

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA

FRANSCRISTHIANY SILVA SOUZA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS EM ACEROLAS (*MALPIGHIA
EMARGINATA*) CULTIVADAS NO ENTORNO DE ÁREA INDUSTRIAL DA VILA
MARANHÃO EM SÃO LUÍS-MA PROVENIENTES DA POLUIÇÃO
ATMOSFÉRICA**

São Luís
2017

FRANSCRISTHIANY SILVA SOUZA

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS EM ACEROLAS (*MALPIGHIA
EMARGINATA*) CULTIVADAS NO ENTORNO DE ÁREA INDUSTRIAL DA VILA
MARANHÃO EM SÃO LUÍS-MA PROVENIENTES DA POLUIÇÃO
ATMOSFÉRICA**

Monografia apresentada ao Curso de
Química Licenciatura da Universidade
Federal do Maranhão, como requisito
para a obtenção do grau de Licenciatura
em Química.

Orientadora: Prof. Dra. Janyeid Karla
Castro Sousa

São Luís
2017

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

SILVA SOUZA, FRANSKRISTHIANY.

AValiação DO TEOR DE METAIS EM ACEROLAS MALPICHIA
EMARGINATA CULTIVADAS NO ENTORNO DE ÁREA INDUSTRIAL DA
VILA MARANHÃO EM SÃO LUÍS-MA PROVENIENTES DA POLUIÇÃO
ATMOSFÉRICA / FRANSKRISTHIANY SILVA SOUZA. - 2017.

54 p.

Orientador(a): Janyeid Karla Castro Sousa.

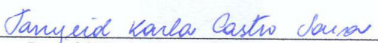
Monografia (Graduação) - Curso de Química, Universidade
Federal do Maranhão, São Luís, 2017.


1. Acerola. 2. ICP OES. 3. Metais. 4. Poluição
atmosférica. I. Karla Castro Sousa, Janyeid. II. Título.


**AVALIAÇÃO DO TEOR DE METAIS EM ACEROLAS (*MALPIGHIA
EMARGINATA*) CULTIVADAS NO ENTORNO DE ÁREA INDUSTRIAL DA VILA
MARANHÃO EM SÃO LUÍS-MA PROVENIENTES DA POLUIÇÃO
ATMOSFÉRICA**

Aprovada em: 17/07/2017

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a. Dra. Janyeid Karla Castro Sousa (orientadora)
BICT - UFMA


M Sc. Francisca Socorro Nascimento Taveira
DEQI - UFMA


Prof.^a. Dra. Lorena Carvalho Martiniano de Azevedo
DETEQUI - UFMA

*“É graça divina começar bem.
Graça maior persistir na caminhada certa.
Mas a graça das graças é não desistir nunca.”*

Dom Hélder Câmara

À Deus, sem Ele, nada seria possível.

*Aos meus pais, Antônio Augusto N. Souza e
Teresinha de Jesus Silva Souza, pelos esforços,
confiança e compreensão.*

*Aos meus irmãos, Frangeovane Souza e
Fransjackeline Souza que sempre me
incentivaram.*

*Aos meus sobrinhos, João Guilherme, Davi
Augusto e Luís Gustavo, e à sobrinha, Geovanna
Raquel pelo carinho e alegrias.*

Agradecimentos

À Deus por estar sempre ao meu lado e ter proporcionado a conclusão deste trabalho;

Aos meus pais pelo constante apoio e compreensão;

A professora Janyeid por toda contribuição científica e principalmente pela confiança e incentivos;

A todos os professores e colegas do curso de Química Licenciatura da UFMA;

À comunidade da Vila Maranhão que me concedeu as amostras de acerolas de seus quintais, principalmente à Maria Carmem pela facilitação e disponibilidade em ajudar na aquisição;

Aos colegas dos laboratórios de pesquisa da UFMA, do LPQA e BICT, em especial à Helmara e Luciano, respectivamente, pela ajuda no pré-tratamento das amostras.

Às colegas Cindy Santana e Raimunda Anésia pelo grande apoio no desenvolvimento deste trabalho;

Aos colegas dos laboratórios de pesquisa da UEMA, do NTER, em especial ao João Reis, pela disponibilidade e compreensão;

À todos que durante este trabalho tiveram ao meu lado me incentivando e contribuindo de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho propõe investigar possíveis impactos da poluição atmosférica industrial através da avaliação dos metais Fe, Mn, Cd, Pb, Ni, Cu, Na, Zn, Cr e Na em amostras de acerolas (*Malpighia ermaginata*). Esta espécie vegetal foi escolhida considerando sua abundância de acordo com o período do ano e consumo potencial pela população. As análises envolveram a coleta de amostras de acerolas cultivadas em quintais localizados na comunidade da Vila Maranhão, situada à 72 Km da capital São Luís-MA. Os teores dos metais de interesse foram determinados pela técnica de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES) e avaliados através de dados comparativos com a legislação vigente. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença dos metais Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Na e P no suco da acerola. Todos os resultados avaliados apresentaram teores médios abaixo dos valores permitidos pela Portaria nº 685/98 da ANVISA, exceto para o elemento chumbo que apresentou teor dez vezes acima, indicando possível contaminação da acerola por poluentes metálicos, e consequentemente impactos à saúde das pessoas. Embora alguns metais apresentaram-se dentro dos limites permitidos, estes servem apenas como parâmetros dos limites para o organismo humano. Os resultados foram também comparados com a literatura usando como referência teores de suco de acerola processados. Alguns teores divergiram entre si por se tratar de suco processado. O valor de concentração obtido no suco da acerola *in natura* para o chumbo demonstra a influência de contaminação pelos poluentes metálicos na atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Metais, Poluição Atmosférica, Acerola, ICP OES.

ABSTRACT

The present work proposes to investigate possible impacts of industrial atmospheric pollution through the evaluation of Fe, Mn, Cd, Pb, Ni, Cu, Na, Zn, Cr and Na metals in samples of acerola (*Malpighia ermaginata*). This plant species was chosen considering its abundance according to the period of the year and potential consumption by the population. The analyzes involved the collection of samples of acerola cultivated in backyards located in the community of Vila Maranhão, located 72 km from the capital São Luís-MA. The contents of the metals of interest were determined using the inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) technique and evaluated through comparative data with current legislation. The results obtained allowed to detect the presence of metals Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Na and P in the acerola juice. All the evaluated results had average levels lower than the values allowed by ANVISA Ordinance nº 685/98, except for the element that presented content ten times above, indicating possible contamination of acerola by metallic pollutants, and consequently impacts to the health of the people. Although some metals were within the permitted limits, these serve only as boundary parameters for the human organism. The results were also compared with the literature using as reference processed acerola juice contents. Some contents diverged from each other because it was processed juice. The concentration value obtained in acerola juice in natura for lead demonstrates the influence of contamination by metallic pollutants in the atmosphere.

Keywords: Metals, Atmospheric Pollution, Acerola, ICP OES.

LISTA DE TABELAS

| | | Pag. |
|-----------------|---|------|
| Tabela 1 | Parâmetros operacionais para análise por ICP-OES | 37 |
| Tabela 2 | Comprimentos de onda e configuração instrumental (axial ou radial) do ICP-OES | 38 |
| Tabela 3 | Dados da curva de calibração obtidos pela técnica de ICP OES | 40 |
| Tabela 4 | Teores dos metais determinados em amostras de acerola por ICP OES. | 41 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Pag. |
|-----------------|-----------------------------------|------|
| Figura 1 | Localização da Vila Maranhão. | 36 |
| Figura 2 | Curva de calibração para cádmio | 49 |
| Figura 3 | Curva de calibração para ferro. | 49 |
| Figura 4 | Curva de calibração para chumbo. | 49 |
| Figura 5 | Curva de calibração para níquel. | 49 |
| Figura 6 | Curva de calibração para sódio. | 49 |
| Figura 7 | Curva de calibração para zinco | 50 |
| Figura 8 | Curva de calibração para fósforo. | 50 |
| Figura 9 | Curva de calibração para cobre. | 50 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-----------------|--|
| ABNT/NBR | Associação Brasileira de Normas Técnicas / Norma Brasileira Registrada |
| ICP-OES | Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (do inglês <i>Inductively Coupled Plasma Spectrometry</i>) |
| ICP-MS | Espectrômetro de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (do inglês <i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i>) |
| ANVISA | Agência Nacional de Vigilância Sanitária |

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 15 |
| 2.1 A ACEROLA..... | 15 |
| 2.1 A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA INDUSTRIAL | 16 |
| 2.2 EFEITOS DOS METAIS PESADOS NO ORGANISMO HUMANO | 17 |
| 2.3 METODOLOGIAS PARA A QUANTIFICAÇÃO DE METAIS | 27 |
| 2.3.1 Ferro (Fe)..... | 18 |
| 2.3.1.1 Caracterização físico-química e utilização | 18 |
| 2.3.1.1 Intoxicação..... | 19 |
| 2.3.2 Chumbo (Pb)..... | 20 |
| 2.3.2.1 Caracterização físico-química e utilização | 20 |
| 2.3.2.2 Intoxicação..... | 21 |
| 2.3.3 Níquel (Ni)..... | 2132 |
| 2.3.3.1 Caracterização físico-química e utilização | 21 |
| 2.3.3.2 Intoxicação..... | 32 |
| 2.3.4 Zinco (Zn)..... | 32 |
| 2.3.4.1 Caracterização físico-química e utilização | 32 |
| 2.3.4.2 Intoxicação..... | 2332 |
| 2.3.5 Sódio (Na)..... | 24 |
| 2.3.5.1 Caracterização físico-química e utilização | 2432 |
| 2.3.5.2 Intoxicação..... | 2432 |
| 2.3.6 Fósforo (P)..... | 2532 |
| 2.3.6.1 Caracterização físico-química e utilização | 25 |
| 2.3.6.2 Intoxicação o..... | 2632 |
| 2.3.7 Cobre (Cu)..... | 26 |
| 2.3.7.1 Caracterização físico-química e utilização | 26 |
| 2.3.7.2 Intoxicação..... | 2732 |
| 2.4 Metodologias para a quantificação de metais | 297 |
| 2.5 Aspectos gerais da poluição atmosférica da área industrial de São Luís-MA .. | 29 |
| 3 OBJETIVOS | 31 |
| 3.1 Geral..... | 31 |
| 3.2 Específicos..... | 31 |
| 4 PARTE EXPERIMENTAL | 32 |
| 4.1 Reagentes e soluções | 32 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2 Equipamentos e acessórios | 32 |
| 4.3 Procedimento Experimental..... | 32 |
| 4.3.1 Limpeza de materiais e vidrarias | 32 |
| 4.3.2 Coleta das amostras e preparo do suco..... | 32 |
| 4.3.3 Processo de digestão da Amostra por via úmida – Sistema Fechado..... | 33 |
| 4.3.4 Quantificação por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)..... | 34 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 5.1 Processo de digestão da amostra por via úmida - Sistema fechado | 36 |
| 5.2 Quantificação por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma indutivamente Acoplado (ICP-OES) | 36 |
| 5.2.1 Resultados com estudos na literatura | 329 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 40 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 41 |
| ANEXOS..... | 45 |

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos antigos o homem tem atuado de forma transformadora e, muitas vezes, predatória sobre a natureza, destruindo espécies animais e vegetais, e conseqüentemente com a saúde e o bem estar do ser humano, pois estão diretamente relacionados com a qualidade do meio ambiente em que vivem, ou seja, com suas condições físicas, químicas e biológicas. Desde a descoberta do fogo, aproximadamente 800 mil anos antes de Cristo, o homem vem contribuindo de forma atuante, porém não consciente, para a deterioração da qualidade do ar e a sofrer as conseqüências desse ato (BRAGA et al., 2002).

A poluição do ar tem um impacto direto na saúde humana e nos ecossistemas (CANCADO et al., 2006; LOVETT et al., 2009) representa hoje um dos maiores problemas de Saúde Pública, afetando a saúde dos seres humanos, de outros animais e das plantas (HE et al., 2005). O rápido avanço tecnológico do mundo moderno trouxe consigo um aumento na quantidade e na variedade de poluentes eliminados na atmosfera, prejudicando de maneira muito séria a qualidade de vida em nosso planeta (SAINT'PIERRE, at al., 2008).

Entre os poluentes está o material particulado (PM) que é um parâmetro importante da poluição do ar. Este é constituído principalmente por poeira de solo e resíduos de combustão de combustível e atividades industriais. O PM pode transportar metais tóxicos, que podem ser depositados e removidos para a hidrosfera e a biota como contaminantes ambientais (LOVETT et al., 2009). Os metais pesados constituem outro grande problema para a saúde humana, os quais são elementos químicos metálicos, de peso atômico relativamente alto, que em concentrações elevadas são muito tóxicos à vida (KAWAI, 2012).

Os metais pesados são elementos que não devemos ter no organismo, nem mesmo em quantidades mínimas, pois levam, em curto prazo, a sintomas subclínicos dificultando o seu diagnóstico, e em longo prazo, podem levar a doenças graves, que variam de acordo com o metal intoxicante. Dentre as condições e doenças provocadas pela contaminação destes metais tóxicos podemos citar, dores de cabeça, osteoporose, insônia, irritabilidade, infertilidade, depressão, perda de memória, fadiga crônica, dores musculares e articulares (CARDOSO, 2006).

Como forma de avaliar a presença de teores de metais pesados, provenientes da poluição atmosférica industrial, foram usadas frutas da aceroleira cultivadas nos

quintais da comunidade localizada no Distrito Industrial de São Luís-MA. Sendo as frutas de grande importância na composição da dieta da população das regiões subdesenvolvidas ou em desenvolvimento do Brasil, que apresentam clima e solos favoráveis ao cultivo de uma diversidade de espécies (SANTOS, 2007).

A fruta, acerola, foi escolhida para estudo no presente trabalho de forma aleatória seguindo os critérios, de presença da fruta durante o ano, o consumo pela maioria das pessoas, são frutas acessíveis e de baixo custo. Será utilizada a polpa da acerola para determinação dos teores dos metais Fe, Cu, Na, P, Zn, Pb e Ni. O local de estudo possui um longo histórico de impacto atmosférico por poeira e metais particulados, causado por atividades portuárias e industriais, especialmente do setor de mineração, fertilizantes e carvão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A acerola

A acerola de nome científico *Malpighia emarginata* D.C é uma planta frutífera originada das Antilhas, norte da América do Sul e América Central (BRUNINI et al., 2007). A árvore da acerola chama-se aceroleira que é um arbusto de até três metros de altura, seu tronco se ramifica desde a base, e sua copa é bastante densa com pequenas folhas verde-escuras e brilhantes. Suas flores, de cor róseo-esbranquiçada, são dispostas em cachos, têm floração durante todo o ano, e após três ou quatro semanas se dá sua frutificação. O fruto se forma rapidamente em 22 e 25 dias (NEVES, 2007).

A acerola é uma drupa, carnosa, variando na forma, tamanho e peso. Nela, o epicarpo (casca externa) é uma película fina; o mesocarpo é a polpa e o endocarpo é constituído por três caroços unidos, com textura pergaminácea, que dão ao fruto o aspecto trilobado. Cada caroço pode conter no seu interior uma semente, com 3 a 5 mm de comprimento, de forma ovóide e com dois cotilédones (ALMEIDA et al., 2002).

As frutas e os produtos têm papel de destaque na dieta por contribuir para a melhoria da nutrição e da saúde dos indivíduos, especialmente para o Brasil que apresenta grande contingente populacional de baixa renda, cuja dieta é extremamente pobre e nutricionalmente desequilibrada. A acerola é uma fruta rica em vitamina C como também carotenoides, tiamida, riboflavina, niacina, proteína e alguns minerais como ferro, cálcio e fósforo. Ela tem sido usada como medicamento para gripes e resfriados, distúrbios pulmonares, doenças do fígado, irregularidades na vesícula e poliomielite (ASSIS et al, 2001).

A acerola por ser conhecida como fonte natural de vitamina C, pelo seu alto teor, vem apresentando-se como alternativa comercial altamente viável no mercado fruticultor, gerando uma superprodução que vem justificando estudos direcionados ao desenvolvimento de novos produtos a partir desta matéria-prima, que concentra na fruta in natura e na polpa, sua maior forma de consumo (SOARES et al, 2001).

O teor de vitamina C e outras características atribuídas à qualidade da acerola, tais como coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH do suco, além de serem afetadas pela desuniformidade genética dos pomares, sofrem influência de vários outros fatores, como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças (NOGUEIRA et al., 2002).

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador de acerola no mundo (CARVALHO, 2000). Existem plantios comerciais em praticamente todos os Estados brasileiros. Contudo, é na região nordestina, por suas condições de solo e clima, onde a acerola melhor se adapta (FREITAS et al., 2006). O cultivo da acerola vem acentuando de forma persistente e tem despertando interesse entre os produtores e consumidores brasileiros e estrangeiros, tanto in natura ou outros subprodutos industriais. O interesse pela acerola e os estudos sobre suas potencialidades econômicas é devido ao seu alto teor de vitamina C, o que justifica o seu lugar privilegiado diante do mercado consumidor brasileiro (GOMES, 200).

A acerola é uma fruta de bastante importância no mercado mundial para preparo de sucos, geleias, compotas e licores, bem como para o consumo “in natura”. A maior parte de sua produção é comercializada em forma de polpa, que tem sido largamente utilizada no enriquecimento vitamínico do suco de outras frutas, e o pó de seus frutos verdes como matéria-prima para a fabricação de cápsulas de vitaminas (MENEZES et al., 2009).

2.2 A poluição atmosférica industrial

A poluição industrial é uma das principais causas da poluição atmosférica e afeta diretamente o homem por estar sujeito a respirar o ar poluído trazendo sérios problemas a sua saúde e bem estar.

Algumas indústrias destacam-se como grandes fontes de poluição, tais como, as refinarias de petróleo, as indústrias de cimento, as usinas termelétricas, as indústrias siderúrgicas, mineração, carvão e outros. Quanto maior o nível de industrialização, maior o consumo de combustíveis fósseis e matérias-primas e, conseqüentemente, maior a produção de resíduos e poluição do ar.

Podemos dizer que existe poluição do ar quando se contém uma ou mais substâncias químicas em concentrações suficientes para causar danos em seres humanos, em animais, em vegetais ou em materiais. Essas concentrações dependem de vários fatores, como do clima, da topografia, da densidade populacional e do nível e do tipo das atividades industriais locais (BRAGA et al., 2005).

Ultimamente, tem aumentado a preocupação com a poluição atmosférica. Recentes estudos epidemiológicos indicam que o material particulado em suspensão na atmosfera está associado a riscos para a saúde pública, com o aumento da incidência de doenças respiratórias, cardiovasculares e câncer. As partículas em suspensão, especialmente aquelas

de menor tamanho, podem ser inaladas até os alvéolos das vias aéreas inferiores dos pulmões (CHAN et al, 2001; MAGALHÃES, 2005).

A poluição do ar representa hoje um dos maiores problemas de Saúde Pública e o rápido avanço tecnológico do mundo moderno trouxe consigo um aumento na quantidade e na variedade de poluentes eliminados na atmosfera, prejudicando de maneira muito séria a qualidade de vida em nosso planeta (CASTRO et al., 2003).

Poluentes atmosféricos são quaisquer substâncias presentes no ar e que, por sua concentração, possam torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à flora e à fauna (MAGALHÃES, 2005; CONAMA, 1990).

Dentre os poluentes podemos citar o material particulado em suspensão (MPS), e conseqüentemente, os metais pesados. O Material particulado são partículas que tendem a persistir na atmosfera e podem sofrer reações químicas e serem transportadas por longas distâncias (FERNANDES et al., 2007). O MPS apresenta assim uma considerável variabilidade de elementos em sua composição, chegando a ser constituído por centenas de compostos ou substâncias químicas diferentes, no entanto as partículas predominantes nessa fração são as partículas de origem mineral. Dessa forma, sendo a ação dos metais pesados na saúde humana, muito diversificada e profunda, onde os mais perigosos estão o mercúrio, o cádmio, cromo e o chumbo (KAWAI et al., 2012).

2.3 Efeitos dos metais pesados no organismo humano

As principais propriedades dos metais pesados, também denominados elementos traço, são os elevados níveis de reatividade e bioacumulação. Isto quer dizer que tais elementos, além de serem capazes de desencadear diversas reações químicas, não metabolizáveis (organismos vivos não podem degradá-los), o que faz com que permaneçam em caráter cumulativo ao longo da cadeia alimentar (CARDOSO, 2008).

Os metais pesados, a partir do contato com o organismo humano, podem representar diferentes riscos a saúde. Esses riscos podem ser imediatos, como também podem ter efeitos nocivos em médio ou longo prazo, visto que sua contaminação é progressiva e cumulativa (MACEDO, 2012).

Do ponto de vista toxicológico, esse grupo de metais – metais pesados – possui uma propriedade química que os distingue em relação aos efeitos no organismo. Possuem a capacidade de afetar diferentes órgãos e tecidos do organismo em decorrência dos

processos bioquímicos que resultam na afinidade com um ou outro órgão ou tecido (RUPPENTHAL, 2013).

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio e zinco para a realização de funções vitais no organismo. Porém níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças (RUPPENTHAL, 2013).

2.3.1 Ferro

2.3.1.1 Caracterização físico-química e utilização

É um metal maleável, tenaz, de coloração cinza prateado apresentando propriedades magnéticas. É encontrado na natureza fazendo parte da composição de diversos minerais, entre eles muitos óxidos, como o FeO (óxido de ferro II, ou óxido ferroso) ou como Fe₂O₃ (óxido de ferro III, ou óxido férrico) (CARDOSO, 2008).

Para obter-se ferro no estado elementar, os óxidos são reduzidos com carbono e imediatamente submetidos a um processo de refinação para retirar as impurezas presentes.

O ferro é o metal mais usado, com 95% em peso da produção mundial de metal. É indispensável devido ao seu baixo preço, especialmente empregado em automóveis, barcos e componentes estruturais de edifícios (CARDOSO, 2008).

O aço é a liga metálica de ferro mais conhecida, sendo este o seu uso mais frequente. Os aços são ligas metálicas de ferro com outros elementos, tanto metálicos quanto não metálicos, que conferem propriedades distintas ao material. É considerada aço, uma liga metálica de ferro que contém menos de 2% de carbono; se a percentagem é maior recebe a denominação de ferro fundido (CARDOSO, 2008).

As ligas férreas apresentam uma grande variedade de propriedades mecânicas dependendo da sua composição e do tratamento aplicado.

Os aços são ligas metálicas de ferro com concentrações máximas de 2% em peso de carbono, aproximadamente. O carbono é o elemento de ligação principal, porém os aços contêm outros elementos. Dependendo do seu conteúdo em carbono são classificados em (CARDOSO, 2008):

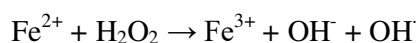
- **Aços baixos em carbono:** Contêm menos de 0,25% de carbono em peso. Não são tão duros nem tratáveis termicamente, porém dúcteis. São utilizados em veículos, tubulações, elementos estruturais e outros. Também existem os aços de alta resistência com baixa liga de carbono, que, entretanto, contêm outros elementos fazendo parte da composição, até uns 10% em peso; apresentam maior resistência mecânica e podem ser trabalhados facilmente.
- **Aços médios em carbono:** Entre 0,25% e 0,6% de carbono em peso. Para melhorar suas propriedades são tratados termicamente. São mais resistentes que os aços baixos em carbono, porém menos dúcteis, sendo empregados em peças de engenharia que requerem uma alta resistência mecânica e ao desgaste.
- **Aços altos em carbono:** Entre 0,60% e 1,4% de carbono em peso. São os mais resistentes, entretanto, os menos dúcteis. Adicionam-se outros elementos para que formem carbeto, por exemplo, o carbeto de tungstênio, quando é adicionado à liga o tungstênio. Estes carbeto são mais duros, formando aços utilizados principalmente para a fabricação de ferramentas.
- Quando o conteúdo de carbono da liga é superior a 2,1% em peso, a liga metálica é denominada ferro fundido. Estas ligas apresentam, em geral, entre 3% e 4,5% de carbono em peso. Existem diversos tipos de ferros fundidos: cinzento, esferoidal, branco e maleável. Dependendo do tipo apresenta aplicações diferentes: em motores, válvulas, engrenagens e outras.

Um dos inconvenientes do ferro é que se oxida com facilidade. Existe uma série de aços aos quais se adicionam outros elementos ligantes, principalmente o cromo, para que se tornem mais resistentes à corrosão. São os chamados aços inoxidáveis.

Por outro lado, os óxidos de ferro apresentam variadas aplicações: em pinturas, obtenção de ferro, e outras. A magnetita (Fe_3O_4) e o óxido de ferro III (Fe_2O_3) têm aplicações magnéticas (CARDOSO, 2008).

2.3.1.2 Intoxicação

O ferro em excesso é tóxico. O ferro reage com peróxido produzindo radicais livres. A reação mais importante é (CARDOSO, 2008; BRASIL, 20016):



Quando o ferro se encontra nos níveis normais, os mecanismos antioxidantes do organismo podem controlar este processo.

A dose letal de ferro em crianças de 2 anos é de 3 gramas. 1 grama pode provocar um envenenamento. O envenenamento por ferro é denominado hemocromatose. O ferro em excesso se acumula no fígado, provocando danos neste órgão (MACEDO, 2012; RUPPENTHAL, 2013; BRASIL 2006).

Pessoas mais propensas a apresentar hemocromatose são:

- Portadores de hemocromatose hereditária e de anemias hereditárias
- Receptores de múltiplas transfusões de sangue
- Pacientes submetidos a tratamentos com derivados de ferro
- Pessoas que ingerem dietas especiais ricas em ferro.

2.3.2 Chumbo

2.3.2.1 Caracterização físico-química e utilização

A temperatura ambiente encontra-se no estado sólido com coloração cinza azulada, maleável, baixo ponto de fusão (327,4 °C) e mal condutor de eletricidade. Encontrado com abundância na crosta terrestre a partir do minério galena (PbS) que possui 86 % de Pb em sua composição (CARDOSO, 2008).

É o metal não ferroso mais usado na indústria. Sua produção mundial é de aproximadamente 6 milhões de toneladas por ano. As principais atividades profissionais e fontes de exposição ambiental ao chumbo metálico são (BRASIL, 2006):

- Exposições ocupacionais a poeiras e fumos de chumbo.
- Extração, concentração e refino de minérios contendo chumbo.
- Fundição de chumbo.
- Fundições de latão e bronze.
- Reparo de radiadores de carro.
- Manuseio de sucatas de chumbo.
- Instrução e prática de tiro.
- Produção de cerâmicas.

- Jateamento de tintas antigas a base de chumbo.
- Soldas a base de chumbo.
- Corte a maçarico de chapas de chumbo ou pintadas com tintas a base de chumbo.
- Operações de lixamento/polimento de materiais contendo chumbo.

Os principais compostos orgânicos de chumbo são encontrados em tinturas de cabelo, secantes de lacas, vernizes, graxas, ceras e em antidetonantes para gasolina (CARDOSO, 2008).

2.3.2.2 Intoxicação

Uma vez que o chumbo entre em contato com o organismo, o mesmo não sofre metabolização, sendo complexado por macromoléculas, diretamente absorvido, distribuído e excretado. As vias de contaminação podem ser a inalação de fumos e poeiras (mais importante do ponto de vista ocupacional) e a ingestão. Apenas as formas orgânicas do metal podem ser absorvidas via cutânea. O chumbo é bem absorvido por inalação e até 16% do chumbo ingerido por adultos pode ser absorvido. Em crianças, o percentual absorvido através da via digestiva é de 50 % (RUPPENTHAL, 2013).

Uma vez absorvido, o chumbo é distribuído para o sangue onde tem meia-vida de 37 dias, nos tecidos moles, sua meia-vida é de 40 dias e nos ossos, sua meia-vida é de 27 anos, constituindo estes o maior depósito corporal do metal armazenando 90 a 95 % do chumbo presente no corpo. A excreção é extremamente lenta, ocorrendo 65 % por via renal e 35 % por via biliar. O restante é pelo suor, unhas, cabelos, descamação da pele (MACEDO, 2012; RUPPENTHAL, 2013).

Os efeitos são a neurotoxicidade, distúrbios hematológicos, distúrbios renais, hipertensão arterial, carcinogenicidade. Também apresenta efeitos reprodutivos com possível aumento de abortos, malformações, natimortos e redução na contagem de espermatozoides (RUPPENTHAL, 2013).

2.3.3 Níquel

2.3.3.1 Caracterização físico-química e utilização

É um metal de transição de coloração branco-prateada, condutor de eletricidade e calor, dúctil e maleável, porém não pode ser laminado, polido ou forjado facilmente. É encontrado em diversos minerais, em meteoritos (formando liga metálica com o ferro) e, em princípio, existe níquel no núcleo da Terra. É resistente a corrosão, e só pode ser utilizado como revestimento por eletrodeposição. O metal e algumas de suas ligas metálicas são utilizados para manejar o flúor e alguns fluoretos porque reage com dificuldade com essas substâncias (CARDOSO, 2008).

O níquel é usado sob sua forma pura para a produção de protetores de peças metálicas, devido a sua alta resistência a oxidação. É aplicado principalmente em ligas ferrosas e não ferrosas, para consumo no setor industrial, em material bélico, em moedas, na área de transporte, nas aeronaves, na área de construção civil, aços inoxidáveis, ou ainda na produção do imã artificial. O sulfato de níquel é adequado para galvanoplastia, banhos de sais de níquel nos quais se obtém a niquelagem, processo que permite um acabamento refinado e protetor de diversas peças de metal (CARDOSO, 2008).

A maioria do níquel extraído é utilizada na siderurgia (cerca de 70%), enquanto que o restante é empregado na composição de ligas não ferrosas e na galvanoplastia.

2.3.3.2 Intoxicação

Do ponto de vista toxicológico, a inalação no local de trabalho, seguida do contato cutâneo, constituem as vias mais importantes de exposição a níquel. A deposição, absorção e retenção das partículas de níquel no trato respiratório seguem os princípios da dinâmica pulmonar (RUPPENTHAL, 2013).

Fatores fisiológicos como a idade e estado de saúde, poderão influenciar o processo de deposição e retenção das partículas de níquel no organismo. Os compostos mais solúveis são mais rapidamente absorvidos do pulmão para a corrente sanguínea e excretados na urina. Sais de níquel, como sulfatos, são rapidamente absorvidos e excretados na urina com tempos de semivida de horas a alguns dias. Por sua vez, os compostos insolúveis, como por exemplo, óxidos de níquel são absorvidos lentamente, dos pulmões para a corrente sanguínea, resultando numa acumulação em nível pulmonar (RUPPENTHAL, 2013).

2.3.4 Zinco

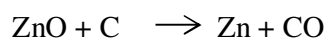
2.3.4.1 Caracterização físico-química e utilização

O Zinco, Zn, é um metal branco-azulado, brilhante, resistente a oxidação e quebradiço em temperatura ambiente (25 °C); mas sendo maleável em temperaturas entre 100 °C a 150 °C. É um metal de transição e pertence ao grupo 12 (IIB) da tabela periódica (CARDOSO, 2008).

Dados históricos comprovam que o zinco metálico, era produzido na Índia no século XIII. Através da reação de redução do mineral calamina - $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2 \cdot H_2O$ com substâncias orgânicas, tais como a lã (pêlo de animais). Muito antes do zinco ser reconhecido como elemento distinto, seus minérios eram usados para produzir latão. Uma liga contendo zinco foi achada em ruínas pré-históricas na Transilvânia. Zinco metálico foi produzido na Índia, no século 13, pela redução da calamina com materiais orgânicos (CARDOSO, 2008).

Os principais minerais são a blenda (sulfeto de zinco, ZnS), a esmitsonita (carbonato de zinco, $ZnCO_3$), a franklinita (espinélio de zinco e ferro - espinélios são minerais formados, basicamente, por aluminato de magnésio, podendo este ser parcialmente substituído por ferro, manganês ou zinco e o alumínio, por ferro ou cromo), a calamina (silicato básico de zinco) e a zincita (óxido de zinco, ZnO) (CARDOSO, 2008; MACEDO, 2012).

Pode ser produzido pelo aquecimento do minério para formar o óxido e a posterior redução com carbono:



Empregado em uma variedade de ligas: latão, bronze para molas, com níquel e prata para tipografia, ligas para soldas, etc. Ligado com cobre e alumínio, é usado para produzir peças fundidas sob pressão, as quais são amplamente usadas nas indústrias automobilísticas, de equipamentos elétricos e outras. Muito usado no revestimento (galvanização) de peças de aço, para prevenir a corrosão. Zinco metálico é usado em alguns tipos de baterias (CARDOSO, 2012).

O zinco é um elemento essencial para o crescimento de homens e animais.

2.3.4.2 Intoxicação

Mesmo que esse mineral seja essencial para o nosso organismo, consumi-lo em excesso (mais de 50 miligramas por dia durante semanas), pode fazer mal à saúde. Isso

acontece por causa da relação do mineral com as moléculas de cobre no organismo. Quando os níveis de zinco estão muito altos em nossa corrente sanguínea, a quantidade de cobre diminui, deixando a pessoa com deficiência desse outro mineral (MENEZES, 2016).

Os principais sintomas de excesso de zinco e falta de cobre no organismo são diarreia, sonolência, enjoo e vômitos frequentes. Por isso, antes de tomar suplementos, é preciso saber se eles são realmente necessários e qual a dose indicada (MENEZES, 2016).

2.3.5 Sódio

2.3.5.1 Caracterização físico-química e utilização

O sódio é muito abundante na natureza, encontrado no sal marinho e no mineral halita. No teste de chama arde na cor amarela. Na sua forma metálica é muito reativo, se oxida com o ar, reage violentamente com a água e é muito corrosivo quando entra em contato com a pele (CARDOSO, 2008; VALLE, 2013).

Não é encontrado livre na natureza, pois decompõe a água produzindo um hidróxido com desprendimento de hidrogênio.

O sódio metálico emprega-se em síntese orgânica como agente redutor. Pode ser usado também em (CARDOSO, 2008):

- Em ligas antiatrito com o chumbo para a produção de balas (projéteis).
- Com o chumbo também é usado para a produção de aditivos antidetonantes para as gasolinas;
- Na fabricação de detergentes combinando-o com ácidos graxos;
- Na iluminação pública, através das lâmpadas de vapor de sódio;
- Na produção de diversos reagentes químicos, como o peróxido de sódio e o cianeto de sódio;
- Na indústria de borracha sintética;
- Na obtenção de titânio e zircônio a partir dos seus cloretos ou óxidos.

2.3.5.2 Intoxicação

O consumo deste mineral em excesso é extremamente nocivo à saúde. Isso porque o sódio retém água, estimula os vasos sanguíneos à vasoconstrição (diminuição do diâmetro dos vasos sanguíneos) e eleva a pressão arterial. Dessa forma predispõe o corpo a doenças cardíacas e renais (VALLE, 2013).

De acordo com a ABRAN (Associação Brasileira de Nutrologia), exagerar na quantidade de sódio é mais fácil do que se aparenta. Seu consumo diário não deve ultrapassar 2,8 g do mineral, o que equivale a 4 g de sal. Além do sal, o sódio também é utilizado massivamente como conservante e aromatizante de produtos industrializados.

O consumo desse mineral em excesso se associa à doenças como hipertensão, insuficiência cardíaca ou renal. A hipertensão é uma doença crônica, de causa genética ou decorrente de uma combinação de fatores. Acomete os vasos do organismo produzindo dano aos órgãos por eles irrigados. Na maioria das vezes não apresenta sintomas e o diagnóstico se dá pela medida da pressão (VALLE, 2013).

Os sintomas do excesso de sódio no organismo são: inchaço nas pernas, mãos e tornozelos, falta de ar, dores ao andar, pressão sanguínea elevada, retenção urinária (VALLE, 2013).

2.3.6 Fósforo

2.3.6.1 Caracterização físico-química e utilização

Fósforo é um não-metal (apesar de existir a forma alotrópica conhecida como fósforo preto que se comporta como um semi-metal, apresentando estrutura cristalina) que se encontra na natureza combinado, formando fosfatos inorgânicos, inclusive nos seres vivos. Não é encontrado na forma isolada porque é muito reativo, oxidando-se espontaneamente em contato com o oxigênio do ar atmosférico, emitindo luz (fenômeno da fosforescência) (CARDOSO, 2008).

Ao mineralizar-se, é absorvido pelas raízes das plantas e se incorpora a cadeia trófica dos consumidores, sendo devolvido ao solo, nos excrementos ou através da morte. Uma parte do fosforo é transportada por correntes de água. Ali, se incorpora na cadeia trófica marinha ou se acumula e se perde nos solos marinhos, aonde não pode ser aproveitada pelos seres vivos, até que o afloramento de algas profundas possam reincorporá-lo na cadeia trófica (CARDOSO, 2008).

Tem diversas aplicações, dentre elas destacam-se:

- O ácido fosfórico concentrado, que pode conter entre 70 e 75% de pentóxido de fósforo (P_2O_5) é importante para a agricultura, já que forma os fosfatos empregados para a produção de fertilizantes;
- Os fosfatos são usados para a fabricação de cristais especiais para lâmpadas de sódio e no revestimento interno de lâmpadas fluorescentes;
- O Fósforo branco tem aplicações militares em bombas incendiárias e bombas de efeito moral;
- Também é usado em fósforos de segurança, pirotecnia, pastas de dente, detergentes, pesticidas e outros produtos.

2.3.6.2 Intoxicação

Por possuir um forte papel na composição óssea, bem como nas diversas atividades mentais ou de manutenção de nosso corpo, o excesso de fósforo também pode ser prejudicial, podendo levar a (RUPPENTHAL, 2013):

Parestesias (sensação anormal sobre a pele que assume diversas formas, tais como: queimação, dormência, coceira, etc.) das extremidades de nosso corpo;

- Hipertensão;
- Confusão mental;
- Formação de cristais de fosfato que podem bloquear artérias, levando à arteriosclerose, derrames, ataque cardíaco e má circulação sanguínea.

A principal forma de excreção do fósforo é por meio das vias renais (pela urina), portanto, pessoas com problemas renais podem vir a acumular o excesso de fósforo em seu corpo. Pessoas com esse quadro clínico devem evitar o consumo de alimentos ricos em fósforo, a fim de evitar seu acúmulo.

2.3.7 Cobre

2.3.7.1 Caracterização físico-química e utilização

O cobre é um elemento químico de símbolo Cu (do latim *cuprum*). À temperatura ambiente o cobre encontra-se no estado sólido.

Classificado como metal de transição, pertence ao grupo 11 (1B) da Classificação Periódica dos Elementos. É um dos metais mais importantes industrialmente, de coloração avermelhada, dúctil, maleável e bom condutor de eletricidade (CARDOSO, 2008; KAHN,

2015).

Conhecido desde a pré-história, o cobre é utilizado atualmente, para a produção de materiais condutores de eletricidade (fios e cabos), e em ligas metálicas como latão e bronze (CARDOSO, 2018).

2.3.7.2 Intoxicação

Acometendo uma em cada 30.000 pessoas, o excesso de cobre tende a se acumular no sangue e com isto esgotar as reservas de zinco do cérebro, causando oxidação da vitamina A, diminuindo a vitamina C, provocando dores musculares e nas juntas, distúrbios no aprendizado, depressão e fadiga (KAHN, 2015).

A doença de Wilson é uma mutação genética, na qual o cobre se acumula nos tecidos, causando lesões extensas. Nesse caso o fígado não expelle o mineral para o sangue ou não o excreta para a bÍlis, ocorrendo uma concentração sérica – quantidade de uma determinada substância no sangue - baixa, fazendo um acúmulo no cérebro, olhos e fígado, provocando a cirrose (KAHN, 2015).

As fontes de contaminação pode ser através de pinturas, pó de cimento, cromagem, indústrias de pigmentos de cromo e monóxido de carbono expelido por automóveis, tabagismo.

Os sintomas apresentados são fadiga, tremores e perda de coordenação, dificuldade de deglutição e alteração da fala, anemia hemolítica, depressão, fobias, comportamentos compulsivos, alterações renais e cardíacas (KAHN, 2015).

2.4 Metodologias para a quantificação de metais

A determinação de Zn, Ni, Pb, Fe, Cu, Cr e Na por espectrofotometria de absorção atômica com atomização em chama em amostras de sucos de uva e pêsego (integral e *light*) foi investigada por CAMPOS *et al.* Os minerais foram extraídos por meio da digestão com ácido clorídrico. Não foram detectadas em quantidades significativas a presença dos metais Zn, Ni, Pb e Cu nos sucos.No entanto, Na, Cr e Fe foram detectados, sendo que o Cr apresentou uma concentração maior que a permitida pelas especificações da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), indicando uma possível contaminação destes produtos. Vale ressaltar que o suco *light* de pêsego foi o que apresentou os maiores teores de ferro.

MAGNA *et al.*, determinaram Cd e Pb por técnica de espectrometria de absorção atômica por chama e forno de grafite em amostras de alimentos vegetais e gramíneas. Os resultados obtidos permitiram detectar a presença de Pb e Cd em alimentos vegetais nas faixas de 0,18 até 118,2 mg/kg e 0,04 até 7,39 mg/kg respectivamente. Todos os alimentos vegetais avaliados apresentaram conteúdos médios de Pb e Cd acima dos valores limites permitidos pela OMS. As gramíneas estudadas apresentaram um conteúdo máximo de chumbo de 820 mg/kg. Para cádmio o conteúdo máximo detectado foi de 7,99 mg/kg.

MORGANO *et al.*, compararam dois métodos de preparação de amostra para determinação de minerais em suco de uva: extração com ácido clorídrico a frio com agitação e digestão em sistema fechado, sob pressão, empregando-se energia de microondas. As concentrações dos minerais foram obtidas empregando-se a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). Os teores dos minerais Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu não diferiram significativamente ao nível de 5% (Teste F) para as duas metodologias empregadas. A precisão e exatidão dos métodos foram avaliadas usando o suco de uva. A metodologia de extração com ácido clorídrico foi empregada para a determinação dos teores de minerais em sucos processados de abacaxi, acerola, caju, goiaba, manga, maracujá e uva. Para facilitar a interpretação dos teores dos minerais encontrados, foram utilizadas as técnicas de Análise por Componentes Principais (PCA) e Análise Hierárquica por Agrupamento (HCA).

GERALDO *et al.*, identificaram e quantificaram 19 elementos (Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn e Pb) presentes nas frações fina e grossa do material particulado coletado na RMC. As determinações foram realizadas pela técnica de Fluorescência de Raios X por Reflexão Total com Radiação Síncrotron.

SANTOS *et al.*, determinaram as concentrações de Ca, Fe, K, Mg e Zn em polpa e amêndoa de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), usando a espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES). Valores ótimos foram obtidos em 1300 W, 0,70 L min⁻¹ e 0,80 L min⁻¹, respectivamente. Aproximadamente 0,1000 g das amostras foram digeridas em forno microondas, com adição de 1,5 mL de ácido nítrico concentrado e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio 30 % (v/v), avolumadas no final para 25 mL e analisadas no ICP OES. As faixas de concentrações encontradas foram: 1709,1 a 2453,2 µg g⁻¹ para Ca, 5,51 a 36,4 µg g⁻¹ para Fe, 684,3 a 1845,4 µg g⁻¹ para K, 448,9 a 511,7 µg g⁻¹ para Mg e 54,9 a 133,7 µg g⁻¹ para Zn.

SANTOS *et al*, determinaram e compararam o teor de metais Cd, Cu, Mn, Ni e Pb em amostras de polpas e cascas das seguintes frutas: acerola, banana, caju, goiaba, laranja, limão, maçã, mamão, manga, maracujá, melão e sapoti. As concentrações dos metais foram obtidas empregando-se a técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) com atomização em chama.

CRUZ *et al*, investigaram o impacto da poluição ambiental avaliando as concentrações de diferentes metais (Cr, Co, Zn, Pb, Cu, Cd e outros) em amostras de plantas coletadas próximo a uma indústria de couro através de ICP-MS (ELAN6000-SCIEX).

2.5 Aspectos gerais da poluição atmosférica da área industrial de São Luís

Estudos recentes apontaram que as condições ambientais na área do distrito industrial de São Luís, local onde estão instaladas algumas das maiores indústrias do Maranhão, apresentam altos níveis de poluição atmosférica acima dos limites aceitáveis, levando em consideração a resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que determina os padrões de concentração de poluentes atmosféricos (ZAGALLO, 2017).

O governo do Estado apresentou esse ano um inventário sobre a emissão de poluentes no distrito industrial de São Luís, o qual indicou a emissão no ar de 51,4 mil toneladas anuais de poluentes. Antes, as únicas estimativas dessa poluição eram produzidas pelas próprias empresas que operam naquela área, onde indicavam a emissão de 31,4 mil toneladas de poluentes. Por conseguinte, os levantamentos recentes mostraram que houve um crescimento de 64% na poluição industrial em São Luís de 2005 a 2016 (ZAGALLO, 2017).

Entre os poluentes emitidos pelas indústrias estão os gases, tais como, o dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e também, partículas totais em suspensão, ambos nocivos a saúde humana e ao meio ambiente. Dessa forma, o inventário indica uma ultrapassagem dos limites legais de poluentes de óxidos de nitrogênio e partículas em suspensão na área do Distrito Industrial de São Luís, segundo a legislação CONAMA (ZAGALLO, 2017).

Atualmente a poluição industrial de São Luís já chegou à 311% superior à do município de Cubatão-SP, que segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo emitiu 12,5 mil toneladas de poluentes em 2016. Sendo que em 2005 a poluição em Cubatão era de 79,4 mil toneladas. Havendo de lá para cá uma redução de 84,2% no

período, ou seja, graças à medida que foram adotadas pelos órgãos ambientais daquele local, no sentido de obrigar as indústrias a reduzirem suas emissões de poluentes. (ZAGALLO, 2017).

O elevado nível de poluição do ar em São Luís já começou a ser sentido pela população, desde os impactos à flora, à fauna e à saúde da população. Pesquisas científicas de longa duração realizadas em outras localidades ao redor do mundo registraram que o simples acréscimo de poluentes da ordem de 1(um) micrograma por metro cúbico, contribui com o aumento da mortalidade, da ocorrência de doenças e de dias de trabalho perdido (ZAGALLO, 2017).

Logo, medidas eficazes para mitigação da poluição em São Luís precisarão ser adotadas pelos órgãos ambientais locais, a fim de obrigar as indústrias instaladas a reduzirem suas emissões de poluentes. Caso contrário, os níveis de poluição atmosférica poderão piorar em curto prazo com o aumento dos níveis de produção das empresas no distrito industrial, como a de mineração e alumínio.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o teor de metais (Fe, Cu, Pb, Na, P, Zn e Ni) em acerolas (*Malpighia emarginata*) cultivadas no entorno de área industrial da Vila Maranhã em São Luís-MA.

3.2 Específicos

- Determinar a concentração de metais por espectrometria de emissão ótica (ICP OES) em amostras de suco in natura de acerolas, visando identificar possíveis impactos ambientais à saúde e ao meio ambiente;

- Comparar as normas estabelecidas pela ANVISA com a quantificação dos teores dos metais Cu, Pb, Mn, Na, P, Zn e Ni encontrados no suco in natura de acerolas ;

4 PARTE EXPERIMENTAL

4.1 Reagentes e soluções

Todos os reagentes usados no preparo das soluções foram de pureza analítica e de procedência MERCK.

Nos procedimentos de digestão das amostras foram utilizados, ácido nítrico concentrado suprapuro, peróxido de oxigênio (65%) e água purificada.

Todas as soluções foram preparadas utilizando água destilada purificada em sistema NANOPURE (modelo Barnstead).

4.2 Equipamentos e acessórios

Para a digestão da amostra do suco *in natura* da acerola foram utilizados: 2 (dois) béqueres, balança com precisão de 0,0001 mg e forno de microondas ANTON PAAR, Multiwave. Todo o procedimento de preparo da amostra foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Química Analítica (LPQA) e Laboratório de Ensino do Bacharelado em Ciência e Tecnologia (BICT), ambos da UFMA.

As medidas espectrométricas foram feitas em um Espectrometro de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), marca VARIAN modelo 720-ES do laboratório NTER, do Laboratório de solos da UEMA.

4.3 Procedimento Experimental

4.3.1 Limpeza de materiais e vidrarias

Todas as vidrarias, assim como todos os materiais utilizados nos experimentos, foram previamente deixadas imersas em banho ácido (HNO_3 10% v/v) durante aproximadamente 12 horas, em seguida lavados com água destilada.

4.3.2 Coleta das amostras e preparo do suco

As amostras de acerolas foram adquiridas no bairro da Vila Maranhão, conforme Figura 1, em quintais de moradores que cultivam essa fruta.

A coleta foi realizada manualmente e diretamente da aceroleira, tendo o cuidado de usar luvas descartáveis para a coleta.

A escolha das frutas foi considerando o bom aspecto físico e estado de maturação das amostras. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e conduzidas para o laboratório.

No laboratório, as amostras foram devidamente lavadas, retiradas a casca e caroços, ficando somente a polpa, a qual foi masserada, obtendo-se suco da acerola *in natura* para a análise em estudo.

Figura 1. Localização da Vila Maranhão



Fonte: IBAMA;CNPT (2013, apud VIANA 2015)

4.3.3 Processo de digestão da Amostra por via úmida – Sistema Fechado

Na digestão assistida por micro-ondas, a amostra foi pesada em duplicata, 0,4045 g e 0,4024 g, e transferida para frascos de tubos digestores, sendo adicionados 2 mL de H_2O_2 e 3,0 mL de HNO_3 , em cada amostra e também para o preparo do branco. Os frascos foram fechados e colocados no rotor do micro-ondas (Anton Paar). O programa de aquecimento consistiu em 3 etapas: 1) 100-500W de potência por 5 min; 2) 800W de potência por 15 minutos e 3) desligamento programado com ventilação máxima por 15 minutos, para resfriamento dos frascos. Em seguida, as amostras e o branco foram diluídos em 25 mL com água Milli-Q em balões volumétricos.

4.3.4 Quantificação por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

Os teores dos metais (ferro, chumbo, cobre, níquel, fósforo, zinco e sódio) na amostra do suco *in natura* da acerola foram determinados através de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), de acordo com normas analíticas pré-definidas.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros operacionais utilizados na análise por ICP-OES.

Tabela 1: Parâmetros operacionais para análise por ICP-OES

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Potência da fonte de radiofrequência | 1000 W |
| Fluxo do plasma | 15 L min ⁻¹ |
| Fluxo do gás auxiliar | 1,5 L min ⁻¹ |
| Fluxo do nebulizador | 0,5 L min ⁻¹ |
| Fluxo do gás da amostra | 0,7 L min ⁻¹ |
| Número de replicatas | 4 |

A Tabela 2 apresenta os comprimentos de onda e configuração instrumental (axial ou radial) que foram utilizadas para a determinação dos elementos.

Tabela 2: Comprimentos de onda e configuração instrumental (axial ou radial) do ICP-OES

| Elemento | Comprimento de onda (nm) | Posição |
|----------|--------------------------|---------|
| Fe | 238 | AXIAL |
| Pb | 220 | AXIAL |
| Ni | 231 | AXIAL |
| Cu | 327 | AXIAL |
| Zn | 213 | AXIAL |
| P | 213 | AXIAL |
| Na | 589 | AXIAL |

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Processo de digestão da Amostra por via úmida – Sistema Fechado

Com o processo de digestão, de acordo com o item 4.3.3, a amostra apresentou um aspecto límpido e completamente sem resíduos o que, visualmente, indica que a decomposição da amostra foi satisfatória, permitindo assim, a a determinação do teor total dos metais por ICP OES.

5.2 Quantificação por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES)

Após otimização do equipamento (usando os parâmetros descritos em 4.3.4) foi possível determinar os teores de Fe, Cu, Pb, Na, P, Zn e Ni na amostra de acerola. Para a quantificação desses metais usou-se uma curva analítica de calibração a partir de soluções padrao de 1000 mg L⁻¹ de cada metal em meio ácido (HNO₃ 0,01% v/v) como solução estoque de trabalho. À partir dessas foram feitas as diluições para traçar as curvas analíticas. Cada leitura foi realizada em quaduplicata, a média desses valores, obtida em mg.L⁻¹, foi usada como valor real da amostra.

A Tabela 3 mostra os dados da curva de calibração obtidos pela técnica ICP OES. Os teores dos minerais encontrados nas amostras foram calculados a partir da construção de curvas analíticas de calibração específicas para cada elemento com um total de, no mínimo, 6 pontos e apresentando um coeficiente de regressão linear superior em torno de 0,998, exceto para chumbo (Pb) que apresentou resultado inferior. Os gráficos e resultados foram confeccionados e analisados, respectivamente, utilizando o programa Origin.

Tabela 3: Dados da curva de calibração obtidos pela técnica de ICP OES

| Metal | Equação de Regressão Linear $Y = A + B * X$ | R^2 |
|---------|--|--------|
| Ferro | $Y = 2,11 \times 10^{-4} + 0,9998 * X$ | 0,9998 |
| Chumbo | $Y = 0,0188 + 0,9385 * X$ | 0,9231 |
| Zinco | $Y = 1,08 \times 10^{-4} + 0,9996 * X$ | 0,9996 |
| Níquel | $Y = 0,0291 + 0,9810 * X$ | 0,9763 |
| Sódio | $Y = 0,0241 + 0,9992 * X$ | 0,9991 |
| Cobre | $Y = 6,09 \times 10^{-5} + 0,9983 * X$ | 0,9997 |
| Fósforo | $Y = 0,0346 + 0,9887 * X$ | 0,9859 |

A maioria das curvas construídas apresentaram boa resposta analítica, com boa linearidade e sensibilidade, apresentando baixa detecção em mg.L^{-1} para todos os metais analisado como mostram as Figuras de 2 a do anexo A .

A Tabela 4 apresenta as concentrações dos metais para a amostra de acerola analisada usando curva de calibração, todos os valores das concentrações estão em mg L^{-1} .

Tabela 4: Teores dos metais determinados em amostras de acerola por ICP OES.

| Metal | Concentração (mg. L ⁻¹) | |
|---------|-------------------------------------|--------|
| | ACEROLA | ANVISA |
| Ferro | 2,1403 | - |
| Chumbo | 5,0097 | 0,50 |
| Zinco | 5,6805 | 25 |
| Níquel | 1,3080 | 3,00 |
| Sódio | 86,8011 | - |
| Cobre | 0,6334 | 30 |
| Fósforo | 141,62 | - |

*LD=Limite de detecção

A Tabela 4 apresenta as concentrações dos metais Fe, Cu, Pb, Na, P, Zn e Ni contidos na norma da ANVISA e os resultados obtidos na amostra de suco de acerola.

Os teores dos metais Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Na e P foram detectados e estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, exceto para o chumbo que mostrou-se em desconformidade com a legislação brasileira, portaria nº 685/98 da ANVISA que estabelece para este tipo de alimento limites máximos permitidos de 0,5 mg.L⁻¹.

O chumbo apresentou-se na amostra 10 vezes acima do limite aceitável, o que indica uma possível contaminação por poluentes metálicos, e consequências graves ao organismo e à saúde humana. Em vista disso, o chumbo ao entrar na circulação periférica, esse metal tende a se acumular no fígado, rins, baço, coração, pulmões, cérebro, músculos e sistema esquelético, sendo que suas principais ações se manifestam sobre os sistemas hematopoiéticos, nervoso, renal, gastrointestinal e reprodutor. As crianças e os bebês

constituem um grupo de risco em especial, no qual a exposição severa pode causar convulsão, coma e morte (VIANA, 2015; CAMPOS et al, 2010).

Embora os demais teores dos metais não tiverem apresentado quantidades altas em relação aos limites aceitáveis, sendo que estes limites fazem apenas uma estimativa da presença dos metais para o organismo humano, o ideal seria não haver detecção de certos metais, como os metais pesados, Pb e Ni. Neste estudo o Ni (níquel) apresentou resultados concordantes com a legislação, porém com teores altos, conforme mostrado na Tabela 4.

5.2.1 Resultados com estudos na literatura

MORGANO *et al*, determinaram as concentrações dos teores Ca, P, Na, K, Mg, Zn, Fe, Mn e Cu em sucos processados de abacaxi, acerola, caju, goiaba, manga, maracujá e uva empregando-se a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES). As concentrações encontradas para Cu foi de 0,31 mg L⁻¹, para Fe 1,65 mg L⁻¹, para Mn 0,24 mg.L⁻¹, para sódio 191,15 mg.L⁻¹, para fósforo 91,5 mg L⁻¹ e para o Zn 0,49 mg.L⁻¹. Os teores obtidos no suco da acerola *in natura* do trabalho em estudo comparando-se com os encontrados na literatura citada aproximaram-se dos teores de cobre e ferro, enquanto para os teores de manganês, sódio e zinco apresentaram dados discrepantes, considerando-se que os sucos diferem entre si, um *in natura* e o outro processado.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, apresentam-se as seguintes conclusões:

- O presente trabalho ressalta a importância da quantificação dos metais ferro, manganês, cádmio, chumbo, níquel, cromo, cobre, zinco, fósforo e sódio, em suco de acerola para saúde das pessoas, considerando-o como um indicativo de possível impacto ambiental;
- Através da comparação dos resultados com a metodologia oficial, pode-se observar que houve uma boa concordância entre os valores encontrados para cobre, ferro, sódio, níquel, fósforo e zinco, exceto para o teor de chumbo que se apresentou fora dos limites aceitáveis pela portaria nº 685/98 da ANVISA;
- O teor de chumbo encontrado, 10 vezes mais que limite aceitável, demonstra que a amostra de suco de acerola apresentou resultado significativo, indicando a contaminação da acerola por poluentes metálicos, e conseqüentemente riscos aparentes ao consumo humano;
- A metodologia empregada demonstra que o procedimento de digestão promoveu bons resultados para a quantificação dos metais de cobre, ferro, sódio, níquel, fósforo, chumbo e zinco;
- Algumas comparações realizadas com os teores de metais encontrados na literatura com os da amostra do suco *in natura* da acerola em estudo demonstraram que alguns valores se aproximaram e outros divergiram, porém as comparações foram feitas com suco de acerola processada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.I.L.; LOPES, J.G.V.; OLIVEIRA, F.M.M. **Produtor de acerola**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 40p.

ASSIS, S. A.; LIMA, D.C.; OLIVEIRA, O.M.M.F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry*, London, v. 74, p. 133-137, 2001.

BOETCHER, M. L. Cromo: aspectos toxicológicos e ocupacionais. 2008. Trabalho de conclusão de curso. Ciências Farmacêuticas, FEEVALE, Novo Hamburgo, 2008.

BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. **Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana**. Trabalho apresentado no evento Sustentabilidade na Geração e uso de Energia, UNICAMP, 18 a 20 de fevereiro de 2002.

BRAGA, B. et al. **Introdução á engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Pr ogramáticas Estratégicas. Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico. Brasília, DF: Ed. MS, 2006.

BRUNINI, Maria Amalia et al . Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal , v. 26, n. 3, p. 486-489, Dec. 2004.

CAMPOS, E. M. F.; ROGONI, T. T.; MASSOCATTO, C. L.; DINIZ, K. M.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Quantificação de minerais em sucos industrializados. **Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 1, p. 11-16, jan./abr. 2010.

CAMPOS, E. M. F.; ROGONI, T. T.; MASSOCATTO, C. L.; DINIZ, K. M.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Quantificação de minerais em sucos industrializados. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 14, n. 1, p. 11-16, jan./abr. 2010.

CANCADO, José Eduardo Delfini et al . Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J. bras. pneumol.**, São Paulo , v. 32, supl. 2, p. S5-S11, May 2006 .

CARDOSO, A. et al. Envenenamento por chumbo [on line]. 2006. <http://www.virtual.epm.br/material/tis/curr-bio/trab2004/1ano/chumbo/index.htm>.

CARDOSO, M. L. Metais pesados. 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/metais-pesados/>>. Acesso em: 12 junho de 2017.

CARVALHO, R.A. Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açú, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 21p. (Documento, 49).

CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; ESCAMILLA-CEJUDO, J. A. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde.** *Rev. bras. epidemiol.* [online]. 2003, vol.6, n.2, pp.135-149. ISSN 1415-790X.

CHAN, L. et al. Spatial variation of mass concentration of roadside suspended particulate matter in metropolitan Hong Kong. **Atmospheric Environment.** 35 (2001) 3167-3176.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução 03*, 1990.

Cruz, A. R. H.; Gioda, A.; Ferreira, L. S. C. Avaliação do impacto ambiental causado por metais provenientes da indústria de couro usando plantas como biomonitores. In: 39ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA-SBQ.2016, PUC-RJ, Rio de Janeiro, 2016.

FERNANDES, F.; MOREIRA, S. Avaliação da qualidade do ar: análise de metais pesados no material particulado da região de campinas. In: XVIII - Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP 2007, São Paulo – SP.

FERNANDES, F.; MOREIRA, S. Avaliação da qualidade do ar: análise de metais pesados no material particulado da região de campinas. In: XVIII - Congresso Interno de Iniciação Científica da UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP 2007, São Paulo.

GERALDO, S. M.; VEIGA, V. S. Avaliação da qualidade do ar: Determinação de metais pesados no material particulado Campinas. In: XVI CONGRESSO INTERNO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1025., 2008, São Paulo. Resumos...São Paulo:UNICAMP.

GOMES, J.E.; PERECIN, D.; MARTINS, A.B.G. et al. Análise de agrupamentos e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.22, n.1, p.36-39, 2000.

HE, Z.L, YANG, X.E, STOFFELLA, P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment, **J. Trace Elem. Med. Biol.** 19 (2005) 125–140.
<http://vivasau.de.digisa.com.br/clinica-geral/efeitos-do-excesso-de-sodio-no-corpo/127/>. Acesso em: 07 maio de 2017.

KAHN, L. Excesso de cobre. 2015. Disponível em: <<http://vivaintegral.com.br/saude/excesso-de-cobre>>. Acesso em 12 de junho de 2017.

KAWAI, B, URIAS, C., LEONEL, L., AMADO, M. Poluição Ambiental por metais - Ambiental Sustentável. Disponível em: <<http://ambientalsustentavel.org/2012/poluicao-ambiental-por-metais>>. Acesso em 9 de abril de 2017.

LOVETT, G.M; TEAR, T.H; EVERS, D.C; FINDLAY, S.E; COSBY, B.J; DUNSCOMB, J.K; DRISCOLL, C.T; WEATHERS, K.C. Weathers, Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the Eastern United States. *The Year in Ecology and Conservation Biology*, In: *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1162 (2009) 99–135.

MACÊDO, J. A. B. Introdução à química ambiental. 2. ed. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2009.487 p.

MACEDO, R. B. Segurança, saúde, higiene e medicina do trabalho. Curitiba, PR: IESDE, Brasil, 2012.

MAGALHÃES, L. C. Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de Ouro Preto, MG. 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MAGNA, G. A. M. Análise da exposição por chumbo e cádmio presentes em alimentos vegetais e gramíneas no município de Santo Amaro--BA: caso do passivo ambiental da Cobrac. Dissertação (Mestrado).

MENEZES, F. Consuma mais zinco e deixe sua saúde protegida. 2016. Disponível em: <<http://www.minhavidacom.br/saude/materias/13078-consuma-mais-zinco-e-deixe-sua-saude-protegida>>. Acesso em: 07 de maio de 2017.

MORGANO, Marcelo Antônio; QUEIROZ, SC do N.; FERREIRA, Márcia Miguel Castro. Determinação dos teores de minerais em sucos de frutas por espectrometria de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). *Ciênc Tecnol Aliment*, v. 19, n. 3, p. 344-48, 1999.

NEVES, IVO PESSOA. Cultivo de acerola. **Dossiê técnico**. Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 2007.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.4, p.463-470, 2002.

RUPPENTHAL, J. E. Toxicologia. 2013. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/sexta_etapa/toxicologia.pdf>. Acesso em: 12 junho de 2017.

SAINT'PIERRE, Tatiana D.; MARANHÃO, Tatiane de A.; FRESCURA, Vera Lúcia A.; CURTIUS, Adilson J. Determination of Cd and Pb in Fuel Ethanol by Filter Furnace Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. *Química Nova*, vol. 31, nº 07, 1626-1630, 2008.

SANTOS J.C.S.; BENIGNO, A.P.A. SILVA, J.S.; BEZERRA, D.P.; PAZ, M.S.O.; ROCHA, A.V.P.; MAGALHÃES, C.E.C. Avaliação do teor de metais pesados em cascas e polpas de frutas por espectrometria de absorção atômica. In: 47º CBQ - Congresso Brasileiro de Química, 2007, Natal – RN.

SANTOS, J. H.; LEDO, P. F.; SANTOS, M. J. S.; SANTOS, B. G.; RIBEIRO, J. P. Determinação de Ca, Fe, K, Mg e Zn em frutos de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) usando Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente. Exatas online, v. 6, n. 2, p. 11-20, 2015.

SANTOS, J.C.S.; BENIGNO, A.P.A. SILVA, J.S.; BEZERRA, D.P.; PAZ, M.S.O.; ROCHA, A.V.P.; MAGALHÃES, C.E.C. Avaliação do teor de metais pesados em cascas e polpas de frutas por espectrometria de absorção atômica. In: 47º CBQ - Congresso Brasileiro de Química, 2007, Natal – RN.

VALLE, L. Efeitos do excesso de sódio no corpo. 2013. . Disponível em: <<http://vivasaude.digisa.com.br/clinica-geral/efeitos-do-excesso-de-sodio-no-corpo/127/>>. Acesso em: 07 maio de 2017.

VIANA, M. V. Qualidade do ar e suas implicações na saúde da comunidade da Vila Maranhão, São Luís (MA). 2015. 120f. Dissertação (Mestrado Saúde e Ambiente), Universidade Federal do Maranhão.

ZAGALLO, J. G.C. São Luís atinge índice de poluição superior ao de Cubatão-SP. Disponível em: <<http://fundel.com.br/2017/05/17/sao-luis-atinge-indice-de-poluicao-superior-ao-de-cubatao-sp/>>. Acesso em: 20/05/2017.

ANEXOS

Anexo A: Curvas de Calibração para os metais Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Na, P, Zn e Ni para a amostra de acerola analisada.

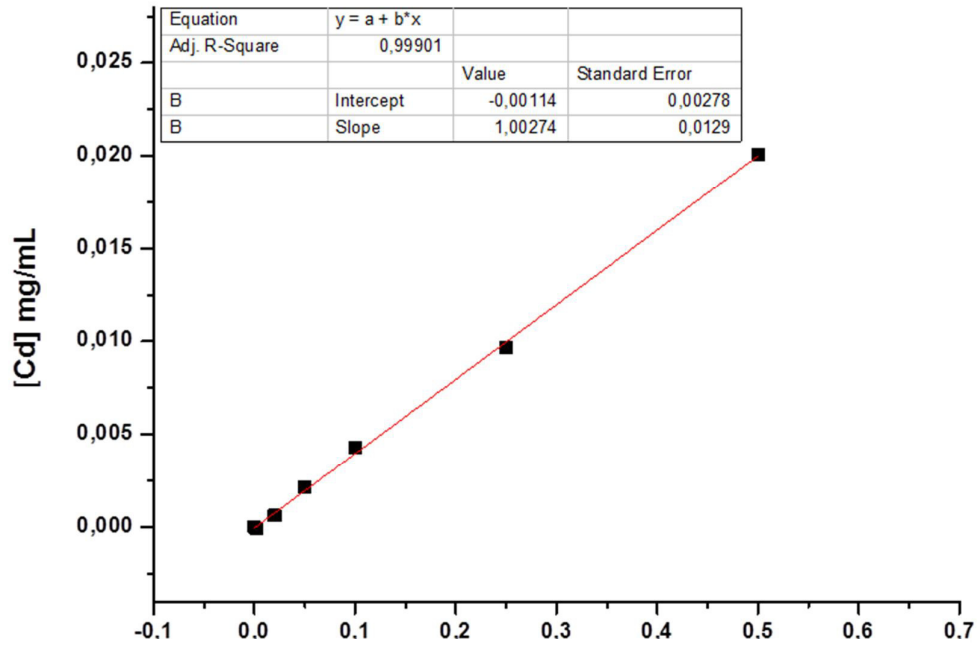


Figura2: Curva de calibração para cádmio em acerola, concentração igual a 0,0014 mg/L.

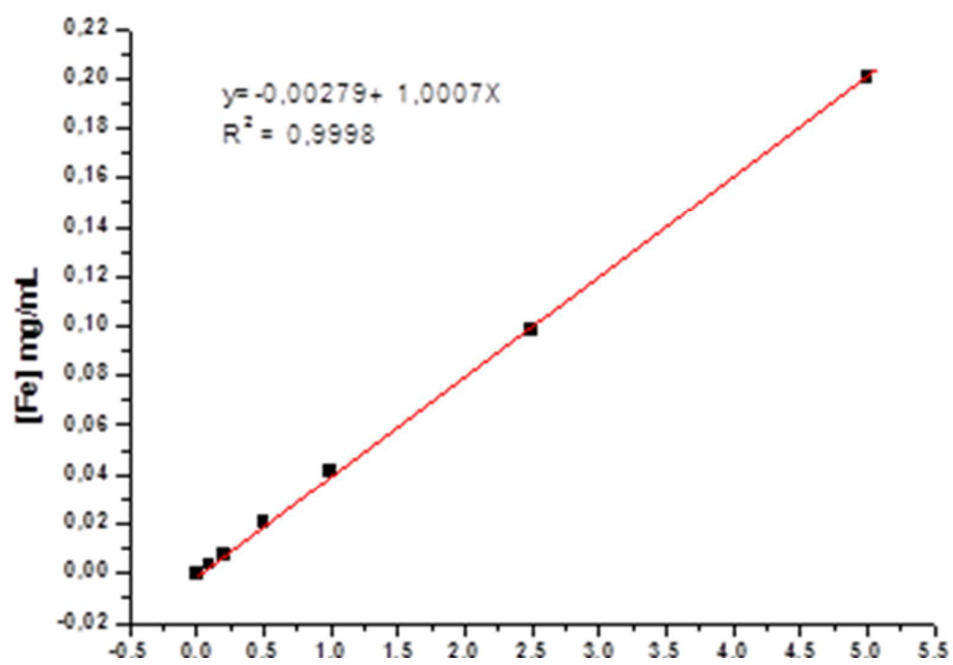


Figura 3: Curva calibração para ferro em acerola, concentração igual a 0,0028 mg/L.

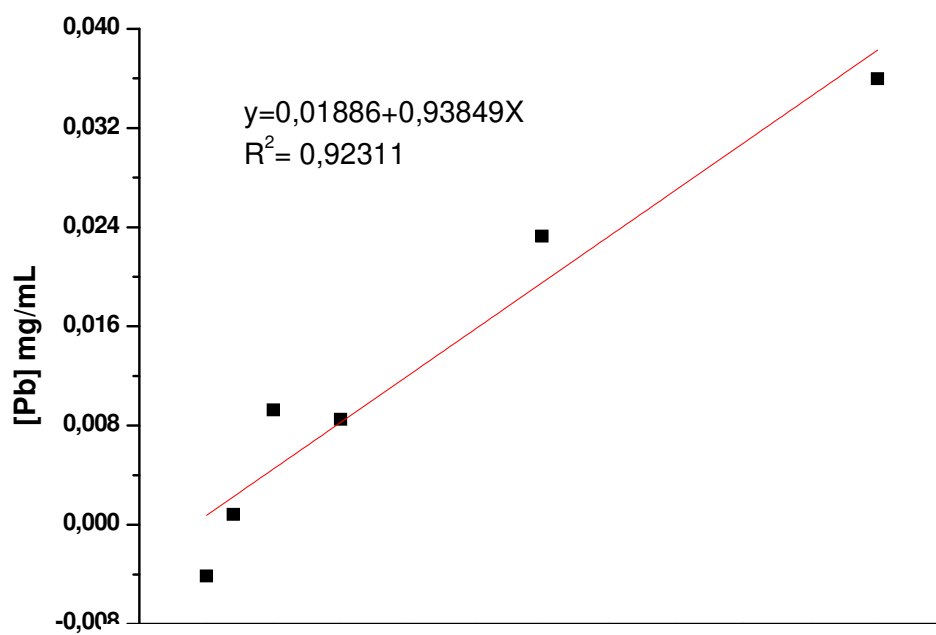


Figura 4: Curva de calibração para chumbo em acerola, concentração igual a 0,0188 mg/L.

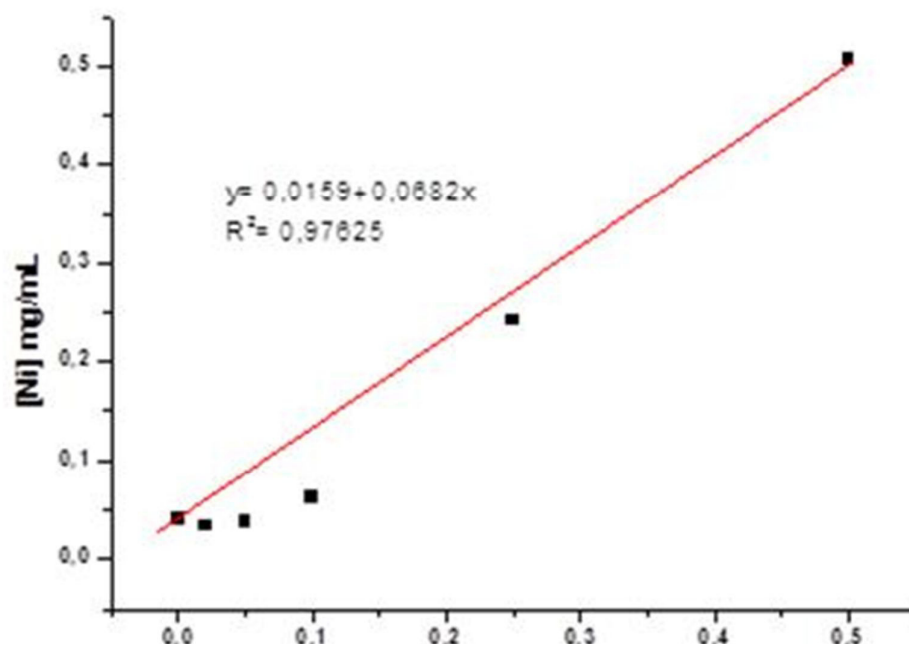


Figura 5: Curva de calibração para níquel em acerola, concentração igual a 0,0159 mg/L.

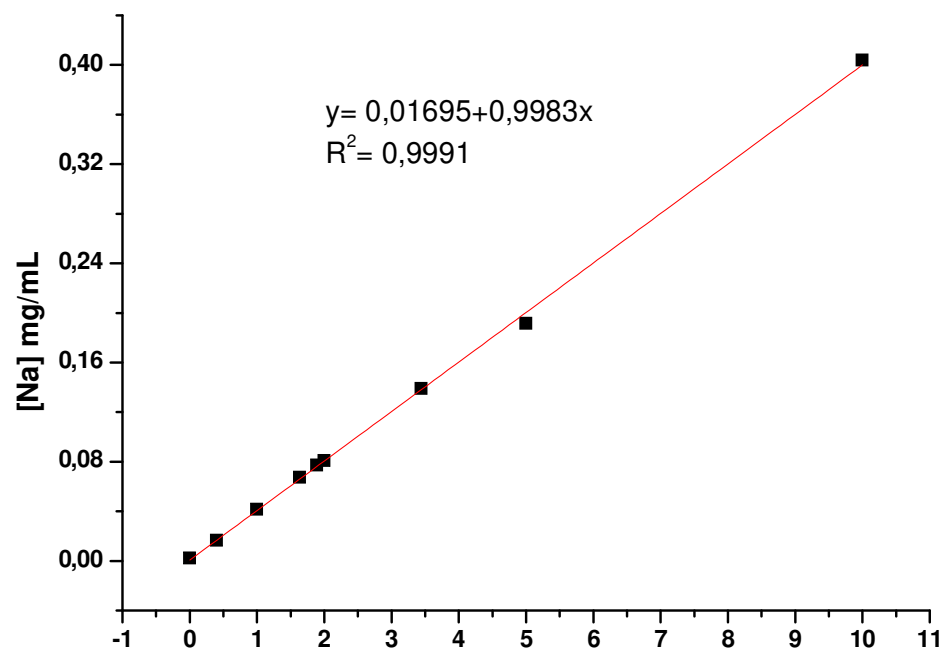


Figura 6: Curva de calibração para sódio em acerola, concentração igual a 0,0169 mg//L.

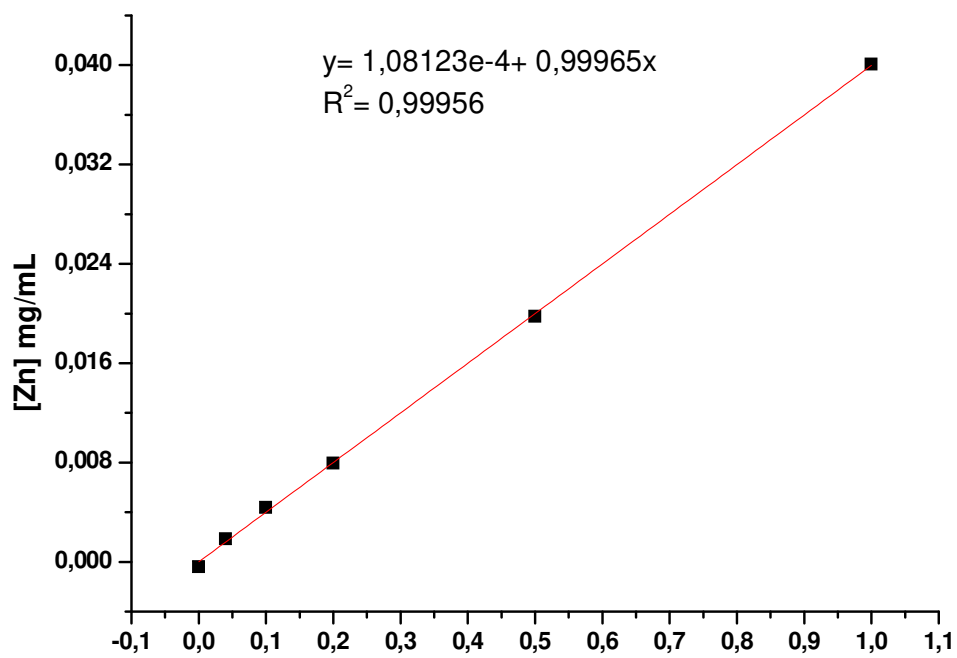


Figura 7: Curva de calibração para zinco em acerola, concentração igual a $1,08 \times 10^{-4}$ mg/L.

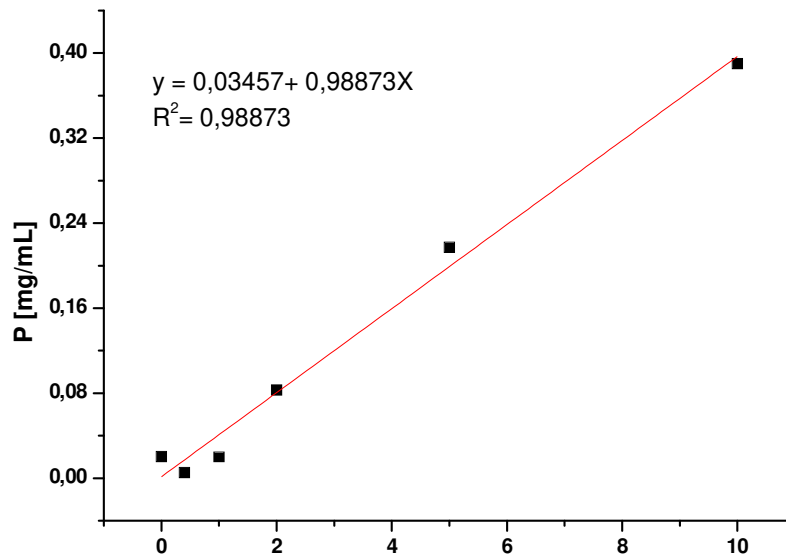


Figura 8: Curva de calibração para fósforo em acerola, concentração igual a 0,0346 mg/mL.

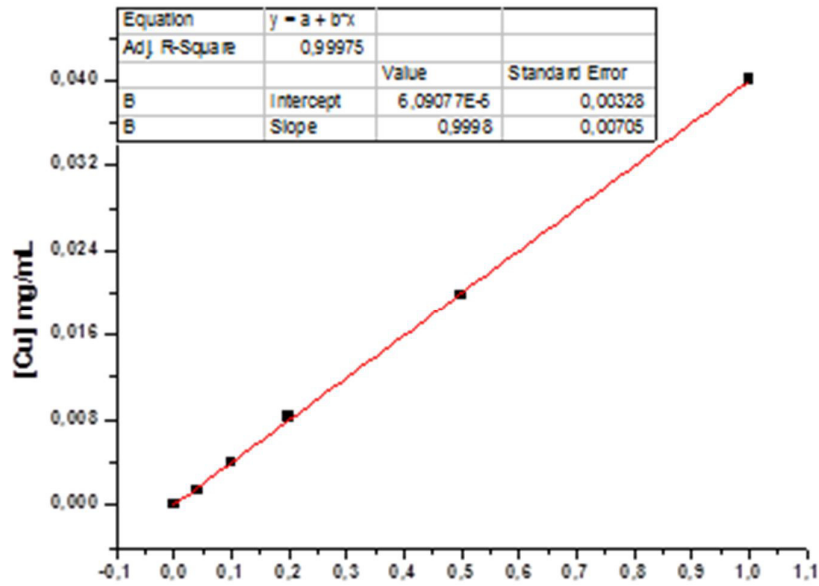


Figura 9: Curva de calibração para cobre em acerola, concentração igual a 0,0346 mg/mL.