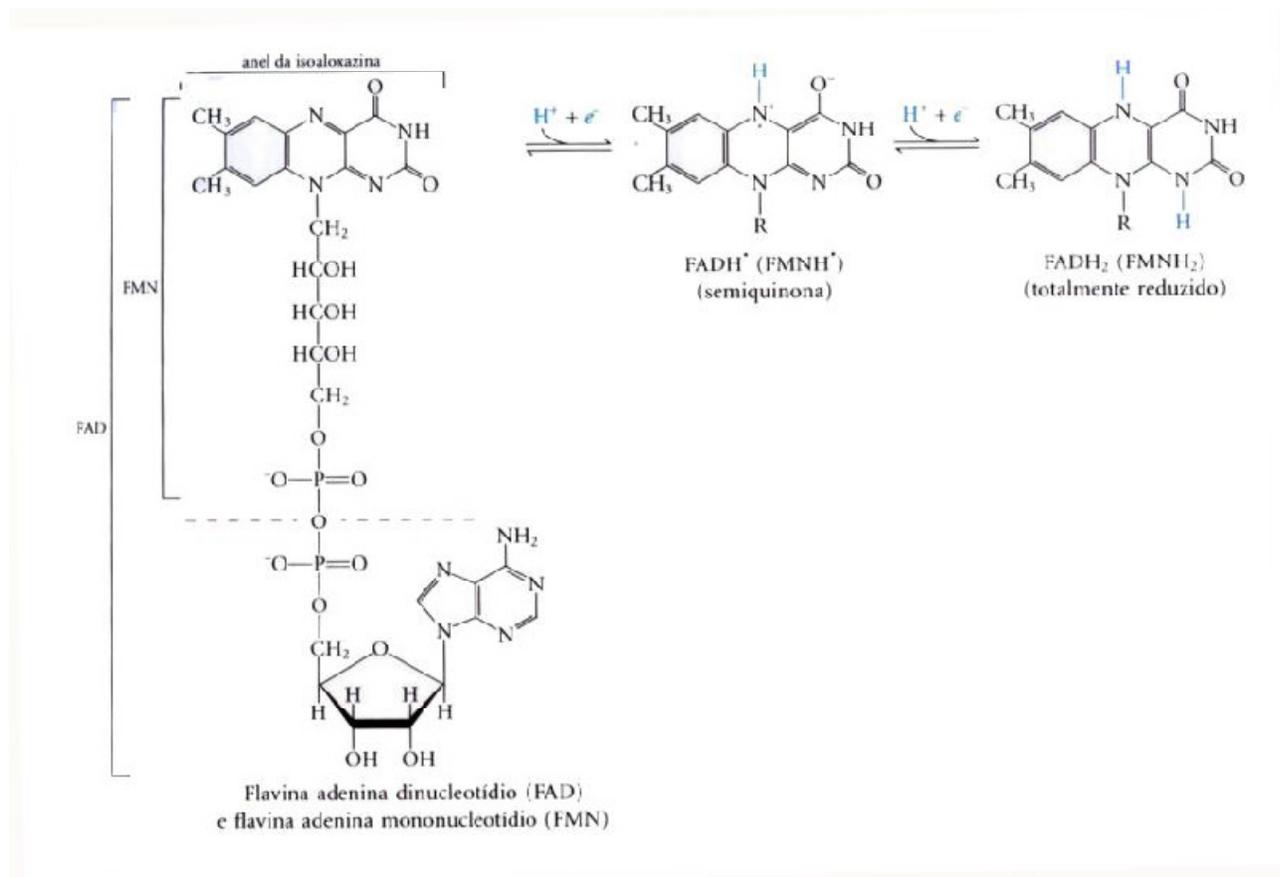
A tiamina na forma de pirofosfato de tiamina actua como coenzima de diversos sistemas enzimáticos, nos quais grupos aldeídos são transferidos de um doador (substrato) para uma molécula receptadora. Em tais reacções o pirofosfato de tiamina serve como transportador intermediário do grupo aldeído (figura 2).



**Figura 2.** Estrutura química de tiamina, pirofosfato de tiamina e pirofosfato de  $\alpha$ -hidroxietiltiamina (Fernandes, 2001).

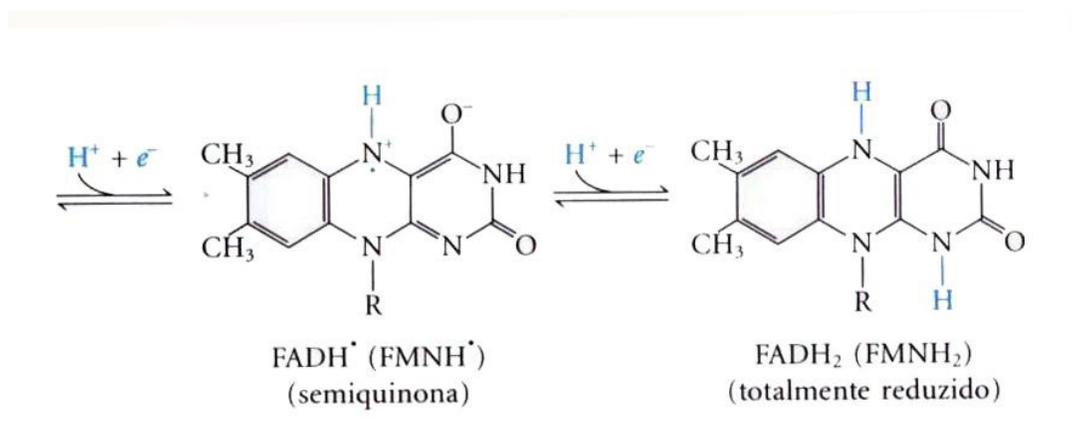
- **Riboflavina (Vitamina B2)**

Segundo Fernandes, 2001 a riboflavina é constituída por duas coenzimas relacionadas: flavina-mononucleotídeo (FMN) e a flavina-adenina-dinucleotídeo (FAD). Elas são conhecidas como flavoproteínas (enzimas que catalisam reacções de oxidação-redução) (figura 3).



**Figura 3.** Riboflavina e suas formas coenzimáticas (Fernandes, 2001)

Durante as reacções catalisadas por essas enzimas (flavoproteínas) o anel de isoaloxazina dos nucleotídeos da flavina sofre a redução reversível, recebendo um ou dois electrões a partir de átomos de hidrogénio e as formas reduzidas são abreviadas por FADH, e FMNH<sub>2</sub> (Figura 3A).



**Figura 3A.** Processo de transferência de um par de átomos de hidrogênio para o anel de isoaloxazina do FMN ou do FAD por uma flavina-desidrogenase (Fernandes, 2001)

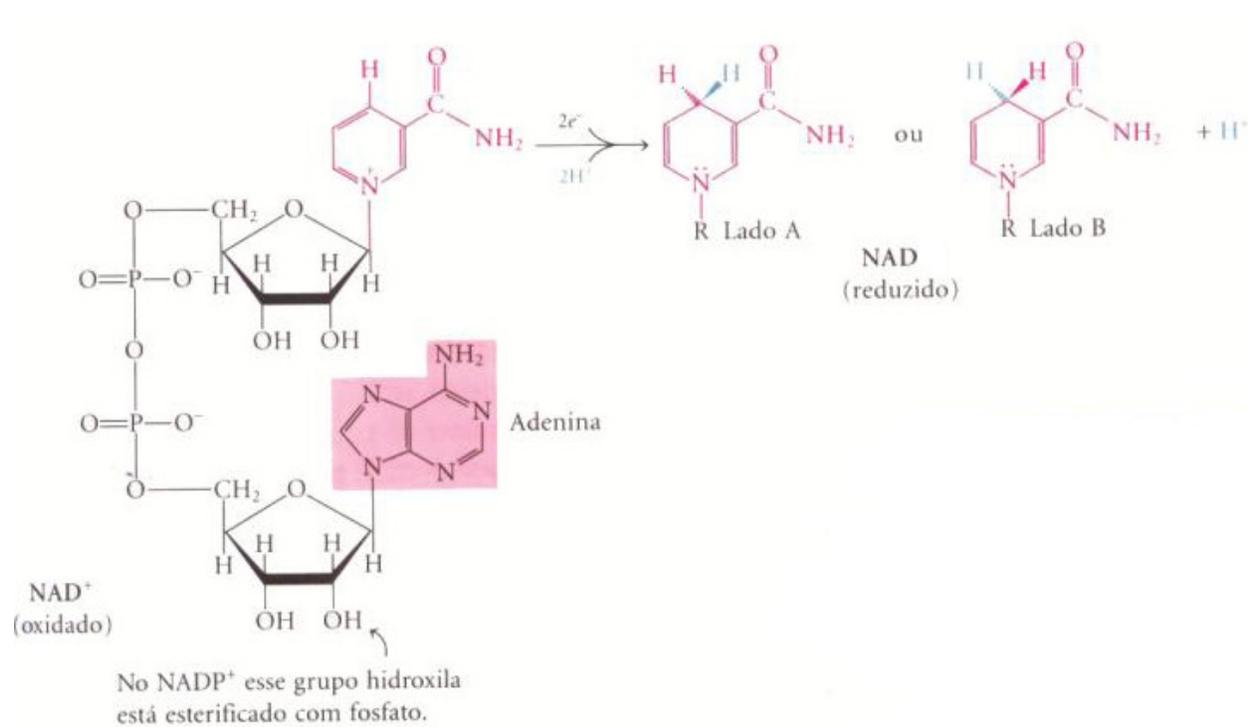
- **Niacina (ácido nicotínico)**

O ácido nicotínico caracteriza-se por apresentar um núcleo piridínico com um radical carboxílico no carbono-3. Se o hidroxilo do radical carboxílico for substituído por um radical amínico (NH<sub>2</sub>), tem-se a nicotinamida, apresentada na figura 4 (Fernandes, 2001).



**Figura 4.** Estrutura química de ácido nicotínico e nicotinamida

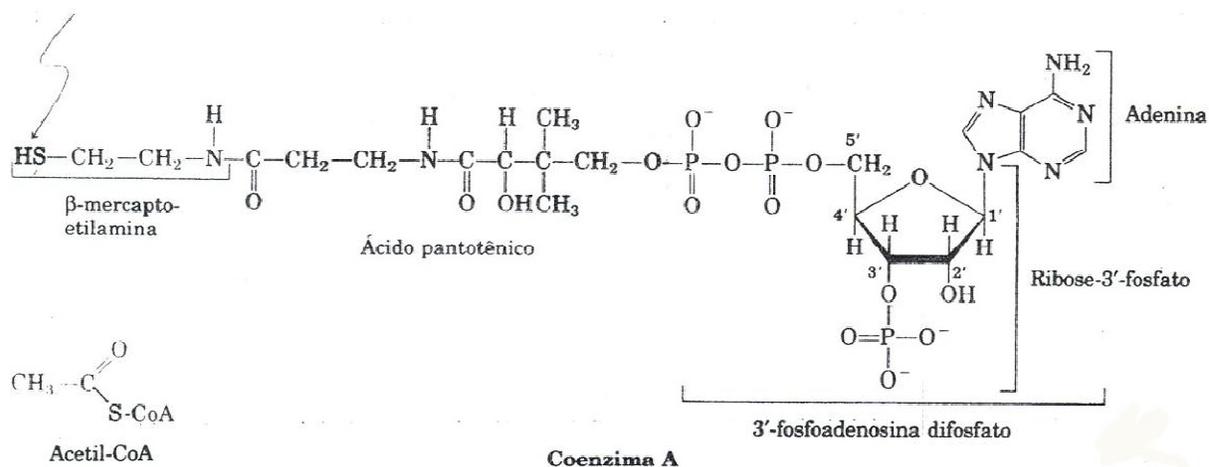
A nicotinamida é um componente de duas coenzimas relacionadas, nicotinamida-adenina-dinucleotídeo (NAD) e fosfato de nicotinamida-adenina-dinucleotídeo (NADP), como mostra a figura 5.



**Figura 5.** Estruturas químicas de NAD e NADP (Fernandes, 2001)

- **Ácido pantoténico (vitamina B5)**

O ácido pantoténico é um componente da coenzima A, a qual é composta por pirofosfato de adenosina 3'-fosfato-5', unida em ligação éster à vitamina ácido pantoténico que, por sua vez, é fixada à β-mercapto-etilamina por uma ligação amida. A fracção mercapto-etilamina apresenta um grupo reactivo tiol (-SH) ao qual se liga covalentemente o grupo acilo formando tioéster (éster de tiol) ocorrendo desta maneira, a formação de uma molécula de acetil-Coenzima A (figura 6) ou abreviada, acetil-CoA (Fernandes 2001).



**Figura 6.** Processo de formação de Acetil-CoA (Fernandes, 2001)

## 2.2. Acção dos antinutrientes no organismo

Segundo Benevides et al., 2011, antinutrientes são compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal que, quando consumidos:

- Reduzem o valor nutritivo do alimento;
- Interferem na digestibilidade, absorção e utilização de nutrientes e
- Quando ingeridos em altas concentrações, podem causar danos à saúde.

### Ácido oxálico

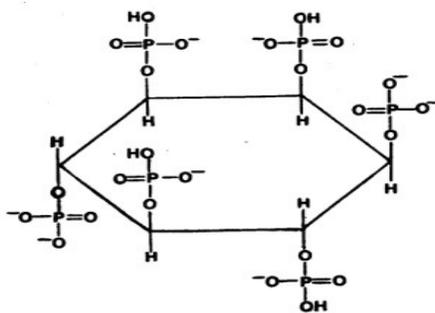
O ácido oxálico ( $H_2C_2O_4$ ) é uma substância química tóxica que pode matar, sendo que a sua dose letal é de 1500 mg/100g. No entanto, o seu teor na maioria das plantas comestíveis é muito baixo para apresentar um risco sério.

Outro resultado adverso da presença do ácido oxálico no nosso organismo é que ele actua como um antinutriente, reagindo com os iões ferro e cálcio necessários em vários aspectos para o seu bom funcionamento. No caso do cálcio é mais perigoso, pois forma-se o oxalato de cálcio mono-

hidratado, que é um sal de baixa solubilidade e os seus cristais crescem nos rins e na bexiga na forma de “pedras” dolorosas (Benevides et al., 2011).

### Ácido fítico

O ácido fítico ( $C_6H_{18}O_{24}P_6$ ) é um ácido orgânico cuja formação se dá durante a maturação e é encontrado nas suas diversas formas isoméricas, sendo o hexafosfato de mio-inositol a mais aceite para a sua representação estrutural (figura 7).



**Figura 7.** Estrutura química de ácido fítico (Medoua et al., 2007)

O carácter anti-nutricional do ácido fítico deve-se principalmente à sua capacidade de formar complexos com o cálcio, ferro, zinco, cobre e magnésio nos alimentos "in natura", bem como no trato intestinal, diminuindo a bio-disponibilidade destes minerais (Medoua et al., 2007).

### 2.3. Descrição da planta

O inhame é uma planta monocotiledónea, da família Dioscoreaceae, herbácea, trepadeira, pertencente ao género *Dioscorea*, com várias espécies, sendo as mais importantes as que produzem tubérculos comestíveis: *Dioscorea cayennensis*, *rotundata*, *alata*, *trifida* e *esculenta* (Pessoa, 2007). Tem origem africana e é cultivado no mundo inteiro por se tratar de um alimento energético e de alto valor nutritivo. Pode ser cultivado em diversos tipos de solos, desde aqueles

com textura arenosa até os de textura argilosa-média, profundos, bem drenados, arejados e com o pH entre 5.5 e 6.0.

A sua colheita é feita depois do amadurecimento, o qual ocorre aproximadamente aos 180 dias após o plantio, podendo ser constatado pela secagem das flores e pelo amarelecimento das folhas (Ramos et al., 1997; Siqueira, 2009) (vide figura 8).



**Figura 8.** Tubérculo inhame e sua planta

### ***2.3.1. Princípios activos do inhame***

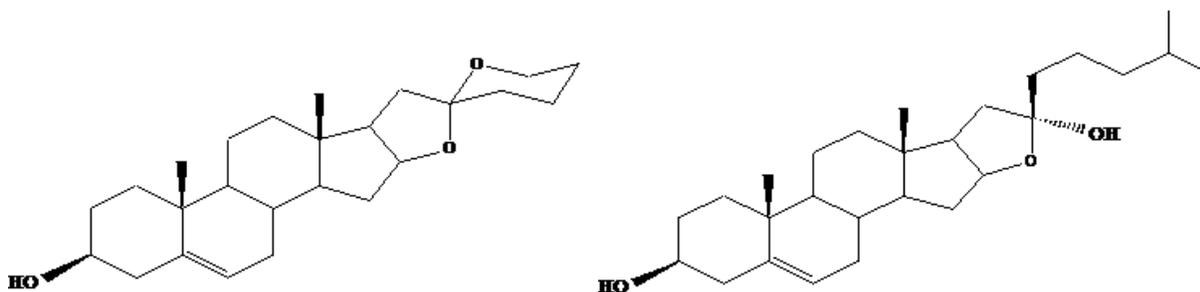
Princípios activos são substâncias existentes numa planta medicinal, que são responsáveis por determinada acção terapêutica. Uma planta não tem apenas um princípio activo, ela é composta bioquimicamente por diversos grupos químicos que, em função da sua estrutura dentro da planta, sua qualidade energética e vital apresentam combinações complexas e possibilitam diversas aplicações (Jau e Deng, 2008).

A seguir estão indicados os principais princípios activos do inhame e sua acção junto ao metabolismo do ser humano: alcalóides, fitoesteróis, saponinas e flavonóides.

## Saponinas

Saponinas são glicosídeos de esteróides ou de terpenos policíclicos que formam espuma quando misturados com água, à semelhança de sabão. Exercem actividade anti-inflamatória e antiviral. A saponina de maior destaque em *Dioscorea* é a diosgenina.

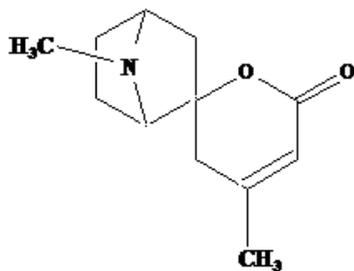
De acordo com a natureza do núcleo da aglicona pode-se distinguir saponinas esteroidais (pertencentes aos esteróis C-27) e saponinas triterpénicos (com fórmula geral  $(C_5H_8)_6$ ); estes últimos dividem-se em tetra e pentacíclicos. As saponinas esteroidais são divididas em dois grupos: glicósidos de spirostanol (diosgenina) e glicósidos de furostanol cujas estruturas estão apresentadas na figura 9 (Jau e Deng, 2008).



**Figura 9.** Estrutura química de spirostanol (diosgenina) e furostanol

## Alcalóides

Segundo Rosa et al., 2010 os alcalóides actuam no sistema nervoso central como calmante, sedativo, estimulante, anestésico ou analgésico, sendo o de maior destaque a dioscorina (figura 10).



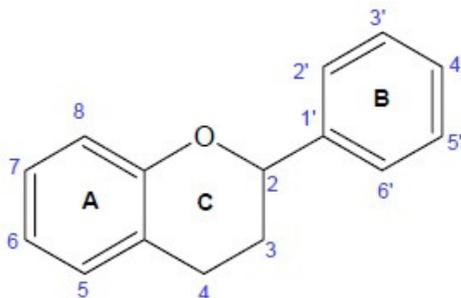
**Figura 10.** Estrutura química de dioscorina

### **Fitosteróis**

Os fitosteróis têm um papel importante na diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo e, conseqüentemente, contribuem para a diminuição do risco de doenças cardiovasculares. O mecanismo de acção para tal benefício é devido à sua estrutura química semelhante à do colesterol, desempenhando então funções parecidas com as dele nos tecidos animais. Por esta razão, os fitosteróis bloqueiam a absorção de colesterol, competindo com ele e retirando-o da célula (Hovenkamp et al., 2008; Séjourné, 2009).

### **Flavonóides**

Os flavonóides possuem propriedades farmacológicas importantes que actuam sobre o sistema biológico tais como, acção antioxidante, anti-inflamatória, antialérgica, antiviral e anticarcinogénica. São componentes de baixo peso molecular, com estrutura base C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (dois anéis fenil – A e B, ligados através de um anel pirano – C), conforme mostra a Figura 11 (Lopes et al., 2000).



**Figura 11.** Estrutura base de flavonóides (Lopes et al., 2000)

Dependendo da substituição e do nível de oxidação no anel C, os flavonóides podem ser divididos em 14 classes, sendo os que se incluem na dieta humana divididos essencialmente em seis grupos (Pereira e Cardoso, 2012):

- Os que possuem um grupo hidroxilo na posição 3, como por exemplo, a catequina e a epicatequina;
- Os que possuem um grupo carbonilo na posição 4, um grupo hidroxilo na posição 3, e uma ligação dupla entre as posições 2,3, como por exemplo a quercetina e a quercitagetina;
- Os que possuem um grupo carbonilo na posição 4 e uma ligação dupla entre as posições 2,3 (flavonas), como por exemplo a rutina, a apigenina e a luteoleína;
- Os que possuem um grupo hidroxilo na posição 3 e duas ligações duplas, uma entre o átomo de oxigênio e o carbono 2 e outra entre os carbonos 3 e 4 (antocianidinas), como por exemplo a cianidina, a petunidina e a malvidina;
- Os que possuem um grupo carbonilo na posição 4 e o anel B encontra-se ligado à molécula restante através do carbono 3, podendo ainda possuir uma ligação dupla entre os carbonos 2 e 3 (isoflavonóides), como por exemplo a genisteína e o coumestrol;
- Os que possuem um grupo carbonilo na posição 4 (flavanonas), com por exemplo a miricetina, a hesperidina, a naringina e a naringenina.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Amostragem

As amostras analisadas foram colhidas nas províncias de Maputo (Zona Verde) e Manica (Macate e Gondola). Uma vez colhidas, foram colocadas em sacos plásticos (adequadamente identificados) até chegarem ao laboratório de análise onde foram descascadas, cortadas em pequenos pedaços e secas em estufa, a uma temperatura de aproximadamente 50°C. Depois de secas foram reduzidas a pó e conservadas em frascos de polietileno até à data das análises químicas.

#### 3.2. Procedimentos experimentais

Para a determinação dos diferentes parâmetros, foi necessário seguir e obedecer certos procedimentos, descritos a seguir.

##### 3.2.1. Determinação de Humidade

A humidade foi determinada pelo método gravimétrico em estufa a 105°C. Para a sua determinação pesou-se, numa balança analítica, cerca de 2g da amostra em um cadinho de porcelana, previamente tarado. Secou-se o cadinho contendo a amostra em uma estufa a 105°C durante 2 horas, arrefeceu-se em exsiccador até a temperatura ambiente e pesou-se. Repetiu-se a operação até peso constante (Zenebon e Pascuet, 2005). Calculou-se a % de humidade presente na amostra utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Humidade} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100 \quad (1)$$

onde:

$W_1$  - Peso do cadinho vazio

$W_2$  - Peso do cadinho mais amostra antes da secagem

$W_3$  - Peso do cadinho mais amostra depois da secagem

### 3.2.2. Determinação de cinzas

As cinzas foram determinadas por gravimetria na mufla a uma temperatura de cerca de 550°C. A amostra anteriormente seca na estufa foi submetida ao processo de incineração na mufla a uma temperatura de 550°C durante 4 horas até obtenção de cinzas brancas. Por fim arrefeceu-se em excicador até à temperatura ambiente e pesou-se (Zenebon e Pascuet, 2005). O resultado foi expresso em % sobre a matéria seca tendo sido utilizado para o cálculo a seguinte expressão:

$$W_2 - W_1 = W_3 \quad (2)$$

onde:

$W_2$  - Peso do cadinho com amostra

$W_1$  - Peso do cadinho incinerado

$W_3$  - Gramas de cinzas

Posteriormente, para obter a quantidade percentual de cinzas seguiu-se o seguinte cálculo:

$$Cinzas = \frac{W_3}{W_4} \times 100 \quad (3)$$

onde:

$W_3$  - gramas em cinzas

$W_4$  - peso da amostra inicial

### 3.2.3. Determinação de proteínas

A determinação de proteínas foi feita usando o método de Kjeldahl, através da determinação de nitrogénio total que depois foi convertido em proteína usando o factor de conversão 6,25 (Jacobs, 1973; Adepoju, 2012) e o teor foi determinado pelo método descrito em Zenebon e Pascuet, 2005 usando a seguinte fórmula:

$$\% N = \frac{(L - B) \times C \times N \times Va_1}{P \times Va_2} \quad (4)$$

onde:

L – volume do HCl gasto na titulação da amostra;

B – volume do HCl gasto na titulação do branco;

C – concentração do HCl 0,02 M;

N – massa atômica do nitrogénio;

V<sub>a1</sub> – volume do tubo de digestão (75mL);

V<sub>a2</sub> – volume tomado para titulação (15 mL);

P – massa da amostra em g.

### **3.2.3.1. Digestão das amostras**

1. Pesou-se cerca de 0,5 gramas da amostra e transferiu-se para tubo de digestão de 75 mL;
2. Adicionou-se 2,5 mL da mistura de digestão (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado + selénio + ácido salicílico) e agitou-se usando um agitador orbital;
3. Colocou-se 3 pérolas de vidro para evitar uma fervura brusca e levou-se os tubos para o bloco digestor, o qual foi regulado para uma temperatura de 100 ° C e aqueceu-se durante 2 horas;
4. Retirou-se os tubos e deixou-se arrefecer durante algum tempo, adicionou-se com cuidado 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, por três (3) vezes até ao fim da reacção e agitou-se;
5. Levou-se novamente os tubos para o bloco digestor, e aqueceu-se a uma temperatura de 330 ° C, por duas horas;
6. Retirou-se os tubos, deixou-se arrefecer, completou-se o volume com água destilada e filtrou-se usando papel de filtro;

### **3.2.3.2. Destilação e titulação**

1. Pipetou-se 15 mL da amostra para um erlenmeyer, juntou-se 15 mL de solução de ácido bórico 2% com indicador misto (verde de bromocresol + vermelho de metilo) e levou-se o erlenmeyer ao destilador;

2. Ligou-se o destilador e deixou-se cada amostra destilar por cerca de 5 minutos até aparecimento da coloração verde (figura 13) e
3. Titulou-se a solução do erlenmeyer com solução de HCl 0.02 M contida numa bureta.



**Figura 12.** Processo de destilação das amostras

#### 3.2.4. Determinação de Lípidos (Gorduras)

As gorduras foram determinadas por gravimetria, depois de serem extraídas por Soxhlet (usando n-hexano como solvente), seguida da remoção por evaporação, do solvente usado.

1. Pesou-se cerca de 5 gramas de amostra em um pequeno vaso;
2. Transferiu-se a amostra para um cartucho, o qual foi depois colocado em sistema Soxhlet
3. Acoplou-se o extractor ao balão de fundo chato, previamente tarado a 105°C, ao qual se adicionou cerca de 200 mL de n-hexano;
4. Manteve-se sob aquecimento em manta eléctrica (como mostra a figura 14) por 8 horas.



**Figura 13.** Sistema Soxhlet durante extracção de gorduras

5. Retirou-se o cartucho e evaporou-se o solvente no rotavapor (a 65°C), figura 15.



**Figura 14.** Processo de evaporação de solvente no rotavapor

6. Transferiu-se o resíduo para um vaso, previamente tarado e levou-se a uma estufa a 105°C, durante 1 hora;
7. Retirou-se da estufa e arrefeceu-se no exsiccador até à temperatura ambiente e pesou-se;
8. Repetiu-se as operações de aquecimento por 30 minutos na estufa e arrefecimento, até obtenção de peso constante.

A percentagem de gordura foi determinada usando a fórmula (5).

$$\% G = \frac{m_g}{m_a} \times 100 \quad (5)$$

onde:

$m_g$  – é a massa da gordura

$m_a$  – é a massa da amostra

### 3.2.5. Determinação de açúcares

O teor total dos açúcares foi determinado pelo método descrito em Zenebon e Pascuet, 2005.

#### Preparação da solução amostra

- 1- Pesou-se 5 gramas de amostra e colocou-se em um balão, adicionou-se 200 mL de água e 5 mL de HCl concentrado. Deixou-se em refluxo durante 3 horas, contadas a partir do início da ebulição;
- 2- Tirou-se do refluxo, arrefeceu-se até à temperatura ambiente e filtrou-se;
- 3- Neutralizou-se com NaOH e filtrou-se novamente.



**Figura 15.** Processo de extracção de açúcares

#### Titulação

- 1- Preparou-se as soluções de Fehling A e B seguindo o procedimento dado em Zenebon e Pascuet, 2005
- 2- Misturou-se as duas soluções anteriormente preparadas, numa proporção de 1:1
- 3- Juntou-se o indicador azul-de-metileno
- 4- Aqueceu-se até à ebulição e titulou-se com a solução de açúcares, até mudança de cor, que ocorreu com formação de precipitado.

Usando a fórmula (6) foram determinados os açúcares totais

$$\text{Glicidos totais em glicose} = \frac{100 \times A \times a}{P \times V} \quad (6)$$

onde:

A – mL preparados da amostra

a – título, corresponde ao número de glicose em 10 mL da solução de Fehling (A+B) ~ 5 mg

P – massa tomada da amostra

V – mL da amostra gastos na titulação

### 3.2.6. Determinação de minerais

O teor de minerais foi determinado mediante aplicação de métodos instrumentais de análise química:

- “FAAS” para a determinação de Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn;
- FC, na determinação de K e Na e
- “MAS”, na determinação de P.

#### 3.2.6.1. Parâmetros instrumentais e condições de operação dos aparelhos

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentados os parâmetros instrumentais e condições de operação dos aparelhos “FAAS” para a determinação de Co, Cr, Cu, Fe, Mg e Zn no LDQA-UJ e de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn no LS-IIAM, respectivamente.

**Tabela 1.** Parâmetros instrumentais e condições de operação do aparelho para determinação de Co, Cr, Cu, Fe, Mg e Zn pelo LDQA-UJ.

	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Zn
Corrente de lâmpada (mA)	6,0	6,0	3,0	7,0	3,0	5,0
Comprimento de onda (nm)	346,6	425,4	327,4	372,0	285,2	213,9
Abertura de fenda (nm)	0,2	0,2	0,5	0,2	0,5	0,5
Tipo de chama	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno
Intervalo de trabalho (ppm)	90 – 450	20 – 80	2 – 10	20 – 80	0,1 – 0,4	0,4 – 1,5
Sensibilidade (ppm)	2,3	0,35	0,050	0,45	0,003	0,008
LD	57,64	15,07	1,33	8,84	0,019	0,080
LQ	190,2	49,73	4,38	29,18	0,0627	0,26

**Tabela 2.** Parâmetros instrumentais e condições de operação do aparelho para determinação de Cu, Fe, Mg, Mn e Zn pelo LS-IIAM

	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn
Corrente de lâmpada (mA)	6,0	12,0	8	10,0	10,0
Comprimento de onda (nm)	324,8	248,3	258,2	279,5	213,9
Abertura de fenda (nm)	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2
Tipo de chama	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno	Ar/acetileno
Intervalo de trabalho (ppm)	0,5 - 4	0,75 - 6	2,5 - 10	0,5 - 4	0,25 - 2
LD	0,21	0,28	0,72	0,15	0,26
LQ	0,71	0,93	2,40	0,48	0,87

As soluções-padrão usadas para a calibração foram preparadas dissolvendo seus metais em ácidos seguindo os procedimentos descritos em Poulos, 1999 e, a solubilização das amostras foi feita seguindo o procedimento padrão do Departamento de Química Aplicada da UJ.

### 3.2.6.2. Solubilização das amostras

1. Pesou-se cerca de 1 g das amostras em vaso de vidro numa balança analítica e transferiu-se para um copo pyrex;
2. Adicionou-se a cada amostra 10 mL de HNO<sub>3</sub> 1:1 e tapou-se o copo com vidro de relógio;
3. Aqueceu-se em placa de aquecimento, a uma temperatura de aproximadamente 95°C, sem ebulição.
4. Retirou-se as amostras do aquecimento, deixou-se arrefecer e de seguida adicionou-se 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, tapou-se novamente e pôs-se a aquecer por 30 minutos tendo-se observado libertação de fumo castanho;
5. Repetiu-se o passo 4 até cessar a libertação de fumo (o que indica fim da reacção com HNO<sub>3</sub>);
6. Terminada a reacção com o HNO<sub>3</sub>, arrefeceu-se a amostra e adicionou-se 2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30%;

7. Repetiu-se a adição de  $H_2O_2$ , em porções de 1 mL até cessar o efervescer (provocado pela reacção com  $H_2O_2$ ) e deixou-se evaporar até aproximadamente 5 mL;
8. Deixou-se arrefecer e diluiu-se com água desionizada até 100 mL.

### **3.2.6.3. Leitura das amostras**

As soluções obtidas foram levadas para leitura em espectrofotómetro de absorção atómica por chama, tal como mostra a figura seguinte.



**Figura 16.** Determinação de minerais por espectrofotometria de absorção atómica por chama

### ***3.2.7. Identificação dos metabólitos secundários e ácidos orgânicos***

A extracção foi feita tomando como base o procedimento da extracção de saponinas referido em Fodulovic et al., 1998; Jau e Deng, 2008 e no mesmo extracto foram identificados ácidos orgânicos.

1. Pesou-se 0,5 gramas de amostra e colocou-se em refluxo com 15 mL de  $H_2SO_4$  2N em 70% de isopropanol por 8 horas;
2. Adicionou-se 15 mL de água e fez-se extracção com 3 mL de n-hexano (por 3 vezes);
3. Usando funil de separação, separou-se a fase orgânica da inorgânica;

4. O extracto de hexano (fase orgânica) foi combinado e lavado 2 vezes com NaOH 2N (3 mL) e 2 vezes com água destilada (3 mL) e
5. Depois de lavado, levou-se à identificação por “Gas Chromatography-Time Of Flight-Mass Spectrometry” (GC/TOF/MS).

### **3.2.8. Identificação de vitaminas lipossolúveis**

As vitaminas lipo-solúveis foram identificadas por “GC/TOF/MS”, após sua extracção ultrassónica usando combinação MeOH/DCM (1:1)

Para tal:

1. Pesou-se cerca de 5 gramas de amostra e transferiu-se para um balão de 25 mL;
2. Adicionou-se à amostra, 8 mL de MeOH/DCM (1:1);
3. Extraíu-se em ultra-som por 15 minutos e perpez-se o volume com o solvente;
4. A solução resultante foi filtrada e levada para identificação por GC/TOF/MS.

#### 4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As análises foram feitas em triplicado (3 réplicas) na determinação de proteínas, minerais, humidade e cinzas e, em duplicado (2 réplicas) na determinação de gorduras e açúcares.

A tabela 3 mostra os teores médios de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas, nas três (3) amostras analisadas.

**Tabela 3.** Apresentação dos teores (em %) de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas

Amostra	Humidade	Cinzas	Gorduras	Açúcares	Proteínas
IN-Mp	21,38 ± 1,09	29,08 ± 4,84	1,24 ± 0,06	3,52 ± 0,64	6,44 ± 0,94
IN-Mc	21,38 ± 0,67	31,91 ± 4,17	1,14 ± 0,03	5,10 ± 1,40	4,54 ± 1,37
IN-Gnd	20,64 ± 0,79	34,49 ± 1,76	1,09 ± 0,00	4,63 ± 1,08	8,46 ± 1,59

A tabela 4 apresenta os resultados das determinações dos teores (médios) de minerais em ppm.

**Tabela 4.** Apresentação do teor (em ppm) dos sais minerais

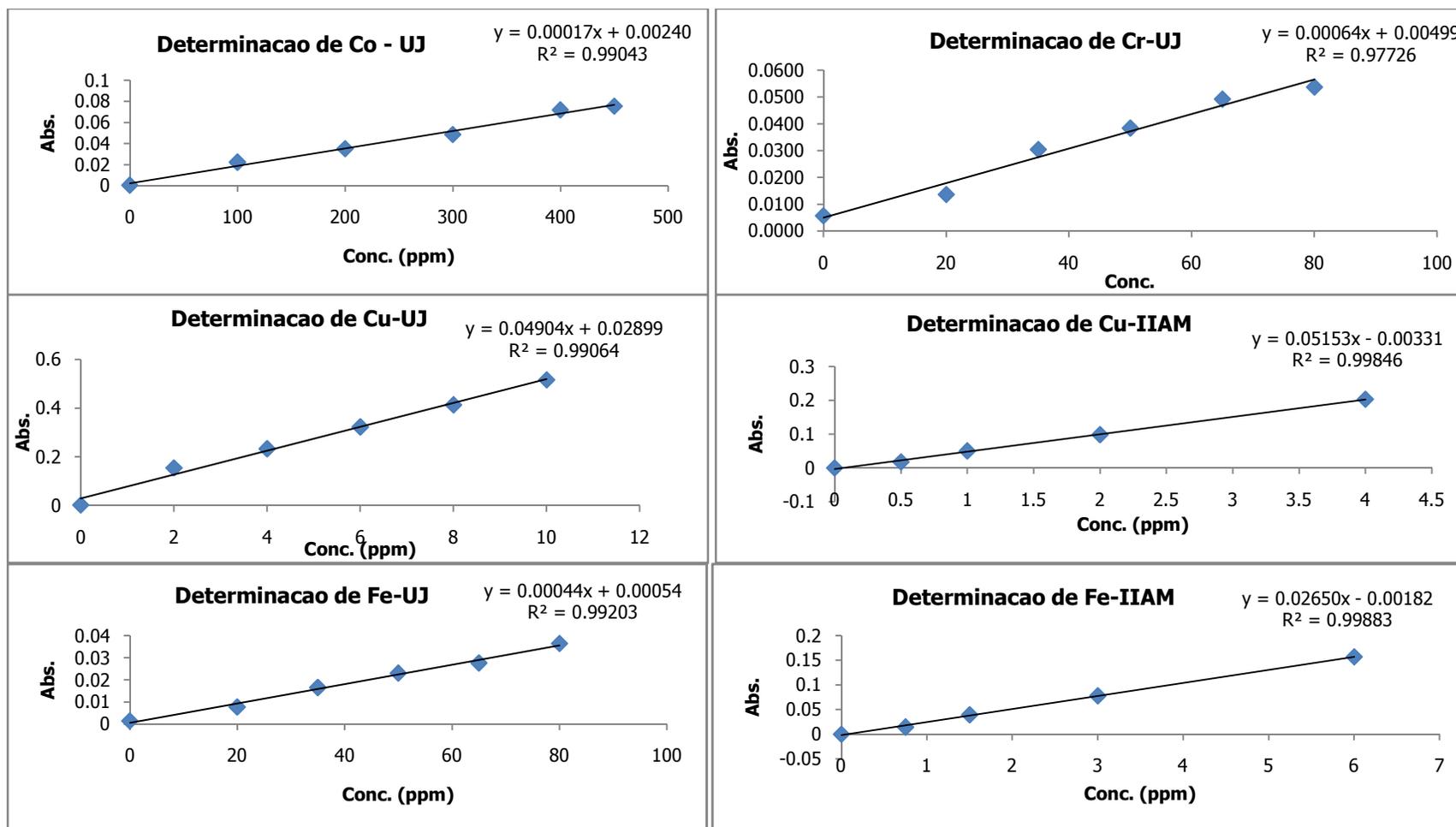
Amostra	Resultados do laboratório do Departamento de Química Aplicada – UJ									
	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na <sup>a)</sup>	P	Zn
IN-Mp	488,83 ± 121,27	2990 ± 189	28,33 ± 4,22	58,87 ± 1,14	N.D	342,59 ± 36,99	N.D	444,83 ± 2,43	N.D	31,94 ± 2,61
IN-Mc	743,02 ± 88,85	3889 ± 2	38,06 ± 2,93	58,88 ± 0,89	N.D	308,08 ± 4,69	N.D	413,91 ± 4,58	N.D	27,92 ± 0,09
IN-Gnd	1407,64 ± 16,09	6090 ± 416	32,47 ± 0,06	58,86 ± 0,063	N.D	387,30 ± 4,62	N.D	414,89 ± 7,00	N.D	31,55 ± 1,49
	Resultados do laboratório do Laboratório de solos – IIAM									
IN-Mp	N.D	N.D	32,33 ± 1,14	58,16 ± 3,85	321,92 ± 17,12	12449 ± 244	18,23 ± 1,29	433,88 ± 11,40	266,61 ± 3,70	29,56 ± 2,40
IN-Mc	N.D	N.D	35,11 ± 2,18	60,08 ± 2,46	304,60 ± 16,86	12075 ± 25	29,05 ± 2,16	419,56 ± 12,66	373,28 ± 10,10	27,58 ± 5,56
IN-Gnd	N.D	N.D	31,47 ± 1,79	60,73 ± 16,34	338,55 ± 24,45	13808 ± 133	39,75 ± 4,40	422,30 ± 18,55	402,40 ± 12,64	31,13 ± 1,29

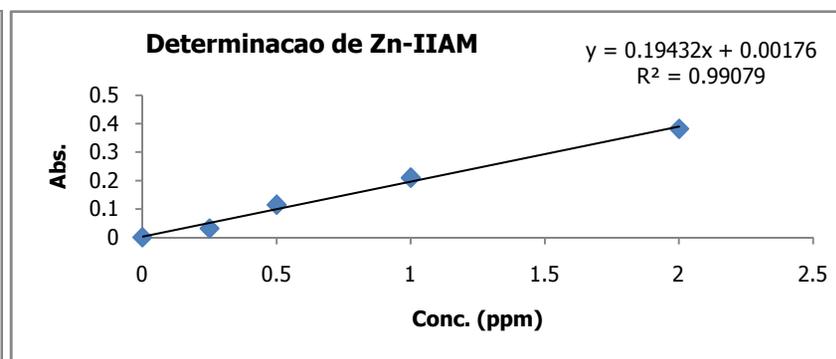
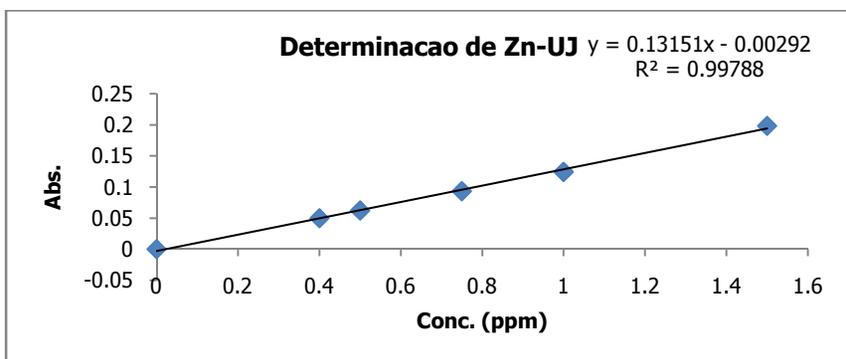
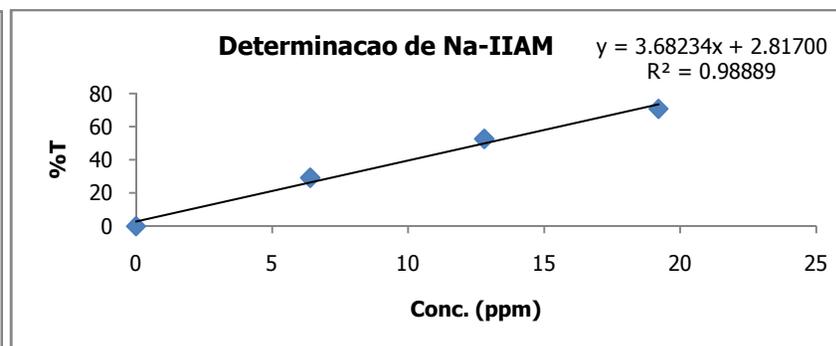
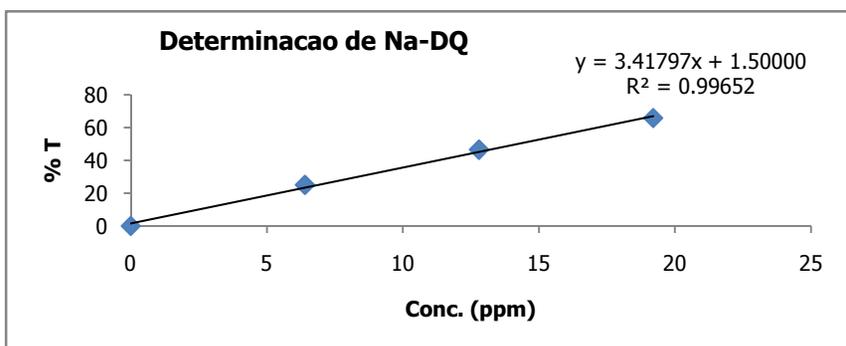
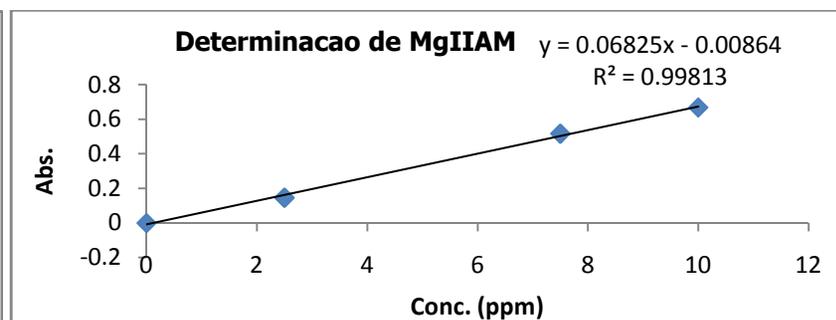
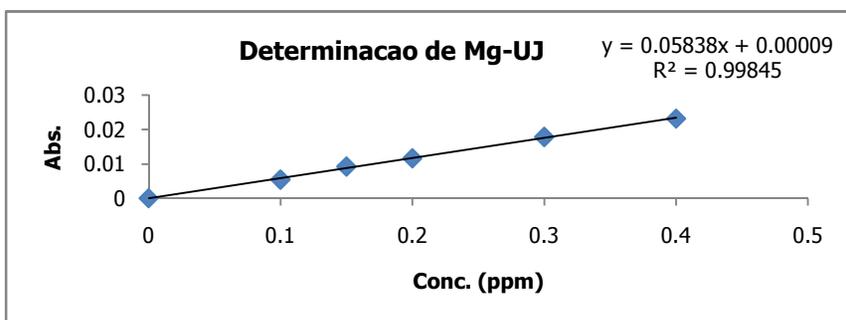
N.D – Não determinado;

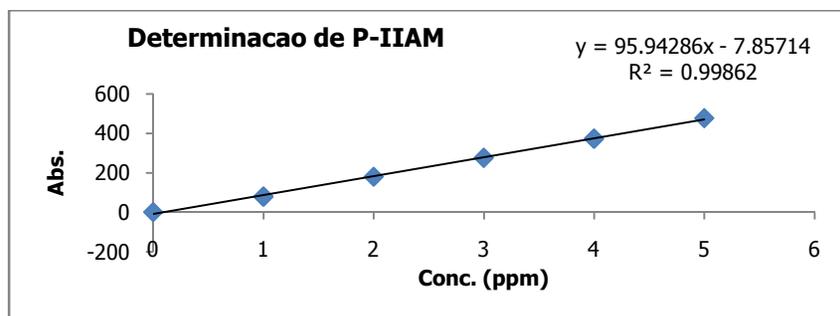
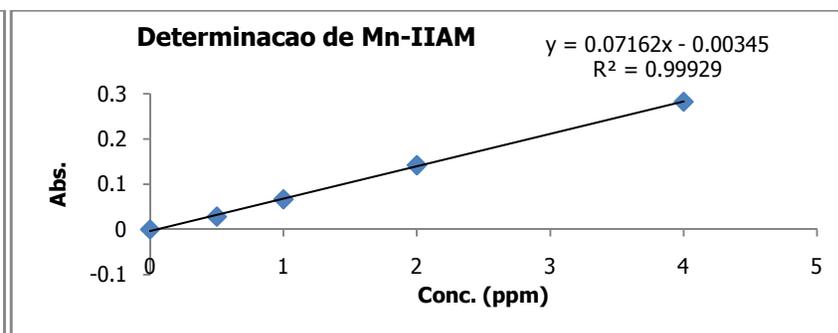
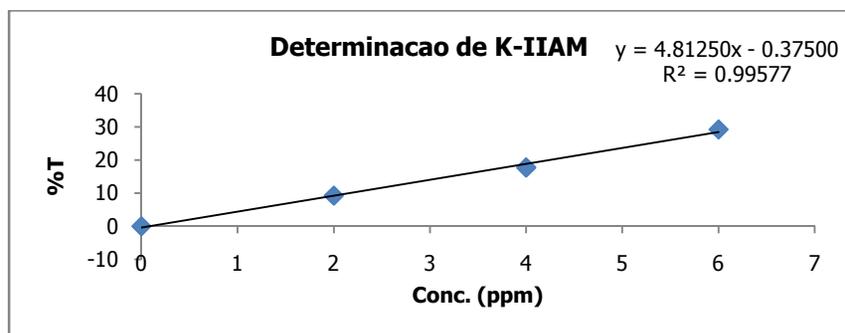
a) – Determinado no laboratório do Departamento de Química

#### 4.1. Apresentação das curvas de calibração referentes à determinação dos minerais

Usando as tabelas dos anexos 3 e 4, foram construídas as seguintes curvas de calibração







## 4.2. Comparação dos resultados obtidos em dois laboratórios

Para saber se os resultados obtidos em dois laboratórios diferentes são ou não significativamente diferentes, usou-se o teste t de comparação de duas médias onde comparou-se o  $t_{\text{calc}}$  e o  $t_{\text{crit}}$  que é um valor tabelado, a um nível de confiança de 95%; tendo-se a seguinte formulação de hipóteses nula ( $H_0$ ) e alternativa ( $H_A$ ):

$$H_0 : \bar{X}_A = \bar{X}_B \quad \text{Se } t_{\text{calc.}} < t_{\text{crit.}} \Rightarrow \text{ Aceita-se } H_0 \text{ e}$$

$$H_A : \bar{X}_A \neq \bar{X}_B \quad \text{Se } t_{\text{calc.}} > t_{\text{crit.}} \Rightarrow \text{ Rejeita-se } H_0, \text{ aceitando } H_A$$

O cálculo de  $t_{\text{calc.}}$  foi antecedido de cálculo de F (para avaliar se as variâncias dos dois conjuntos de dados são ou não significativamente iguais, determinado usando a expressão 9) e calculado usando as fórmulas 7 e 8, para  $s_A = s_B$  e  $s_A \neq s_B$ , respectivamente.

$$t_{\text{calc.}} = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{s} \sqrt{\frac{n_A \cdot n_B}{n_A + n_B}} \quad (7) \quad t_{\text{calc.}} = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\frac{s_A^2}{n_A} + \frac{s_B^2}{n_B}}} \quad (8) \quad F = \frac{s_A^2}{s_B^2} \quad (9)$$

**Tabela 5:** Comparação dos resultados obtidos em dois laboratórios diferentes

Elemento	Amostra	Teor (UJ)	Teor (IIAM)	F <sub>calc.</sub>	F <sub>crit.</sub>	Observação	t <sub>calc.</sub>	t <sub>crit.</sub>	Observação
Cu	IN-Mp	28,33 ± 4,22	32, 33 ± 1,14	1,044	18,51	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	7,08	12,71	t <sub>calc.</sub> < t <sub>crit.</sub>
	IN-Mc	38,06 ± 2,93	35, 11 ± 2,18	1,80	19,00	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	2,00	4,30	t <sub>calc.</sub> < t <sub>crit.</sub>
	IN-Gnd	32, 47 ± 0,06	31, 47 ± 1,79	10579,59		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	2,41		
Fe	IN-Mp	58,87 ± 1,14	58, 16 ± 3,85	148,96	199,50	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	0,61	3,18	t <sub>calc.</sub> < t <sub>crit.</sub>
	IN-Mc	58,88 ± 0,89	60,08 ± 2,46	100			2,09	2,78	
	IN-Gnd	58,86 ± 0,06	60,73 ± 16,34	> 300		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	0,49		

**Tabela 5.** Continuação

Elemento	Amostra	Teor (UJ)	Teor (IIAM)	F <sub>calc.</sub>	F <sub>crit.</sub>	Observação	t <sub>calc.</sub>	t <sub>crit.</sub>	Observação
Na <sup>a)</sup>	IN-Mp	444,83 ± 2,43	433,88 ± 11,40	21,94	19,00	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	1,49	4,30	t <sub>calc.</sub> < t <sub>crit.</sub>
	IN-Mc	413,91 ± 4,58	419,56 ± 12,66	7,63		F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	1,80	2,78	
	IN-Gnd	414,89 ± 7,00	422,30 ± 18,55	7,02			1,61		
Zn	IN-Mp	31,94 ± 2,61	29,56 ± 2,40	1,36	199,95	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	2,89	2,78	t <sub>calc.</sub> > t <sub>crit.</sub>
	IN-Mc	27,92 ± 0,09	27,58 ± 5,56	1393,78		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	0,26		t <sub>calc.</sub> < t <sub>crit.</sub>
	IN-Gnd	31,55 ± 1,49	31,13 ± 1,29	1,33		F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	0,92		

<sup>a)</sup>- Determinado no laboratório do Departamento de Química

Da tabela 5 é possível notar que, com exceção do teor de zinco na amostra IN-Mp, não há diferenças significativas nos resultados obtidos pelos dois laboratórios.

Para comparar os resultados obtidos nas amostras colhidas nos diferentes pontos de amostragem, usou-se “ANOVA” unimodal, cujos resultados estão apresentados na tabela 6, tendo em conta as hipóteses a seguir ( $H_0$  e  $H_A$ ), mediante o cálculo de F, onde  $F_{calc.} < F_{crit.}$  implica aceitar a hipótese nula ( $H_0$ ) e  $F_{calc.} > F_{crit.}$  implica rejeitar a hipótese nula aceitando a alternativa ( $H_A$ ).

Hipóteses:

H<sub>0</sub>: A mudança da região de amostragem não influencia significativamente nos resultados obtidos.

H<sub>A</sub>: A mudança da região de amostragem influencia significativamente nos resultados obtidos.

**Tabela 6.** Comparação dos resultados obtidos nas amostras colhidas nas diferentes regiões de amostragem

Parâmetro determinado	F <sub>calc.</sub>	F <sub>crit.</sub>	Observação	Parâmetro determinado	F <sub>calc.</sub>	F <sub>crit.</sub>	Observação	Parâmetro determinado	F <sub>calc.</sub>	F <sub>crit.</sub>	Observação	
Humidade	4,58	5,143	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	Co	0,54	5,143	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	K	1,23	5,143	F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	
Cinzas	0,93		F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	Cu	4,32		F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	Mg	61,96		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	
Gorduras	31,82	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	Cr	84,94	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>		Mn	11,73	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>			
Açúcares	509,23	9,552	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	Fe	0,34		F <sub>calc.</sub> < F <sub>crit.</sub>	Na	225,43		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>	
Proteínas	41,11	5,143	F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>									
P	1034,97		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>									
Zn	30,14		F <sub>calc.</sub> > F <sub>crit.</sub>									

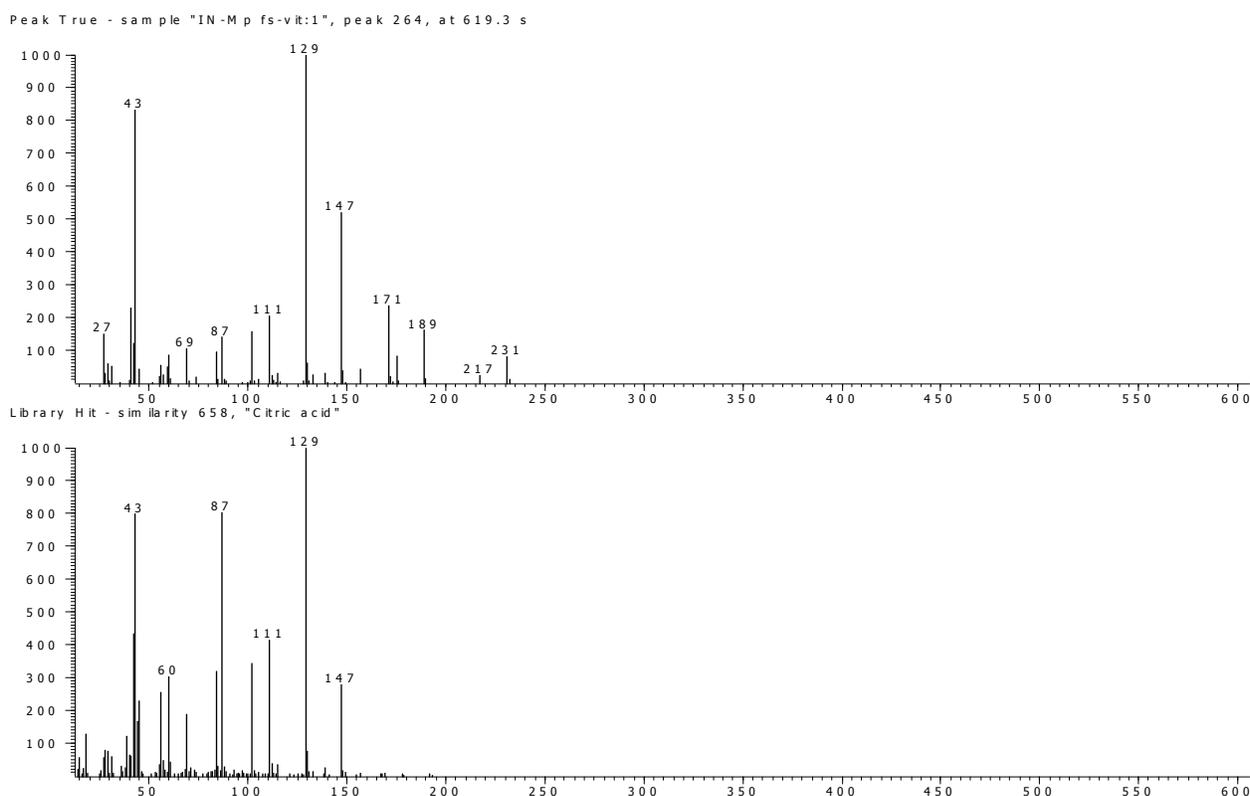
A tabela 6 mostra que a mudança de local de amostragem, a qual pode estar relacionada com a variação das condições climáticas e agro-ecológicas, influencia significativamente nos teores de gorduras, açúcares, proteínas, P, Zn, Cr, Mg, Mn e Na e não influencia significativamente nos teores de humidade, cinzas, Co, Cu, Fe e K.

### 4.3. Discussão e interpretação dos resultados

#### 4.3.1. Identificação dos metabólitos secundários e ácidos orgânicos

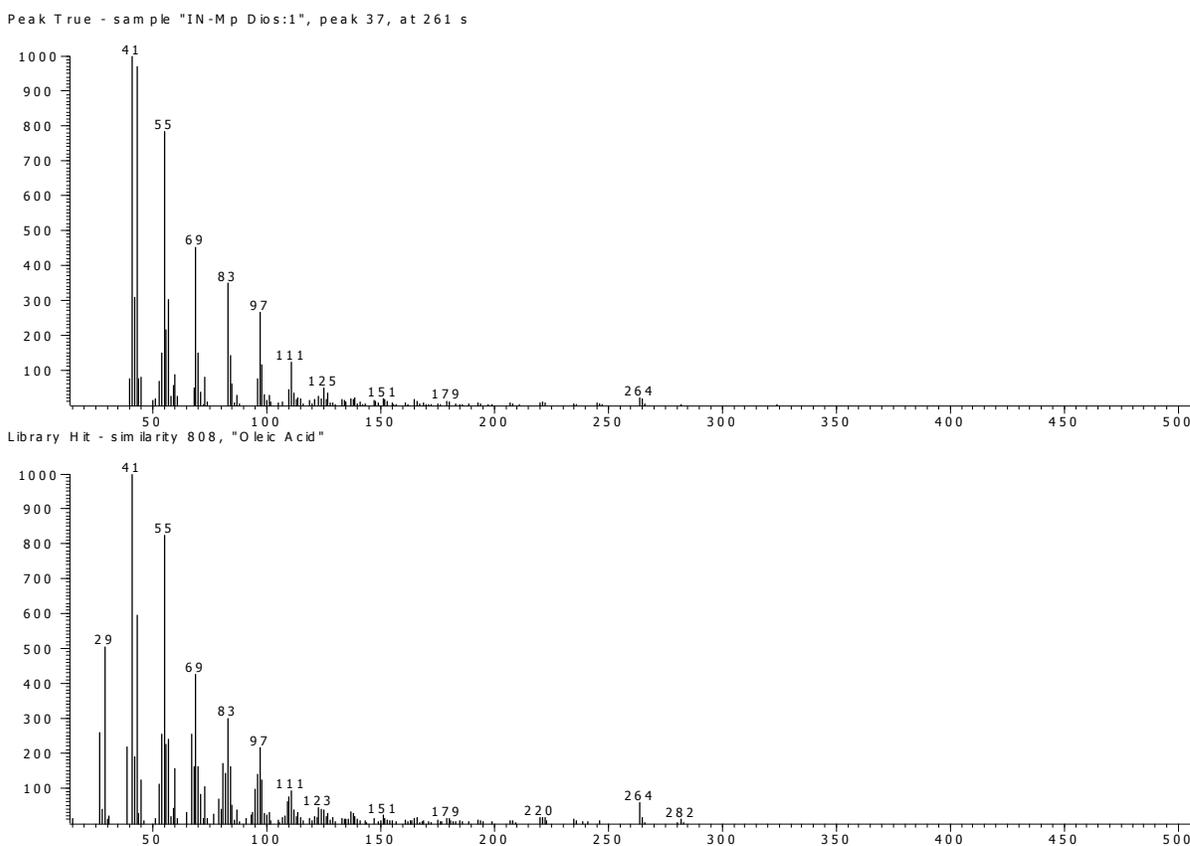
Com recurso à cromatografia gasosa, foram identificados alguns ácidos orgânicos e metabólitos secundários, dos quais foi possível identificar ácidos oleico e cítrico (em IN-Mp);  $\alpha$ -sitosterol, ácidos oleico, mandélico, cítrico e ftálico (em IN-Mc) e  $\alpha$ -sitosterol, ácidos mandélico, oleico e ftálico (em IN-Gnd) cujos espectros estão apresentados em anexo 1.

Não foi possível fazer a identificação de diosgenina, dioscorina e vitaminas, provavelmente por estes se encontrarem em baixas concentrações. Porém, foi identificado o  $\alpha$ -sitosterol, precursor de fitosteróis os quais fazem parte dos princípios activos do inhame e alguns ácidos orgânicos que também desempenham um papel importante na saúde humana. As figuras 17, 18 e 19 mostram espectros de massas de alguns compostos identificados (espectro da amostra por cima e o teórico por baixo).



**Figura 17.** Espectros de identificação de ácido cítrico

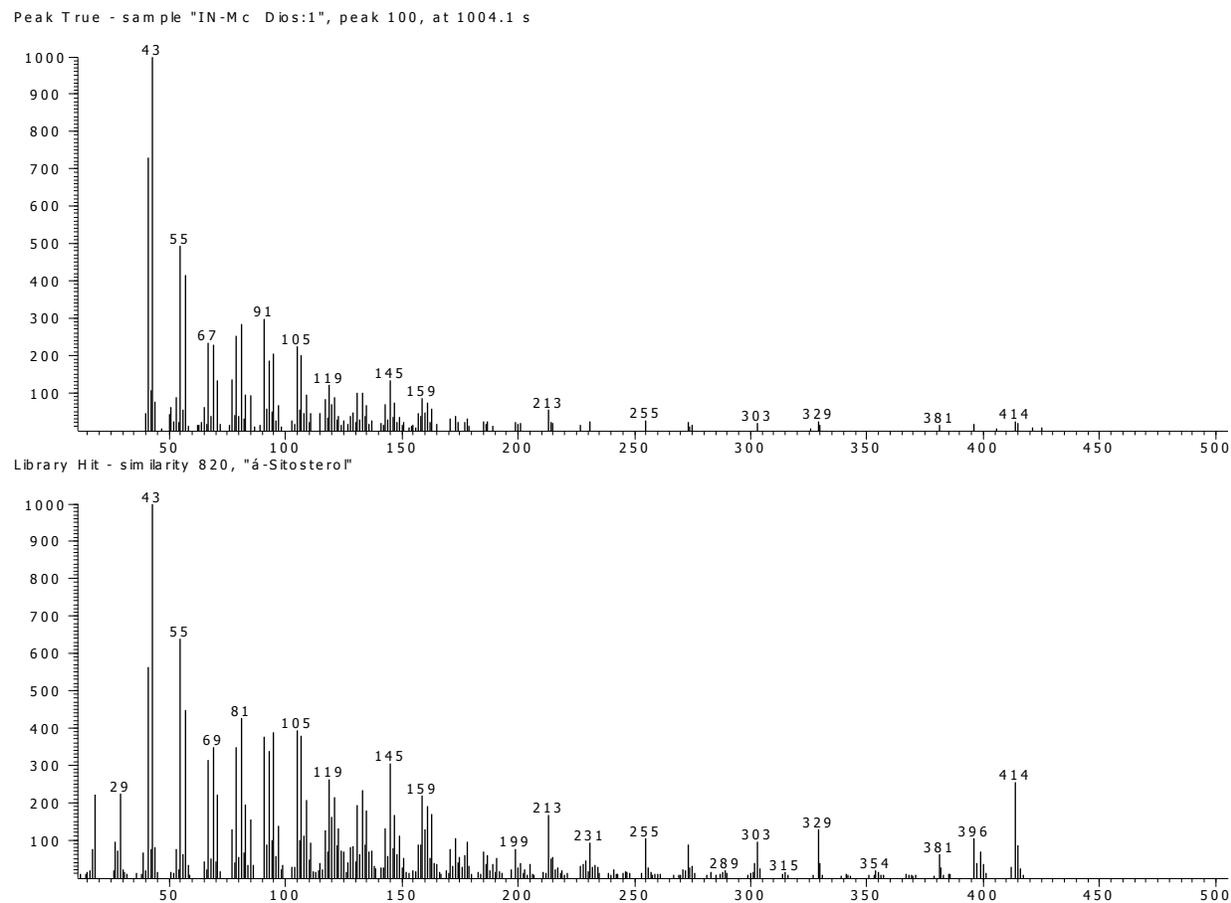
Olhando para o espectro da amostra, verifica-se que não aparece o pico do ião molecular o que poderá estar, provavelmente, relacionado com a fraca estabilidade da substância em causa, encontrando-se, portanto, totalmente fragmentado. Imaginando um pico de ião molecular hipotético (192) e subtraindo-lhe o mais próximo (171) leva a concluir que da molécula do ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) pode ter havido fragmentação do ião  $C_2H_2O^{++}$  (21) e os últimos dois picos (217 e 231) podem ser sinais de algumas impurezas contidas na solução.



**Figura 18.** Espectros de identificação de ácido oleico

Da figura 18, comparando o espectro da amostra e o teórico, nota-se que são idênticos o que pode indicar que se trata da mesma substância, contudo, o pico do ião molecular não aparece no espectro da amostra aparecendo com uma intensidade muito baixa no espectro teórico, o que se pode explicar pelo facto de, provavelmente, a concentração a que se fez o registo do espectro ter sido inferior à concentração usada para tirar o espectro teórico aliado à baixa estabilidade do

composto ou, devido ao menor poder de resolução do instrumento usado no registo do espectro da amostra.



**Figura 19.** Espectros de identificação de alfa-sitosterol

Observando os dois espectros é de notar que há diferença na intensidade do pico do íon molecular, o que poderá estar associado a diferença na concentração da substância nas soluções usadas para o registo de cada um dos espectros.

#### **4.3.2. Quantificação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas**

A determinação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas foi feita em um único laboratório, não havendo, portanto, dados para comparação no presente trabalho mas alguns

teores aqui obtidos vão de acordo com os obtidos por outros autores que determinaram a composição química de inhame (tabela 7).

**Tabela 7.** Comparação dos valores obtidos na determinação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas e os da literatura.

	Valor da literatura (em %)				Valor obtido (em %)
Humidade	58 <sup>a)</sup>	80,82 <sup>d)</sup>	24 - 28 <sup>e)</sup>		20,64 - 21,38
Cinzas	3,4 <sup>a)</sup>	4,28 <sup>d)</sup>	2,8 - 3,8 <sup>c)</sup>		29,08 - 34,49
Gorduras	0,8 <sup>a)</sup>	1,06 <sup>d)</sup>	1 - 1,2 <sup>c)</sup>		1,09 - 1,24
Carboidratos	75,3 <sup>f)</sup>				3,52 - 5,10*
Proteínas	4 - 6,5 <sup>b)</sup>	5,87 <sup>d)</sup>	6,7 - 7,9 <sup>c)</sup>	9,43 <sup>f)</sup>	4,54 - 8,46

<sup>a)</sup> - Adepoju, 2012; <sup>b)</sup> - Polycarp et al., 2012; <sup>c)</sup> - Jau e Deng, 2008; <sup>d)</sup> - Araujo et al., 2009;

<sup>e)</sup> - Jayakady et al., 2007; <sup>f)</sup> - Afoakwa e Sefa-Dedeh, 2001; \* - teor de açúcares

A tabela 7 mostra que o inhame analisado neste trabalho apresenta um teor de gorduras similar ao obtido por Jau e Deng, 2008 nas diferentes variedades de inhame por eles analisadas; na determinação de proteínas as amostras deste estudo encontram-se na mesma ordem de grandeza que as analisadas por Polycarp et al., 2012 e por Jau e Deng, 2008.

As amostras estudadas por Adepoju, 2012 e por Araujo et al., 2009 em termos de humidade superam as estudadas neste trabalho (chegando a ser 3 e 4 vezes maiores, respectivamente), porém, estas últimas encontram-se na mesma ordem de grandeza que as estudadas por Jayakady et al., 2007.

Em relação ao teor de cinzas, as amostras estudadas no presente trabalho superam as estudadas por outros autores que determinaram cinzas em diferentes espécies de inhame (chegando a ser até 10 vezes mais elevadas).

Os outros autores que fizeram estudo de inhame, não determinaram o teor de açúcares mas sim, o teor total de carboidratos o qual se encontra na ordem dos 75 % o que significa que o teor de açúcares obtido no presente trabalho corresponde entre 15<sup>a</sup> e 25<sup>a</sup> parte do total dos carboidratos determinados por Afoakwa e Sefa-Dedeh, 2001.

A análise de variância (ANOVA), a um nível de confiança de 95%, mostrou que a variação da região de amostragem não influencia significativamente nos teores de humidade e cinzas e influencia significativamente nos teores de gorduras, açúcares e proteínas. A influência significativa verificada nestes últimos parâmetros pode estar associada ao tipo de solo e/ou clima de cada local onde a amostra foi colhida, visto que as condições de cultivo são iguais nos locais de amostragem.

### **4.3.3. Quantificação de minerais**

De um modo geral, todos os minerais foram determinados com uma boa precisão (com valores de %RSD não superiores a 10).

Para a quantificação dos minerais foram usadas para a calibração soluções de uma matriz simples; no entanto as amostras apresentam matriz complexa pelo que a melhor forma para otimizar as condições analíticas seria usando material de referência; não dispondo deste, surgiu a necessidade de se fazer a análise para alguns elementos (Cu, Fe, Mg, Na e Zn) em dois laboratórios e os resultados foram comparados para garantir minimamente a confiabilidade dos resultados obtidos.

Através do teste t de comparação de duas médias, comparou-se os resultados obtidos pelos dois laboratórios, a um nível de confiança de 95%, onde se concluiu que, com excepção do Mg (teor obtido pelo LS-IIAM é mais de 30 vezes superior ao obtido pelo LDQA-UJ), não há diferenças significativas nos dois conjuntos de resultados pelo que se pode aceitar os resultados obtidos por qualquer um dos laboratórios.

A diferença observada na determinação do Mg pode estar associada à contaminação dos reagentes usados, causando interferências na sua determinação. O teor obtido pelo LS-IIAM para além de ser mais de 30 vezes superior ao obtido pelo LDQA-UJ é também maior que o obtido por Adepoju, 2012 na mesma ordem de grandeza (tabela 8), pelo que os resultados influenciados pela presença de interferentes poderão ser, provavelmente, os do LS-IIAM.

A tabela 8 estabelece uma comparação dos resultados obtidos neste trabalho e os obtidos por outros autores que fizeram análise de diferentes espécies de inhame.

**Tabela 8.** Comparação dos valores obtidos na determinação de minerais e os da literatura.

	Valor da literatura (em ppm)		Valor obtido (em ppm)
Na	445,6 - 630,1 <sup>b)</sup>		413,6 – 444,83
Fe	41 <sup>a)</sup>	88,9 <sup>c)</sup>	58,86 – 58,88
P	1040,6 - 1401,4 <sup>b)</sup>	331 – 616,1 <sup>d)</sup>	266,61 – 402,40
Zn	56 <sup>1)</sup>	22,6 – 54,6 <sup>b)</sup>	27,92 – 31,94
Cu	21,4 – 74,1 <sup>b)</sup>		28,33 – 38,05
Mg	320 <sup>a)</sup>		308,08 – 387,30
Mn	21,0 – 63,6 <sup>b)</sup>		18,23 – 39,75

<sup>a)</sup> – Adepoju, 2012; <sup>b)</sup> – Shajeela, 2011; <sup>c)</sup> – Afoakwa e Sefa-Dedeh, 2001; <sup>d)</sup> – Bhandari e Kawabata, 2003

Da tabela nota-se que os teores de Cu e Na obtidos no presente trabalho podem ser equiparados aos valores obtidos nas determinações feitas por Shajeela et al., 2011.

Para o Mn, o intervalo do resultado obtido enquadra-se no intervalo obtido por Shajeela et al., 2011. Bhandari e Kawabata, 2003 analisaram diferentes variedades de inhame das quais obtiveram teores de fósforo que podem, de certa forma, ser equiparados aos obtidos neste trabalho.

Segundo o teste estatístico “ANOVA”, a um nível de confiança de 95%, a mudança do local de amostragem influencia significativamente no teor de alguns minerais (Cr, Mg, Mn, Na, P e Zn). Essas diferenças poderão ser atribuídas à composição do solo onde cada uma das amostras foi cultivada, composição da água de irrigação ou regularidade no seu fornecimento ou ainda ao tipo de clima da região.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Das análises feitas no presente trabalho, há que concluir o seguinte:

Foram identificados com sucesso, os seguintes compostos orgânicos:

- Ácidos gordos
  - ácido oleico (em IN-Mp);
  - ácidos oleico e mandélico (em IN-Mc e IN-Gnd)
- Ácido cítrico nas amostras IN-Mp e IN-Mc
- alfa-sitosterol e ácido ftálico nas amostras IN-Mc e IN-Gnd.

A humidade (20,64 a 21,38%), cinzas (29,08 a 34,49%) e gorduras (1,09 a 1,24%) foram quantificadas usando análise gravimétrica; os açúcares totais foram determinados pelo método Lane-Eynon e obteve-se teores variando de 3,52 a 5,10% e as proteínas quantificadas pelo método de Kjeldahl, com teores entre 4,54 a 8,46%.

Os minerais foram quantificados por espectrofotometria (“FAAS” na determinação de Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn e Zn; “MAS” na determinação de P e FC na determinação de K e Na) e apresentaram teores em ppm variando de 488,83 a 1407,64; 2989,92 a 6089,81; 28,33 a 38,06; 58,86 a 58,88; 304,60 a 338,55; 308,08 a 387,30; 18,23 a 39,75; 413,91 a 444,83; 266,61 a 402,40 e 27,92 a 31,94, para Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P e Zn, respectivamente.

De um modo geral, todos os parâmetros determinados vão de acordo com os determinados por outros autores já referenciados no subcapítulo de discussão e interpretação dos resultados.

A comparação dos resultados das análises feitas em dois laboratórios (em referência no trabalho), mostrou não haver diferenças significativas entre os valores obtidos nos dois conjuntos de dados e por aplicação da “ANOVA” concluiu-se que a mudança do local de amostragem influencia significativamente nos teores de gorduras, açúcares, proteínas, P, Zn, Cr, Mg, Mn e Na sem influenciar significativamente nos teores de humidade, cinzas, Co, Cu, Fe e K.

O inhame apresenta uma composição nutricional considerável pelo que, de um modo geral, pode afirmar-se que é um alimento com elevado valor nutritivo, e das três (3) amostras analisadas, a mais nutritiva é **IN-Gnd**, por apresentar teores elevados na maior parte dos nutrientes determinados.

Tenho a recomendar:

- Que se façam palestras ao nível das comunidades para divulgação dos resultados obtidos, como uma forma de contribuir para melhorar o consumo de inhame;
- Que para estudos futuros se faça a amostragem na época de abundância do tubérculo, de modo a diversificar as espécies nas diferentes regiões e
- Que se faça análise do tubérculo fresco pois, com o processo de secagem alguns componentes podem perder-se e/ou registar um abaixamento considerável da sua concentração, o que pode vir a dificultar a sua identificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adepoju, O.T. (2012). Effects of Processing Methods on Nutrient Retention and Contribution of White Yam (*Dioscorea rotundata*) Products to Nutritional Intake of Nigerians. *African Journal of Food Science* Vol. **6** (6), pp 163-167.
2. Afoakwa, E. O. e Sefa-Dedeh, S. (2001). Chemical Composition and Quality. *Food Chemistry* Vol. **75**, pp 85-91.
3. Araújo, E.; Menezes, H. e Tomazini, J. (2009). Fibras Solúveis e Insolúveis de Verduras, Tubérculos e Canela para uso em Nutrição Clínica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* Vol. **29** (2), pp 401-406.
4. Barbosa, H. (2011). *Carboidratos*. Disponível em [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br). Acessado no dia 03/12/12.
5. Benevides, C. M.; Souza, M. V.; Souza, R. D. e Lopes, M. V. (2011). Factores Antinutricionais em Alimentos: Revisão. *Segurança Alimentar e nutricional* Vol. **18** (2), pp 67-79.
6. Bhandari, M. R. e Kawabata, J. (2005). Bitterness and Toxicity in Wild yam (*Dioscorea spp.*) Tubers of Nepal. *Plant Foods for Human Nutrition* Vol. **60**, pp 129-135.
7. Bhandari, M. R. e Kawabata, J. (2003). Organic Acid, Phenolic Content and Antioxidant Activity of Wild Yam (*Dioscorea spp.*) tubers of Nepal. *Laboratory of Food Biochemistry*, Sapporo 060-8589, Japan.
8. Crook III, T. H. e Adderly, B. D. (2001). *Memoria: Como Deter e Reverter sua Perda Ocasionada pela Idade*. Livraria Nobel S.A. São Paulo-Brasil. pp 157-159.
9. Da Paixão, J. e Stamford, T. (2004). Vitaminas Lipossolúveis em Alimentos - Uma Abordagem Analítica. *Química Nova* Vol. **27** (1), pp 96-105.
10. Da Silva, J. S. (2010). *Proteínas*. Disponível em [www.ebah.com.br](http://www.ebah.com.br). Acessado no dia 02/12/12.

11. Eder, A., (2010). *Talassoterapia em casa*. 10ª Edição, editora Pensamento Cultrix LTDA. São Paulo, pp 32-39.
12. Fernandes, A. A. (2001). *Coenzimas e Funções Coenzimáticas*. Departamento de Química e Bioquímica-Unesp, 37 p. Disponível em [www.ibb.unesp.br](http://www.ibb.unesp.br). Acessado no dia 14/07/2015.
13. Ficha Catalográfica (2006). Manual Clínico de Alimentação e Nutrição. Disponível em <http://google.com>. Acessado no dia 28/11/12.
14. Fodulovic, K. S.; Grubisic, D.; Culafic, N. M. e Ristic, M. (1998). Diosgenin and Phytosterols Content in Five Callus lines of *Dioscorea Balcanica*. *Plant Science* Vol. **135**, pp 63 – 67.
15. Food Ingredients (2008). Dossiê: *Fibras Alimentares*. Disponível em [www.revista-ficom.com/materias](http://www.revista-ficom.com/materias). Acessado no dia 18/06/2014.
16. Gentili, A. E Caretti, F. (2013). *Analysis of Vitamins by Liquid Chromatography*. Department of Chemistry, Faculty of Mathematical, Physical and Natural Sciences, University of Rome la Sapienza, Italy, pp 1-41.
17. Grisi, I. (2009). *Importância de Ferro na nossa Alimentação*. Disponível em <http://omedicoeopaciente>. Acessado no dia 22/08/2012.
18. Goveia, G. (2007). Manual de nutrição. Sociedade Brasileira de Diabetes, pp 1-8.
19. Hovenkamp, E.; Demonty, I.; Plat, J.; Lutjohann, D.; Mensink, R. P.; Trautwein, E. A. (2008). Biological Effects of Oxidized Phytosterols: A Review of the Current Knowledge. *Progress in Lipid Research* Vol. **47**, pp 37-49.
20. Hywood, A. J. (2010). Fertility Challenges. *Churchill Livingstone*, pp 334-346.
21. Jacobs, M. B. (1973). *The Chemical Analysis of Foods and Food products*. 3<sup>rd</sup> Edition. Robert Krieger publishing co. Mc. New York.
22. Jau, T. L. e Deng, J. Y. (2008). Determination of Steroidal Saponins in Different Organs of Yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto). *Food Chemistry* Vol. **108**, pp 1068–1074.

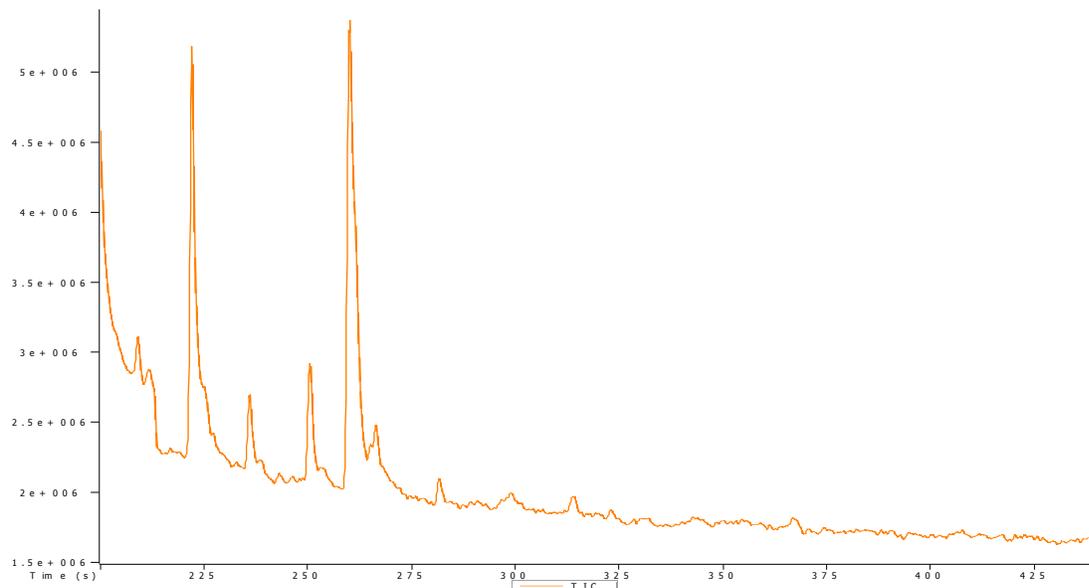
23. Jayakod, L.; Hoover, R.; Liu, Q. e Donner, E. (2007). Molecular Structure, Composition and Physicochemical Properties of Yam (*Dioscorea sp.*). *Carbohydrate Polymers* Vol. **69**, pp 148-163.
24. Lima, M.; Motta, M. E. e Alves, G. (2007). *Saúde da Criança para Entender o Normal*. Editora Universidade UFPE. Brasil, pp 208-210.
25. Lopes, R.; Oliveira, T.; Nagem, T. e Pinto, A. (2000). *Farmacologia de Flavonóides no Controle Hiperlipidêmico em Animais Experimentais*. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento, pp 1-5.
26. Medoua, G. N.; Mbome, I. Lape; Agbor-Egbe, T. e Mbofung, C.M.F. (2007). Antinutritional Factors Changes Occuring in Trifoliate Yam (*Dioscorea dumetorum*) Tubers after Harvest. *Food Chemistry* Vol. **102**, pp 716 – 720.
27. Pereira, R. e Cardoso, M. (2012). Metabólitos Secundários Vegetais e Benefícios Antioxidantes. *Journal of Biotechnology and Biodiversity* Vol. **3** (4), pp 146-152.
28. Pessoa, J. (2007). Denominações Populares das Espécies de *Dioscorea* e *Colocasia* no Brasil. Vol. 1, pp 37-41.
29. Polêmicos (2011). *Funções dos Carbohidratos, Sais Minerais, Lípidos, Proteínas e Vitaminas*. Disponível em [polemicascmm.blogspot.com](http://polemicascmm.blogspot.com). Acessado no dia 02/12/12.
30. Polycarp, D.; Afoakwa, E. O.; Budu, A. S. e Otoo, E. (2012). Characterization of Chemical Composition and and Anti-nutritional Factors in Seven Species Within the Ghanaian Yam (*Dioscorea*) Germplasm. *International Food Research Journal* Vol. **19** (3), pp 985-992.
31. Poulos, N. A. (1999). *Flame Methods Manual for Atomic Absorption*, GBC
32. Ramos, M. M.; Ramos, M. I. L. e Hiane, P. A. (1997). Avaliação Química do Inhame (*Colocasia esculenta* L. Schott) Cultivado em Solo Alagadiço na Região Pantaneira de Mato Grosso Sul. *B.CEPPA* Vol. **15** (2), pp 175-186.

33. Romm, A.; Weed, S. S.; Gardiner, P.; Bhattacharya, B.; Lennox, C. A. Lee, R.; Grube, W.; DiPasquale, R.; Flint, Margi e Winston, David (2010). Menopausal Health. *Churchill Livingstone*, pp 455-520.
34. Rosa, L.; Parrilla, E. e Aguilar, G. (2010). *Fruit and Vegetable Phytochemicals*. 1ª Edição, USA, pp 247-248.
35. Rothfeld, G. S. e Levert S. (2003). *Medicina Natural para Dor nas Costas*. 9ª Edição. Editora Pensamento Cultrix LTDA. São Paulo. 106 P.
36. Séjourné, C. (2009). Mécanismes D'actions dès Phytostérols au Niveau Intestinal. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* Vol. **44**, pp 132-135.
37. Shajeela, P. S.; Mohan, V. R.; Jesudas, L. L. e Soris, P. T. (2011). Nutritional and Antinutritional Evaluation of Wild Yam (*Dioscorea spp.*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* Vol. **14**, pp 723-730.
38. Siqueira, M. V. B. M. (2009). Inhame (*Dioscorea spp.*): Uma Cultura ainda Negligenciada. *Horticultura Brasileira* Vol. **27**, pp 4075-4090.
39. TACO (2006). *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 2ª Edição, Versão 2. Campinas-SP. 109 P.
40. Zenebon, O. e Pascuet, N. (2005). *Métodos Físico-químicos para Análise de Alimentos*. 4ª Edição, São Paulo. pp 73-82, pp 83-158 e pp 645-682.

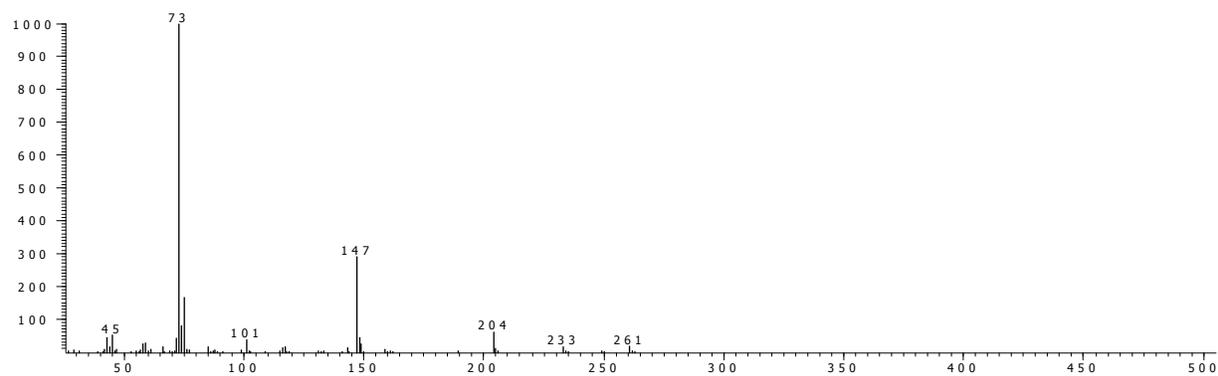
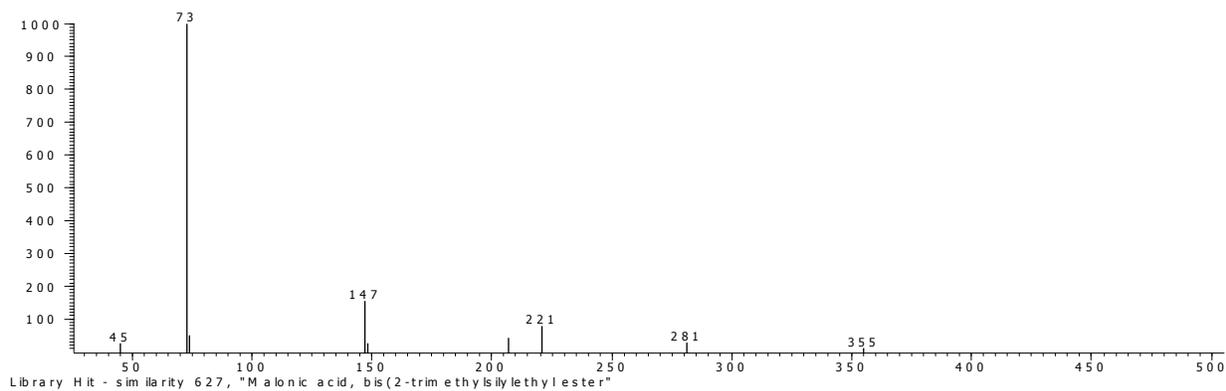
# ANEXOS

## Anexo 1. Identificação dos metabólitos secundários e ácidos orgânicos

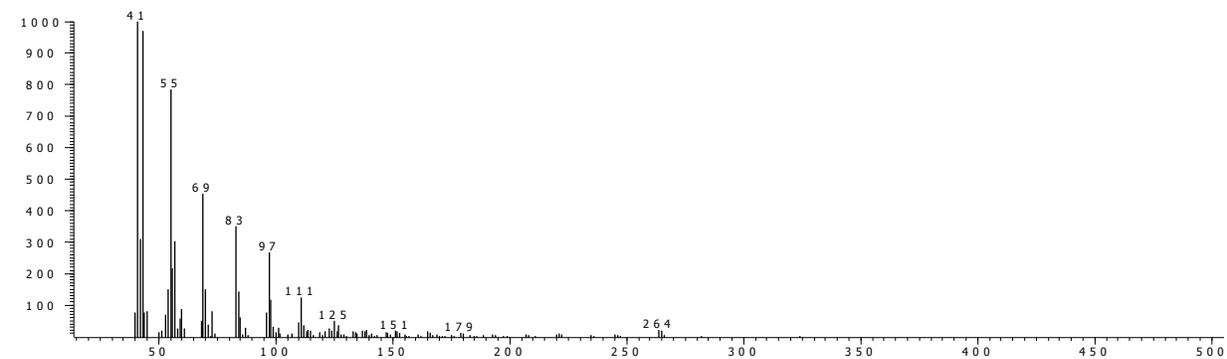
### IN-Mp Dios:1



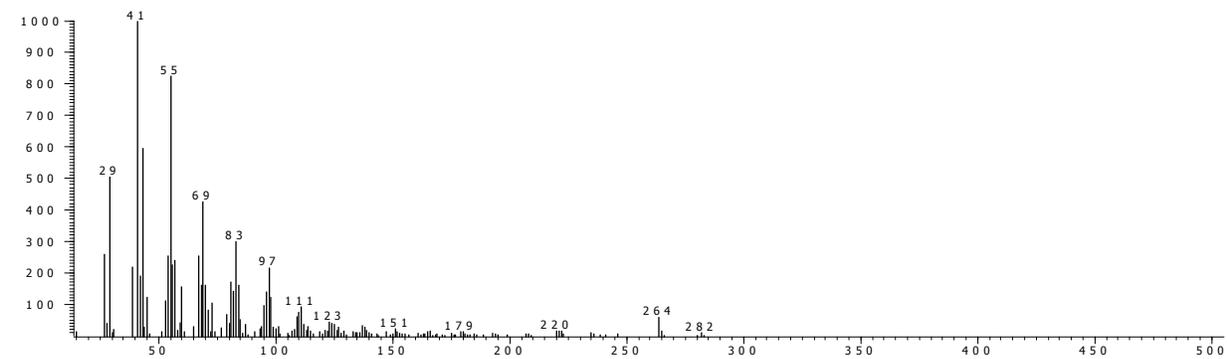
Peak True - sample "IN-Mp:1", peak 27, at 392.4 s



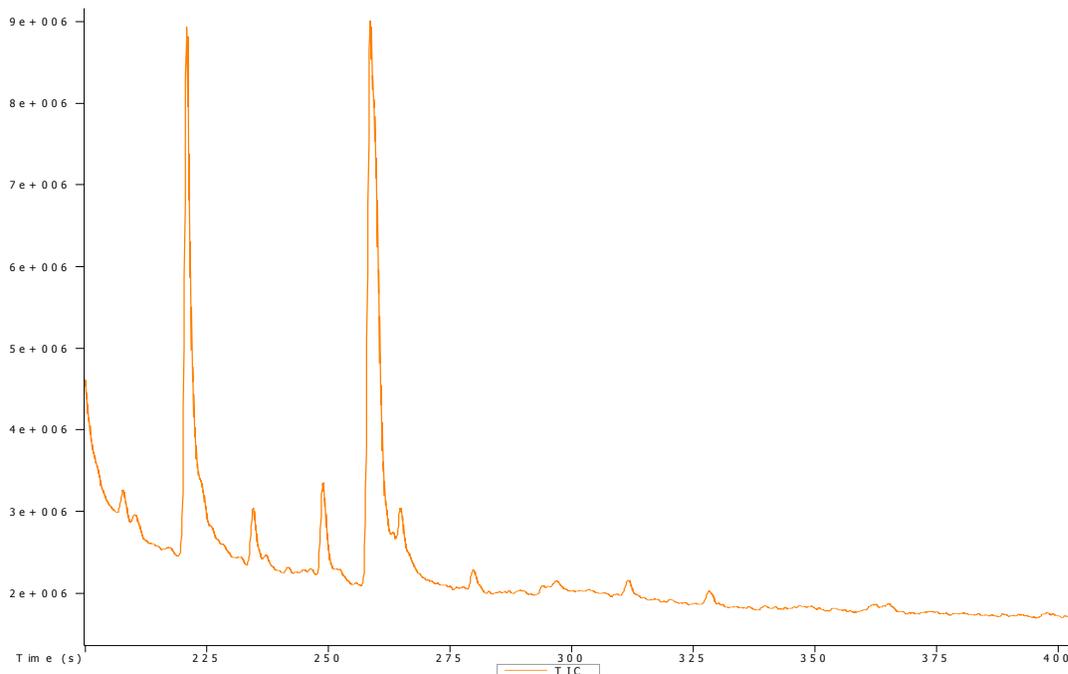
Peak True - sample "IN-Mp Dios:1", peak 37, at 261 s



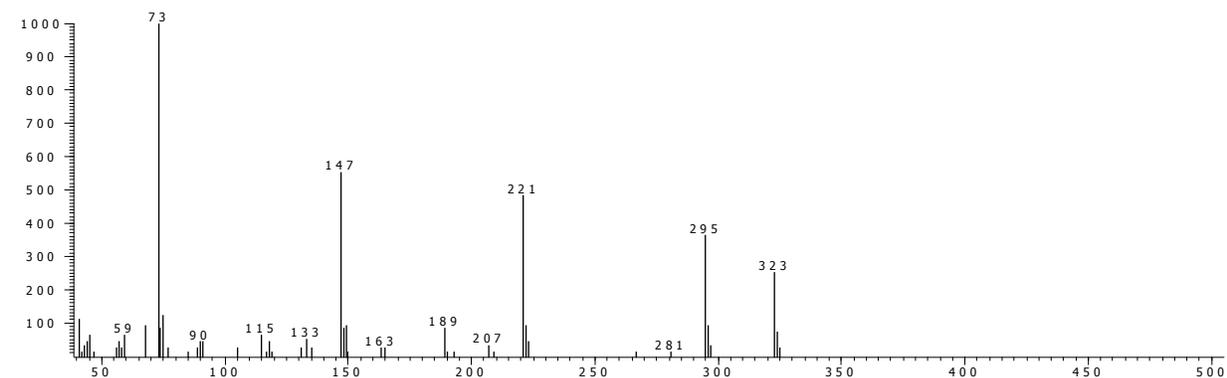
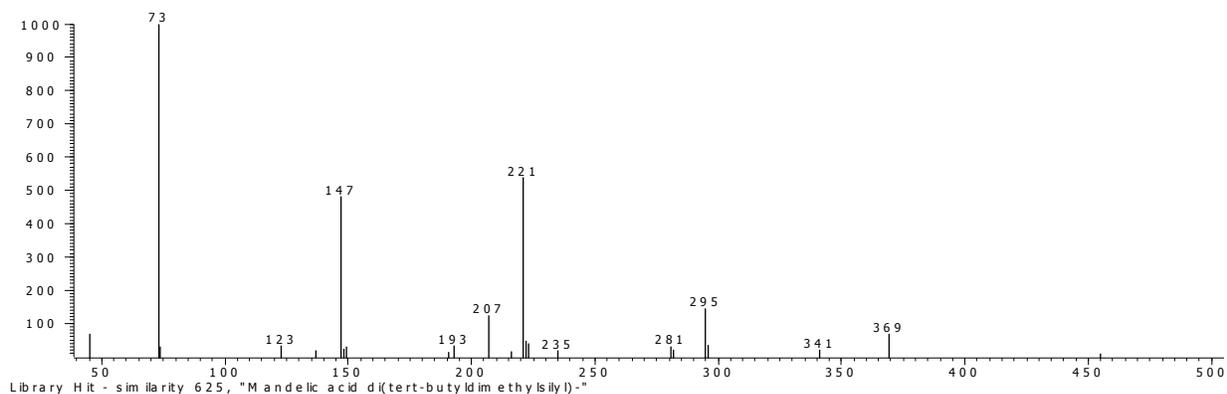
Library Hit - similarity 808, "Oleic Acid"



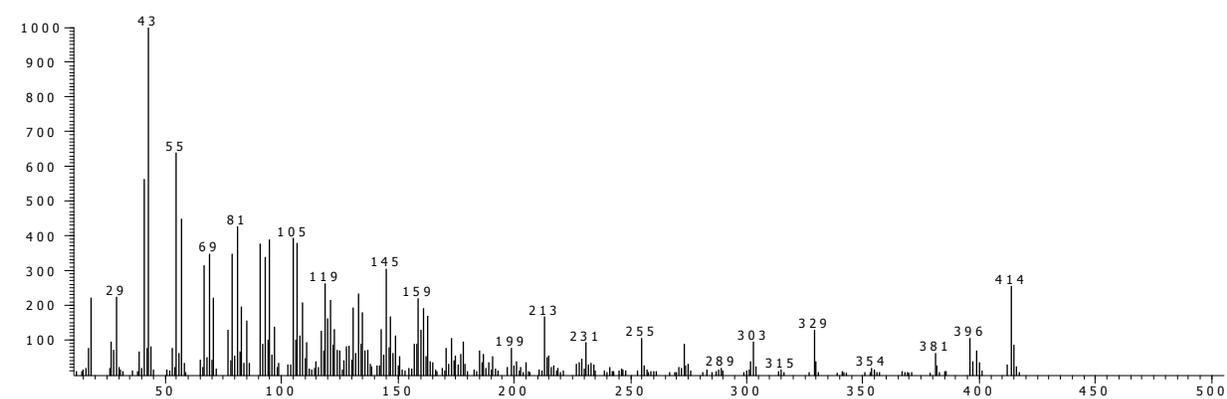
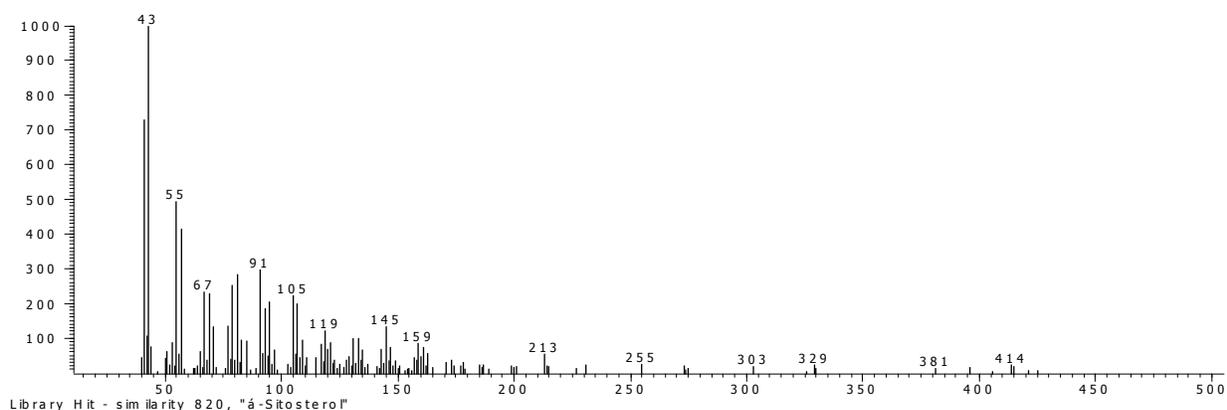
### IN-Mc Dios:1



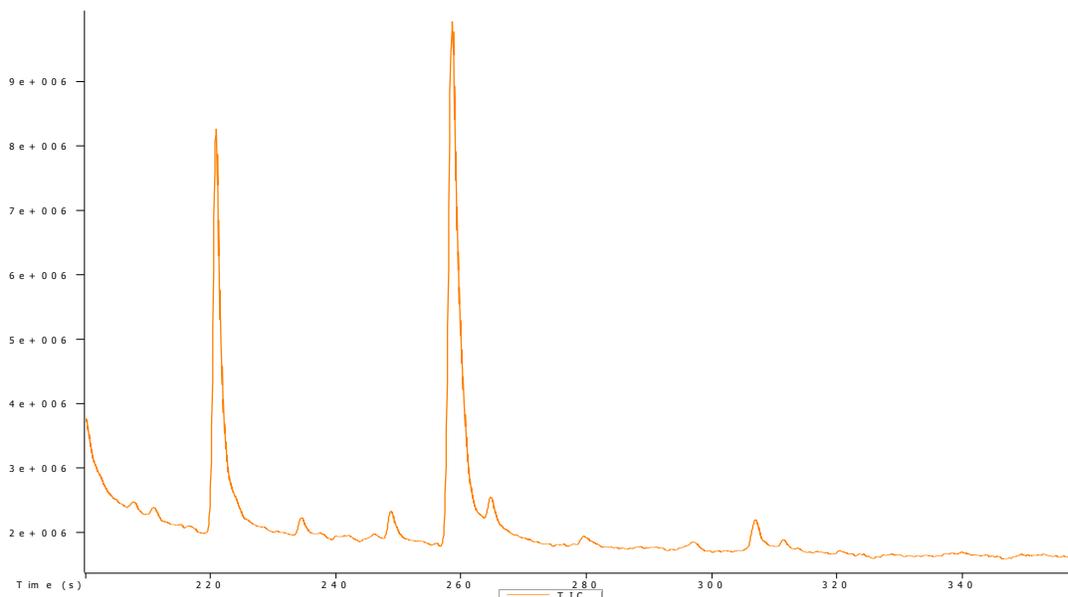
Peak True - sample "IN-Mc Dios:1", peak 98, at 897.9 s



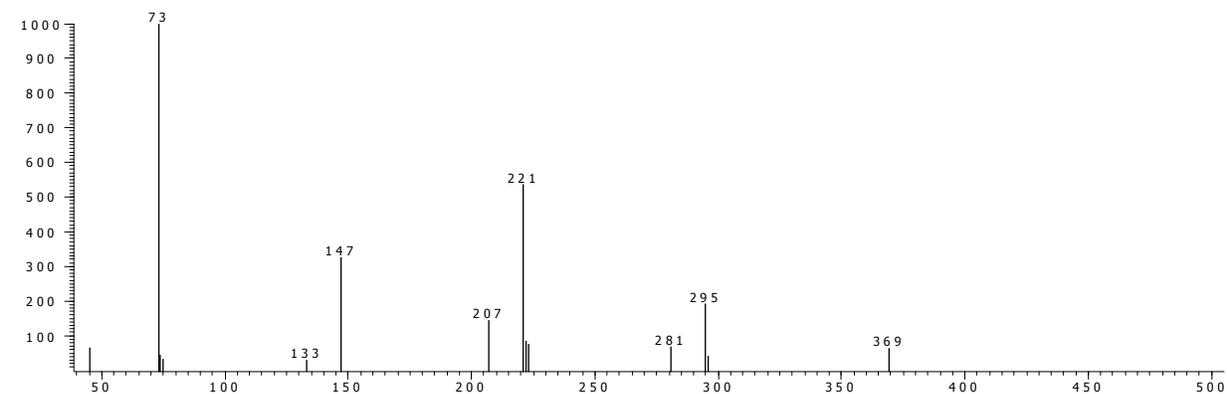
Peak True - sample "IN-Mc Dios:1", peak 100, at 1004.1 s



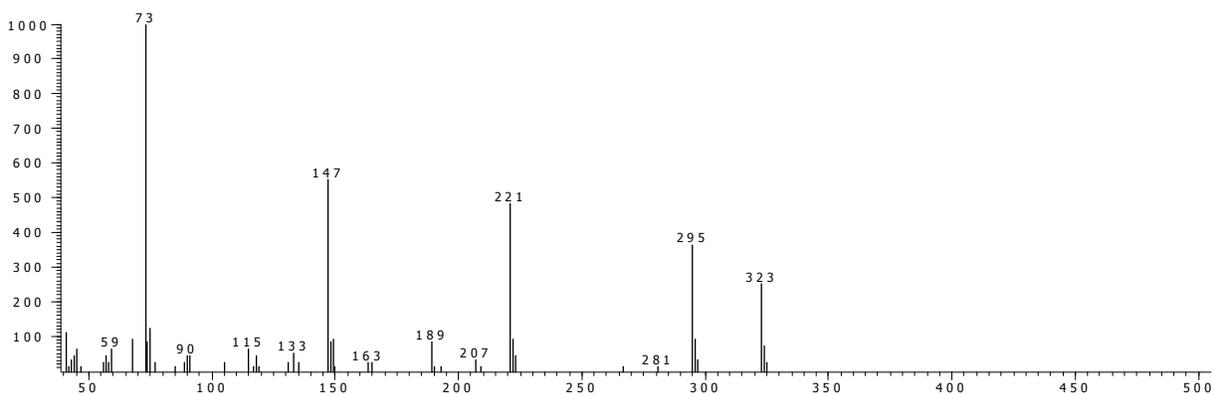
### IN-Gnd Dios:1



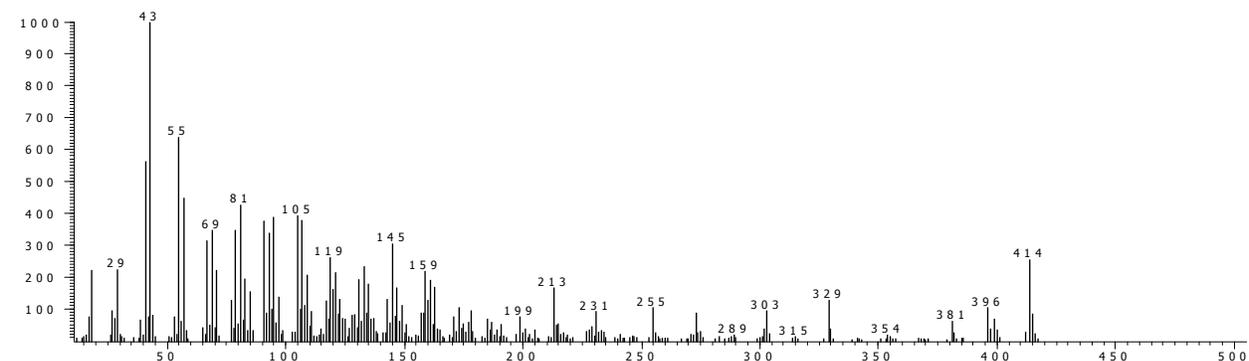
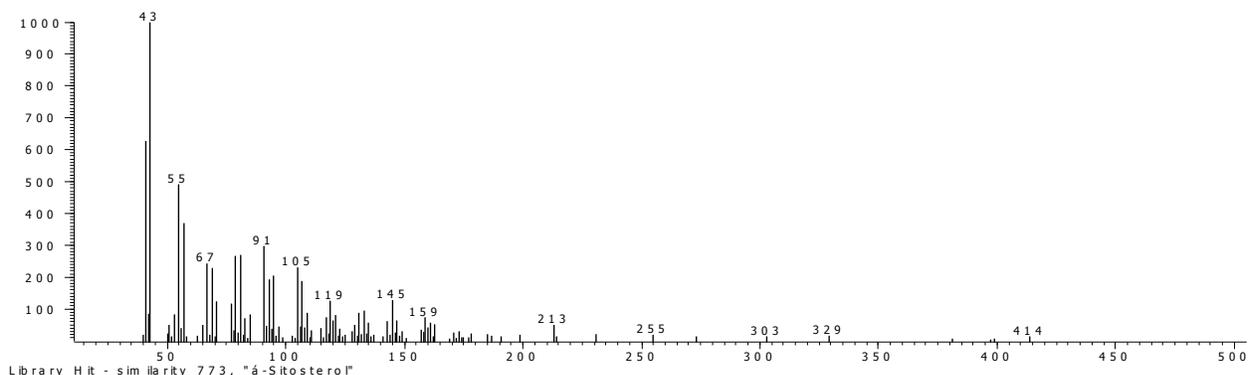
Peak True - sample "IN-Gnd Dios:1", peak 81, at 636.9 s



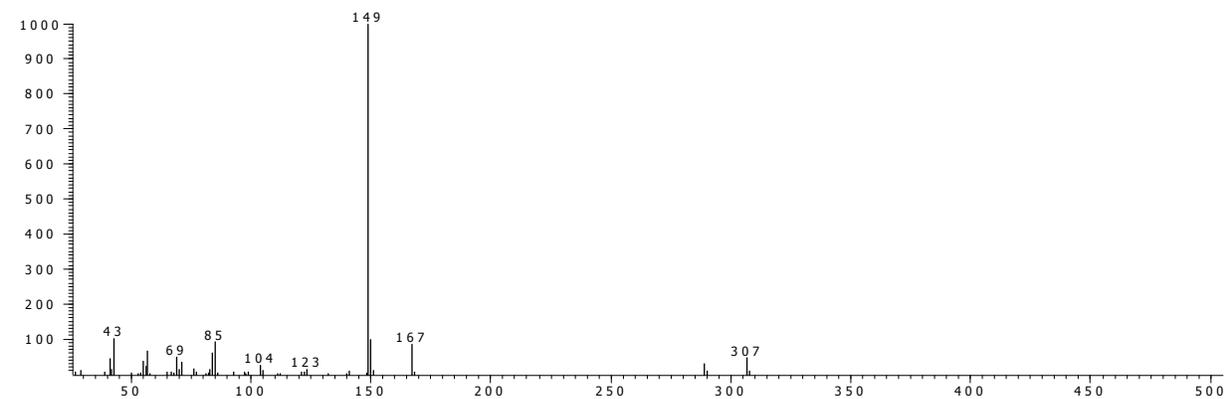
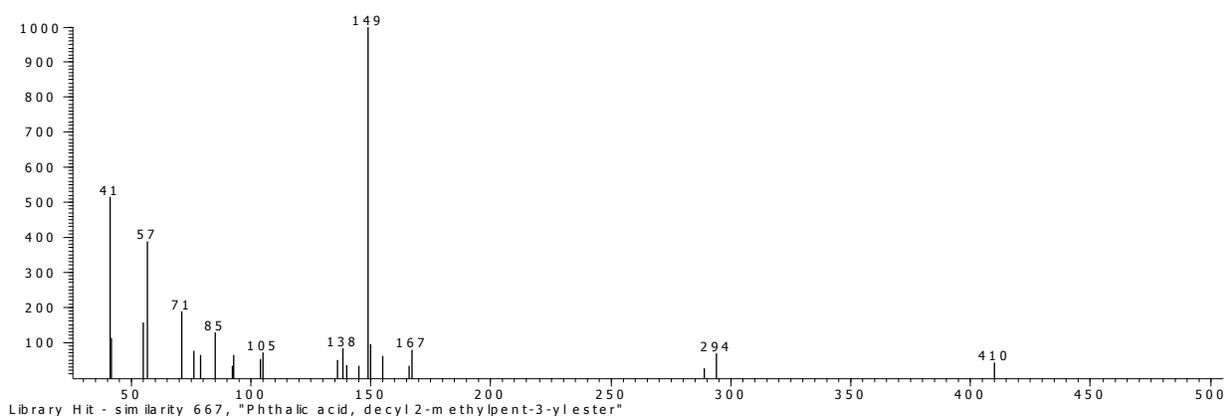
Library Hit - similarity 613, "Mandelic acid di(tert-butylidimethylsilyl)-"



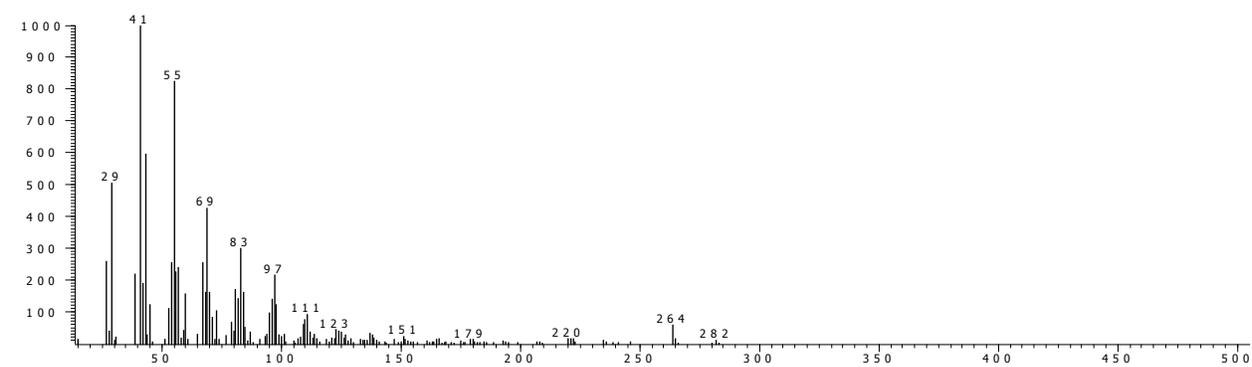
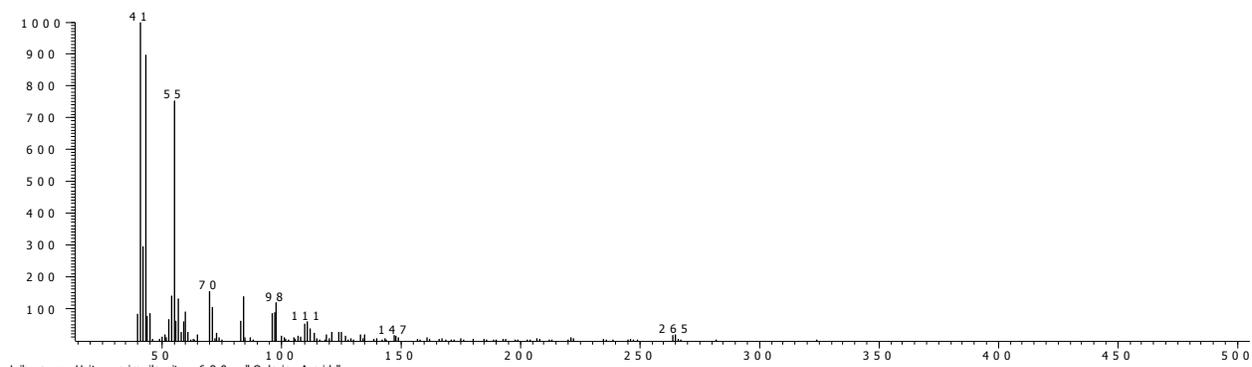
Peak True - sample "IN-Gnd Dios:1", peak 85, at 1005 s



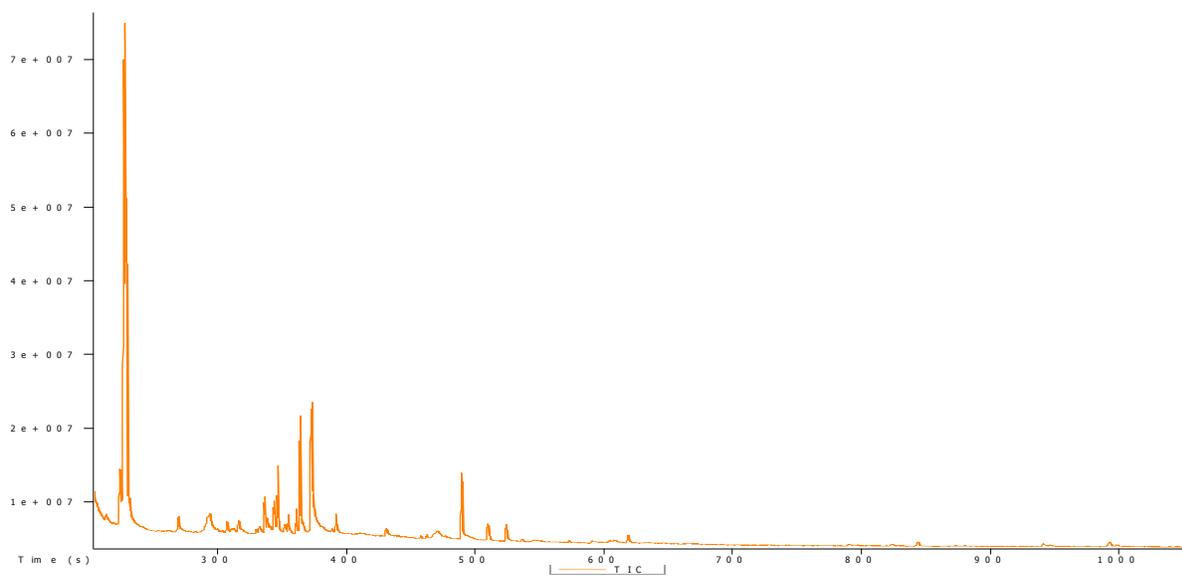
Peak True - sample "IN-Gnd:1", peak 2, at 211.8 s



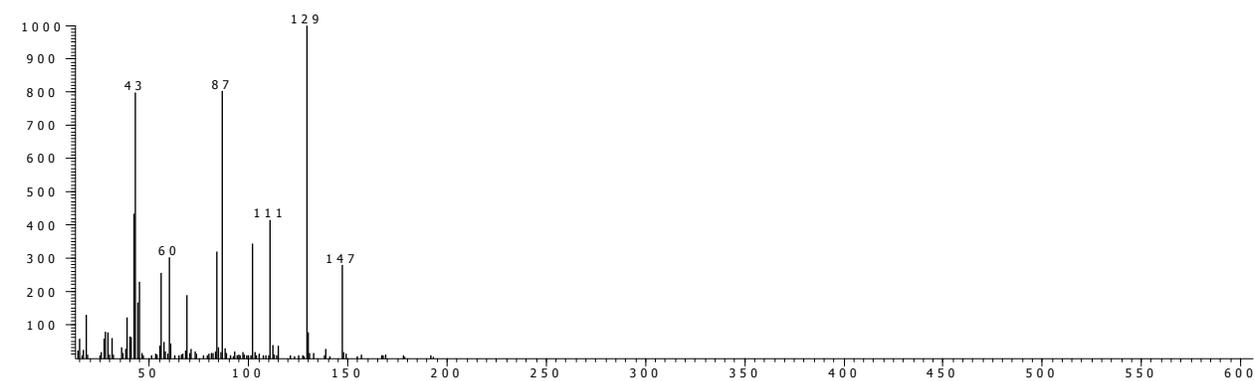
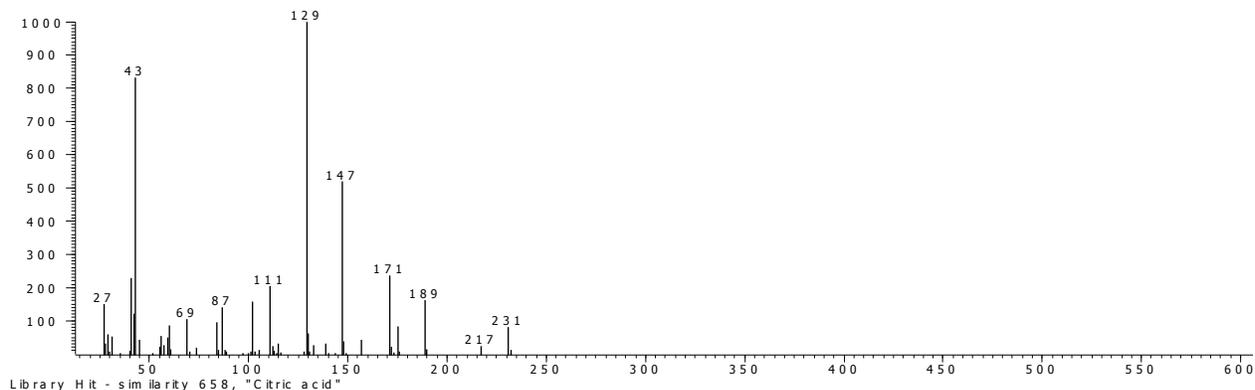
Peak True - sample "IN-Gnd Dios:1", peak 26, at 259.8 s



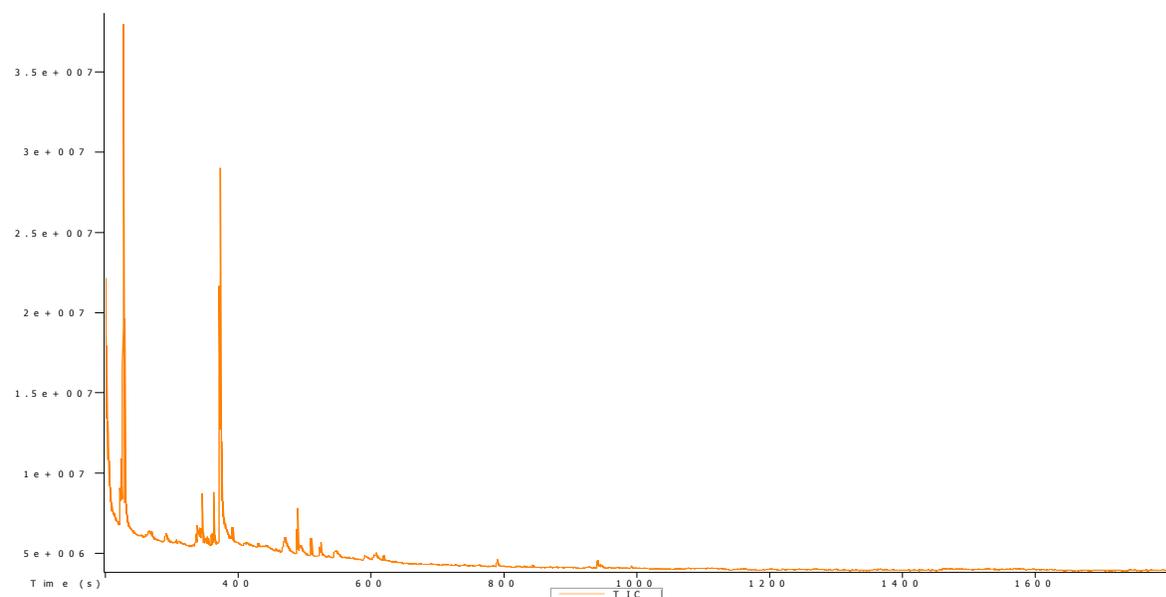
**IN-Mp fs-vit:1**



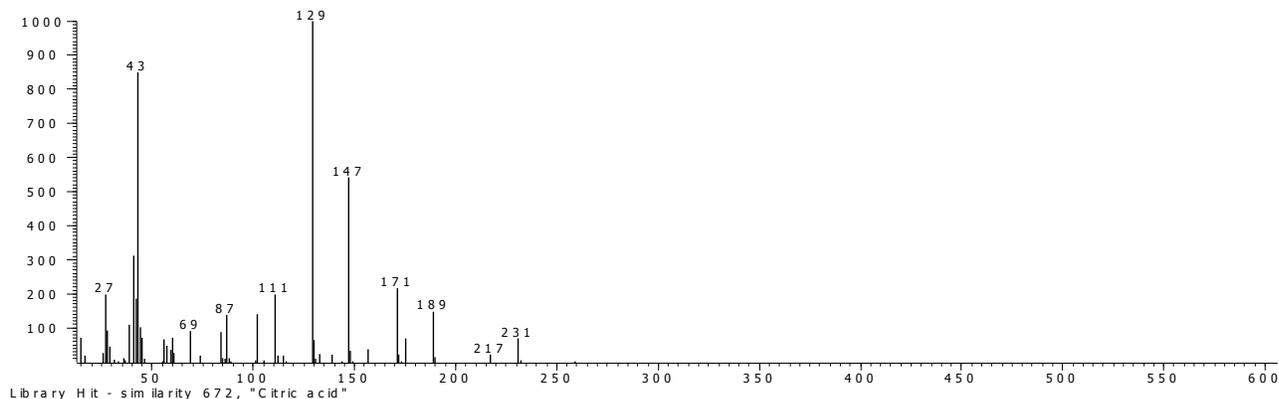
Peak True - sample "IN-Mc fs-vit:1", peak 264, at 619.3 s



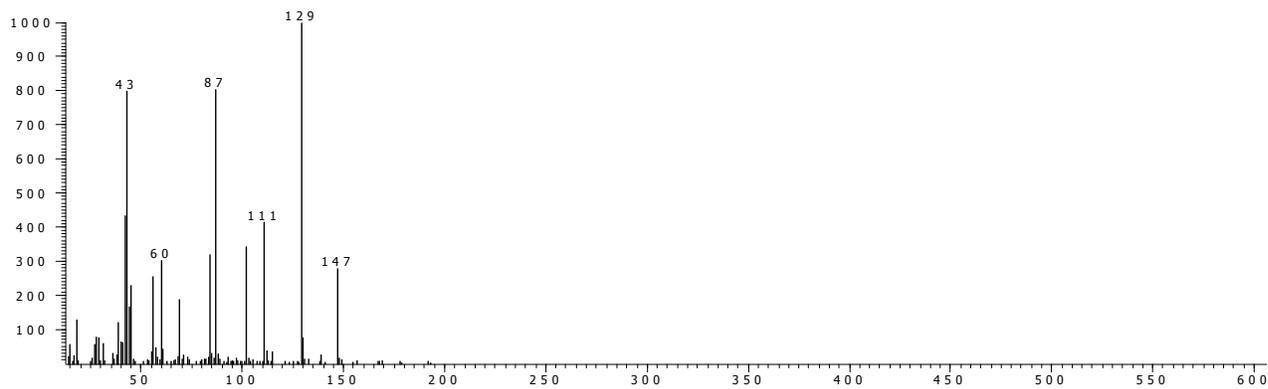
### IN-Mc fs-vit:1



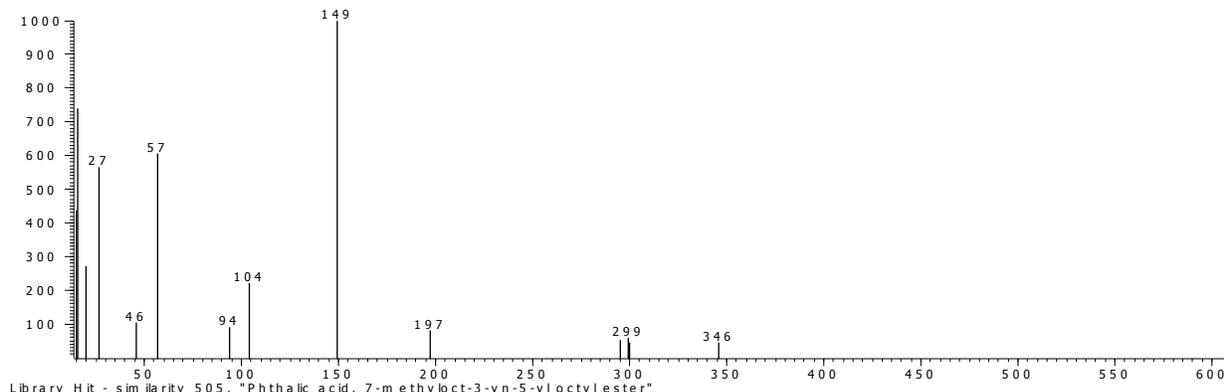
Peak True - sample "IN-Mc fs-vit:1", peak 207, at 619.6 s



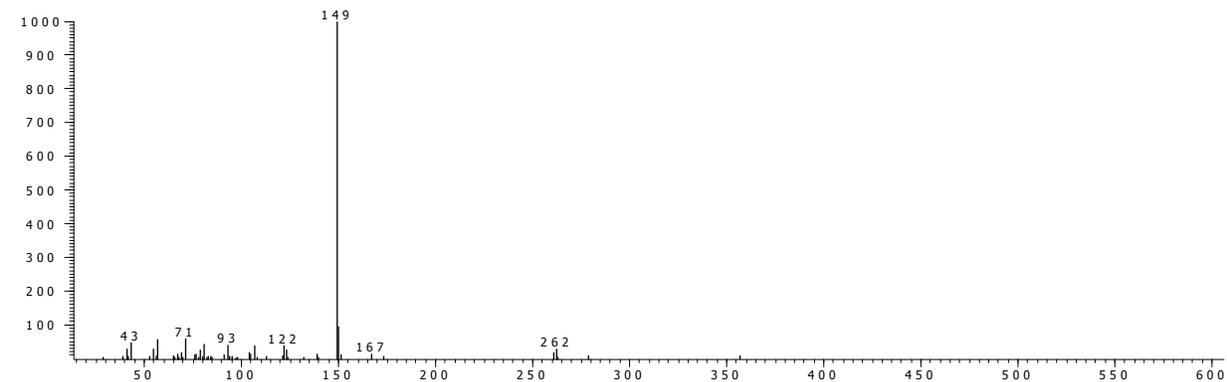
Library Hit - similarity 672, "Citric acid"



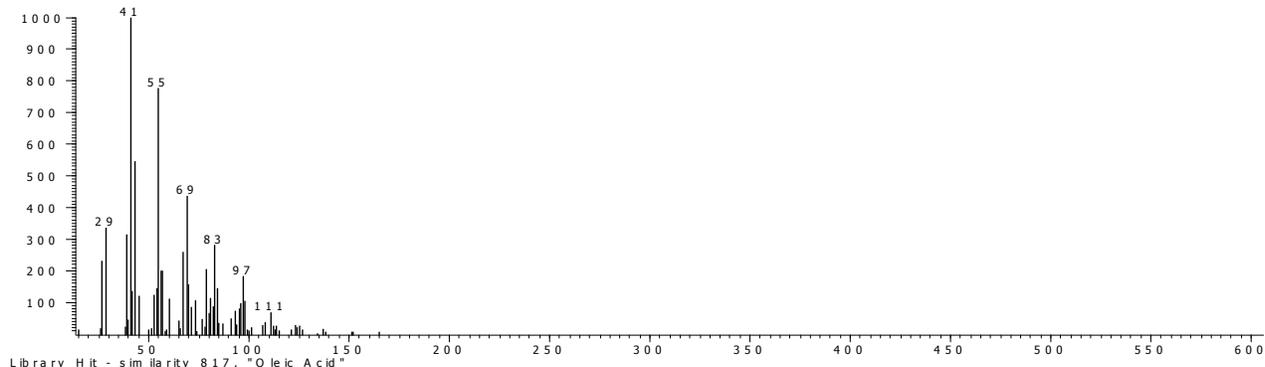
Peak True - sample "IN-M c fs-vit:1", peak 212, at 715.9 s



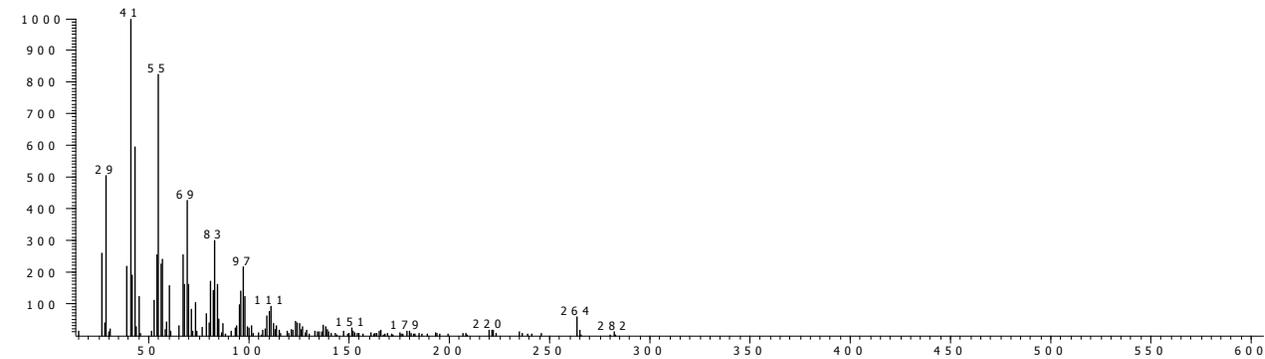
Library Hit - similarity 505, "Phthalic acid, 7-methyloct-3-yn-5-yl octyl ester"



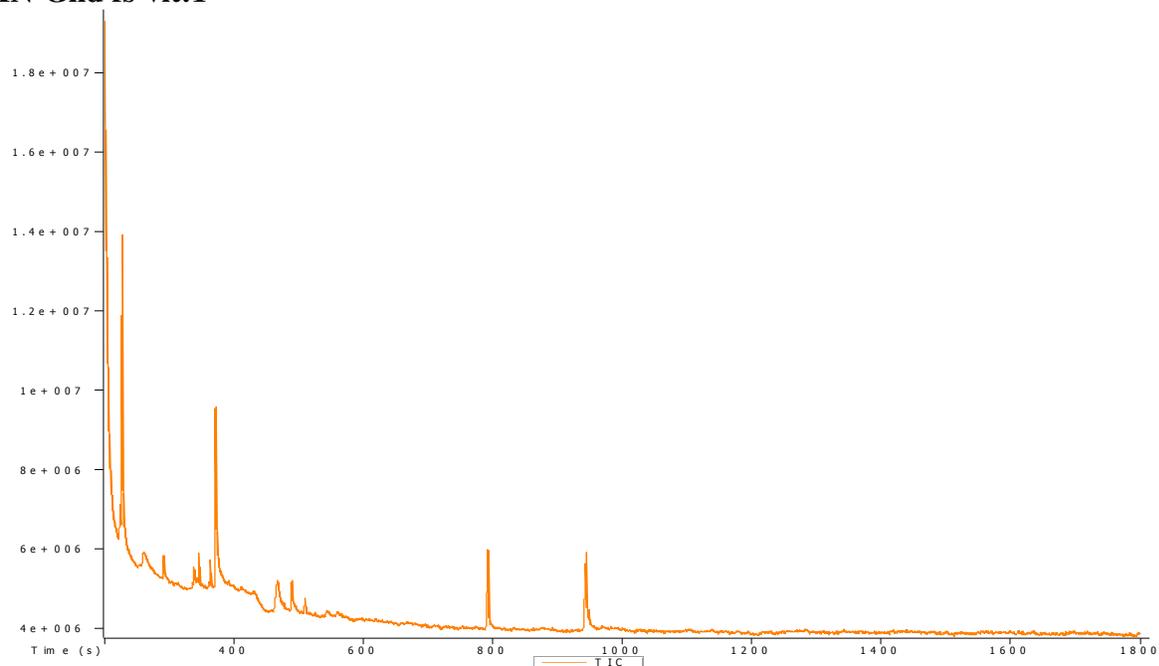
Peak True - sample "IN-M c fs-vit:1", peak 219, at 947.6 s



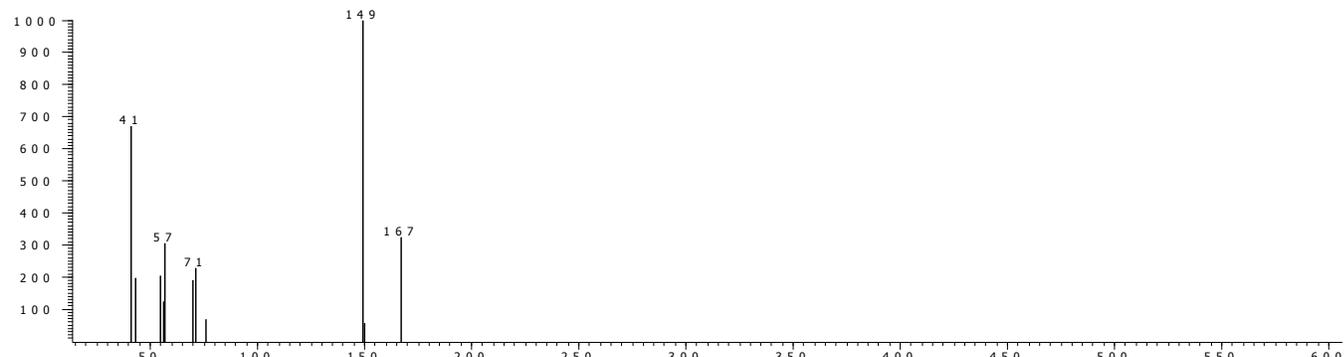
Library Hit - similarity 817, "Oleic Acid"



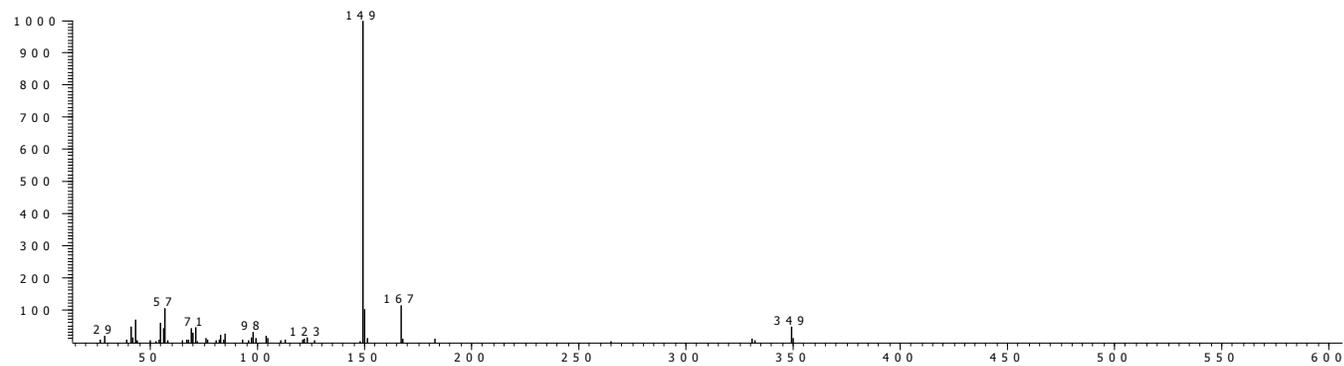
**IN-Gnd fs-vit:1**



Peak True - sample "IN-Gnd fs-vit:1", peak 162, at 1302.9 s



Library Hit - similarity 786, "Phthalic acid, hept-3-yltridecylester"



**Anexo 2.** Determinação de humidade, cinzas, gorduras, açúcares e proteínas**Tabela A2-1.** Determinação de humidade e cinzas

Amostr a	Réplic a	Massa (g)				H (%)	H <sub>med.</sub>	s	C (%)	C <sub>med.</sub>	S
		Cad.	Cad. + am.	Cad. + am.s	Cad. + am.c						
IN-Mp	(1)	53,2583	55,2565	54,8279	54,6333	21,45	21,38	0,44	31,19	29,08	1,95
	(2)	53,7452	55,8991	55,4298	55,2803	21,79			28,73		
	(3)	54,4669	56,7663	56,2854	56,1378	20,91			27,33		
IN-Mc	(1)	54,5800	56,7686	56,3056	56,1107	21,16	21,38	0,27	30,06	31,91	1,68
	(2)	51,7265	53,7352	53,2998	53,0652	21,68			33,35		
	(3)	55,2201	57,2261	56,7991	56,5781	21,29			32,30		
IN-Gnd	(1)	51,5309	53,5629	53,1429	52,8656	20,95	20,64	0,32	34,32	34,49	0,24
	(2)	77,4669	79,4864	79,0634	78,7864	20,67			34,66		
	(3)	77,2164	79,5779	79,0983	78,9579	20,31			26,25		

Cad. – cadinho; am. – amostra; am.s – amostra seca; am.c – amostra calcinada; H – humidade; H<sub>med.</sub> – média de humidade; C – cinzas; C<sub>med.</sub> – média de cinzas e s – desvio padrão

**Tabela A2-2.** Determinação de gorduras

Amostra	Replica	Massa (g)			G (%)	G <sub>med.</sub> (%)	S
		Vaso	amostra	Vaso + extracto			
IN-Mp	(1)	9,8694	5,0084	9,9308	1,23	1,24	0.0071
	(2)	9,3848	5,0067	9,4470	1,24		
IN-Mc	(1)	9,4251	5,0009	9,4821	1,14	1,14	0.0028
	(2)	8,9887	5,0011	9,0455	1,14		
IN-Gnd	(1)	8,9507	5,0002	9,0052	1,09	1,09	0.0001
	(2)	9,4754	5,0006	9,5299	1,09		

G – gordura; G<sub>med.</sub> – média de gordura; s – desvio padrão

**Tabela A2-3.** Determinação de açúcares totais

Amostra	Replica	V <sub>final</sub> (mL)	m <sub>amostra</sub> (g)	V <sub>gasto</sub> (mL)	Glc (%)	Glc <sub>med.</sub> (%)	S
IN-Mp	(1)	250,00	5,0032	7,00	3,57	3,52	0,0707
	(2)		5,0027	7,20	3,47		
IN-Mc	(1)		5,0066	5,00	4,99	5,10	0,1556
	(2)		5,0020	4,80	5,21		
IN-Gnd	(1)		5,0073	5,50	4,54	4,63	0,1202
	(2)		5,0047	5,30	4,71		

V<sub>final</sub> – volume final; m<sub>amostra</sub> – massa da amostra; V<sub>gasto</sub> – volume gasto na titulação; Glc – glúcidos; Glc<sub>med.</sub> – valor médio de glúcidos; s – desvio padrão

**Tabela A2-4.** Determinação de proteínas

Amostra	Replica	m <sub>am.</sub> (g)	V <sub>tt</sub> (mL)	V <sub>tt/B</sub> (mL)	N (%)	N <sub>med.</sub> (%)	f	Proteína (%)	S
IN-Mp	(1)	0,504	3,7	0,2	0,97	1,03	6,25	6,44	0,38
	(2)	0,518	4,0		1,03				
	(3)	0,500	4,1		1,09				
IN-Mc	(1)	0,508	2,5		0,63	0,73			
	(2)	0,509	3,1		0,80				
	(3)	0,506	2,9		0,75				
IN-Gnd	(1)	0,502	4,8		1,28	1,35			
	(2)	0,514	5,0		1,31				
	(3)	0,505	5,5		1,47				

m<sub>am.</sub> - massa da amostra; V<sub>tt</sub> e V<sub>tt/B</sub> - volume do titulante gasto na titulação da amostra e do branco, respectivamente; N - nitrogénio total; N<sub>med.</sub> - média do nitrogénio total e f - factor de conversão de nitrogénio a proteína

**Anexo 3. Determinação de fósforo****Tabela A3-1. Determinação de fósforo**

Solução	Réplica	Massa (g)	Conc. (ppm)	Abs. <sub>med</sub>	%RSD
Branco			0	2	
Pad. 1			1	80	
Pad. 2			2	181	
Pad. 3			3	277	
Pad. 4			4	374	
Pad. 5			5	478	
IN-Mp	(1)	0,504		165	2,11
	(2)	0,518		168	2,15
	(3)	0,500		163	2,08
IN-Mc	(1)	0,508		233	2,99
	(2)	0,509		234	3,01
	(3)	0,506		237	3,04
IN-Gnd.	(1)	0,502		251	3,23
	(2)	0,514		253	3,25
	(3)	0,505		255	3,28

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Anexo 4. Determinação de minerais****Tabela A4-1. Determinação de Co - UJ**

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	9,67	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005
Pad. 1	100,00	10,96	0,0224	0,0238	0,0239	0,0196
Pad. 2	200,00	0,57	0,0352	0,0350	0,0352	0,0354
Pad. 3	300,00	10,39	0,0486	0,0528	0,0430	0,0500
Pad. 4	400,00	0,88	0,0719	0,0712	0,0721	0,0724
Pad.5	450,00	9,96	0,0754	0,0669	0,0810	0,0784
IN-Mp 1		9,70	0,0033	0,0030	0,0036	0,0031
IN-Mp 2		0,58	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
IN-Mp 3		9,89	0,0034	0,0032	0,0033	0,0038
IN-Mc 1		1,65	0,0035	0,0035	0,0036	0,0035
IN-Mc 2		4,59	0,0037	0,0036	0,0039	0,0036
IN-Mc 3		5,26	0,0038	0,0040	0,0038	0,0036
IN-Gnd 1		9,24	0,0046	0,0049	0,0047	0,0041
IN-Gnd 2		2,08	0,0048	0,0049	0,0047	0,0048
IN-Gnd 3		3,13	0,0048	0,0048	0,0049	0,0046

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-2.** Determinação de Cr - UJ

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	3,65	0,0057	0,0055	0,0058	0,0059
Pad. 1	20,00	1,47	0,0136	0,0136	0,0138	0,0134
Pad. 2	35,00	0,82	0,0304	0,0304	0,0307	0,0302
Pad. 3	50,00	1,43	0,0384	0,0380	0,0390	0,0381
Pad. 4	65,00	0,61	0,0492	0,0489	0,0492	0,0495
Pad.5	80,00	9,28	0,0537	0,0479	0,0567	0,0564
IN-Mp 1		2,41	0,0237	0,0231	0,0242	0,0239
IN-Mp 2		9,05	0,0241	0,0223	0,0234	0,0265
IN-Mp 3		4,32	0,0247	0,0235	0,0254	0,0253
IN-Mc 1		8,47	0,0299	0,0280	0,0289	0,0327
IN-Mc 2		4,23	0,0300	0,0297	0,0313	0,0288
IN-Mc 3		3,50	0,0297	0,0290	0,0292	0,0309
IN-Gnd 1		3,82	0,0422	0,0407	0,0420	0,0439
IN-Gnd 2		5,49	0,0430	0,0403	0,0440	0,0447
IN-Gnd 3		1,24	0,0471	0,0469	0,0467	0,0478

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-3.** Determinação de Cu - UJ

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	1,92	-0,0030	-0,0030	-0,0030	-0,0029
Pad. 1	2,00	6,75	0,1550	0,1431	0,1626	0,1594
Pad. 2	4,00	3,04	0,2336	0,2255	0,2371	0,2383
Pad. 3	6,00	2,12	0,3234	0,3182	0,3208	0,3312
Pad. 4	8,00	1,37	0,4139	0,4123	0,4092	0,4201
Pad.5	10,00	2,16	0,5163	0,5126	0,5288	0,5075
IN-Mp 1		4,62	0,0106	0,0108	0,0109	0,0100
IN-Mp 2		6,78	0,0149	0,0160	0,0140	0,0148
IN-Mp 3		2,1	0,0152	0,0151	0,0150	0,0156
IN-Mc 1		5,96	0,0097	0,0101	0,0090	0,0099
IN-Mc 2		7,90	0,0108	0,0102	0,0118	0,0105
IN-Mc 3		3,4	0,0103	0,0103	0,0106	0,0099
IN-Gnd 1		5,05	0,0130	0,0130	0,0136	0,0123
IN-Gnd 2		5,11	0,0138	0,0137	0,0146	0,0132
IN-Gnd 3		1,72	0,0145	0,0145	0,0147	0,0142

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-4.** Determinação de Fe - UJ

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	1,27	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
Pad. 1	20,00	9,92	0,0077	0,0069	0,0084	0,0078
Pad. 2	35,00	8,05	0,0165	0,0150	0,0176	0,0168
Pad. 3	50,00	1,76	0,0230	0,0225	0,0232	0,0232
Pad. 4	65,00	4,56	0,0276	0,0262	0,0287	0,0279
Pad.5	80,00	2,08	0,0364	0,0371	0,0356	0,0365
IN-Mp 1		14,43	0,0008	0,0009	0,0007	0,0007
IN-Mp 2		0,00	0,0007	0,0007	0,0008	0,0007
IN-Mp 3		7,22	0,0008	0,0008	0,0009	0,0008
IN-Mc 1		21,65	0,0008	0,0010	0,0007	0,0007
IN-Mc 2		9,62	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007
IN-Mc 3		7,22	0,0008	0,0008	0,0007	0,0008
IN-Gnd 1		5,77	0,0010	0,0010	0,0011	0,0010
IN-Gnd 2		7,22	0,0008	0,0007	0,0008	0,0008
IN-Gnd 3		0,00	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-5.** Determinação de Mg – UJ

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	0,00	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Pad. 1	0,10	3,21	0,0055	0,0054	0,0057	0,0054
Pad. 2	0,15	2,24	0,0093	0,0091	0,0095	0,0094
Pad. 3	0,20	0,49	0,0117	0,0116	0,0117	0,0117
Pad. 4	0,30	0,65	0,0179	0,0180	0,0180	0,0178
Pad.5	0,40	0,43	0,0232	0,0233	0,0231	0,0232
IN-Mp 1		1,94	0,0195	0,0193	0,0192	0,0199
IN-Mp 2		0,29	0,0198	0,0197	0,0198	0,0198
IN-Mp 3		8,11	0,0210	0,0200	0,0229	0,0199
IN-Mc 1		1,45	0,0183	0,0182	0,0181	0,0186
IN-Mc 2		2,74	0,0184	0,0179	0,0189	0,0185
IN-Mc 3		2,31	0,0180	0,0185	0,0177	0,0179
IN-Gnd 1		4,58	0,0228	0,0221	0,0223	0,0240
IN-Gnd 2		4,56	0,0228	0,0222	0,0222	0,0240
IN-Gnd 3		3,97	0,226	0,0220	0,221	0,0236

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-6.** Determinação de Zn - UJ

	Conc. (ppm)	%RSD	Abs. <sub>med</sub>	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3
Branco	0,00	60,00	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001
Pad. 1	0,40	0,60	0,0498	0,0501	0,0495	0,0498
Pad. 2	0,50	2,89	0,0622	0,0601	0,0630	0,0635
Pad. 3	0,75	0,11	0,0933	0,0934	0,0932	0,0932
Pad. 4	1,00	2,73	0,1244	0,1247	0,1209	0,1276
Pad.5	1,50	0,03	0,1985	0,1985	0,1985	0,1984
IN-Mp 1		0,26	0,0390	0,0391	0,0389	0,0390
IN-Mp 2		8,49	0,0401	0,0399	0,0436	0,0368
IN-Mp 3		0,15	0,0380	0,0380	0,0379	0,0380
IN-Mc 1		2,90	0,0340	0,0350	0,0330	0,0339
IN-Mc 2		0,17	0,0342	0,0341	0,0342	0,0342
IN-Mc 3		0,29	0,0339	0,0340	0,0339	0,0338
IN-Gnd 1		1,41	0,0377	0,0379	0,0381	0,0371
IN-Gnd 2		1,70	0,0389	0,0396	0,0388	0, 0383
IN-Gnd 3		1,79	0,0390	0,0382	0,0393	0,0395

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs. – absorvância; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

**Tabela A4-7.** Determinação de Cu – IIAM

	Branco	Pad. 1	Pad.2	Pad.3	Pad.4	IN-Mp1	IN-Mp2	IN-Mp3
Conc. (ppm)	0,00	0,50	1,00	2,00	4,00	—	—	—
Abs. <sub>med</sub>	0,0000	0,0176	0,0503	0,0985	0,2035	0,0078	0,0081	0,0080
SD	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,019	0,005	0,002
%RSD	0,00	7,70	6,90	7,30	11,80	8,18	11,16	9,99
	IN-Mc1	IN-Mc2	IN-Mc3	IN-Gnd.1	IN-Gnd.2	IN-Gnd.3		
Conc. (ppm)	—	—	—	—	—	—		
Abs. <sub>med</sub>	0,0087	0,0093	0,0088	0,0077	0,0075	0,0077		
SD	0,002	0,004	0,029	0,009	0,005	0,002		
%RSD	13,79	9,98	6,16	11,67	6,71	13,97		

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; SD – desvio-padrão

**Tabela A4-8.** Determinação de Fe – IIAM

	Branco	Pad. 1	Pad.2	Pad.3	Pad.4	IN-Mp1	IN-Mp2	IN-Mp3
Conc. (ppm)	0,00	0,75	1,50	3,00	6,00	—	—	—
Abs. <sub>med</sub>	0,0000	0,0145	0,0395	0,0779	0,1571	0,0088	0,0085	0,0086
SD	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01
%RSD	0,00	33,40	9,90	7,20	7,10	3,19	7,28	4,84
	IN-Mc1	IN-Mc2	IN-Mc3	IN-Gnd.1	IN-Gnd.2	IN-Gnd.3		
Conc. (ppm)	—	—	—	—	—	—		
Abs. <sub>med</sub>	0,0090	0,0089	0,0090	0,0100	0,0080	0,0090		
SD	0,006	0,009	0,014	0,004	0,008	0,067		
%RSD	3,65	8,94	3,73	6,41	1,82	17,60		

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; SD – desvio-padrão

**Tabela A4-9.** Determinação de K – IIAM

	Conc. (ppm)	%RSD	%T <sub>med</sub>	%T 1	%T 2	%T 3	%T 4
Branco	0,00	9,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pad. 1	2,00	5,41	9,25	9,00	10,00	9,00	9,00
Pad. 2	4,00	5,39	17,75	17,00	18,00	17,00	19,00
Pad. 3	6,00	1,71	29,25	30,00	29,00	29,00	29,00
IN-Mp 1		4,08	12,25	12,00	12,00	13,00	12,00
IN-Mp 2		4,26	11,75	12,00	12,00	12,00	11,00
IN-Mp 3		4,08	12,25	13,00	12,00	12,00	12,00
IN-Mc 1		8,70	11,50	11,00	11,00	13,00	11,00
IN-Mc 2		8,15	11,75	12,00	11,00	13,00	11,00
IN-Mc 3		4,44	11,25	12,00	11,00	11,00	11,00
IN-Gnd 1		0,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
IN-Gnd 2		0,00	11,00	11,00	11,00	14,00*	11,00
IN-Gnd 3		7,23	13,25	13,00	14,00	12,00	14,00

Pad. – padrão; Conc. – concentração; %T – percentagem de transmitância; T<sub>med</sub> – valor médio de percentagem de transmitância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; \* -não incluído no cálculo de T<sub>med</sub>.

**Tabela A4-10.** Determinação de Mg – IIAM

	Branco	Pad. 1	Pad.2	Pad.3	Pad.4	IN-Mp1	IN-Mp2	IN-Mp3
Conc. (ppm)	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	—	—	—
Abs. <sub>med</sub>	0,0000	0,1460	0,2216*	0,5166	0,6678	0,5660	0,5680	0,5700
SD	0,04	0,11	0,23	0,03	0,02	0,98	1,20	0,31
%RSD	2,5	7,4	103,2	5,3	2,3	9,19	13,75	3,39
	IN-Mc1	IN-Mc2	IN-Mc3	IN-Gnd.1	IN-Gnd.2	IN-Gnd.3		
Conc. (ppm)	—	—	—	—	—	—		
Abs. <sub>med</sub>	0,5180	0,5520	0,5499	0,6270	0,6300	0,6280		
SD	0,83	0,56	0,47	0,50	0,58	0,30		
%RSD	10,22	6,60	5,32	5,34	6,14	3,01		

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; SD – desvio-padrão

**Tabela A4-11.** Determinação de Mn – IIAM

	Branco	Pad. 1	Pad.2	Pad.3	Pad.4	IN-Mp1	IN-Mp2	IN-Mp3
Conc. (ppm)	0,00	0,50	1,00	2,00	4,00	—	—	—
Abs. <sub>med</sub>	0,0000	0,0283	0,0667	0,1422	0,2827	0,0050	0,0058	0,0051
SD	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,035	0,004	0,008
%RSD	0,1	4,53	2,30	12,10	7,80	4,37	4,54	14,40
	IN-Mc1	IN-Mc2	IN-Mc3	IN-Gnd.1	IN-Gnd.2	IN-Gnd.3		
Conc. (ppm)	—	—	—	—	—	—		
Abs. <sub>med</sub>	0,0100	0,0110	0,0110	0,0100	0,0160	0,0159		
SD	0,010	0,006	0,008	0,014	0,006	0,003		
%RSD	5,85	3,39	4,02	8,27	2,21	1,34		

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; \* - não considerado na calibração; SD – desvio-padrão

**Tabela A4-12.** Determinação de Na – IIAM

	Conc. (ppm)	%RSD	%T <sub>med</sub>	%T 1	%T 2	%T 3	%T 4
Branco	0,00	0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pad. 1	6,40	1,71	29,25	29,00	29,00	30,00	29,00
Pad. 2	12,8	1,10	52,67	55,00*	53,00	53,00	52,00
Pad. 3	19,2	1,34	70,75	71,00	70,00	70,00	72,00
IN-Mp 1		1,53	15,75	33,00	33,00	32,00	33,00
IN-Mp 2		3,17	15,50	33,00	31,00	31,00	31,00
IN-Mp 3		0,00	15,73	15,73	15,73	15,73	15,73
IN-Mc 1		6,28	15,25	15,00	16,00	16,00	14,00
IN-Mc 2		3,72	15,50	16,00	15,00	15,00	16,00
IN-Mc 3		3,28	15,25	15,00	16,00	15,00	15,00
IN-Gnd 1		3,17	15,75	16,00	15,00	16,00	16,00
IN-Gnd 2		6,45	15,50	16,00	16,00	16,00	14,00
IN-Gnd 3		3,72	15,50	16,00	16,00	15,00	15,00

Pad. – padrão; Conc. – concentração; %T – percentagem de transmitância; T<sub>med</sub> – valor médio de percentagem de transmitância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; \*- não incluído no cálculo de T<sub>med</sub>.

**Tabela A4-13.** Determinação de Zn – IIAM

	Branco	Pad. 1	Pad.2	Pad.3	Pad.4	IN-Mp1	IN-Mp2	IN-Mp3
Conc. (ppm)	0,00	0,25	0,50	1,00	2,00	—	—	—
Abs. <sub>med</sub>	0,0000	0,0311	0,1145	0,2099	0,3820	0,0400	0,0430	0,0380
SD	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,049	0,052	0,057
%RSD	0,7	10,18	2,8	6,1	4,2	23,35	22,93	28,66
	IN-Mc1	IN-Mc2	IN-Mc3	IN-Gnd.1	IN-Gnd.2	IN-Gnd.3		
Conc. (ppm)	—	—	—	—	—	—		
Abs. <sub>med</sub>	0,0340	0,0400	0,0380	0,0420	0,0440	0,0420		
SD	0,082	0,083	0,034	0,058	0,012	0,014		
%RSD	5,99	4,39	16,89	15,58	5,71	7,24		

Pad. – padrão; Conc. – concentração; Abs.<sub>med</sub> – valor médio de absorvância; %RSD – desvio-padrão relativo percentual; SD – desvio-padrão

**Tabela A4-14.** Determinação de Na – Depto Quim.

	Conc. (ppm)	%RSD	%T <sub>med</sub>	%T 1	%T 2	%T 3	%T 4
Branco	0,00	11,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pad. 1	6,40	4,60	25,00	24,00	24,00	26,00	26,00
Pad. 2	12,8	1,25	46,50	46,00	47,00	47,00	46,00
Pad. 3	19,2	0,76	65,75	65,00	66,00	66,00	66,00
IN-Mp 1		3,64	13,75	14,00	14,00	14,00	13,00
IN-Mp 2		3,56	13,73	13,92	13,00	14,00	14,00
IN-Mp 3		0,00	13,67	13,67	13,67	13,67	13,67
IN-Mc 1		0,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
IN-Mc 2		0,00	12,91	12,91	12,91	12,91	12,91
IN-Mc 3		5,84	12,96	12,00	13,00	13,85	13,00
IN-Gnd 1		2,28	13,15	13,60	13,00	13,00	13,00
IN-Gnd 2		0,00	13,00	13,00	13,00	13,00	13,00
IN-Gnd 3		3,77	13,25	13,00	14,00	13,00	13,00

Pad. – padrão; Conc. – concentração; %T – percentagem de transmissão; T<sub>med</sub> – valor médio de percentagem de transmissão; %RSD – desvio-padrão relativo percentual

