

Universidade Federal do ABC (UFABC)
Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS)
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (CTA)

PAULA CRISTINA MARTINELLI

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL NO ENTORNO DO
POLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA E PARANAPIACABA,
REGIÃO DO GRANDE ABC, SOB DIFERENTES ABORDAGENS:
BIOMONITORAMENTO, ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
MICROBIOLÓGICAS**

SANTO ANDRÉ
2019

**AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL NO ENTORNO DO
POLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA E PARANAPIACABA,
REGIÃO DO GRANDE ABC, SOB DIFERENTES ABORDAGENS:
BIOMONITORAMENTO, ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E
MICROBIOLÓGICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal do ABC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cláudia Boian

Coorientadora: Prof^a Dr^a Lúcia Helena Gomes Coelho

Coorientadora: Prof^a Dr^a Luísa Helena dos Santos Oliveira

SANTO ANDRÉ

2019

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC
Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Martinelli, Paula Cristina

AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO AMBIENTAL NO ENTORNO DO POLO PETROQUÍMICO
CAPUAVA E PARANAPIACABA, REGIÃO DO GRANDE ABC, SOB DIFERENTES AB
BIOMONITORAMENTO, ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS / Paul
Cristina Martinelli. — 2019.

150 fls. : il.

Orientadora: Cláudia Boian

Coorientadora: Lúcia Helena Gomes Coelho

Coorientadora: Luísa Helena dos Santos Oliveira

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santo André, 2019.

1. poluição industrial. 2. elementos potencialmente tóxicos. 3.
deposição total. 4. pour plate. 5. bioindicadores. I. Boian, Cláudia.
II. Coelho, Lúcia Helena Gomes. III. Oliveira, Luísa Helena dos Santos.
IV. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2019.
V. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do(a) autor(a) e com a anuência do(a) orientador(a).

Santo André/SP



13 de Novembro de 2019

Assinatura do(a) autor(a):

Am.

Assinatura do(a) orientador(a):

Helinda Boraf



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Fundação Universidade Federal do ABC

Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017

FOLHA DE ASSINATURAS

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata, PAULA CRISTINA MARTINELLI realizada em 28 de Agosto 2019:

Prof.(a) Dr.(a) ANDREA DE OLIVEIRA CARDOSO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) CAMILA NEVES LANGE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) HELENA FRANCA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) MERCIA REGINA DOMINGUES MORETTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) CLAUDIA BOIAN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC - Presidente

* Por ausência do membro titular, foi substituído pelo membro suplente descrito acima: nome completo, instituição e assinatura



Universidade Federal do ABC

**"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código
de Financiamento 001"**

AGRADECIMENTOS

A conclusão dessa nova etapa só foi possível pois muitas pessoas me ajudaram, de maneira direta ou indireta, neste estudo.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Claudia Boian, e às minhas coorientadoras, Profa. Dra. Luísa Helena dos Santos Oliveira e a Profa. Dra. Lúcia Helena Gomes Coelho, pela oportunidade, por todo conhecimento compartilhado e paciência nesse percurso.

Às lindas amigas: Briane, Claudia e Milla por tornarem o caminho solitário, que é o mestrado, em um caminho colorido e mais leve. Sou muito grata ao universo por ter tido a sorte de encontrá-las no começo do mestrado e por tê-las pertinho até o momento atual.

Em um momento difícil, apareceram três anjos em forma de gente na minha vida, são eles: o Prof. Dr. Bruno Lemos Batista, Dra. Camila Neves Lange e a Lucilena Rebelo Monteiro (Luci). Ao Prof. Bruno, por me permitir utilizar o laboratório “BioNanos & Metals” e por todo o suporte; À Camila, por não medir esforços em me ajudar, por toda preocupação, sugestões no exame de qualificação, por ser uma coorientadora não oficial rs. À Luci, pela ajuda nas estatísticas, por todos os ensinamentos e por ser “um ponto fora da curva”.

À Tatiana Pedron, por ler as amostras no ICP- MS; à Fernanda Paniz, pelo auxílio na digestão das amostras e a todos do laboratório “BioNanos & Metals” que me receberam tão bem e me deram um grande suporte no período das análises.

Ao corpo docente do CTA, em especial a Profa Dra. Andrea Oliveira Cardoso pelas colaborações no exame de qualificação.

À Fernanda Furlan Giubbina Bernardi, pela acessibilidade em tirar uma dúvida sobre a MPV da deposição total.

À Natasha Murgu Valdambrini pela participação em todas as etapas da construção dos coletores de deposição total, pelas coletas em Capuava e pela sua generosidade em aceitar que os dados compusessem este trabalho (inicialmente era um projeto paralelo).

À Letícia Portugal pela parceria nas coletas e análises de solo. Foram muitas horas no laboratório até acertarmos tudo, conversas, amizade e Los Hermanos rs.

A todos os funcionários da Escola Estadual Professor Bernaldo de Toledo Piza por toda a ajuda e por permitir que os bioindicadores e coletores ficassem expostos na escola. A todos os funcionários do Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba e a Guarda Municipal de Paranapiacaba, por todo o suporte nas coletas de solo, exposição dos bioindicadores e de deposição total, além das conversas sobre o Distrito.

Ao Prof. Dr. Daniel Gouveia Tanigushi, orientador de TCC e professor na graduação, por incentivar a continuidade dos estudos, indicando os melhores caminhos para conseguir passar em um processo seletivo do mestrado; aos amigos: Lyvia Fischer, Vinicius Justo e Emily Ane por me encorajarem a seguir o caminho acadêmico e por toda amizade.

A todos os colegas da Secretaria de Meio Ambiente de Lorena pela compreensão e torcida no finalzinho do mestrado, onde eu tive que ter um horário flexível para conseguir finalizar a dissertação.

Ao Ronaldo, pelas risadas; por aguentar meus momentos de *stress* e por se tornar um grande amigo no mestrado e na vida, tornando-se um irmãozinho. Ao Felipe (masterchef) pelas comidinhas sempre deliciosas. E, claro, aos seus filhos de quatro patas: Nick e Nina. Esses bebês me mostraram um amor puro que jamais tinha conhecido.

Ao meu namorado e amigo, Renan, pelo amor, cuidado, paciência, parceria no mestrado (merece uma porcentagem desse título, rs), pelas idas para Paranapiacaba e Capuava, revisões de texto e por ser o ombro amigo em momentos que imaginei que não iria conseguir finalizar a dissertação. Sendo meu porto seguro e fazendo tudo para tornar minha vida mais feliz. Agradeço, também, a toda família Nagamine: Mari, Sinsei, Vitinho e Digo (que também me ajudou a organizar os dados das rosas dos ventos), por me receberem tão bem desde o início e se transformarem na minha segunda família.

Em especial, à minha irmã Márcia por ser minha primeira e melhor amiga. Pela amizade, companheirismo, pelos abraços de quebrar o pescoço, conversas e pelos seus famosos áudios de meia hora. Aos meus pais Edmil e Ana pelo amor incondicional, pelos exemplos de vida, honestidade, pelas nossas conversas diárias pelo celular fazendo a saudade ficar menorzinha e por todo o suporte financeiro em minha vida pessoal e acadêmica. Sem os três, nada teria sido possível.

*“ Opte por aquilo que faz seu coração vibrar,
apesar de todas as consequências. ”*
(Osho)

RESUMO

As indústrias petroquímicas são uma das atividades industriais responsáveis pela emissão de poluentes na atmosfera, como por exemplo, os elementos potencialmente tóxicos (EPTs). Os EPTs, quando emitidos na atmosfera, podem contaminar o solo, o ar e a água, trazendo riscos ecológicos e efeitos adversos à saúde dos moradores que vivem no entorno das indústrias petroquímicas. Na divisa dos municípios de Mauá e Santo André, encontra-se o Polo Petroquímico de Capuava (PPC), que apresenta uma peculiaridade em relação aos demais distribuídos pelo Brasil: é o único localizado em meio a uma área residencial densamente ocupada e que, de acordo com estudos anteriores, vem causando impactos negativos à saúde da população do entorno. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a poluição ambiental (ar, deposição total e solo) no entorno do PPC e também em Paranapiacaba, considerada uma área não fonte de poluição por possuir os remanescentes da Mata Atlântica preservada; porém sob a influência do transporte de poluentes provenientes do Polo Industrial de Cubatão. Para isto, foram realizadas análises das concentrações de chumbo (Pb) e cádmio (Cd) no biomonitoramento do ar e deposição total (água de chuva e material particulado) e para o solo foram realizadas as seguintes análises: estimativa das densidades de fungos e bactérias pela técnica de “*pour plate*”, pH e matéria orgânica. Os resultados mostraram um acúmulo, principalmente de Pb, em ambos os locais de estudo. Em Capuava houve um maior acúmulo e também uma sazonalidade mais nítida em função do regime de precipitação. Com relação às análises de solo, em Paranapiacaba houve uma homogeneidade dos parâmetros (microbiológicos, pH e matéria orgânica), caracterizando um solo ácido, com boa disponibilidade de matéria orgânica. Em Capuava, o mesmo não foi observado sendo que a heterogeneidade das amostras fornece um indicativo de ocorrência de solo de reposição (proveniente de locais diferentes). Os resultados mostraram que apesar de Paranapiacaba não ser uma região fonte de contaminantes ela está sob a influência do transporte de poluentes provenientes de Cubatão.

Palavras-Chave: poluição industrial; elementos potencialmente tóxicos; deposição total; bioindicadores; *pour plate*, Região Metropolitana de São Paulo.

ABSTRACT

The petrochemical industries are one of the industrial activities responsible for the emission of pollutants into the atmosphere, such as potentially toxic elements (PTEs). PTEs, when emitted in the atmosphere, can contaminate soil, air and water, bringing ecological risks and adverse health effects to residents living around petrochemical industries. On the border of the municipalities of Mauá and Santo André, there is the Capuava Petrochemical Complex (CPC), which has a peculiarity in relation to the others distributed in Brazil: it is the only one located in a densely occupied residential area and According to previous studies, it has had negative impacts on the health of the surrounding population. In this context, the main objective of this study was to evaluate the environmental pollution (air, total deposition and soil) around the CPC and also in Paranapiacaba, considered a non-pollution source area due to the preserved Atlantic Forest remnants; but under the influence of pollutant transport from the Cubatão Industrial Complex. For this, analyzes of lead (Pb) and cadmium (Cd) concentrations were performed in the air biomonitoring and total deposition (rainwater and particulate matter) and for the soil the following analyzes were performed: estimated fungal and bacterial densities pour plate technique, pH and organic matter. The results showed an accumulation, mainly of Pb, in both study sites. In Capuava there was a greater accumulation and also a clearer seasonality due to the precipitation regime. Concerning the soil analyzes, in Paranapiacaba there was a homogeneity of the parameters (microbiological, pH and organic matter), characterizing an acidic soil, with good availability of organic matter. In Capuava, the same was not observed and the heterogeneity of the samples provides an indication of replacement soil occurrence (from different locations). The results showed that although Paranapiacaba is not a source region of contaminants, it is under the influence of the transport of pollutants from Cubatão.

Keywords: industrial pollution; potentially toxic elements; total deposition; bioindicators; pour plate, Metropolitan Region of São Paulo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo biogênico dos metais tóxicos que descreve as fontes de emissões naturais e antrópicas (representadas pelas setas vermelhas indicadas para cima) e a deposição dos metais (indicadas nas setas para baixo).	37
Figura 2 - A Refinaria de Capuava (RECAP) em obras e com um espaço pré-definido para a construção do Polo Petroquímico de Capuava (PPC) e no seu entorno não possuía adensamento populacional.	42
Figura 3 - Mapa da evolução da industrialização e da população ao longo do rio Tamanduateí, no município de Santo André, entre os anos de 1954 e 1972.	43
Figura 4 - Mapa da RGABC mostrando os municípios e a área urbana e verde de Santo André.....	51
Figura 5 - O PPC com seu entorno densamente populacional.....	53
Figura 6 - Vista do Polo Industrial de Cubatão a partir da Trilha do Mirante, em Paranapiacaba.	55
Figura 7 - Ponto de amostragem na Escola Estadual Professor Beraldo de Toledo Piza, nas proximidades do PPC.	56
Figura 8 - Pontos de Coleta de solo no entorno do PPC.....	57
Figura 9 - Ponto de amostragem na Subprefeitura de Paranapiacaba e as Unidades de Conservação em seu entorno: a Reserva Biológica de Paranapiacaba, Parque Municipal Nascentes de Paranapiacaba e o Parque Estadual Serra do Mar – Núcleo Itutinga Pilões	61
Figura 10 - Pontos de Coleta de solo em Paranapiacaba.	62
Figura 11 - Coletores manuais de deposição total nas proximidades do Polo Petroquímico de Capuava (PPC) e em Paranapiacaba.	66
Figura 12 - Os bioindicadores <i>Tradescantia pallida</i> “Purpurea” e <i>Dracaena marginata</i> “Tricolor” plantados em vasos auto-rega de PET expostos nos locais de amostragem.....	71
Figura 13 - Descrição da exposição dos bioindicadores <i>Tradescantia pallida</i> “Purpurea” (T) em vermelho, e <i>Dracaena marginata</i> ‘Tricolor’ (D) em azul. Os bioindicadores foram expostos durante as 4 estações do ano: outono, inverno, primavera e verão e por um período anual.....	72
Figura 14- Curva de calibração de Pb e Cd.....	75
Figura 15 - Acumulativo da precipitação mensal do CEMADEN (2016 - 2017) e a média sazonal do DAEE Região de Capuava e Paranapiacaba (1979-1998).....	79

Figura 16 - Rosa dos ventos de Capuava com dados de velocidade do vento e direção do vento da Estação Santo André - Capuava da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de outubro/2016 a agosto/2017.	80
Figura 17 - Rosa dos ventos, a partir dados da Estação Santo André - Capuava da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atrelada ao mapa do Google Earth Pro na região do PPC.Fonte: Elaborada pela autora no <i>software</i> WRPLOT e no Google Earth Pro, 2019.	81
Figura 18 - Rosa dos ventos de Cubatão com dados de velocidade do vento e direção do vento da Estação Cubatão-Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de outubro/2016 a agosto/2017.	82
Figura 19 - Rosa dos ventos, a partir dados da Estação Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atrelada ao mapa do Google Earth Pro na região de Cubatão e Paranapiacaba.	82
Figura 20 - Valores da média de material particulado (MP10) da Estação de Santo André - Capuava e Estação de Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de estudo (outubro/2016 a agosto/2017).	83
Figura 21 - Frequência (%) dos valores de pH das amostras de deposição total na região de Capuava e Paranapiacaba.	84
Figura 22 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Capuava e o acúmulo mensal de precipitação.	85
Figura 23 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Paranapiacaba e o acúmulo mensal de precipitação.	86
Figura 24 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Paranapiacaba e o acúmulo mensal de precipitação sem o <i>outlier</i> .	86
Figura 25 - (a) Análise de Componentes Principais entre as concentrações MPV de chumbo (Pb) e cádmio (Cd), material particulado (MP), velocidade do vento (VV), precipitação (PPT) e dias secos na região de Capuava. (b) Informação da análise estatística.	89
Figura 26 - (a) Análise de Componentes Principais entre as concentrações MPV de chumbo (Pb) e cádmio (Cd), material particulado (MP) da estação meteorológica de Cubatão-Vila Parisi, precipitação (PPT) e dias secos na região de Paranapiacaba. (b) Informações da análise estatística.	89

Figura 27 - Fumaça alaranjada do acidente na Vale Fertilizantes que se encontra no Polo Petroquímico de Cubatão-SP.....	90
Figura 28 – (a) Trajetórias foward, a partir das coordenadas geográficas de Cubatão (23° 53' 42" S; 46° 25' 30" W), para a altura de 4500 m acima do nível do solo, no dia 05 de janeiro de 2017, 20 UTC às 14 horas (Local Time). (b) massas de ar que alcançaram Paranapiacaba em altitudes que variam de 4000 e 5000 m.	91
Figura 29 - Valores da média de material particulado (MP10) da Estação de Santo André - Capuava e Estação de Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a precipitação de Capuava do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), para o período de estudo (março/2018 a março/2018).....	92
Figura 30 - Rosas dos ventos para a Região de Capuava nas estações do ano: outono (a), inverno (b), primavera (c) e verão (d) durante a realização do biomonitoramento (2018/2019).....	93
Figura 31 - Rosas dos ventos em Cubatão nas estações do ano: outono (a), inverno (b), primavera (c) e verão (d) durante a realização do biomonitoramento (2018/2019).	94
Figura 32 - Análise estatística ANOVA para os valores de Pb (ppm) de controle (antes dos bioindicadores serem expostos) e após ser exposto.	96
Figura 33 - Análise estatística ANOVA para os valores de Cd (ppm) de controle (antes dos bioindicadores serem expostos) e após ser exposto.	97
Figura 34 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os bioindicadores Tradescantia pallida e a Dracaena marginata com relação ao acúmulo de Pb (ppm) em suas folhas.	97
Figura 35 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os bioindicadores Tradescantia pallida e a Dracaena marginata com relação ao acúmulo de Cd (ppm) em suas folhas.	98
Figura 36 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os locais de estudo, Capuava e Paranapiacaba, com relação a concentração de Pb (ppm) dos bioindicadores.	98
Figura 37 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os locais de estudo, Capuava e Paranapiacaba, com relação a concentração de Cd (ppm) dos bioindicadores.	99

Figura 38 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Pb em Capuava.	100
Figura 39 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Pb em Paranapiacaba.	100
Figura 40 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Cd (ppm) em Capuava.....	101
Figura 41 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Cd (ppm) em Paranapiacaba.	101
Figura 42 - Resultados das análises de densidade de microorganismos, pH e teor de matéria orgânica (MO %) do solo.	104
Figura 43 - Análise de Componentes Principais das análises de densidade de bactérias e fungos, pH e matéria orgânica (MO) do solo coletado de Capuava e Paranapiacaba.	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão e valores orientadores para Pb e Cd no ar, solo e em água potável.	33
Tabela 2 - Valores vigentes de MP10, MP2,5 no MP do Padrão Nacional da Qualidade do ar (Resolução CONAMA nº003/1990) e do Padrão Estadual da Qualidade do ar (Decreto Estadual nº59113/2013).	35
Tabela 3 - Índice de qualidade do ar para o MP10 e MP2,5 e os efeitos à saúde humana.	36
Tabela 4 - Classificação da água de chuva conforme o valor de seu pH.	38
Tabela 5 - As estações de Monitoramento de Qualidade do Ar da rede automática da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), na Região do Grande ABC (RGABC), e os parâmetros monitorados.	45
Tabela 6 - Quantificação da população adjacente do Polo Petroquímico de Capuava (PPC).	53
Tabela 7 - Pontos de coleta de solo em Capuava, como foi baseado cada ponto (Tireoidite Crônica Autoimune - TCA; Superficial e Subterrânea); as coordenadas geográficas; as características do local e as figuras.	58
Tabela 8 - Pontos de coleta de solo em Paranapiacaba.	63
Tabela 9 - Escala Beaufort.	70
Tabela 10 - Parâmetros operacionais do plasma do ICP-MS para a leitura de Pb e Cd.	74
Tabela 11- Parâmetros utilizados para realizar a Análise de Componentes Principais com os dados de deposição total para a região de Capuava e Paranapiacaba. ...	78
Tabela 12 - Comparativo da massa de deposição total de Cd e Pb (mg m ⁻² ano ⁻¹) de Capuava e Paranapiacaba (presente estudo) e de outras localidades.	88
Tabela 13 - Valores certificados e os obtidos com as análises no ICP-MS das amostras dos materiais de referências certificados (CRM).	95
Tabela 14 - Valores da concentração (ppm) em estudos realizados com a <i>Tradescantia pallida</i>	102

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
Ag	Prata
Al	Alumínio
ANOVA	Análise de Variância Fatorial
As	Arsênio
Ba	Bário
Br	Bromo
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xilenos
Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CICPAA	Comissão Intermunicipal de Controle de Poluição das Águas e do Ar
CO	Monóxido de carbono
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
Cr	Cromo
CRM	Material de Referência Certificado
Cs	Césio
Cu	Cobre
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DDT	Dicloro-difenil-tricloroetano
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPTs	Elementos Potencialmente Tóxicos
Fe	Ferro
FMC	Fumaça
GAW	<i>Global Atmospheric Watch</i>
Ge	Germânio
HC	Hidrocarbonetos
Hg	Mercúrio
HYSPLIT	<i>Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model</i>
HNO ₃	Ácido Nítrico
Ho	Hólmio
ICP-MS	Espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente
IQA	Índice de Qualidade do Ar
LD	Limite de detecção
LPB	Laboratório de Processos Biológicos
Mo	Molibdênio
MP	Material particulado
MP ₁₀	Partículas inaláveis
MP _{2,5}	Partículas inaláveis finas
MPV	Média Ponderada pelo Volume
Mn	Manganês
Na	Sódio
NCPE	<i>National Center for Environmental Prediction</i>
NE	Nordeste
NH ₄ NO ₃	Nitrato de amônio
Ni	Níquel

NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
NMHC	Hidrocarbonetos não metano
NW	Noroeste
O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
Pd	Paládio
PET	Politereftalato de Etileno
Pb	Chumbo
PPC	Polo Petroquímico de Capuava
ppm	Partes por milhão
PRONAR	Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar
Pt	Platina
PTS	Partículas totais em suspensão
PVC	Policloreto de Vinila
QUALAR	Sistema de Informações da Qualidade do Ar
RECAP	Refinaria de Capuava
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RGABC	Região do Grande ABC
Rh	Ródio
RPBC	Refinaria Presidente Bernardes
Se	Selênio
SE	Sudeste
Sc	Escândio
Sb	Antimônio
Sn	Estanho

SO _x	Óxidos de enxofre
Sr	Estrôncio
SW	Sudoeste
t	tonelada
TCA	Tireoidite Crônica Autoimune
Ti	Titânio
U	Urânio
UFABC	Universidade Federal do ABC
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
UTC	Fuso horário
V	Vanádio
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	25
2.	OBJETIVOS	27
2.1.	Geral	27
2.2.	Específicos.....	27
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	28
3.1.	Poluição Ambiental	28
3.1.1.	Poluição ambiental e indústria petroquímica	30
3.2.	Elementos Potencialmente Tóxicos	31
3.2.1.	Efeitos dos elementos potencialmente tóxicos à saúde humana.....	33
3.2.2.	Material Particulado (MP)	34
3.2.3.	Deposição Atmosférica	37
3.3.	Monitoramento Ambiental	38
3.3.1.	Deposição Atmosférica	38
3.3.2.	Ar	39
3.3.3.	Solo.....	40
3.4.	Região do Grande ABC (RGABC)	41
3.4.1.	Histórico da poluição ambiental na RGABC	41
3.4.2.	Estudos sobre poluição ambiental no entorno do PPC.....	45
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	51
4.1.	Área de Estudo	51
4.1.1.	Área fonte de contaminantes	51
4.1.2.	Área não fonte de contaminantes	54
4.1.3.	Pontos de coletas	56
4.1.4.	Obtenção de dados.....	63
4.2.	Metodologia	65

4.2.1.	Monitoramento da deposição total	65
4.2.1.1.	Amostragem	65
4.2.1.2.	Determinação do Pb e Cd	67
4.2.1.3.	Tratamento dos dados.....	67
4.2.1.3.1.	Eficiência do coletor	67
4.2.1.3.2.	Média ponderada pelo Volume (MPV).....	68
4.2.1.3.3.	Deposição atmosférica total de Pb e Cd	68
4.2.1.3.4.	Cálculo das trajetórias das massas de ar	69
4.2.1.4.	Rosa dos ventos	70
4.2.1.5.	Biomonitoramento ambiental ativo	70
4.2.1.5.1.	Preparo das amostras para a determinação de Pb e Cd.....	73
4.2.1.5.2.	Determinação do Pb e Cd	74
4.2.2.	Solo.....	76
4.2.2.1.	Estimativa as densidades de fungos e bactérias.....	76
4.2.2.2.	Teor de Matéria Orgânica.....	76
4.2.2.3.	pH do solo	77
4.2.3	Análises estatísticas	77
5.	RESULTADOS	79
5.1.	Monitoramento da deposição total	79
5.1.1.	Precipitação, rosas dos ventos e MP ₁₀ para o período de coleta	79
5.1.2.	Análises das amostras de deposição total	83
5.1.2.1.	Análise de pH	84
5.1.2.2.	Valores da concentração de Pb e Cd na precipitação	84
5.1.2.3.	Massa da deposição total de Pb e Cd	86
5.1.2.4.	A Análise de Componentes Principais.....	88
5.1.3.	Investigando a alta concentração de Pb em Paranapiacaba	90
5.2.	Biomonitoramento do ar	92

5.2.1.	Precipitação, rosas dos ventos e MP ₁₀	92
5.3.	Análises dos bioindicadores	94
6.	CONCLUSÃO	106
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	108
APÊNDICE A: Resultados de outros elementos nas análises dos bioindicadores		109
APÊNDICE B - Curvas de calibração dos elementos determinados nas análises dos bioindicadores.....		127
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		142

1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial na Inglaterra durante o século XVIII marca a transição do trabalho manual (baseado na força humana e de animais) para o trabalho mecânico por meio da criação de grandes máquinas movidas por combustíveis fósseis como carvão, madeira e petróleo (FRANCO; DRUCK, 1998; POTT; ESTRELA, 2017; MANTOVANI, 2016).

Com o avanço das tecnologias e desenvolvimento das indústrias petroquímicas, o petróleo passou a ser um dos principais combustíveis fósseis a ser utilizado, sendo responsável por milhares de produtos finais de forma direta ou indireta, tais como: plásticos, tintas, solventes, insumos para fertilizantes, gases industriais, explosivos, fibras químicas e outros produtos que substituem o uso da madeira, aço, borracha natural, e outros (TORRES, 1997).

Neste cenário, as indústrias petroquímicas ganharam destaque no ramo industrial por desenvolverem uma tecnologia acelerada, descobrindo novos produtos, processos e/ou derivados. No entanto, em conjunto ao avanço tecnológico das petroquímicas, houve um aumento no número de potenciais fontes poluidoras ao meio ambiente.

As indústrias petroquímicas podem emitir diversos poluentes como os óxidos de enxofre (SO_x) e nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), materiais particulados (MP), compostos orgânicos voláteis (COVs) e EPTs (SAFARI *et al.*, 2018) afetando o ar, o solo e a água (MORAES *et al.*, 2010). A poluição por EPTs no entorno de petroquímicas em diferentes compartimentos ambientais tem sido alvo de inúmeros estudos ambientais como os de Saiki, Alves e Marcelli (2007); Zaccarelli-Marino, Saldiva e Martins (2009); Savóia (2013); Wang *et al.* (2016); Ragothaman e Anderson (2017); Han *et al.* (2018); Safari *et al.* (2018); com o objetivo de avaliar como estes elementos afetam o ambiente.

No entanto, os estudos para o entendimento dos efeitos desta poluição à população que mora no entorno às áreas industrializadas ainda são poucos, e necessita de maior atenção (Chio *et al.* 2013). Nos trabalhos de Chio *et al.* (2013), Chen *et al.* (2017) e Kafaei *et al.* (2017) o efeito da poluição ambiental na população do entorno de petroquímicas foi avaliado por meio de análises de

amostras de urina, os quais confirmaram a presença de um elevado nível de EPTs.

Na Região do Grande ABC (RGABC), na divisa de Mauá com Santo André, onde está localizado o Polo Petroquímico de Capuava (PPC), outro estudo detectou um alto índice de Tireoidite Crônica Autoimune (TCA) na população local (Zaccarelli-Marino, 2012). De acordo com Zaccarelli-Marino (2012), a poluição atmosférica poderia estar agindo como antígenos na glândula tireóide e desencadeando a doença TCA. Dessa maneira, baseando nos dados de TCA do estudo de Zaccarelli-Marino (2012); a própria autora, juntamente com Saldiva e Martins (2009), realizaram análises de EPTs nas cascas de árvores da região. O estudo detectou alta concentração de chumbo (Pb), possivelmente devido a contaminação petroquímica.

Dado que o PPC encontra-se em uma área urbana residencial e já há indícios dos efeitos da poluição no meio ambiente e na saúde da população que mora em suas adjacências, o presente estudo avaliou diferentes compartimentos ambientais no entorno do PPC e de Paranapiacaba (Distrito de Santo André), que se encontra sob influência de outra petroquímica.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar a poluição ambiental (biomonitoramento do ar, deposição total e análises de solo) no entorno do PPC e Paranapiacaba no período entre 2016 a 2019.

2.2. Específicos

(i) Verificar em qual dos locais de estudo há maior concentração de Pb e Cd na deposição total;

(ii) Realizar cálculos de trajetórias de massas de ar para avaliar efeitos de transporte de poluentes;

(iii) Realizar análises estatísticas para correlacionar dados de concentrações de metais em deposição total com dados meteorológicos e MP₁₀;

(iv) Realizar biomonitoramento do ar com a *Tradescantia pallida* para verificar em qual dos locais de estudo apresentava um maior acúmulo de Pb e Cd;

(v) Investigar se a planta *Dracaena marginata* “Tricolor” é viável no biomonitoramento em ambientes abertos;

(vi) Verificar as regiões com menores densidades de fungos e bactérias como indicativo de poluição do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Poluição Ambiental

A conscientização dos efeitos adversos das ações antrópicas sobre o meio ambiente adveio apenas nos anos 60, diante de vários problemas (crescimento populacional acelerado e desordenado, poluição ambiental, desigualdades sociais). Dessa maneira, surge o conceito “socioambiental”; iniciando uma maior conscientização para as alterações antrópicas ao meio (POTT; ESTRELA, 2017).

Alguns acontecimentos foram de grande importância para reforçar a preocupação com a temática ambiental com a publicação da Primavera Silenciosa de Rachel Carson em 1962. Antes dessa obra os ambientalistas protestavam pelos danos visíveis como as poluições e degradações geradas pelas indústrias e a busca da preservação das belezas cênicas. Porém Carson apontou algo mais perigoso. Em seu livro ela relata que imaginava uma paisagem onde os pássaros não cantavam e continuou explicando que o uso de produtos químicos - principalmente o pesticida Dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) poderia causar grandes impactos ao meio natural. Aproximadamente uma década depois, nos Estados Unidos e Alemanha foi proibido o uso do DDT e os ambientalistas começaram a focar no monitoramento e redução da poluição e não apenas na conservação (McDONOUGH; BRAUNGART, 2002).

A Conferência de Estocolmo, em 1972, ocorreram discussões sobre questões relacionadas à qualidade de vida na Terra. Antes dessa Conferência os debates sobre o assunto se limitavam apenas à comunidade científica e algumas organizações não governamentais (MANTOVANI *et al.*, 2016). No mesmo ano ocorreu o lançamento do livro “O limite do crescimento” dos autores Dennis e Donella Meadows e o Clube de Roma, no qual foram examinados cinco fatores básicos que determinam e limitam o crescimento em nosso planeta, sendo eles: a população, produção agrícola, recursos naturais, produção industrial e poluição, no qual observaram que os recursos ambientais estavam em queda devido ao crescimento populacional e a indústria destrutiva (McDONOUGH; BRAUNGART, 2002). Já em 1991, durante a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, originou-se a expressão “desenvolvimento sustentável”, fazendo uma relação entre produtividade e meio ambiente. Isso

ocorreu, porque apesar de toda a preocupação que estava surgindo sobre o meio ambiente, a sociedade continuou produzindo, consumindo e descartando os produtos e a produtividade caminhava junto com os impactos causados à natureza. Um ano depois, em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92), no Rio de Janeiro (Brasil), que envolveu 167 países com a finalidade de discutir e trazer respostas para as questões ambientais. No encontro não ocorreu algum acordo vinculativo entre eles, mas emergiu uma grande estratégia dos participantes industriais, a ecoeficiência (atitudes que podem levar ao desenvolvimento sustentável). As indústrias começaram a considerar a ecoeficiência como uma estratégia de escolha de mudança (OLIVEIRA, 2011).

Apesar destes esforços, nos dias atuais a poluição ambiental ainda continua sendo um problema mundial crescente (FAYIGA; IPINMOROTI; CHIRENJE, 2018). Isso ocorre porque as indústrias, automóveis, atividades agrícolas continuam emitindo bastante poluentes e estes podem apresentar condições de risco para a população e impactos na qualidade dos compartimentos ambientais (água, ar e solo) (GURGEL *et al.*, 2009). Importante observar que os compartimentos possuem uma natureza de correlação entre si, ou seja, uma substância emitida para a atmosfera pode afetar outros compartimentos (OLIVEIRA; KUMMROW, 2008). Um exemplo deste tipo de poluição ocorre por meio dos EPTs; em que as substâncias, normalmente, são transportadas por via atmosférica e possuem efeito acumulativo e fixação final no solo e sedimento (PEDROZO; KUNO, 2008; BAIRD; CANN, 2011; TORRES *et al.*, 2017).

A poluição ocorre com a emissão de poluentes por meio de fontes naturais (erupções vulcânicas, incêndios florestais) ou por fontes antropogênicas (queima de combustíveis fósseis, pesticidas, resíduos sólidos, refinarias de petróleo), sendo que essas atividades humanas ocorrem principalmente em áreas urbanas e industriais (OLIVEIRA; KUMMROW, 2008).

3.1.1. Poluição ambiental e indústria petroquímica

Devido ao crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a demanda por energia, as indústrias petroquímicas aumentaram a sua produção nos últimos anos, tornando-se alicerce para atender as demandas nacionais (MORAES, 2010).

As indústrias petroquímicas, no Brasil, são parte de um dos segmentos industriais mais importantes, tendo como matérias-primas gases liquefeitos de petróleo, alguns tipos de petróleo cru, gás natural, naftas, querosene, dentre outros (HEMAIS; BARROS; PASTORINI, 2001). Em contrapartida, ela é considerada uma indústria tecnicamente perigosa, por trazer riscos ao meio ambiente e saúde humana (MONIZ *et al.*, 2017). Isso ocorre porque são responsáveis pela emissão de muitos poluentes através dos processos, vazamentos e na própria queima de combustíveis fósseis (MARIANO, 2001). Os principais poluentes são os SO_x, NO_x, CO, MP, COVs (MORAES *et al.*, 2010) e EPTs (SAFARI *et al.*, 2018). Esses podem afetar diretamente as pessoas e o meio ambiente no entorno das indústrias petroquímicas em diferentes localizações no mundo, causando problemas à saúde humana (GURGEL *et al.*, 2009).

No Brasil, Moraes *et al.* (2010) concluíram que as ocorrências de problemas respiratórios em crianças e adolescentes que moravam no entorno do Polo Petroquímico de Guamaré (Rio Grande do Norte) estavam associadas às emissões de gases industriais.

No Canadá, Smargiassi *et al.* (2009) concluíram que o aumento de SO₂ liberado na atmosfera, por uma refinaria de petróleo estava diretamente relacionado a um maior número de casos de asma em crianças (2 a 4 anos) que moravam nas proximidades.

Na China, Chio *et al.* (2013) realizaram um biomonitoramento biológico por meio de análises da urina da população do entorno ao Complexo Petroquímico de Taiwan, e verificaram um elevado nível de vanádio (V), manganês (Mn), arsênio (As) e estrôncio (Sr) em suas amostras, indicando efeitos potenciais dos EPTs na saúde humana. No trabalho de Chen *et al.* (2017), os autores concluíram que a urina de crianças e idosos que residem próximo ao Polo estavam com uma

alta concentração de V, Níquel (Ni), As, Cobre (Cu), Sr, Cd, Mercúrio (Hg) e Titânio (Ti).

No Irã, Kafei *et al.* (2017) realizaram também o monitoramento biológico em crianças residentes no entorno da petroquímica de Asaluyeh, e concluíram que a urina continha um alto nível de As, V, Mn, e Ni em relação aos valores de uma área controle. Cascas e folhas árvores de *Conocarpus erectus*, *Bougainvillea spectabilis willd*, *Hibiscus rosa-sinensis* e *Nerium oleander*, nesta região apresentaram certo grau de poluição de acordo com Safari *et al.* (2018). Os resultados mostraram que a maior concentração de EPTs foi encontrada em áreas urbanas e rural, em função de efeitos de transporte de poluentes provenientes da petroquímica. Na espécie *Nerium oleander* foi encontrado uma maior concentração de Pb com 26,04 mg kg⁻¹.

Wang *et al.* (2016) investigaram a poluição de Cu, Zinco (Zn), Cd, Pb, Cr, As e Ni nos solos da área urbana de Dushanzi, China e os resultados mostraram uma alta concentração destes EPTs, principalmente o Cd. Os autores realizaram análises estatísticas e concluíram que os metais: Pb, Cu, Cd e Zn tiveram uma alta correlação, podendo estar relacionados a mesma fonte de emissão (veicular e/ou industrial). Já o As e Cr podem estar relacionados às emissões das usinas termelétricas e das refinarias de petróleo. A área residencial, por estar próxima da região industrial, pode ter o solo poluído através da deposição atmosférica.

3.2. Elementos Potencialmente Tóxicos

Os Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) são uma importante fonte de poluição ambiental em áreas urbanas, além de causarem danos à saúde humana (DEHGHANI *et al.*, 2017). Segundo Barros *et al.* (2009) 13 (treze) metais são conhecidos como potencialmente perigosos: Antimônio (Sb), As, Berílio (Be), Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Selênio (Se), Prata (Ag), Tálho (Ti) e Zn.

Quando os elementos Cd, Cr, Ni, Pb e Zn são encontrados em grandes centros urbanos, eles podem estar associados a algumas atividades antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis, processos industriais e tráfego de veículos (MEDEIROS, 2011).

O Pb é um elemento volátil emitido através de processos que possuem uma alta temperatura, como fundição de minério, queima de combustíveis fósseis (ALLOWAY, 2010). Naturalmente o Cd é encontrado associado a sulfetos de minérios de Zn e de Pb. Esse elemento é utilizado como anticorrosivo em aço galvanizado (CETESB, 2018d).

A relevância de alguns EPTs no contexto da poluição em áreas urbanas tem crescido bastante nos últimos tempos devido à maior demanda pela queima de combustíveis fósseis, tráfego de automóveis, agricultura, mineração, fundição, refinamento de petróleo e incineração de resíduos urbanos e industriais (DAVAMI; GHOLAMI, 2012; TORRES *et al.*, 2017; DEHGHANI *et al.*, 2017).

Quando um EPT é emitido na atmosfera, por exemplo, ele se adere ao Material Particulado (MP) e/ou poeira e a distribuição deste composto no meio atmosférico está relacionada a alguns fatores como: topografia, velocidade e direção do vento (SAFARI *et al.*, 2018). Os padrões e valores orientadores de concentração de Pb e Cd nos compartimentos ambientais (água, solo e ar), estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 - Padrão e valores orientadores para Pb e Cd no ar, solo e em água potável.

Compartimentos ambientais	Concentração de Pb	Concentração de Cd
Ar	0,5 $\mu\text{g m}^{-3}$ ⁽¹⁾	-
Solo	72 mg kg^{-1} (valor de prevenção)	1,3 mg kg^{-1} (valor de prevenção)
	180 mg kg^{-1} (cenário agrícola)	3 mg kg^{-1} (cenário agrícola)
	300 mg kg^{-1} (cenário residencial)	8 mg kg^{-1} (cenário residencial)
	900 mg kg^{-1} (cenário industrial) ⁽²⁾	20 mg kg^{-1} (cenário industrial) ⁽⁴⁾
Água (potável)	0,01 mg L^{-1} ⁽³⁾	0,005 mg L^{-1} ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Decreto Estadual nº 9113 de 23/04/2013^(2,4) CONAMA 420/2009^(3,5) PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5/2017 - ANEXO 7 DO ANEXO XX

Fonte: Adaptado da (CETESB, 2018c) e (CETESB, 2018d).

3.2.1. Efeitos dos elementos potencialmente tóxicos à saúde humana

A condição do meio ambiente está estreitamente relacionada à qualidade de vida dos seres vivos e quando os EPTs excedem a concentração ideal no ambiente, podem ter efeito tóxico; além de terem a capacidade de acumular-se nos tecidos das plantas (NADAL; SCHUHMACHER; DOMINGO, 2004; TORRES *et al.*, 2017).

Segundo os autores Duruibe, Ogwuegbu e Ekwurugwu (2007), Malassa *et al.* (2014) e Torres *et al.* (2017), esses elementos podem ser transferidos para o ser humano através da cadeia alimentar, causando riscos à saúde, podendo ocorrer:

Redução do crescimento e desenvolvimento, câncer, danos aos órgãos, danos no sistema nervoso, e em casos extremos, morte. A Exposição a alguns metais, como mercúrio e o chumbo, também pode causar desenvolvimento de autoimunidade, que o sistema imunológico de uma pessoa ataca suas próprias células. Isso pode levar a doenças articulares, como artrite reumatoide e doenças dos rins, sistema circulatório, e sistema nervoso (MALASSA *et al.*, 2014, p. 6986)¹.

O Pb é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos elementos químicos mais perigosos à saúde humana. Podendo causar disfunção renal; retardo mental; danificar os sistemas: nervoso central; fígado; circulatório; enzimático; endócrino (alterações na tireoide) e imunológico (FONSECA; FONSECA; MARCHI, 2000; OLIVEIRA; KUMMROW, 2008; LI *et al.*, 2014). Quando ingerido através do consumo de água, o Pb é mais absorvido pelo corpo humano do que em comparação por meio de consumo de alimentos contaminados. Outro fator que pode contribuir para o aumento da absorção pelo corpo, se dá devido a deficiência de Ca e/ou Fe (BAIRD; CANN, 2011).

Já o Cd, possui uma toxicidade aguda, sendo que a sua dose letal é de 1g (um grama). O ser humano, quando exposto de forma crônica a esse elemento, pode estocá-lo no fígado e rins, levando a chances de doença renal (BAIRD; CANN, 2011); bem como câncer de pulmão, fraturas ósseas e hipertensão (LI *et al.*, 2014).

3.2.2. Material Particulado (MP)

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) classifica o MP em partículas totais em suspensão que possui um diâmetro menor que 50 μm ; partículas inaláveis (MP₁₀) e partículas inaláveis finas (MP_{2,5}), onde o MP₁₀ possui diâmetro entre 2,5 e 10 μm e o MP_{2,5} é menor ou igual a 2,5 μm ; e fumaça, que está relacionado ao teor de fuligem (CETESB, 2018f). Quanto menor o tamanho, maior o seu potencial impacto para saúde, dado o aumento da chance de penetração no trato respiratório (MIMURA *et al.*, 2016; FAJERSZTAJN *et al.*, 2017).

O MP é poluente primário (liberado diretamente pela fonte poluidora) que vem aumentando na atmosfera por conta da elevação no número de automóveis

¹ Tradução feita pela autora

e das atividades industriais (PACHECO *et al.*, 2017). A exposição a esse MP pode ocasionar graves impactos na saúde humana, em particular, doenças respiratórias e cardiovasculares ou até mesmo mortes prematuras (PACHECO *et al.*, 2017).

Ações para a prevenção e redução desses poluentes no Brasil, foram tomadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que criou o Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR) através da Resolução nº 05 de 15 de junho de 1989 com o intuito de:

Permitir o desenvolvimento econômico e social do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de emissão de poluentes por fontes de poluição atmosférica, com vistas à melhora da qualidade do ar, ao atendimento dos padrões estabelecidos e o não comprometimento da qualidade do ar nas áreas consideradas não degradadas (BRASIL, 1989, p.1).

O Padrão Nacional de Qualidade do Ar do PRONAR foi estabelecido com a Resolução CONAMA nº 003/1990. Em 2005, a Organização Mundial da Saúde (OMS) revisou os padrões pré-estabelecidos de qualidade do ar e divulgou um documento com novas diretrizes para poluentes ambientais. Com base nesse documento, em 2013, o Estado de São Paulo estabeleceu novos padrões de qualidade do ar, através do Decreto Estadual nº 59113/2013, com o intuito de diminuir a poluição atmosférica (CETESB, 2018). A Tabela 2 indica os valores vigentes de MP para o Padrão Nacional de Qualidade do Ar e o Padrão Estadual de Qualidade do Ar.

Tabela 2 - Valores vigentes de MP₁₀, MP_{2,5} no MP do Padrão Nacional da Qualidade do ar (Resolução CONAMA nº003/1990) e do Padrão Estadual da Qualidade do ar (Decreto Estadual nº59113/2013).

Poluentes	Tempo de amostragem	CONAMA nº 003/1990	Decreto Estadual nº 59113/2013
MP ₁₀	24 h*	150 µg m ⁻³	120 µg m ⁻³
	MMA	50 µg m ⁻³	40 µg m ⁻³
MP _{2,5}	24 h*	-	60 µg m ⁻³
	MMA	-	20 µg m ⁻³

* Não deve ser excedido mais de uma vez ao ano.

MMA – média aritmética anual

Fonte: Elaborado pela autora com dados do CONAMA e o Decreto Estadual, 2018.

Com o intuito de simplificar a divulgação diária da qualidade do ar para a população, a CETESB (2018i) divulga o Índice de Qualidade do Ar (IQA) baseado no Decreto Estadual nº 59113/2013, no qual, o valor diário é relacionado com o maior índice monitorado naquela estação do ano. A Tabela 3 apresenta o IQA para MP₁₀ e MP_{2,5} e os efeitos à saúde humana.

Tabela 3 - Índice de qualidade do ar para o MP₁₀ e MP_{2,5} e os efeitos à saúde humana.

Qualidade	MP ₁₀ (µg m ⁻³) 24h	MP _{2,5} (µg m ⁻³) 24h	Efeitos à saúde humana
Boa	0 - 50	0 - 25	-
Moderada	>50 - 100	>25 - 50	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças cardíacas e respiratórias podem apresentar sintomas como tosse e cansaço. A população em geral não é afetada.
Ruim	>100 - 150	>50 - 75	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos. Efeitos mais graves as pessoas dos grupos sensíveis.
Muito ruim	>150 - 250	>75 - 125	Toda população pode apresentar sintomas de agravamento dos sintomas como tosse seca, falta de ar e respiração ofegante. Efeitos mais graves as pessoas dos grupos sensíveis.
Péssima	>250	>125	Toda população pode apresentar sérios riscos de doenças respiratórias e cardíacas. Aumento de mortes prematuras.

Fonte: CETESB, 2018i.

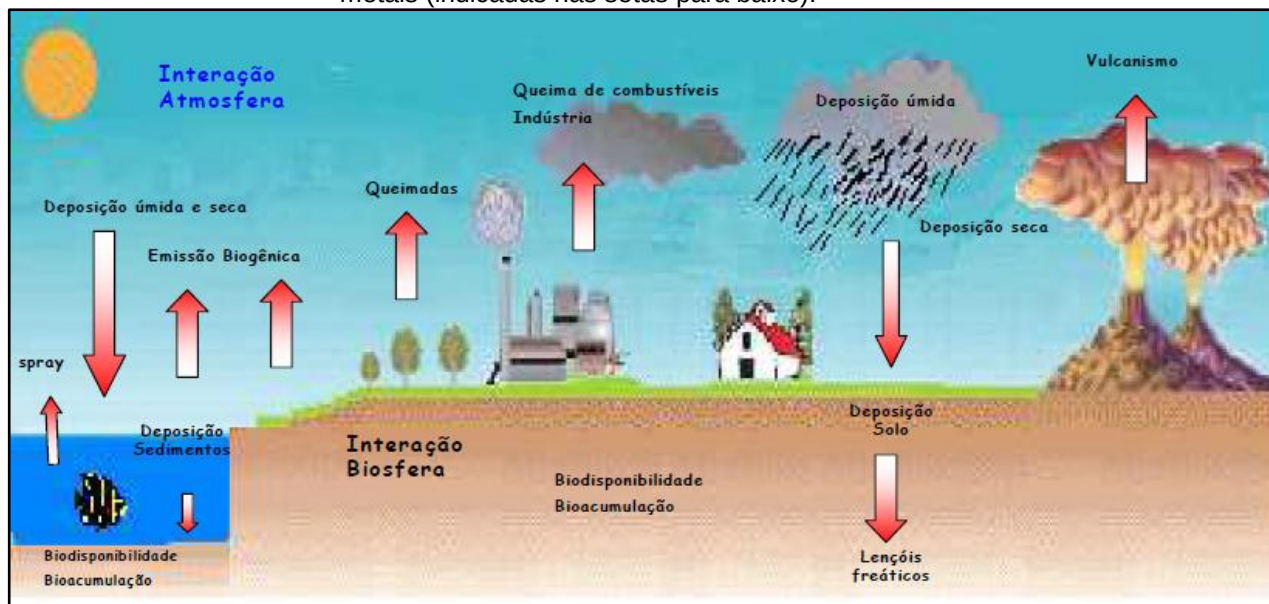
3.2.3. Deposição Atmosférica

A remoção de alguns elementos na atmosfera ocorre por deposição seca e/ou deposição úmida (TAKEDA *et al.*, 2000). A deposição seca ocorre pelos ventos e gravidade, fazendo com que os elementos sejam arrastados em direção ao solo (GIUBBINA, 2013). O $MP_{2,5}$, por exemplo, pode ser transportado por longas distâncias devido ao tamanho da partícula (FONTENELE, 2006; CETESB, 2018j). A deposição úmida ocorre através da remoção dos compostos através da chuva, neve ou neblina (BAKO; FUNTUA; IJACHIA, 2005; WITKOWSKA *et al.*, 2016).

Segundo Deboudt, Flament e Bertho (2004) a remoção dos poluentes pela deposição úmida ocorre de três a quatro vezes mais do que a seca, sendo este, o fator mais eficaz para retirar a poluição da atmosfera (MIMURA *et al.*, 2016; PORFÍRIO; MONTEIRO; COSTA, 2018).

As deposições podem ser observadas através da Figura 1 que descreve o ciclo biogênico dos metais tóxicos.

Figura 1 - Ciclo biogênico dos metais tóxicos que descreve as fontes de emissões naturais e antrópicas (representadas pelas setas vermelhas indicadas para cima) e a deposição dos metais (indicadas nas setas para baixo).



Fonte: Fontenele, 2006.

Dessa maneira, os gases poluentes e os MP liberados na atmosfera podem alterar a qualidade da precipitação e consequentemente tornando seu

meio mais ácido ou alcalino, dependendo do tipo do poluente e da característica da fonte (SINGH; ELUMALAI; PAL, 2016). Deste modo, a partir de análises é possível conhecer a composição química da precipitação e, dessa maneira, o comportamento dos poluentes atmosféricos e a qualidade da água (FONTENELE, 2006; HU; BALASUBRAMANIAM, 2003).

Quando o MP se une a um metal tóxico, o meio torna-se mais ácido (FONTENELE, 2006). Dessa maneira, em função do pH, a chuva é classificada “chuva ácida” ou com acidez normal, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação da água de chuva conforme o valor de seu pH.

pH	Classificação	Referência
$\geq 5,6$	Acidez normal, mesmo com a ausência de poluentes	Singh, Elumalai e Pal (2016)
$< 5,6$	Chuva ácida	

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Segundo Takeda *et al.* (2000) e Hu e Balasubramanian (2003) é importante fazer o monitoramento da deposição para identificar as concentrações de EPTs na atmosfera e dessa maneira, obter informações sobre a(s) fonte(s) desses poluentes e a qualidade do ar.

3.3. Monitoramento Ambiental

3.3.1. Deposição Atmosférica

Para realizar o monitoramento da deposição atmosférica (deposição seca, úmida e/ou total) é necessário um coletor específico para cada tipo. A deposição seca ocorre através da coleta do MP nos períodos que não há chuva (SOUZA *et al.*, 2017). No monitoramento da deposição úmida utiliza-se um coletor automático, o qual possui uma tampa, que funciona através de um sensor de condutividade, que abre com o início da chuva e se fecha com o final dela. Este coletor diminui a evaporação e deposição seca na amostra.

Já para a deposição total, utiliza-se um coletor aberto, que coleta a deposição úmida associada com a deposição seca. Este coletor facilita a evaporação da água e dos componentes voláteis das amostras – principalmente

quando o local está com uma temperatura elevada ou quando a amostra permanece no coletor por um longo período (CAMPOS; COSTA; TAVARES, 1998).

O estudo de Medeiros (2011) analisou a deposição atmosférica total e a deposição úmida em São José do Rio Preto no período de março/2009 a setembro/2010. As análises ocorreram para alguns elementos, como: Sb, As, Bário (Ba) Cd, Cu, Pb, Cr, Ni, Zn. Os resultados foram maiores no período da safra de cana de açúcar (o município é responsável por 12% da produção do etanol do estado) para Ni, Al, Pb, Ba, Zn. O estudo verificou também que a média de deposição total foi de duas a trinta vezes maiores que a deposição úmida.

Sendo importante ressaltar que em países desenvolvidos (Europa e América do Norte) é realizado o monitoramento da composição química das precipitações e os efeitos ao solo, florestas e lagos, por exemplo. No Brasil, o monitoramento de deposição é realizado por alguns pesquisadores em alguns estudos em locais específicos e por períodos limitados (LEAL *et al.*, 2004).

3.3.2. Ar

O biomonitoramento do ar é ferramenta alternativa e eficaz para dar subsídios importantes para o controle da poluição do ar. Além de fornecer resultados rápidos, seguros, não é necessário o uso de energia elétrica e é, portanto, de baixo custo (OLIVEIRA; KUMMROW, 2008; RIBEIRO *et al.*, 2017). Esta ferramenta utiliza organismos vivos (plantas ou animais), os bioindicadores, que podem sofrer os efeitos dos poluentes no meio e respondem através da acumulação dos poluentes (classificando os organismos como resistentes) e alteração dos ciclos vitais - fisiológicas, morfológicas, genéticas e etológicas (sensíveis) (CARNEIRO, 2004).

Esta ferramenta é utilizada há muito tempo, tendo registro de uso na Revolução Industrial, com a finalidade de avaliar a qualidade do ar no interior de minas de carvão. Para tal fim, foi utilizada uma espécie de ave, o canário, e caso este animal apresentasse alterações, estas poderiam estar vinculadas às altas concentrações de CO, sendo, neste caso, os funcionários removidos para evitar

danos à saúde (CAIRNS JR; PRATT, 1993 *apud* BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003).

O biomonitoramento realizado através de plantas pode ser classificado por passivo ou ativo. O passivo ocorre quando a planta já está na área de estudo e o ativo, a planta é introduzida na área (CARNEIRO, 2004; DAVAMI; GHOLAMI, 2012; CETESB, 2015).

3.3.3. Solo

A atividade e diversidade microbiana, constituída principalmente por fungos e bactérias, é responsável por importantes serviços ambientais; como os processos de formação do solo, decomposição da serrapilheira, o ciclo do carbono e dos nutrientes, formação da matéria orgânica, biorremediação de poluentes, sendo um importante indicador biológico da qualidade do solo ou bioindicadores (RODRIGUES *et al.*, 2011).

Características como o pH, matéria orgânica, vegetação e fatores meteorológicos (temperatura, umidade, luminosidade) podem influenciar de forma qualitativa e quantitativa a biomassa microbiana (SANTOS *et al.*, 2007; RODRIGUES *et al.*, 2011). Isso ocorre devido à sensibilidade de algumas espécies com relação às alterações que ocorrem no meio (GRAZZIOTTI *et al.*, 2001).

Como dito anteriormente, a fixação final de metais tóxicos ocorrem frequentemente no solo; e consequentemente a biomassa microbiana pode diminuir (GRAZZIOTTI *et al.*, 2001). Um estudo realizado por Santos *et al* (2007) evidenciou uma menor biomassa em um local contaminado por Cu comparada com três áreas controles. Ciaca (2016) também conclui que num local com maior nível de concentração de Zn e Cu houve uma diminuição da população de bactérias e fungos.

Segundo Antonioli *et al.* (2010), o parâmetro mais utilizado para avaliar a massa microbiana, ocorre por meio de cultura. Os autores expõem que isso acontece pela facilidade que há em executar a análise.

3.4. Região do Grande ABC (RGABC)

3.4.1. Histórico da poluição ambiental na RGABC

No Brasil, o processo de industrialização ocorreu através de modelos europeus, nos quais os complexos industriais foram instalados em locais com terreno plano, próximos à linha férrea e de cursos d'água (RODRIGUES, 2009).

Assim como foi o caso da RGABC, que faz parte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a industrialização iniciou com a instalação da Ferrovia Santos-Jundiaí (São Paulo *Railway*), ocorrendo no ano de 1867. Sua projeção tinha o intuito de transportar a produção cafeeira para o Porto de Santos e seu percurso até hoje encontra-se ao longo do Rio Tamanduateí, sendo esta, na época, a melhor ligação do planalto ao litoral (SAKATA; NOBRE, 2009; MOROZ, 2010).

Após a Primeira Guerra Mundial, muitas indústrias começaram a se instalar na região - como a Indústria Química Rhodia (1919), Metalúrgica Lidgerwood (1919), Pirelli (1923), General Motors (1927), Indústria Têxtil Rhodia (1929) (MOROZ, 2010).

Em 1954, ocorreu a inauguração, próxima à Ferroviária Santos-Jundiaí, da Refinaria e Exploração de Petróleo União S.A, RECAP. Posteriormente passou a compor o grupo Petrobrás com capacidade de 20 mil barris de petróleo/dia e com a produção de propano, butano, gasolina, óleo combustível e gás combustível (MEDICI, 2005).

Sendo importante ressaltar que no local onde está localizado o PPC não havia um adensamento populacional no seu entorno, sendo essa ocupação iniciada pelos próprios trabalhadores da refinaria (ZACCARELLI-MARINO, 2012; BOIAN; BRUMATTI; FORNARO, 2015), como é possível observar na Figura 2, quando ainda a RECAP estava em obras e tinha um espaço pré-definido para o PPC (MEDICI, 2005).

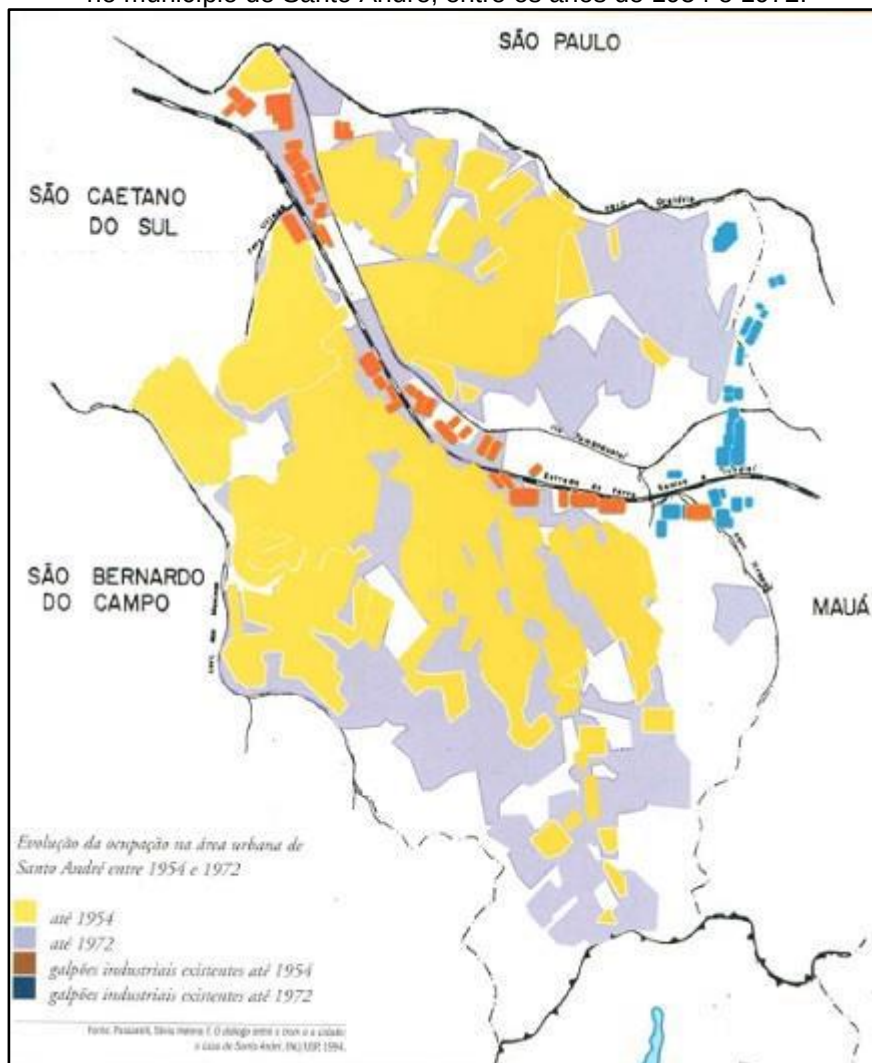
Figura 2 - A Refinaria de Capuava (RECAP) em obras e com um espaço pré-definido para a construção do Polo Petroquímico de Capuava (PPC) e no seu entorno não possuía adensamento populacional.



Fonte: MEDICI, 2005.

Essa característica do crescimento populacional é uma característica dos núcleos urbanos da RGABC. As pessoas começaram a residir nas proximidades da linha do trem, ao longo do rio Tamanduateí e próximo às indústrias, conforme podemos notar na Figura 3, que mostra a evolução urbana de Santo André entre 1954 e 1972 (SANTOS, 2002; MOROZ, 2010).

Figura 3 - Mapa da evolução da industrialização e da população ao longo do rio Tamanduateí, no município de Santo André, entre os anos de 1954 e 1972.



Fonte: PASSARELLI, 1995 *apud* SANTOS, 2002.

Por conta da grande industrialização, na década de 50, o município de Santo André possuía o segundo maior polo industrial do Estado, ficando atrás apenas do polo industrial da Capital (SANTOS, 2002). Com esse avanço industrial, a região começou a ter um grande problema com a poluição, afetando o meio ambiente e a saúde da população. Era possível observar as chaminés destas indústrias emitindo uma grande quantidade de fumaça. Além de relatos de pessoas que entravam em pânico por conta dos fortes odores desses poluentes que eram emitidos na atmosfera (CETESB, 2018h).

Dessa maneira, no início dos anos 60, foi criada a Comissão Intermunicipal de Controle de Poluição das Águas e do Ar (CICPAA), envolvendo os municípios da RGABC (Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá).

As atividades do CICPAA iniciaram na década de 1970 e depois foram transferidas a CETESB em 1975 (OLIVEIRA e KUMMROW, 2008; CETESB, 2018h). Em 1972 iniciou-se o monitoramento da qualidade do ar na RMSP com a instalação de 14 estações manuais para medição diária dos níveis de SO₂ e fumaça sendo divulgado diariamente para a população. O monitoramento automático iniciou-se em 1981, medindo: SO₂, CO, hidrocarbonetos não metano (NMHC) e alguns parâmetros meteorológicos (velocidade e direção do vento, temperatura e umidade relativa do ar).

Através de melhorias nas medições dos poluentes, a CETESB conseguiu aplicar as leis ambientais de maneira mais rigorosa nas empresas. Um exemplo foi com a RECAP no ano de 1990, que recebeu três multas da CETESB por conta da poluição.

Segundo Medici (2005), com a maior atuação das leis ambientais, a RECAP investiu em tecnologias visando à diminuição dos poluentes; iniciado em 1979, com o uso de petróleo com baixo teor de enxofre, dessa maneira reduzindo a emissão de aproximadamente 100 toneladas diárias de dióxido de enxofre. Instalou o “desfumaçador”, em 1985; impedindo que, aproximadamente, 5 toneladas de poluentes fossem emitidos na atmosfera. Em 1990; a RECAP deixou de liberar, na atmosfera, 15 toneladas de anidro sulfuroso por dia. Isso ocorreu por conta de um sistema de aproveitamento de gás ácido - esse projeto foi estudado desde a metade da década de 80. Inaugurou-se o funcionamento da Unidade de Tratamento de Águas Acres, em 1991, conforme exigência da CETESB. No ano de 1993, a Petrobras assinou o contrato com uma empresa para a construção da “Unidade de Recuperação do Enxofre da Refinaria de Capuava”, almejando deixar emitir 20 toneladas de enxofre na atmosfera.

No que diz respeito ao controle da qualidade do ar, houve um aumento do monitoramento dos poluentes através da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. Atualmente no estado de São Paulo, o monitoramento é realizado por estações automáticas composta por sessenta e uma estações fixas e uma móvel. A RGABC possui sete estações, conforme Tabela 5:

Tabela 5 - As estações de Monitoramento de Qualidade do Ar da rede automática da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), na Região do Grande ABC (RGABC), e os parâmetros monitorados.

Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar na RGABC - Rede automática	Parâmetros
Diadema	MP ₁₀ , O ₃
Mauá	MP ₁₀ , NO, NO ₂ , NO _x , O ₃
Santo André – Capuava	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃ , BEN, TOL, VV, DV
Santo André - Paço Municipal	MP ₁₀ , CO, VV, DV
São Bernardo do Campo – Centro	MP _{2,5} , NO, NO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , UR, TEMP, VV, DV, P, RAD
São Bernardo do Campo – Paulicéia	MP ₁₀ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, VV, DV
São Caetano do Sul	MP ₁₀ , NO, NO ₂ , NO _x , CO, UR, TEMP, VV, DV, P

MP_{2,5} (Partículas inaláveis finas); MP₁₀ (Partículas inaláveis); CO (Monóxido de carbono); O₃ (Ozônio); SO₂ (Dióxido de enxofre); BEN (Benzeno); NO (Monóxido de nitrogênio); TOL (Tolueno); NO₂ (Dióxido de nitrogênio); NO_x (Óxidos de nitrogênio); RAD (Radiação Total e UVA); UR (Umidade relativa do ar); TEMP (Temperatura); VV (Velocidade do vento); DV (Direção do vento); P (Pressão atmosférica).

Fonte: Elaborado pela autora com dados da CETESB, 2018f.

3.4.2. Estudos sobre poluição ambiental no entorno do PPC

Mesmo a RGABC possuindo histórico da poluição ambiental ao longo dos anos, ainda são poucos os estudos sobre o tema. Segue abaixo alguns estudos realizados no entorno do PPC:

- Saiki, Alves e Marcelli (2007) realizaram o biomonitoramento com líquens (*Canoparmelia texana*) para avaliar as concentrações de As, Bromo (Br), Ba, Cálcio (Ca), Co, Cr, Césio (Cs), Fe, Lantânio (La), Sódio (Na), Sb, Escândio (Sc), Se, Urânio (U) e Zn em diversas áreas de Santo André. O estudo verificou que a poluição está mais concentrada na área do PPC e em outra área industrializada,

indicando que nesses locais a contribuição da poluição industrial é maior que a de poluição ocasionada por automóveis.

- Fuga *et al.* (2008) realizaram o biomonitoramento ambiental com o uso de líquens (*Canoparmelia texana*) na RMSP em 23 locais, por um período de julho/2003 - fevereiro/2004. No estudo observaram uma alta concentração de Ba e Mn em área industrial e na região do PPC. As maiores concentrações de Pb e Zn encontradas, podem estar associados a emissão veicular e industrial.

- Savóia *et al.* (2009) realizaram um estudo através do biomonitoramento dos riscos genotóxicos através do bioensaio com espécie *Tradescantia pallida* “Purpurea” em áreas da cidade de Santo André com influência de diversos poluentes. Através das análises observou-se que as condições das regiões urbanizadas e industrializadas são estressantes para promover o aumento do dano cromossômico das células-mãe de grão de pólen na inflorescência da *Tradescantia pallida* “Purpurea”. No mesmo ano, houve outro estudo de biomonitoramento ambiental, mas através das cascas de árvores.

- Zaccarelli-Marino, Saldiva e Martins (2009) analisaram a concentração de alguns EPTs nos locais que havia maior índice de TCA no entorno do PPC. Os resultados detectaram altos níveis de concentração de Pb (15,6 ppm), com médias de 4 ppm. Em experimento semelhante, realizado em uma área não industrializada, no município de Embu, na Grande São Paulo, o nível foi de 1 ppm; sendo que o ideal é não possuir nenhuma concentração deste elemento. De acordo com os autores, as partículas deste metal podem ser a causa do grande número de casos de TCA encontrados na região.

- Zaccarelli-Marino (2012) investigou a TCA por um período de quinze anos (entre 1989 a 2004) nos indivíduos que moram nas proximidades do PPC. Foram analisados 6.306 pacientes de ambos os sexos, com idades de 5 a 78 anos, divididos em grupos de acordo com o local de sua residência. Os resultados mostraram um considerável aumento de incidência de TCA naqueles que moram perto do PPC, em comparação com os que moram nas vizinhanças da área com

indústrias de aço (localizada cerca de 8,5 km do PPC) sugerindo que fatores ambientais, incluindo agentes poluidores químicos, poderiam agir como antígenos que atuam na glândula tireoide, como um gatilho externo que inicia o processo de formação do anticorpo tireoidiano, causando TCA. Porém, o estudo destaca que uma das limitações foi não conseguir determinar os agentes poluidores.

- Savóia (2013) determinou as concentrações de alguns EPTs da contaminação atmosférica por MP em folhas de plantas de *Tradescantia pallida* “Purpurea” expostas na RGABC. Os metais encontrados no MP indicam que as cidades da RGABC possuem uma tendência à poluição particulada de origem industrial. A *Tradescantia pallida* acumulou os elementos, com altas concentrações para Ni e Cd.

- Boian, Brumatti e Fornaro (2015) avaliaram de forma preliminar as concentrações de hidrocarbonetos ($C_6 - C_{11}$) através de amostragem em dois pontos para determinar a qualidade do ar. Um dos pontos estava localizado nas proximidades do PPC (Escola Estadual Profa Sada Umeizawa, Mauá, SP) e o outro em uma área de influência direta do polo (Universidade Federal do ABC, Santo André, SP). Essas medidas foram realizadas após a passagem de uma frente fria, representando uma atmosfera limpa, sem presença de plumas envelhecidas e a direção dos ventos não foi representativa Nas influências das emissões do PPC. Encontraram-se baixas concentrações de hidrocarbonetos, sendo que as maiores concentrações nas proximidades do polo foram para 1,2,4 trimetilbenzeno ($0,5 \mu\text{g m}^{-3}$), BTEX (tolueno: $1,1 \mu\text{g m}^{-3}$) n-dodecano ($0,7 \mu\text{g m}^{-3}$) e n-hexano ($1,4 \mu\text{g m}^{-3}$).

- Oliveira, Hamburger e Nascimento (2017) realizaram coletas de solo no entorno do PPC (Mauá e Santo André, SP) e em Paranapiacaba (Distrito de Santo André - a região de Mata Atlântica da Reserva de Paranapiacaba foi utilizada como local controle, já que a mesma se encontra em estado de preservação ambiental e tem muitos trabalhos acerca de fungos neste ambiente) para fazer o isolamento de fungos. Após as análises observaram que a amostra

de Paranapiacaba encontrava-se diferente das outras amostras, possuindo uma grande diversidade de fungos. Essa diferença está relacionada a alguns fatores, como o pH, matéria orgânica, pela região de Mauá e Santo André possuir uma grande densidade de indústrias. Os autores indicaram a necessidade de estudo mais aprofundado para poder afirmar se existem riscos à biota da área do entorno de PPC.

- Valdambrini (2017), simulou o ozônio (O_3) na RGABC, utilizando modelo fotoquímico de qualidade do ar CIT (*Caltech Institute Technology*), considerando três cenários para avaliar a contribuição individual das emissões das fontes (móveis, fixas e ambas) na formação do O_3 e avaliou os efeitos da circulação meteorológica de brisa marítima no transporte de O_3 e precursores. No período estudado (28/09/11 – 01/10/2011) houve ultrapassagens do padrão de qualidade e/ou do nível de atenção na RGABC. Os resultados mostraram que durante o período da tarde as direções preferenciais dos ventos foram de direção noroeste e sudoeste com velocidades variadas ($0,5$ a $8,8 \text{ m s}^{-1}$). Neste período, a região estava sob o efeito da produção local e de transporte de O_3 e precursores provenientes de outras áreas da RMSP. Na madrugada, manhã e noite, a direção preferencial dos ventos foi sudeste, fazendo com que a RGABC se tornasse exportadora de poluentes. A comparação entre os três cenários mostrou concentrações mais altas na pluma de O_3 para “fontes móveis + fixas” seguido por “fontes móveis” e “fontes fixas”, mostrando que as emissões de HC da fonte fixa foram mais significativas do que as de NO para a formação do O_3 .

- Santos (2017) realizou o biomonitoramento do ar através de cascas de árvores de *Tipuana tipu* e *Poincianella pluviosa* em diversos locais da RMSP (dentre eles, a região do PPC) e em dois municípios controle (Presidente Prudente e Marília). O estudo analisou as amostras por meio da análise por ativação neutrônica (NAA) para determinar os elementos: As, Br, Ca, Cl, Co, Cr, Cs, Fe, K, La, Mg, Mn, Ni, Rb, Sb, Sc, V e Zn e por meio da espectrometria por absorção atômica com forno de grafite (GF AAS) para determinar: Cd, Cu e Pb. As concentrações dos elementos analisados indicaram maiores para a RMSP do que o controle. A Região do PPC apresentou concentrações elevadas para Cd,

Co, Cu, La, Mn, Ni, Pb e V, sendo que a concentração média para Mn foi maior com relação às outras regiões da RMSP.

- Caumo *et al* (2018) coletaram amostras de MP e as amostras gasosas no entorno do PPC em 2015. As análises realizadas foram para carbono elementar e orgânico, hopanos, n-alcanos, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos de alcenos e seus derivados de nitratos. Os resultados mostraram que as atividades locais, como atividades veiculares e industriais, afetam a qualidade do ar.

- Coelho (2018) realizou cinco campanhas de coletas de amostras de ar (julho/2016 a julho/2017) para determinação das concentrações de hidrocarbonetos, HC (C₆-C₁₁) em diferentes condições meteorológicas. Os pontos de coleta foram dois: Universidade Federal do ABC (UFABC) e no entorno do PPC. As amostras foram analisadas por meio da cromatografia gasosa com detector de ionização de chama. As concentrações mais altas foram de: cis-2-hexeno ($1,80 \pm 1,20$ ppb) e o n-undecano ($0,52 \pm 0,51$ ppb) que apresentaram maiores concentrações médias, seguido do BTEX (tolueno: $1,55 \pm 0,66$ ppb). Coelho identificou compostos que são considerados de emissões industriais, sendo eles: o isopropilbenzeno (cumeno) e cis-2-hexeno (esse composto apresentou como importante precursor de O₃).

- Scaramal (2018) comparou o fluxo subterrâneo com o atmosférico para avaliar a presença de COVs no ar e água no entorno do PPC. As análises ocorreram por processos de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB para áreas do polo, assim, sendo possível elaborar um mapa potenciométrico da área e mapas das concentrações de pluma de contaminação. Os resultados dos compostos químicos foram para o etilbenzeno, tolueno e os xilenos. A rosa dos ventos verificou que o sentido dos ventos predominantes ocorre do sul para norte-nordeste. O fluxo subterrâneo tem sentido preferencial em direção aos corpos d'água próximos ao PPC onde na porção norte segue em direção ao Córrego Oratório com um gradiente hidráulico de 1,05%, na porção

sul em direção ao Rio Tamanduateí com um gradiente hidráulico 0,47% e na porção central, em direção às lagoas de estabilização.

- Siqueira (2018) levantou dados referentes de áreas contaminadas do Eixo do Tamanduateí com algumas instituições locais sobre questões hidrogeológicas, geotécnicas, geológicas e de contaminação da região do Eixo do Tamanduateí, bem como dos córregos, rios e aquíferos do território estudado, que foram inseridos no geodatabase. Desta maneira, o autor, observou que EPTs, como o Pb e Ni são predominantes na poluição, em se tratando de uma escala regional. Além dos metais ainda há organoclorados que são resultantes da degradação de tetracloroetileno (PCE), como por exemplo, odicloroetileno (1,1-DCE, cis-1,2-DCE, trans-1,2-DCE e cloreto de vinila) e o tricloroetileno.

- Oliveira (2018), também estudou a poluição no Eixo Tamanduateí, identificou e caracterizou as regiões contaminadas no período de 2002 a 2017 por meio de análise de 17 processos da CETESB. O principal objetivo foi entender a implicação e a dimensão que as regiões contaminadas representam para uma nova utilização do solo, a fim de uma reestruturação e requalificação urbana, de modo a cumprir a sua função social. A pesquisa expôs que grande parte de antigas áreas industriais está sendo utilizada para fins residenciais, comerciais e educacionais. Os órgãos ambientais competentes não têm mapeado os territórios com potencial de contaminação e não têm se mostrado interessados em diminuir o tempo de remediação ou possibilitar revitalização mais sustentável dessas áreas.

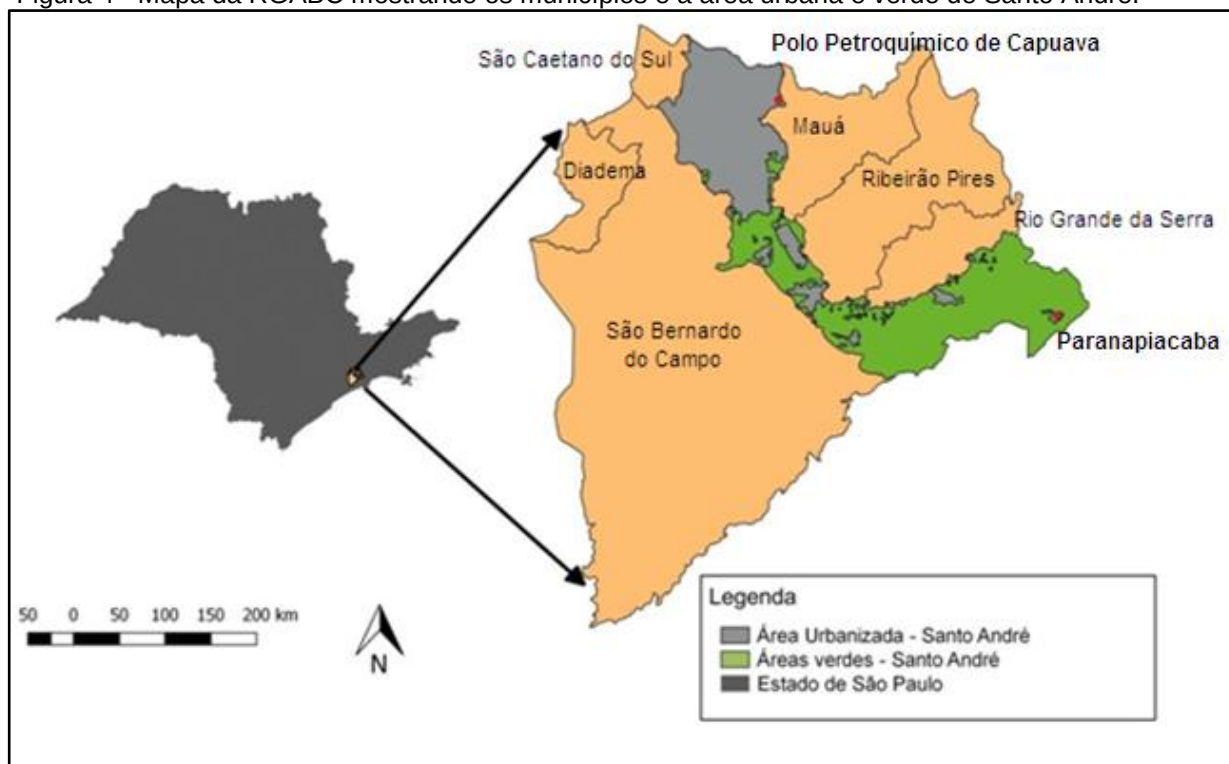
- Lobo (2018) realizou um levantamento das características geoambientais do PPC que influenciam na qualidade das águas subterrâneas de seu entorno, com a finalidade de mensurar o impacto do acúmulo ou dispersão de poluentes nos córregos e aquíferos da região. Com base no levantamento dos processos de áreas contaminadas do PPC, observa-se que a área possui um perfil estratigráfico com predominância de camadas de aterro e solos argilosos com presença de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), provenientes de refino do petróleo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A RGABC faz parte de uma das sub-regiões da RMSP a qual abrange sete municípios: Santo André, São Bernardo do Campo, Rio Grande da Serra, Diadema, São Caetano do Sul, Mauá e Ribeirão Pires (Figura 4). A região é conhecida por ser uma das mais industrializadas do país.

Figura 4 - Mapa da RGABC mostrando os municípios e a área urbana e verde de Santo André.



Fonte: Elaborado pela autora no software Qgis, 2017.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada para a região é de aproximadamente 2.750.000 milhões de habitantes em uma área de 828 km² (IBGE, 2019). Na região há muitas avenidas importantes, como a Avenida dos Estados, que liga as cidades da RGABC ao município São Paulo (centro e região norte) e essa possui uma frota de veículos de aproximadamente 530 mil veículos (DENATRAN, 2019).

4.1.1. Área fonte de contaminantes

O município de Santo André (23° 39' 30" S e 46° 31' 00" W) possui uma área de 175,782 km²; dos quais, segundo o Consórcio do ABC (2019), 62% do

território são zonas de proteção ambiental. Possui uma altitude média de 760 m e alguns pontos superiores a 1200 m (em localidades próximas a Serra do Mar).

Por estar muito próximo da capital do estado (18 km) e do município de Santos (localização do maior Porto da América Latina), possui uma grande importância na industrialização do país (IBGE, 2019; CONSÓRCIO DO ABC, 2019). Em sua divisa com Mauá, encontra-se o PPC. Conforme citação anterior, este polo é constituído por um conjunto de 14 indústrias que produzem polietileno e polipropietileno, a partir da destilação da nafta e também várias substâncias produzidas pelos derivados do petróleo (PETROBRAS, 2018). Já a RECAP possui uma área de 3,7 milhões de m² e produz diariamente 53 mil barris de petróleo. Os principais produtos obtidos são: gasolina e diesel baixo teor de enxofre (S-10), aguarrás, propeno, gás liquefeito de petróleo (GLP) e solventes especiais (PETROBRAS, 2018). Além de possuir uma grande importância econômica para a RGABC, segundo o Fomento Industrial do Polo do Grande ABC (COFIPABC); e baseado em dados de 2018, o PPC foi responsável por um faturamento de aproximadamente 9,7 bilhões de reais e gerou 2550 empregos diretos e 7350 indiretos.

Ademais é válido ressaltar que o PPC possui uma característica peculiar em relação aos demais polos distribuídos pelo Brasil; o fato de apresentar um grande adensamento populacional no seu entorno (ZACCARELLI-MARINO, 2012; BOIAN; BRUMATTI; FORNARO, 2015), conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - O PPC com seu entorno densamente populacional.



Fonte: ABC do ABC, 2018.

A Tabela 6 quantifica a população que reside nos bairros adjacentes do PPC nos municípios de Mauá (Região do Planejamento 5), Santo André (Jardim Alzira Franco, Jardim Ana Maria, Jardim Rina, Parque Capuava, Parque Novo Oratório) e São Paulo (São Rafael). Segundo dados do Censo (IBGE, 2010) a população do entorno do PPC tem um total de aproximadamente 185 mil habitantes.

Tabela 6 - Quantificação da população adjacente do Polo Petroquímico de Capuava (PPC).

Município	Bairro	População
Mauá	Região do Planejamento 5	2.924
	Jardim Alzira Franco	6.137
	Jardim Ana Maria	4.886
Santo André	Jardim Rina	2.721
	Parque Capuava	8.167
	Parque Novo Oratório	16.506
São Paulo	São Rafael	143.992
Total da população adjacente		185.333

Fonte: Elaborada pela autora com dados do IBGE, 2010.

Com um intenso tráfego de veículos, aproximadamente 12 mil veículos por hora, a Avenida dos Estados passa próximo à região do PPC; esta avenida é de grande importância para os municípios da região, uma vez que faz a interligação entre as cidades da RGABC e com a cidade de São Paulo.

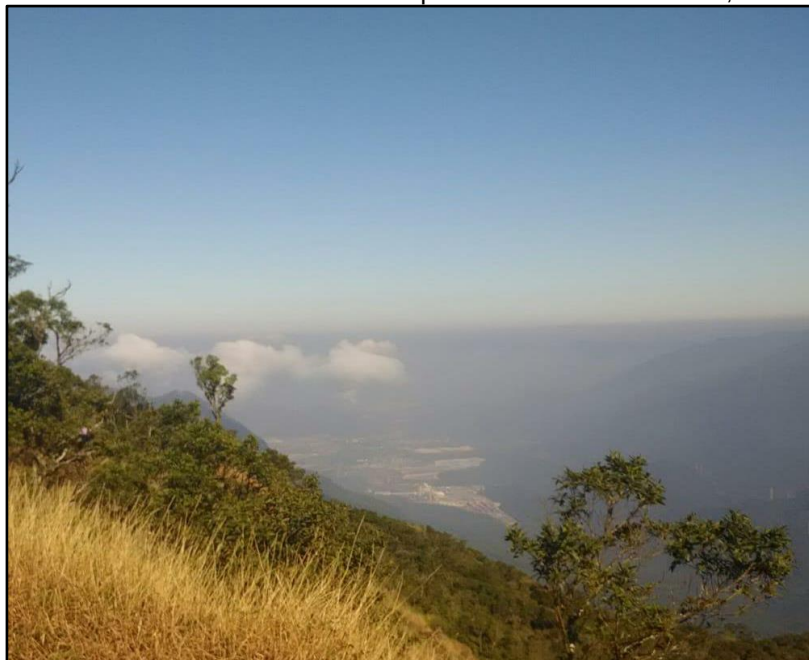
4.1.2. *Área não fonte de contaminantes*

A área não fonte de contaminantes, local de poucas influências antrópicas, corresponde à Vila de Paranapiacaba, distrito do município de Santo André e que se localiza a aproximadamente 24 km da região do PPC (Google Earth Pro, 2019). Apresenta uma população de cerca de 920 habitantes e é um local histórico; devido a construção da ferrovia (1860) e por suas belezas cênicas naturais (IBGE, 2019).

Em Paranapiacaba, os remanescentes da Mata Atlântica no seu entorno são preservados por meio de três Unidades de Conservação: o Parque Estadual Serra do Mar - Núcleo Itutinga Pilões; Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba; e a Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba (CEZARE, 2009; SANTO ANDRÉ, 2008).

Apesar de possuir os remanescentes da Mata Atlântica preservados em Paranapiacaba, há empresas de grande porte nas suas proximidades; como é o caso da Unipar Carbocloro. A empresa encontra-se a 11 km de Paranapiacaba em uma área de 175 mil m² onde produz Policloreto de Vinila (PVC) e produtos químicos: cloro e soda (SOLVAY, 2019). Outro exemplo é o Polo Industrial de Cubatão, instalado no sopé da Serra do Mar, a cerca de 15 km de Paranapiacaba, sendo possível avistá-lo a partir da trilha do Mirante (localizado na divisa do Parque Estadual Serra do Mar – Núcleo Itutinga Pilões e o Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba), de acordo com a Figura 6.

Figura 6 - Vista do Polo Industrial de Cubatão a partir da Trilha do Mirante, em Paranapiacaba.



Fonte: Elaborada pela autora, 2018.

Este polo industrial é considerado o maior da América Latina, composto por 25 indústrias de diferentes segmentos: fertilizantes, química, petroquímica e de siderurgia (CIESP, 2019).

No setor da petroquímica, encontra-se a Refinaria Presidente Bernardes (RPBC) com capacidade de produzir 178 mil barris diariamente. Os principais produtos produzidos pela RPBC são: gasolina, coque de petróleo, óleo diesel, gás de cozinha, nafta petroquímica, butano desodorizado, benzeno, xilenos e tolueno, hexano, enxofre, resíduo aromático, entre outros (PETROBRAS, 2019).

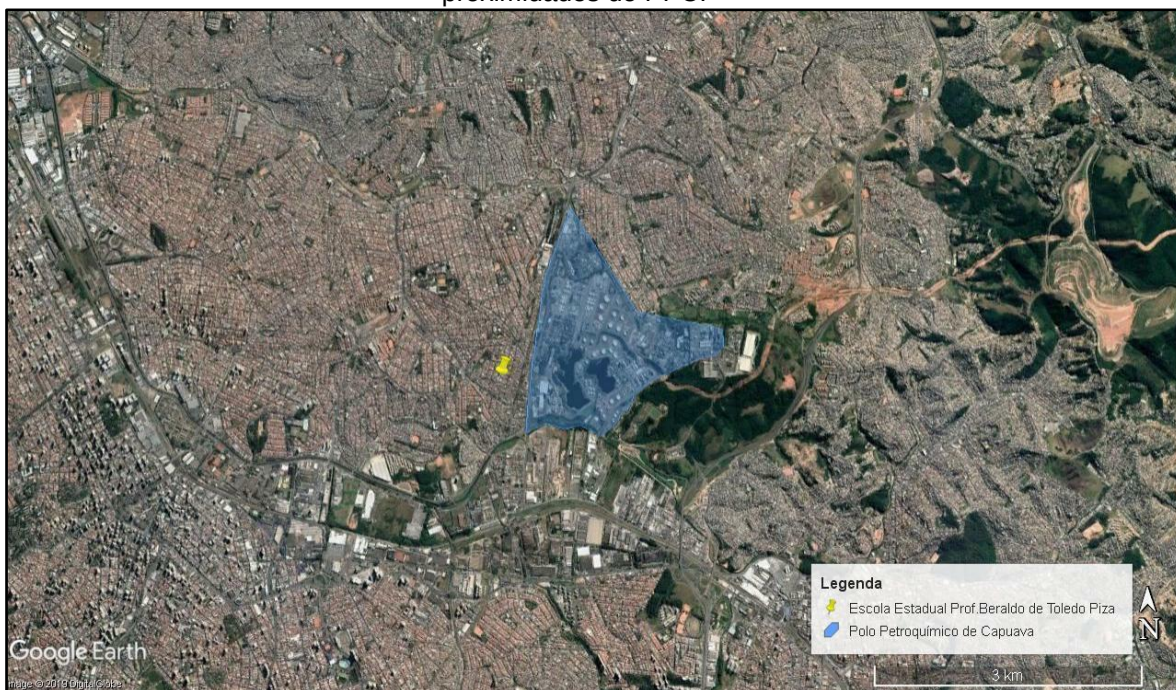
Na década de 80, algumas empresas foram responsáveis pela grande industrialização do município. Porém, muitos poluentes eram descartados no meio, causando danos ambientais e à saúde, chegando a apresentar casos de anencefalia e de má formação genética nos recém-nascidos. Por conta disso, a Organização das Nações Unidas (ONU) considerou Cubatão como a cidade mais poluída do mundo, ficando conhecida como o “Vale da Morte” (SILVA *et al.*, 2014).

Atualmente, devido a medidas para controlar a poluição ambiental, a qualidade ambiental de Cubatão está dentro dos padrões aceitáveis e é considerado, pelas Nações Unidas, símbolo mundial de recuperação ambiental (PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO, 2018).

4.1.3. Pontos de coletas

Na região do PPC, as coletas de deposição total e a exposição dos bioindicadores ocorreu na Escola Estadual Professor Bernaldo de Toledo Piza (Figura 7). O local foi escolhido por sua proximidade com o polo petroquímico (500 m).

Figura 7 - Ponto de amostragem na Escola Estadual Professor Bernaldo de Toledo Piza, nas proximidades do PPC.



Fonte: Elaborado pela autora no software Google Earth Pro, 2018.

As amostras de solo foram coletadas em junho/2018 em quinze pontos no entorno do PPC. Os pontos foram baseados em dois estudos: Zaccarelli-Marino (2012) e Lobo (2018).

Conforme indicado na Figura 8, os pontos em verde caracterizam os locais com maior ocorrência de pessoas com TCA descritos por Zaccarelli-Marino (2012); os pontos em vermelho são locais apontados no estudo de Lobo (2018), como área de interesse de amostragem de águas superficiais; e em amarelos são os locais de contaminação de águas subterrâneas, que foram identificadas com base nos cadastros da CETESB de áreas contaminadas.

Figura 8 - Pontos de Coleta de solo no entorno do PPC.



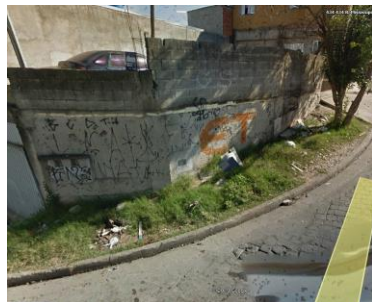
Fonte: Elaborado pela autora no software Google Earth Pro, 2018.

A Tabela 7 possui a descrição mais detalhadas dos pontos de coleta de solo (coordenadas geográficas, características e figura do local):

Tabela 7 - Pontos de coleta de solo em Capuava, como foi baseado cada ponto (Tireoidite Crônica Autoimune - TCA; Superficial e Subterrânea); as coordenadas geográficas; as características do local e as figuras.

Pontos de coletas	Superficial/ Subterrânea/ TCA	Coordenadas (Google Earth Pro)	Características do local	Figuras
1	Superficial	23°39'00.09"S 46°29'20.46"O	O terreno é uma área livre com pouca cobertura vegetal. Encontra-se ao lado da área industrial e de uma avenida com alta frota de veículos	
2	Superficial	23°39'22.96"S 46°29'58.21"O	O local é caracterizado com uma área livre, com cobertura vegetal e em uma avenida com alta frota de veículos	
3	Subterrânea	23°39'09.08"S 46°30'02.56"O	Área livre com pouca cobertura vegetal	
4	TCA	23°38'33.79"S 46°29'40.68"O	Área livre com cobertura vegetal (área de lazer)	

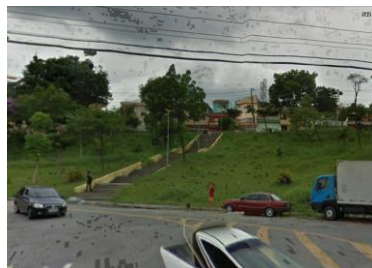
5 TCA 23°38'28.13"S
46°29'25.99"O Árvore isolada



6 TCA 23°38'28.83"S
46°29'20.16"O Árvore isolada



7 Subterrânea 23°38'13.32"S
46°29'18.58"O Área livre com
cobertura vegetal



8 TCA 23°38'07.31"S
46°29'31.50"O Árvore isolada



9 TCA 23°37'53.87"S
46°29'35.09"O Árvore isolada



10 Subterrânea 23°37'43.35"S
46°29'25.60"O Área livre com
cobertura vegetal
(área de lazer)



11 Superficial 23°37'29.35"S
46°29'36.30"O Área livre com
cobertura vegetal
(área de lazer)



12 Superficial 23°37'25.90"S
46°28'55.40"O Área livre com
cobertura vegetal



13 TCA 23°37'32.97"S
46°28'45.96"O Próximo ao rio



14 TCA 23°37'49.49"S
46°28'44.11"O Árvore isolada

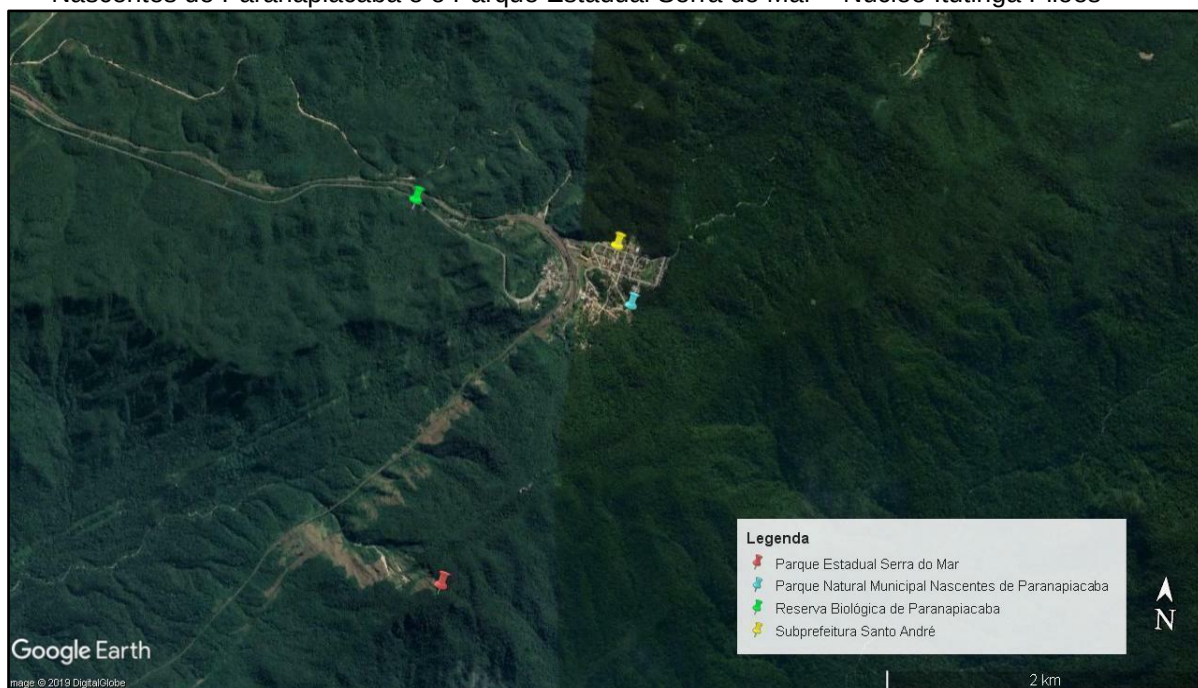


15	TCA	23°37'58.06"S 46°28'33.53"O	Área livre com cobertura vegetal	
----	-----	--------------------------------	-------------------------------------	--

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Em Paranapiacaba, o coletor de deposição total e a exposição dos bioindicadores ocorreram Subprefeitura de Paranapiacaba (Figura 9) no período de outubro/2016 a agosto/2017; já o biomonitoramento do ar ocorreu de março/2018 a março/2019.

Figura 9 - Ponto de amostragem na Subprefeitura de Paranapiacaba e as Unidades de Conservação em seu entorno: a Reserva Biológica de Paranapiacaba, Parque Municipal Nascentes de Paranapiacaba e o Parque Estadual Serra do Mar – Núcleo Itutinga Pilões



Fonte: Elaborado pela autora no software Google Earth Pro, 2018.

Em Paranapiacaba, os pontos de coleta ocorreram no Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba. Esses pontos possuem diferentes

estágios de regeneração da vegetação e os locais foram na: trilha da comunidade, trilha do Mirante e próximo ao Olho d' água (Figura 10)

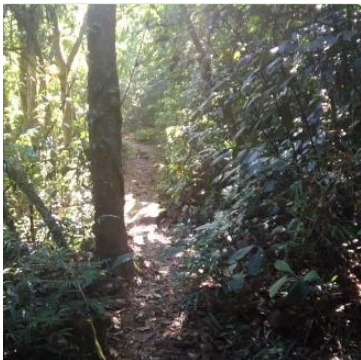
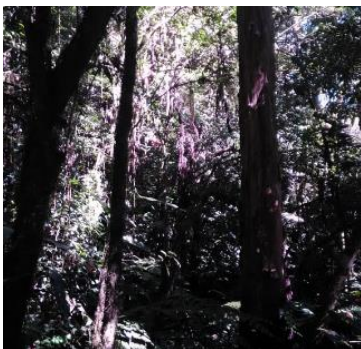
Figura 10 - Pontos de Coleta de solo em Paranapiacaba.



Fonte: Elaborado pela autora no software Google Earth Pro, 2018.

A Tabela 8 possui a descrição mais detalhadas dos pontos de coleta de solo (coordenadas geográficas, características e figura do local):

Tabela 8 - Pontos de coleta de solo em Paranapiacaba.

Pontos de coleta	Coordenadas (Google Earth Pro)	Característica do local	Figuras
1	S 23.78894 W046.30594	Trilha do Mirante	
2	S23.7794 W046.2530	Próximo ao Olho d'água	
3	S23.76912 W046.28552	Trilha da Comunidade	

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

4.1.4. Obtenção de dados

Foram utilizados dados pluviométricos do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), das Estação de Capuava - município de Mauá; e Paranapiacaba - município de Santo André. Os dados estavam disponíveis no site do CEMADEN².

² <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>

As medições de precipitação do CEMADEN são horárias para o período seco e para o período com precipitação, as medições são realizadas de 10 em 10 min. A fim de saber o valor da intensidade da precipitação diária (mm), foi necessário somar os valores de acordo com os seguintes horários:

- horário de verão: início às 2h do dia que pretende-se contabilizar, até às 1h59min do dia posterior;
- horário normal: início às 3h do dia que pretende-se contabilizar, até às 2h59min do dia posterior.

Utilizou-se os dados de precipitação na elaboração de figuras e para correlacionar com os resultados de deposição total (concentração de Pb e Cd) para o período de outubro/2016 a agosto/2017, totalizando 36 semanas.

Além dos dados de precipitação para o período do atual estudo, utilizou-se também dados de séries históricas, com o intuito de comparação. Os dados estavam disponíveis no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)³. Para este trabalho, foram utilizados dados mensais do período de 1979 a 1998 (19 anos) de Paranapiacaba e do bairro São Rafael, do município de São Paulo, localizado a aproximadamente 4 km do PPC.

Utilizou-se dados de MP₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$) para correlacionar com a concentração de Pb e Cd de deposição total e para a elaboração de figuras, com o objetivo de comparar a média MP₁₀ entre as áreas de estudos (período da deposição total e o biomonitoramento do ar). Os dados estavam disponíveis no Sistema de Informações da Qualidade do Ar (QUALAR) - da CETESB. A Estação utilizada foi a de Santo André – Capuava e de Cubatão - Vila Parisi (em Paranapiacaba não há monitoramento da CETESB utilizou de Cubatão). Os dados foram utilizados

Na elaboração das rosas dos ventos e comparativo com os resultados obtidos de deposição total (Pb e Cd), utilizou-se dados de os dados de direção do vento (°) e velocidade do vento (m.s^{-1}). Estes dados estavam disponíveis no site QUALAR para as Estação de Santo André- Capuava e Cubatão - Vila Parisi, para a construção das rosas dos ventos. Os valores utilizados foram horários, ou

³ <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>

seja, 24 dados por dia e o período utilizado foi: outubro/2016 - agosto/2017 (totalizando 7.585 dados para cada parâmetro) e março/2018 - março/2019 (8.784 dados para cada parâmetro).

4.2. Metodologia

4.2.1. Monitoramento da deposição total

4.2.1.1. Amostragem

Para realizar o monitoramento da deposição total, foi construído um sistema manual com um galão de água (10 L) e protegido com uma tela de *nylon*, conforme descrito por Campos, Costa e Tavares (1998) com o intuito de evitar contaminação por folhas e insetos, por exemplo. O coletor estava apoiado em uma estrutura de ferro de aproximadamente 1,5 m de altura, como apresentado na Figura 11.

No entanto, visando atender aos protocolos que possuem diretrizes para monitorar a composição atmosférica em escala regional e global; como por exemplo, o programa *Global Atmospheric Watch* (GAW) - estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) - foi necessário realizar um tratamento posterior dos dados como descrito no subcapítulo: 4.2.1.3. Tratamento de dados.

As coletas de amostras de deposição total ocorreram no período do dia 07 de outubro de 2016 a 18 de agosto de 2017, totalizando 69 amostras (entre Paranapiacaba e Capuava).

Figura 11 - Coletores manuais de deposição total nas proximidades do Polo Petroquímico de Capuava (PPC) e em Paranapiacaba.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

O período de coleta foi de aproximadamente 7 dias, porém há algumas exceções, em que ocorreram coletas em um período maior (por logística). As coletas foram realizadas com o auxílio de uma proveta, na qual foram adicionados 50 mL de amostra em frascos limpos, sendo um frasco de plástico (para medir o pH) e outro de vidro âmbar (para medir o Pb e Cd). Salientando que nas amostras para a leitura dos elementos adicionou-se 1 mL de ácido nítrico (1 mol L^{-1}); e nas semanas que não possuíam o volume suficiente de água de chuva, acrescentou-se água deionizada (até completar o volume de 100 mL) com o propósito de coletar a deposição seca e, então, foram realizados os mesmos procedimentos.

Após a realização das coletas, foi medido o volume total de água do coletor e em seguida, o coletor foi lavado com água deionizada para a próxima coleta. No percurso dos pontos de coleta até o laboratório da UFABC, as amostras foram armazenadas em uma caixa de isopor com gelo para a preservação dos componentes químicos.

Em laboratório, com o auxílio do pHmetro *Novainstruments* (calibrado com soluções padrão de pH 4,00 e 7,00) foi realizada a aferição do pH das amostras; e posteriormente estas foram congeladas até as análises para a determinação do Pb e Cd.

4.2.1.2. Determinação do Pb e Cd

Para determinação dos elementos as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, filtradas com filtro seringa Millipore 0,22 µm e essas determinações foram realizadas com a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES). O modelo utilizado foi o com visão axial, série 710 (Varian), das Centrais Experimentais Multiusuário da UFABC – Santo André.

A solução padrão utilizada para a curva padrão é da marca SpecSol com concentração para Pb de 1000 mg L⁻¹ (1005 ± 4 mg L⁻¹) e Cd 1000 mg L⁻¹ (1001 ± 4 mg L⁻¹). O material de referência certificado (CRM) utilizado nas análises foi o *Trace Metals 1 - Drinking Water QC* (QC1488-20ML).

4.2.1.3. Tratamento dos dados

4.2.1.3.1. Eficiência do coletor

Como descrito anteriormente, os coletores de deposição total não estavam dentro dos padrões estabelecidos; por isso, primeiramente, foi preciso calcular a eficiência de coleta da chuva.

Em que foi necessário fazer um comparativo com o volume de chuva registrado por uma estação pluviométrica próxima ao local de estudo, através da Equação 1.

$$Eficiência = \frac{\frac{V_c}{A_c}}{V_e} \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

V_c = volume de deposição total que foi amostrado no período da coleta, em dm³;

A_c = área do coletor, em dm²;

V_e = dados do volume de chuva da Estação Meteorológica durante período da coleta, em mm.

4.2.1.3.2. Média ponderada pelo Volume (MPV)

Segundo os autores Hu e Balasubramanian (2003), Fontenelle (2009), Medeiros (2011), Giubbina (2013) e Mimura *et al.* (2016), a composição química da precipitação pode ser influenciada pelo volume do evento; por exemplo, quando há ocorrência de um maior volume de precipitação, a concentração do poluente tende a diminuir.

Dessa maneira, realizou-se a ponderação dos eventos através da média ponderada pelo volume (MPV), segundo a Equação 2:

$$MPV = \frac{\sum_{i=1}^n C_i V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

C_i = concentração do elemento determinado por ICP-OES;

V_i = volume total coletado na semana.

4.2.1.3.3. Deposição atmosférica total de Pb e Cd

Segundo Medeiros (2011) a quantificação da deposição atmosférica total das amostras é calculada através da equação:

$$DT = \frac{C.v}{A.d} \quad \text{Equação 3}$$

Onde,

DT = deposição atmosférica total;

C = concentração do elemento determinado por ICP-OES;

V = volume coletado na semana;

A = área do coletor (0,042 m²);

d = dias sem evento de chuva.

Para conhecer a massa de deposição anual (mg m⁻² ano⁻¹), foi necessário somar os valores das coletas (outubro a agosto) e realizar uma proporção com o valor da área do coletor utilizado neste estudo (0,042 m²) para 1 m² (área padrão dos coletores que encontram-se dentro das normas específicas).

Como não foi possível analisar as amostras de setembro, fez-se uma proporção de 11 meses (período da coleta) para 12 meses, com o intuito de comparar com outros estudos.

4.2.1.3.4. Cálculo das trajetórias das massas de ar

O cálculo das trajetórias das massas se caracteriza como uma importante ferramenta para o estudo da circulação das massas de ar e, conseqüentemente a avaliação do transporte de poluentes. Dessa forma, gerando informações de maneira eficaz sobre a atmosfera, como em casos emergenciais: acidentes radiológicos e erupções vulcânicas (SILVA et al., 2018).

Essa ferramenta permite identificar o deslocamento da massa de ar de um local a outro, a partir de um ponto de origem (coordenadas geográficas) e em diferentes alturas na vertical. Com relação à procedência, podem ser classificadas em trajetórias *backward* - para trás; quando são calculadas no sentido negativo do tempo, ou seja, quando se deseja inferir a origem das massas de ar que estão chegando numa determinada coordenada geográfica. Ou então, trajetórias *forward* - para frente; quando são calculadas no sentido positivo do tempo, isto é, quando se deseja saber para onde estão indo as massas de ar a partir de uma coordenada geográfica (localização do estudo, por exemplo), além disso, consegue-se apenas realizar trajetórias para eventos que já ocorreram.

Estes cálculos baseiam-se em parâmetros de entrada, como: campos de ventos (horizontal e vertical), altura geopotencial, temperatura potencial, níveis de pressão, que correspondem a dados provenientes de estações de superfície, navios, bóias, balões climáticos e satélites, obtidos através de grandes centros meteorológicos, como por exemplo, o National Center for Environmental Prediction (NCEP), na utilização de programas computacionais para a resolução das equações de movimento das parcelas de ar e na aplicação de técnicas de interpolação para o cálculo dos valores desconhecidos em pontos irregulares (AIRES, 2001).

Para o cálculo das trajetórias de massas de ar foi utilizado o Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model (HYSPLIT). Este modelo foi desenvolvido pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), disponível no site Air Resources Laboratory para o acesso gratuito online ou download do modelo.

4.2.1.4. Rosa dos ventos

A rosa dos ventos é uma representação gráfica estatística da direção e velocidade dos ventos, que possibilita avaliar os padrões de frequência e intensidade dos ventos de um determinado local (SANTOS, 2016).

A construção das rosas dos ventos ocorreu através de dados horários da CETESB, como já descrito acima, para a região do PPC e Paranapiacaba. O software utilizado foi o WRPLOT View, que é gratuito para *download* e está disponível no site *Lakes Environmental*⁴. Para classificar a intensidade dos ventos, utilizou-se a Escala Beaufort (Tabela 9).

Para Paranapiacaba não foram encontrados dados de velocidade e direção do vento para o período de estudo, dessa maneira, foram utilizados os dados de Cubatão, pela proximidade com o local.

Tabela 9 - Escala Beaufort.

Escala Beaufort	
Velocidade (m s ⁻¹)	Intensidade
0,0 - 0,5	Calmo
0,5 - 1,5	Aragem
1,5 - 3,1	Brisa leve
3,1 - 5,1	Brisa fraca
5,1 - 8,2	Brisa moderada
8,2 - 10,8	Brisa forte
10,8 a 13,9	Vento fresco
13,9 - 17,0	Forte
17,0	Muito forte

Fonte: CEPAGRI, 2019.

4.2.1.5. Biomonitoramento ambiental ativo

O biomonitoramento ambiental ativo foi realizado nos locais de estudo com os bioindicadores *Tradescantia pallida* “Purpurea” e a *Dracaena marginata*

⁴ <https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>

“Tricolor” a fim de verificar o nível de acumulação de Pb e Cd nas amostras foliares.

A *Tradescantia pallida* é uma planta conhecida popularmente como Trapoeraba roxa e pertence à família *Commelinaceae*. Vem sendo utilizada desde a década de 60 com o intuito de avaliar os efeitos dos poluentes (CARNEIRO, 2004). Nos estudos realizados por Savóia (2013) e Santos *et al.* (2015) este bioindicador foi utilizado para avaliar a concentração de alguns EPTs.

A *Dracaena marginata* “Tricolor”, conhecida popularmente como Dracena, é uma planta ornamental e vem sendo utilizada como bioindicador de ambiente interno. O estudo realizado por Orwell *et al.* (2004), mostrou que a planta absorve benzeno. No atual estudo, o uso da *Dracaena marginata* “Tricolor” tem como finalidade averiguar se ela possui a capacidade de acumuladora de Pb e Cd, assim como a *Tradescantia pallida* “Purpurea”.

As mudas de *Tradescantia pallida* “Purpurea” foram compradas na floricultura ABC Garden, no município de São Bernardo do Campo e de *Dracaena marginata* “Tricolor” na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP-SP), sendo sempre do mesmo fornecedor. Posteriormente, as mudas foram levadas para um laboratório da UFABC, onde foram replantadas em vasos auto-rega confeccionados com garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) e identificados, conforme Figura 12.

Figura 12 - Os bioindicadores *Tradescantia pallida* “Purpurea” e *Dracaena marginata* “Tricolor” plantados em vasos auto-rega de PET expostos nos locais de amostragem.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

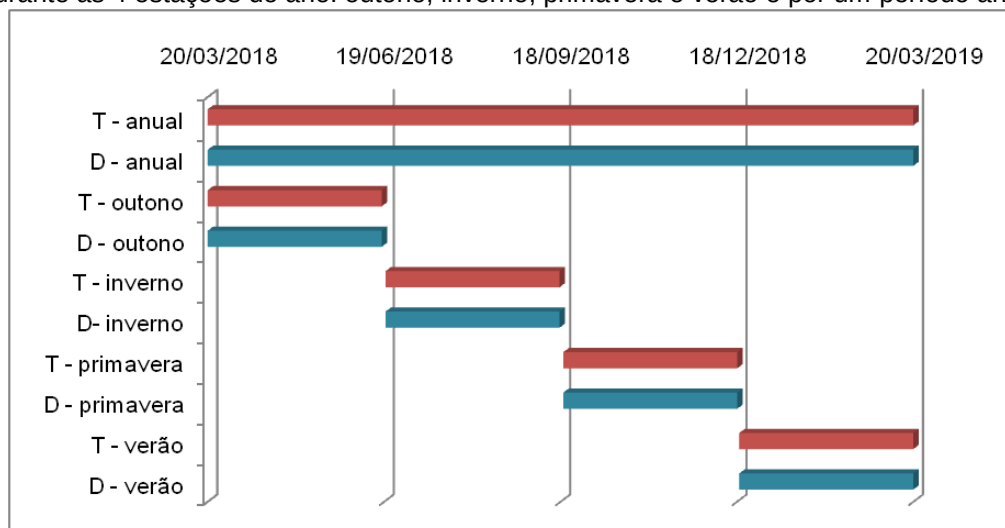
O biomonitoramento ocorreu durante o período de 1 ano; em que, no início de cada estação do ano (outono, inverno, primavera e verão), foram expostas 6 mudas de cada bioindicador nos locais de estudo. Ao final de cada estação foram retiradas as mudas expostas e colocadas novas mudas para ficarem expostas durante a estação seguinte.

Além disso, no início do biomonitoramento (outono – março de 2018) foram expostas 12 mudas de cada bioindicador (*Tradescantia pallida* “Purpurea” e *Dracaena marginata* “Tricolor”) nas duas áreas de estudo. Sendo que, 6 mudas foram expostas no período do outono e as outras 6 mudas ao longo do período de 1 ano (nas 4 estações do ano: outono, inverno, primavera e verão), conforme descrito na Figura 13.

É importante ressaltar, que o biomonitoramento anual é relevante para a avaliação dos efeitos das variações sazonais.

Após o período estipulado para a exposição das mudas, estas foram retiradas da área de estudo. Em seguida foram coletadas as amostras foliares, lavadas com água deionizada de alta pureza (Purificador de água Purelab Option, Elga) e colocadas sobre o papel toalha. Então, foram acondicionadas em sacos de papéis pardos devidamente etiquetados e colocados na Estufa Microprocessada para Esterilização e secagem – *Sterilifer*” com temperatura entre 40 e 50°C até ficarem completamente secas (CETESB, 2018a; SAVÓIA, 2013).

Figura 13 - Descrição da exposição dos bioindicadores *Tradescantia pallida* “Purpurea” (T) em vermelho, e *Dracaena marginata* ‘Tricolor’ (D) em azul. Os bioindicadores foram expostos durante as 4 estações do ano: outono, inverno, primavera e verão e por um período anual.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Para controle, foram coletadas amostras foliares antes dos bioindicadores serem expostos, totalizando assim, 240 amostras (antes e depois da exposição dos bioindicadores).

4.2.1.5.1. Preparo das amostras para a determinação de Pb e Cd

Inicialmente, as amostras foliares foram cortadas com o auxílio de uma tesoura de aço, para não houvesse riscos de contaminação. Porém, antes desse procedimento, foi necessário padronizar as amostras de *Dracaena marginata* “Tricolor” por serem compridas, cortando as pontas (cerca de 3 cm).

Posteriormente, descontaminou-se os tubos Falcon e as vidrarias que foram utilizadas no procedimento de digestão através do banho em ácido nítrico (15% v/v HNO₃) por 24 horas e lavados, cinco vezes, com água deionizada. Salientando que todo HNO₃ utilizado no preparo das amostras e digestão foi subdestilado através do destilador Savillex DST-100.

As amostras foram digeridas pelo método da digestão com HNO₃ (65%) conforme descrito por Paniz *et al.* (2018). O procedimento consiste em adicionar 0,1g de amostra em tubo Falcon junto com 1,5 mL de HNO₃ concentrado. Os tubos foram dispostos em capela por 24 horas para iniciar o processo de pré-digestão; e posteriormente, no bloco digestor, por 4 horas a 90°C. Depois de retirados do bloco e em temperatura ambiente, os tubos foram avolumados para 25 mL com água ultrapura;

Em seguida, os tubos foram devidamente pesados na balança analítica Pioneer-Ohaus, quando estavam vazios e depois de avolumados; para encontrar o fator de diluição da amostra, através da equação:

$$Fator\ de\ diluição\ (\%) = \frac{tubo\ avolumado\ (g) - tubo\ vazio\ (g)}{massa\ da\ amostra\ (g)} \quad \text{Equação 4}$$

Os CRMs utilizados foram o NIST 1573a (*Tomato Leaves*) e CRM-Agro C1003 (Folhas de Tomate) e os brancos, que passaram pelos mesmos procedimentos das amostras. Para a leitura das amostras dos bioindicadores foi necessária a filtração através do filtro seringa de acetato 0,45.

4.2.1.5.2. Determinação do Pb e Cd

A determinação de Pb e Cd foi realizada através da técnica de Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS, *Agilent Technologies 7900*), conforme realizado no estudo de Santos *et al.* (2015). A solução padrão utilizada, para fazer a curva de calibração, foi a Multi-Element Calibration Standard 3 NIST – 5% HNO₃, os padrões internos foram Hólmio (Ho) e Germânio (Ge); e para a leitura das amostras usou-se o modo Hélio (He). O gás utilizado no funcionamento do ICP-MS foi o argônio (Ar), gás de arraste. Os parâmetros do plasma do ICP-MS estão descritos na Tabela 10:

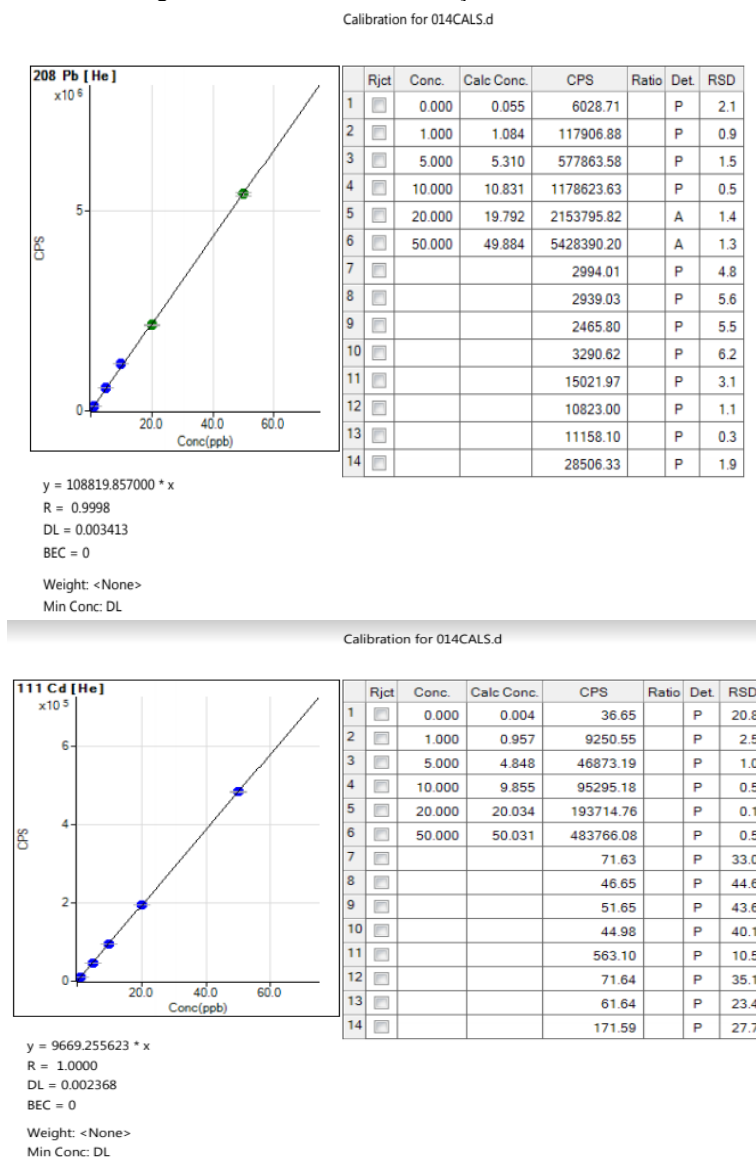
Tabela 10 - Parâmetros operacionais do plasma do ICP-MS para a leitura de Pb e Cd.

Parâmetros operacionais do plasma	
RF Power	1500/1500 (500 - 1600 W)
RF Matchine	1,80/1,80 (0,20 - 3,00 V)
Sampl Depth	6,0/8,0 (3,0 - 28,0 mm)
Carrier Gas	0,0/0,0 (0,0 - 100,0%)
Nebuli. Pump	0,30/0,10 (0,00 - 0,50 rps)
S/C Temp 2/2	(-5 - 20 C)
Gas Switch	Makeup Gas
Makeup Gas	0,00/0,00 (0,00 - 2,00)
Extract1	0,0/0,0 (-200 - 10,0 V)
Extract2	195,0/-195,0 (-250,0 - 10,0)

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

A curva de calibração para os elementos foi de 0,1,5,10,20,50 ppb, sendo o $R(\text{Pb}) = 0,9998$ e $R(\text{Cd}) = 1,000$. O limite de detecção para Pb e Cd foi 0,003413 e 0,002368 ppb, respectivamente (Figura 14).

Figura 14- Curva de calibração de Pb e Cd.



Fonte: ICP-MS, 2019.

Neste presente trabalho, o intuito foi conhecer a concentração dos elementos Pb e Cd nas amostras foliares dos bioindicadores; porém, determinou-se também os elementos: Ba, Co, V, Ni, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, U, Ródio (Rh), Estanho (Sn), Paládio (Pd), Sb e Platina (Pt), totalizando 18 elementos. Estes valores estão disponibilizados no APÊNDICE A - Análises dos bioindicadores para outros elementos químicos, e no APÊNDICE B - Curvas de calibração dos elementos determinados nas análises dos bioindicadores, e estes dados serão utilizados para futuras publicações.

4.2.2. Solo

4.2.2.1. Estimativa as densidades de fungos e bactérias

Para estimar as densidades, contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos presentes nas amostras de solo; foi utilizada a técnica “*pour plate*”, metodologia apresentada por Clark (1965).

Com o auxílio de uma pá de jardinagem, as áreas dos pontos de coleta foram limpas (retirando as folhas, galhos e pedras) e coletou-se o solo superficial (0-15 cm). Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos vedados e acondicionadas em refrigerador a 5°C até serem analisadas no Laboratório de Processos Biológicos - LPB, UFABC. Antes de iniciar a técnica, todas as vidrarias utilizadas no procedimento foram esterilizadas na Autoclave Vertical CS – Primatec.

Na realização das análises, primeiramente, as amostras foram homogeneizadas e quarteadas, sendo que em cada amostra foi realizada uma análise em triplicatas, com a finalidade de aumentar a confiabilidade do resultado. Para cada análise, foram pesadas 25 g de amostra de solo, que foram suspensas em 225 mL de solução salina 0,9% pH 3,5 e ficaram em agitação a 150 rpm, 30°C durante 1h em mesa agitadora (CLARK, 1965).

A suspensão foi diluída para obter as concentrações de 10^{-2} e 10^{-3} para fungos e as concentrações de 10^{-3} e 10^{-4} para as bactérias. Posteriormente, adicionou-se uma alíquota (1 mL) por placa de petri em meio ágar Martin, para os fungos, que tem em sua composição: fosfato dipotássico (K_2HPO_4 1,0 g.L⁻¹); sulfato de magnésio ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5 g.L⁻¹); peptona 5,0 g.L⁻¹; glicose 10 g.L⁻¹; rosa bengala 0,06 g.L⁻¹; ágar 15 g.L⁻¹. Para as bactérias utilizou-se meio Luria Bertani: triptona 1,0 g.L⁻¹; cloreto de sódio (NaCl 1,0 g.L⁻¹); extrato de levedura 0,5 g.L⁻¹; ágar 15g.L⁻¹. As placas de petri foram acondicionadas em estufa B.O.D a 30 °C durante 48h (MARTIN, 1950). Após esse período realizou-se a contagem das UFC das bactérias e fungos.

4.2.2.2. Teor de Matéria Orgânica

A determinação do teor de matéria orgânica nas amostras de solo ocorreu através do método da mufla, conforme descrito por Carmo e Silva (2012).

Inicialmente, secou-se as amostras na *Estufa Microprocessada para Esterilização e Secagem, Sterilifer* a 105 °C por 24h; visando retirar toda a água do solo. Em seguida, pesou-se 10g da amostra seca em cadinho de cerâmica e este foi acondicionado em forno mufla *SP Labor -1200*; para ser incinerado a 550 °C, durante o período de 3 horas. Logo após, os cadinhos foram acondicionados em dessecador por 25 minutos; e pesados. O teor da matéria orgânica foi determinado através da equação:

$$MO (\%) = \frac{(P-(T-C).100)}{P}$$
Equação 5

Onde:

P = peso da amostra (g) depois de aquecida a 105°C;

C = tara do cadinho (g);

T = peso da cinza + cadinho (g)

4.2.2.3. pH do solo

Para aferição do pH do solo, utilizou-se o método da EMBRAPA (1997), no qual colocou-se 10 g de amostra em um béquer, juntamente com 25 mL de água deionizada. Mexeu-se a amostra com bastão vidro e então deixou-as em repouso por 1 hora. Em seguida, a leitura do pH foi realizada através do pHmetro *Novainstruments* (calibrado com soluções padrão de pH 4,00 e 7,00).

4.2.3 Análises estatísticas

Foram aplicadas análises estatísticas no *software* Statistica 7.0 com os dados de deposição total, biomonitoramento do ar e solo na região do PPC e de Paranapicaba.

Para a deposição total, realizou-se Análises de Componentes Principais (ACP) para os dados para o período das trinta e seis semanas de coletas realizadas no presente estudo, descritos na Tabela 11.

Tabela 11- Parâmetros utilizados para realizar a Análise de Componentes Principais com os dados de deposição total para a região de Capuava e Paranapiacaba.

Parâmetros	Unidade	Valor utilizado
Chumbo (Pb)	µg/L	Média Ponderada pelo Volume (MPV)
Cádmio (Cd)	µg/L	Média Ponderada pelo Volume (MPV)
Dias secos	numeral	Acumulativo do período
Material Particulado (MP)	µg/m ³	Média por período
Precipitação (PPT)	mm	Acumulativo do período
Velocidade do Vento (VV)	Km/h	Média por período

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Para o biomonitoramento do ar realizou-se a Análise de Variância Fatorial (ANOVA) para verificar as combinações multifatoriais, sendo eles: concentração de Pb e Cd; tratamento (amostras controle e expostas); local (Capuava e Paranapiacaba); planta (*Tradescantia pallida* e *Dracaena marginata*); e o período de exposição (outono, inverno, primavera, verão e o anual - amostras que ficaram expostas durante todo o período. Além disso, considerando que houve o replantio das amostras e isto pode interferir no padrão dos resultados entre as amostras controle (antes de expor no local de estudo) e as amostras expostas, foi interessante a realização da análise estatística. Entre algumas perdas de bioindicadores (na exposição), totalizaram-se em 232 amostragem (bioindicador).

Para compreender melhor os valores das análises de solo, foi realizado a ACP. Para realizar a análise estatística utilizou-se os dados dezoito pontos coletas (quinze da região de PPC e três de Paranapiacaba) nas análises da densidade de microorganismos (fungos e bactérias), pH e matéria orgânica.

5. RESULTADOS

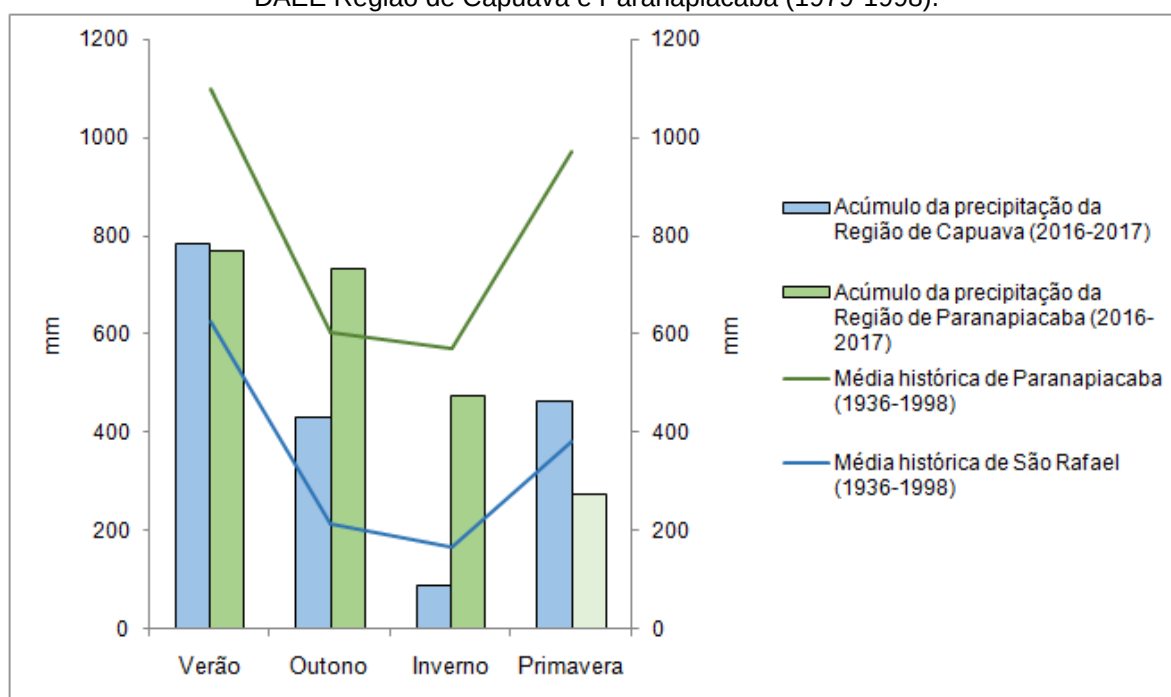
5.1. Monitoramento da deposição total

5.1.1. Precipitação, rosas dos ventos e MP_{10} para o período de coleta

A variação sazonal da precipitação das diferentes estações do ano, para o período da coleta de deposição total (outubro/2016 - agosto/2017), mostra que Capuava apresentou um comportamento bem definido entre as estações, com um período seco (inverno) e chuvoso (verão), característica essa do clima tropical da região Sudeste do Brasil. Em Capuava, durante o inverno a precipitação foi de 89,11 mm e no verão de 786,65 mm, conforme Figura 15.

Os dados também mostraram que em Capuava nas estações: verão, outono e primavera houve um maior índice de precipitação comparado à média temporal histórica (1936-1998), porém o inverno foi mais seco.

Figura 15 - Acumulativo da precipitação mensal do CEMADEN (2016 - 2017) e a média sazonal do DAEE Região de Capuava e Paranapiacaba (1979-1998).



Fonte: Elaborado pela autora com dados CEMADEN e DAEE, 2019.

(Não encontrou dados completos de precipitação em Paranapiacaba para o período da primavera - os dados são do dia 24/11/16 a 19/12/16).

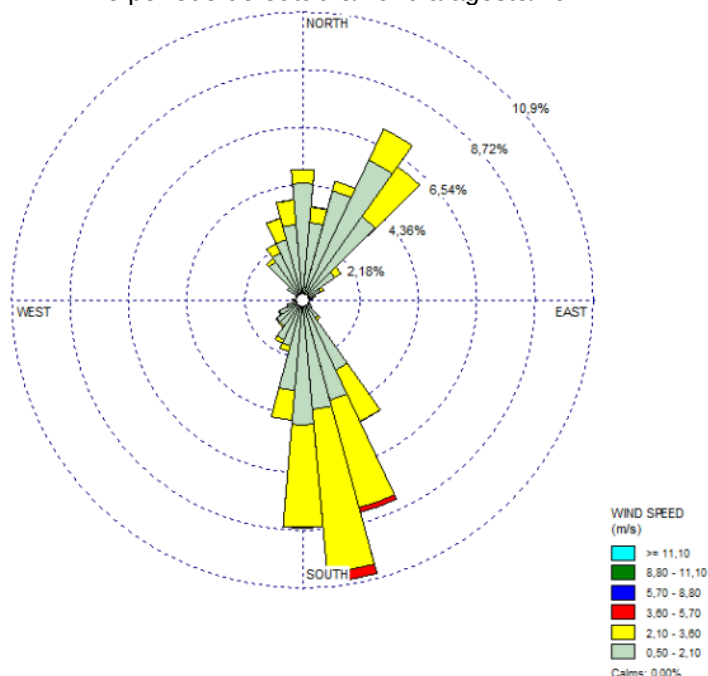
Já em Paranapiacaba, diferentemente de Capuava, houve um alto índice de precipitação durante todas as estações do ano, mantendo uma regularidade. O

período que houve uma menor precipitação foi o inverno (474,93 mm) e o verão foi o de maior (769,95 mm), assim como o esperado, dada a sazonalidade da região.

O comparativo com a média histórica mostra que a precipitação no inverno e verão foi mais baixa do que a série e no outono foi mais alto. Não foi possível fazer o comparativo para primavera porque não haviam dados completos do CEMADEN para o período de estudo. Através das médias das séries temporais, constatou-se que Paranapiacaba teve um índice de precipitação cerca de 2 vezes mais alto do que Capuava.

A rosa dos ventos para o período de coleta de amostras de precipitação total mostrou que para Capuava a direção preferencial dos ventos foi de sudeste (SE), com velocidades variando de 0,50 a 5,70 m s⁻¹ (Figura 16). De acordo a Escala Internacional de Beaufort, citada anteriormente, esses ventos são classificados como aragem e brisa moderada. Também foram observados ventos de nordeste (NE) e noroeste (NW), com velocidades variando de 0,50 a 3,60 m s⁻¹, classificados como aragem, brisa leve e brisa fraca.

Figura 16 - Rosa dos ventos de Capuava com dados de velocidade do vento e direção do vento da Estação Santo André - Capuava da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de outubro/2016 a agosto/2017.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* WRPLOT, 2019.

A direção dos ventos SE privilegia a circulação das massas de ar no sentido dos bairros adjacentes do PPC, como por exemplo, o Jardim Ana Maria, Jardim

Itapoan e Jardim Sônia Maria. Quando a predominância é NE, os ventos circulação para o sentido do bairro Jardim Rina, conforme descrito na Figura 17.

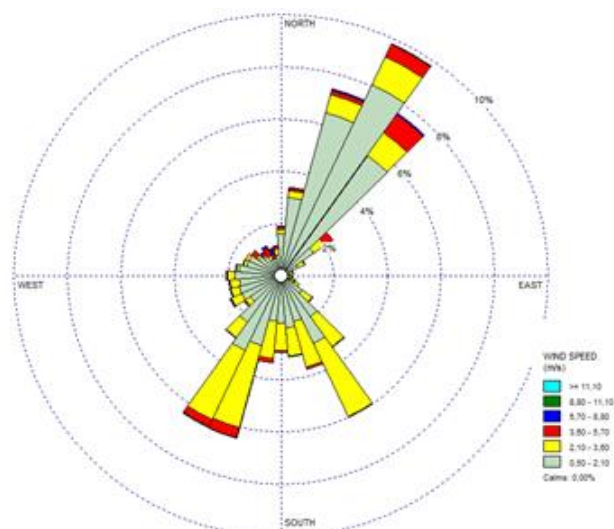
Figura 17 - Rosa dos ventos, a partir dados da Estação Santo André - Capuava da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atrelada ao mapa do Google Earth Pro na região do PPC.



Fonte: Elaborada pela autora no software WRPLOT e no Google Earth Pro, 2019.

Em Cubatão, a rosa dos ventos mostrou que no período analisado a direção preferencial dos ventos foi NE, com velocidades variando de 0,50 a 8,80 m s⁻¹ classificados de ventos calmo a brisa forte. Segundo a CETESB (2011), os ventos preferenciais (NE) ocorrem principalmente pelas condições topográfica do local, como o Vale do Rio Mogi (Figura 18).

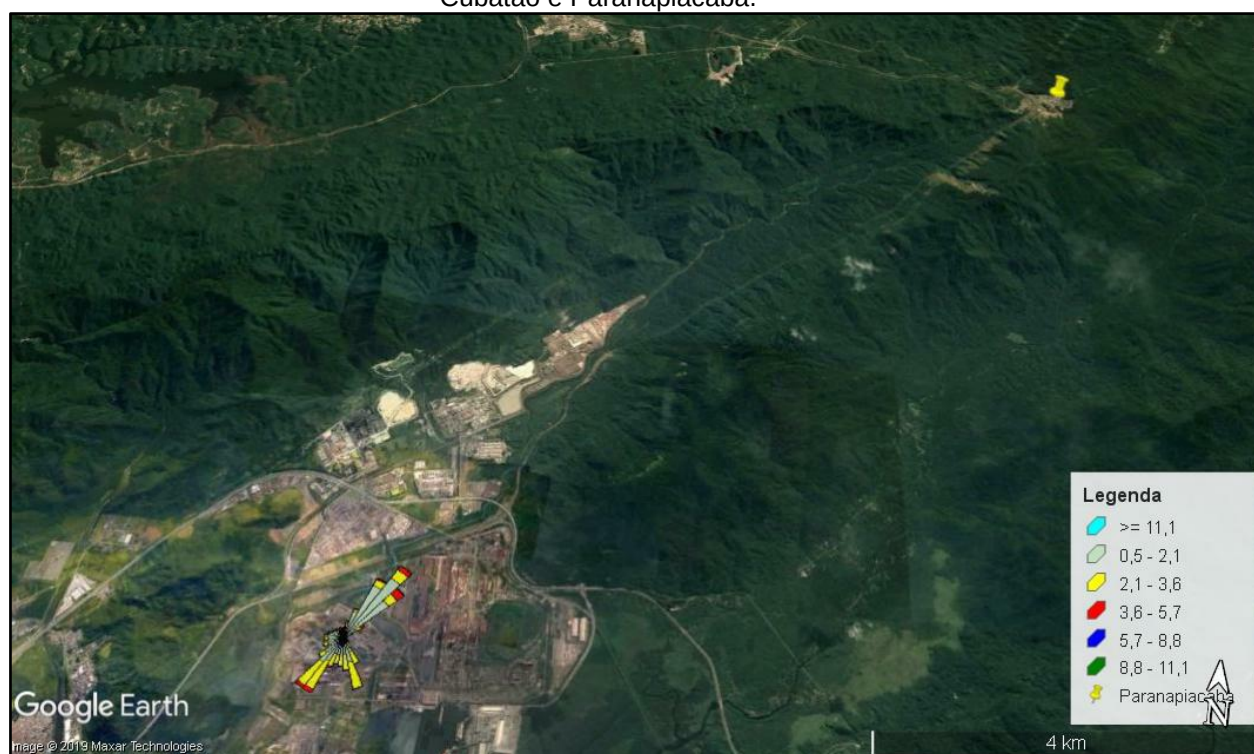
Figura 18 - Rosa dos ventos de Cubatão com dados de velocidade do vento e direção do vento da Estação Cubatão-Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de outubro/2016 a agosto/2017.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* WRPLOT, 2019.

Ademais, devido à localização geográfica de Paranapiacaba, quando a direção dos ventos é de sudoeste (SW), pode ocorrer o transporte de massas de ar de Cubatão para Paranapiacaba e, conseqüentemente, o carreamento de poluentes da região fonte para a não fonte de contaminante (Figura 19).

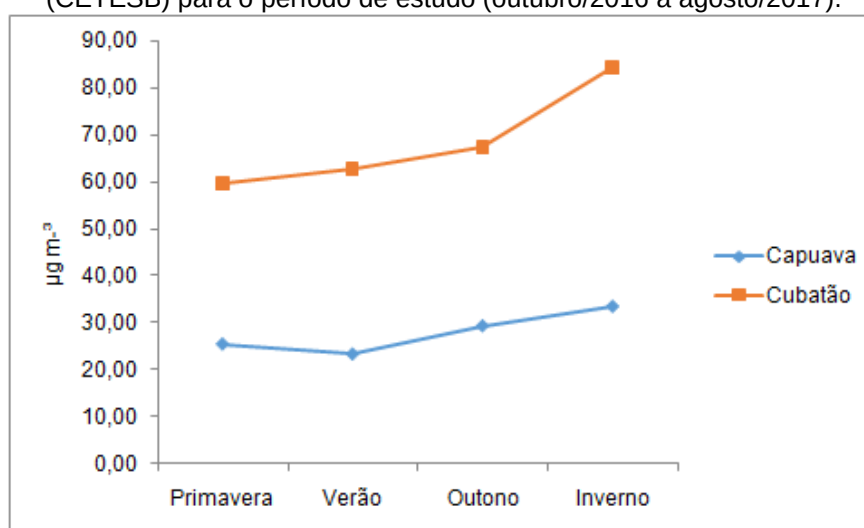
Figura 19 - Rosa dos ventos, a partir dados da Estação Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), atrelada ao mapa do Google Earth Pro na região de Cubatão e Paranapiacaba.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* WRPLOT e no Google Earth Pro, 2019.

A Figura 20 mostra as concentrações médias de MP_{10} ($\mu\text{g m}^{-3}$) das estações de Santo André (Capuava) e de Cubatão (Vila Parisi) para o período de estudo de monitoramento da deposição total (outubro/2016 a agosto/2017). Nos dois locais, as médias não ultrapassam os valores orientados nos Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59.113/2013) que é de $120 \mu\text{g m}^{-3}$, em 24 h. Nota-se que a concentração de MP_{10} em Cubatão tem uma média de 2 a 3 vezes maior que Capuava. O inverno foi a estação que apresentou maiores médias nos dois municípios, com $33,50 \mu\text{g m}^{-3}$ e $84,5 \mu\text{g m}^{-3}$ para Capuava e Cubatão, respectivamente.

Figura 20 - Valores da média de material particulado (MP_{10}) da Estação de Santo André - Capuava e Estação de Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para o período de estudo (outubro/2016 a agosto/2017).



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

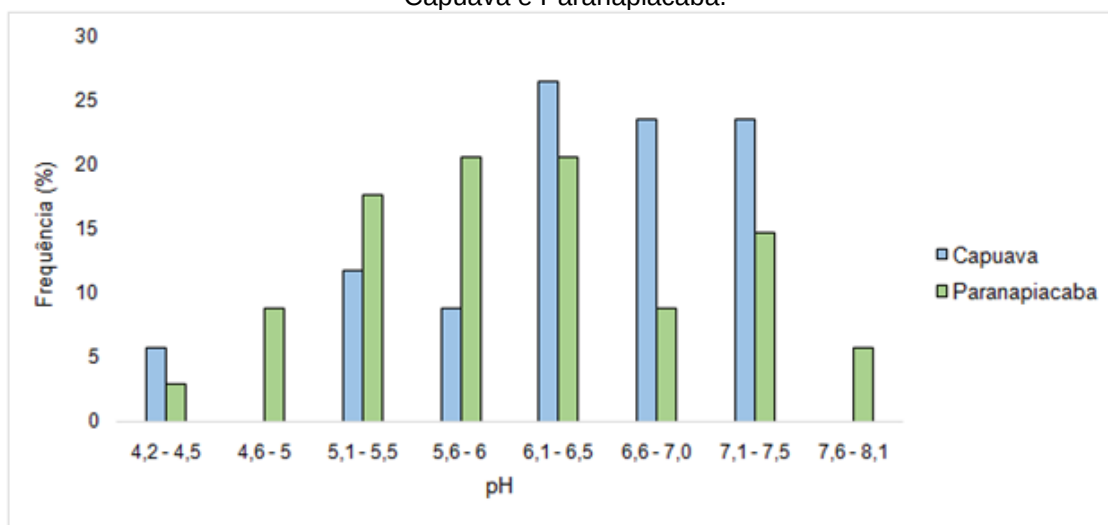
5.1.2. Análises das amostras de deposição total

Ao comparar os volumes colhidos pelos coletores do presente estudo com os valores do índice de precipitação das estações do CEMADEN, que estão localizadas próximas às áreas de estudo; as análises da eficiência do coletor mostraram variações nos valores, entre 20% até aproximadamente 100%. Essa variação está dentro do esperado, já que a chuva não possui distribuição uniforme. A eficiência média, para Paranapiacaba, foi de 60,61%, enquanto que a de Capuava foi de 46,01%.

5.1.2.1. Análise de pH

A Figura 21 mostra o histograma do pH das amostras de deposição total para ambos os locais de estudo. As amostras de Capuava tiveram uma variação de 4,2 a 7,5 com média de $6,80 \pm 0,23$ e Paranapiacaba de 4,2 a 8,1, com média de $6,17 \pm 1,0$. De acordo com as informações já descritas na revisão bibliográfica, quando a deposição total tem um meio ácido, com valor de pH abaixo de 5,6, é considerado chuva ácida. Os dados mostram que 17,6% das amostras de Capuava são consideradas chuvas ácidas e em Paranapiacaba são 29,4% das amostras total. A principal causa de acidificação das chuvas é a presença na atmosfera de partículas ricas em NO_x , SO_x , que são provenientes da atividade antrópica, como por exemplo queima de combustíveis fósseis, indústrias petroquímicas. A ocorrência de um percentual alto de chuva ácida em Paranapiacaba, região não fonte de poluição, pode ser um indicativo dos efeitos do transporte de poluentes provenientes de Cubatão para a região.

Figura 21 - Frequência (%) dos valores de pH das amostras de deposição total na região de Capuava e Paranapiacaba.



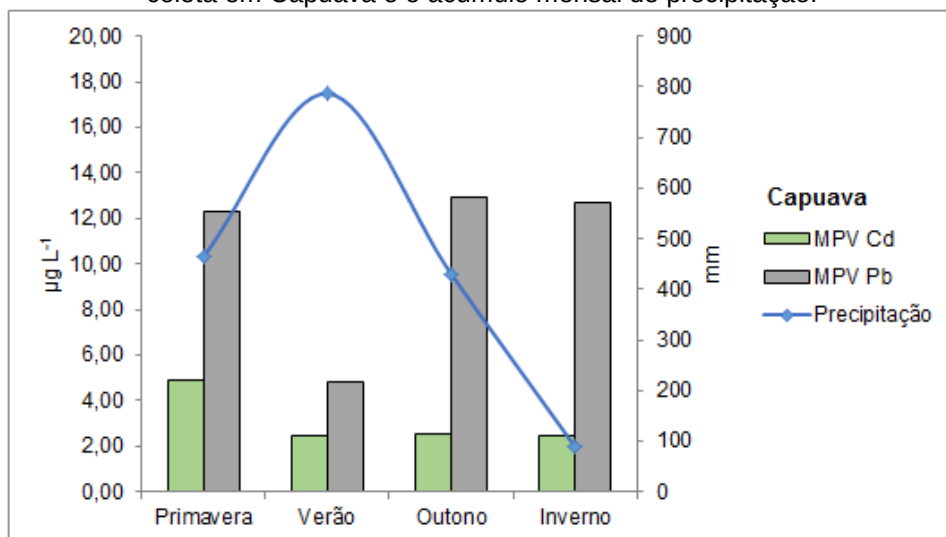
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

5.1.2.2. Valores da concentração de Pb e Cd na precipitação

A MPV de Pb para as amostras de Capuava, apresentou uma média de aproximadamente $12 \mu\text{g L}^{-1}$ (variação de $12,68$ a $12,90 \mu\text{g L}^{-1}$) nas estações: primavera, outono e inverno. No entanto, o verão apresentou uma concentração inferior de $4,49 \mu\text{g L}^{-1}$ esse valor pode estar relacionado à alta precipitação da estação (Figura 22). A MPV do Cd mostrou uma homogeneidade entre as estações:

verão, outono e inverno com média de aproximadamente $2,5 \mu\text{g L}^{-1}$ (variação de $2,42$ a $2,57 \mu\text{g L}^{-1}$) e na primavera apresentou uma concentração mais alta de $4,86 \mu\text{g L}^{-1}$.

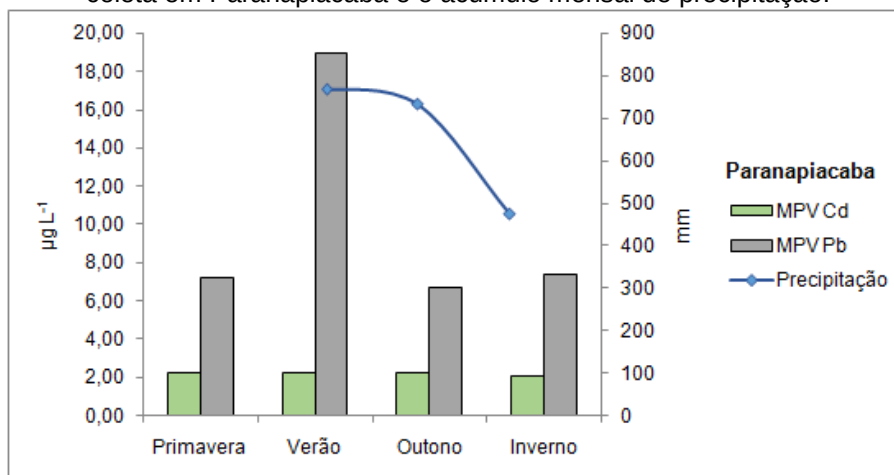
Figura 22 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Capuava e o acúmulo mensal de precipitação.



Fonte: Elaborado pela autora com dados de precipitação do CEMADEN, 2018.

Já em Paranapiacaba, a MPV do Cd apresentou uma média de $2,2 \mu\text{g L}^{-1}$ em todas as estações do ano (Figura 23). Com relação ao Pb, notou-se que na primavera, outono e inverno manteve-se uma média de $7,10 \mu\text{g L}^{-1}$ ($6,72$ a $7,41 \mu\text{g L}^{-1}$). Porém, diferentemente de Capuava, o verão apresentou a maior concentração de $18,97 \mu\text{g L}^{-1}$. Esse alto valor estava relacionado a uma amostra que apresentou uma alta concentração de Pb, que posteriormente será discutido com maiores detalhes.

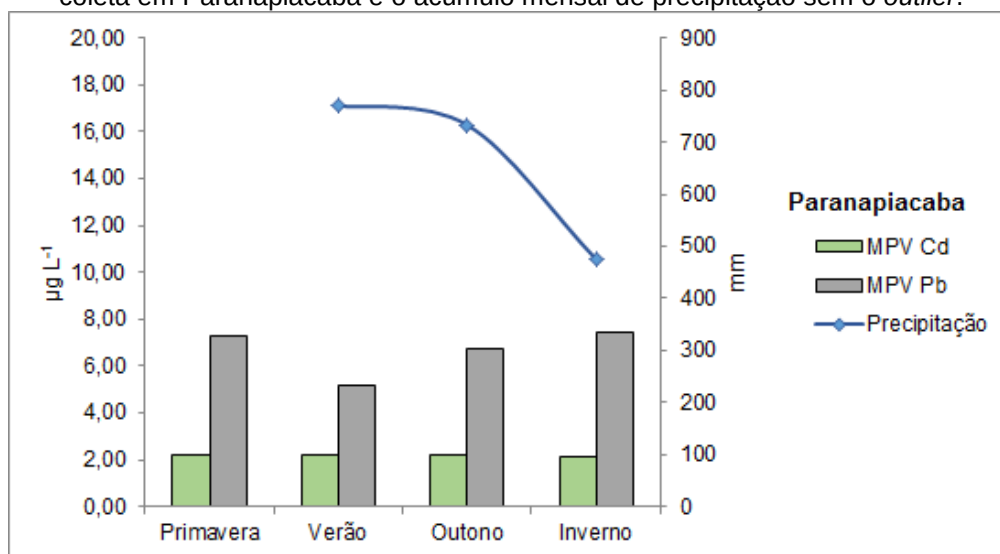
Figura 23 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Paranapiacaba e o acúmulo mensal de precipitação.



Fonte: Elaborado pela autora com dados de precipitação do CEMADEN, 2018.

Por isso, optou em remover esse valor para refazer a MPV. Sem a amostragem com alta concentração, o valor da concentração de Pb no verão diminuiu para 5,16 $\mu\text{g L}^{-1}$ como é possível verificar na Figura 24.

Figura 24 - Concentração em Média Ponderada pelo Volume (MPV) de Pb e Cd nos meses de coleta em Paranapiacaba e o acúmulo mensal de precipitação sem o outlier.



Fonte: Elaborado pela autora com dados de precipitação do CEMADEN, 2018.

*Não encontrou dados completos de precipitação em Paranapiacaba para o período da primavera

5.1.2.3. Massa da deposição total de Pb e Cd

Para fins comparativos da área do coletor desse estudo (0,042 m²) com a de um coletor padrão (1 m²) foi feito uma regra de três (PORFÍRIO; MONTEIRO; COSTA, 2018). Em seguida foi realizado a soma das deposições e as correções

para um ano (conforme descrito na metodologia) e comparou-se com os valores de estudos realizados em outras localidades (Tabela 12).

A quantificação da deposição mostrou que a região de Paranapiacaba, diferentemente do mostrado na MPV, apresentou valores maiores do que Capuava - tanto para Pb como Cd.

Esses valores mais baixos na MPV estão relacionados à alta precipitação em Paranapiacaba, que acaba ocasionando uma maior dissolução da concentração dos metais. Além disso, podem estar associados aos transportes de poluentes de Cubatão, conforme será melhor explicado nas análises estatísticas.

Comparando a deposição total para Cd com os de outras localidades, observou-se que os valores do estudo atual; Capuava ($0,53 \text{ mg m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$) e Paranapiacaba ($1,22 \text{ mg m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$), foram maiores. Quanto ao Pb, os valores do presente estudo foram menores do que as demais localidades, com exceção ao estudo realizado nos Estados Unidos da América (Vale de São Fernando), com $2,0 \text{ mg m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$.

Tabela 12 - Comparativo da massa de deposição total de Cd e Pb ($\text{mg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$) de Capuava e Paranapiacaba (presente estudo) e de outras localidades.

Localidades	Características	Cd ($\text{mg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$)	Pb ($\text{mg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$)
Santo André - Capuava ¹	Área industrial/ urbana	0,53	1,60
Santo André - Paranapiacaba ¹	Área com os remanescentes da Mata Atlântica próxima a uma região industrializada	1,22	4,68
Delta do Rio das Pérolas, China ²	Área industrial/ urbana	0,07	12,7
Estuário Siene, France ³	Área industrial	0.36	18
Tóquio, Japão ⁴	Área industrial/ urbanizada	0,39	9,9
Vale de São Francisco, Estados Unidos da América ⁵	Área urbana/ rural	-	2,0
Xinglong, China ⁶	Área rural	0,19	14,1

1 Presente estudo

2 Wong *et al.*, 2003

3 Motelay-Massei *et al.*, 2005

4 Sakata *et al.*, 2008

5 Sabin *et al.*, 2005

6 Pan e Wang., 2015

Fonte: Elaborada pela autora.

5.1.2.4. A Análise de Componentes Principais

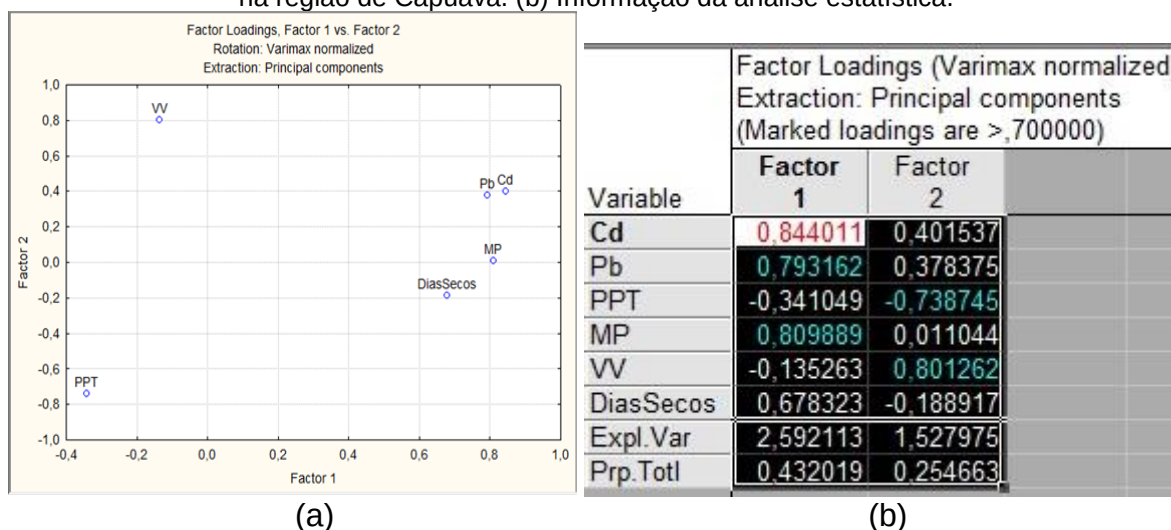
. As Análises de Componentes Principais em Capuava (Figura 25) e Paranapiacaba (Figura 26) apresentaram uma forte correlação entre as concentrações de Pb e Cd sendo característica de emissão proveniente de mesma fonte (WANG *et al.*, 2016).

A análise estatística também indicou uma forte correlação entre os metais e o MP₁₀. Como já foi dito anteriormente, alguns EPTs quando emitidos na atmosfera se aderem ao material particulado (FONTENELE, 2006; MAGALHÃES *et al.*, 2010; BRAIT; FILHO, 2010). Dessa maneira, mostrando também a influência do transporte de poluentes (material particulado) que Paranapiacaba recebe da região de Cubatão.

Outra correlação diretamente proporcional ocorreu com os dias secos; e conforme visto anteriormente, durante o período da estação seca (inverno) é quando se verifica a maior concentração de MP₁₀.

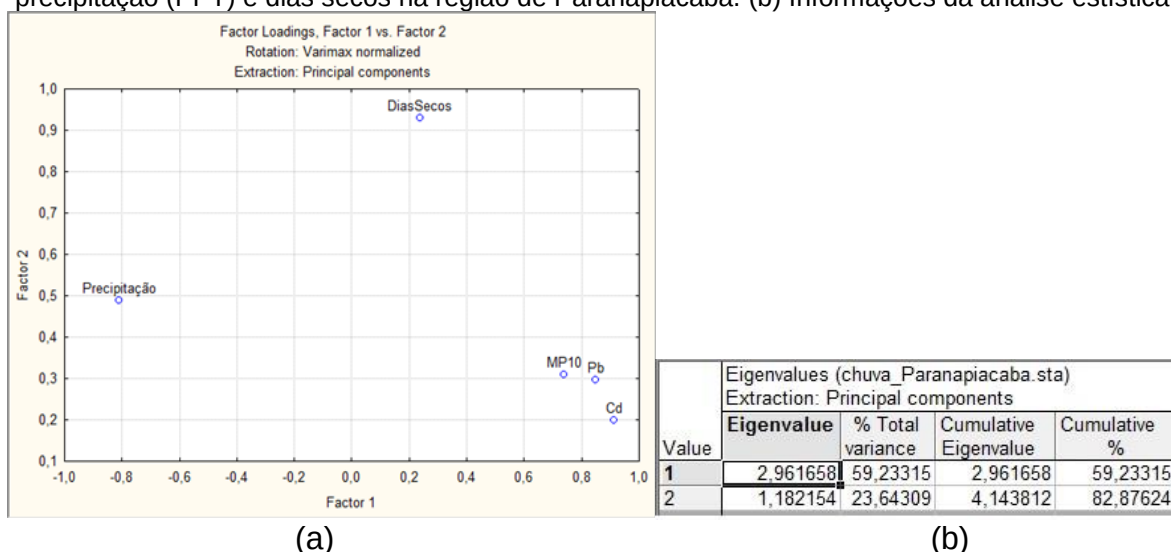
A concentração dos metais e material particulado está correlacionado inversamente proporcional a precipitação, sendo essa uma característica esperada, pois a precipitação é uma maneira de remoção de poluentes da atmosfera (FONTENELE, 2006).

Figura 25 - (a) Análise de Componentes Principais entre as concentrações MPV de chumbo (Pb) e cádmio (Cd), material particulado (MP), velocidade do vento (VV), precipitação (PPT) e dias secos na região de Capuava. (b) Informação da análise estatística.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica, 2019.

Figura 26 - (a) Análise de Componentes Principais entre as concentrações MPV de chumbo (Pb) e cádmio (Cd), material particulado (MP) da estação meteorológica de Cubatão-Vila Parisi, precipitação (PPT) e dias secos na região de Paranapiacaba. (b) Informações da análise estatística.



Fonte: Elaborada pela autora no software Statistica, 2019.

5.1.3. Investigando a alta concentração de Pb em Paranapiacaba

A alta concentração de Pb ($45,67 \mu\text{g L}^{-1}$) é referente a amostra correspondente ao período de 19/12/16 a 16/01/17. Dessa maneira, esse valor pode estar relacionado com um acidente ocorrido no município de Cubatão-SP às 15 horas, no dia 5 de Janeiro de 2017, na “Vale Fertilizantes” situada no Polo Petroquímico de Cubatão. Segundo a CETESB (2018b), aconteceu um incêndio no local de armazenagem, ocasionando um vazamento de nitrato de amônio (NH_4NO_3), matéria-prima da produção de fertilizantes, emitindo uma fumaça alaranjada (Figura 27). De acordo com relatos dos moradores de Paranapiacaba, a fumaça alaranjada pode ser avistada e sentiram o forte odor (SANTO ANDRÉ, 2017).

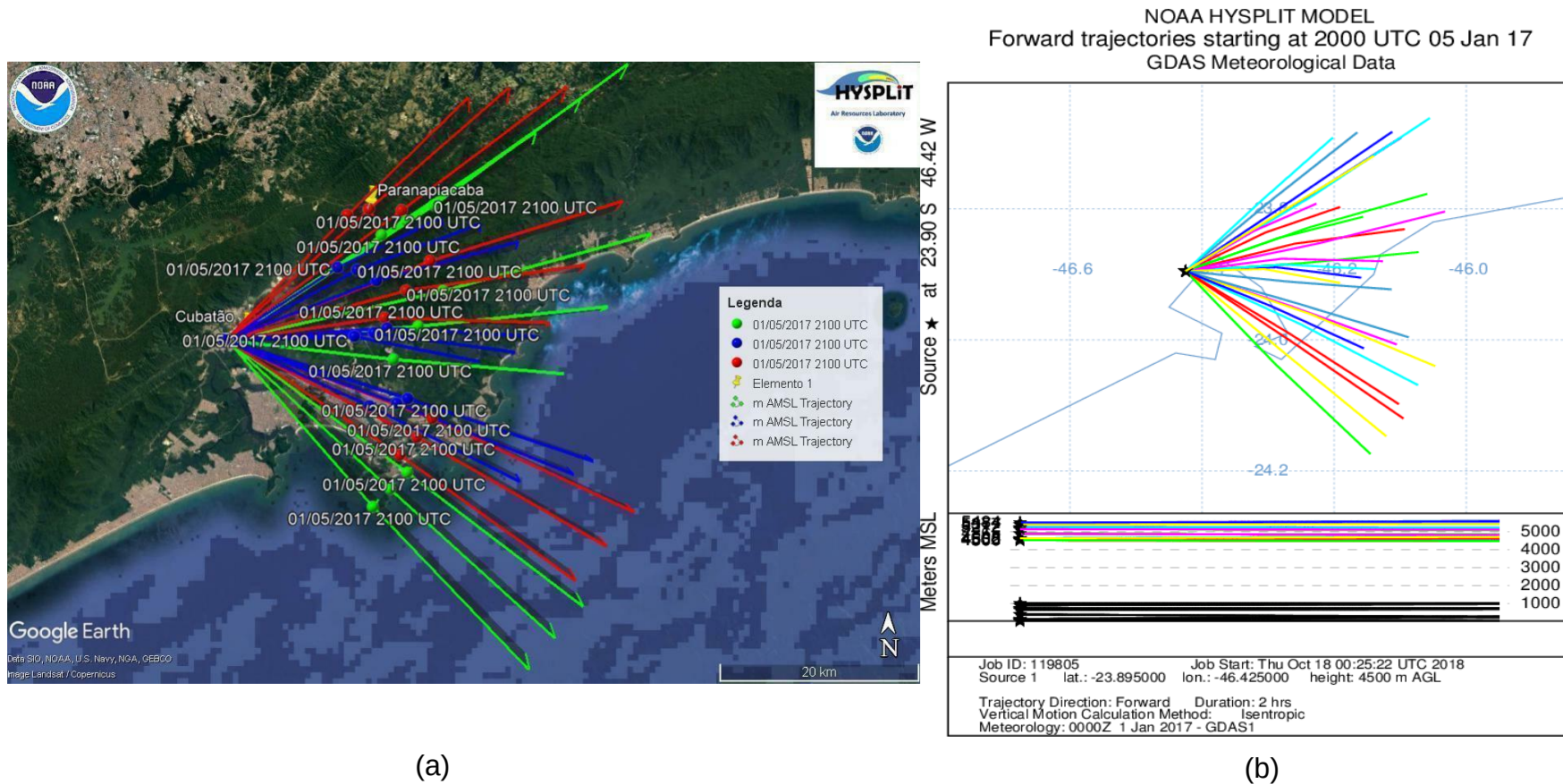
Figura 27 - Fumaça alaranjada do acidente na Vale Fertilizantes que se encontra no Polo Petroquímico de Cubatão-SP.



Fonte: CETESB, 2018b.

A fim de avaliar se as massas de ar provenientes de Cubatão poderiam alcançar Paranapiacaba e assim caracterizar o transporte de poluentes no dia do acidente da Vale Fertilizantes, foram calculadas as trajetórias das massas de ar *forward* (para frente), modelo isentrópico, a partir das coordenadas geográficas de Cubatão ($23^\circ 53' 42'' \text{ S}$; $46^\circ 25' 30'' \text{ W}$), para o dia 5 de janeiro de 2017. O modelo foi inicializado às 20 UTC (17 h *Local Time*), com um $\Delta t = 1 \text{ h}$, por um período de 2h, para a altura de 4500 m acima do nível do solo, Figura 27. Na Figura 27 (a) é possível visualizar que parte das massas de ar provenientes de Cubatão chegam até Paranapiacaba no período de 1 h e o restante se dispersa em direção ao mar. Na Figura 28 (b) é possível ver que as massas de ar que alcançaram Paranapiacaba estavam em altitudes que variaram de 4000 a 5000 m.

Figura 28 – (a) Trajetórias forward, a partir das coordenadas geográficas de Cubatão (23° 53' 42" S; 46° 25' 30" W), para a altura de 4500 m acima do nível do solo, no dia 05 de janeiro de 2017, 20 UTC às 14 horas (Local Time). (b) massas de ar que alcançaram Paranapiacaba em altitudes que variam de 4000 e 5000 m.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* HYSPLIT, 2018

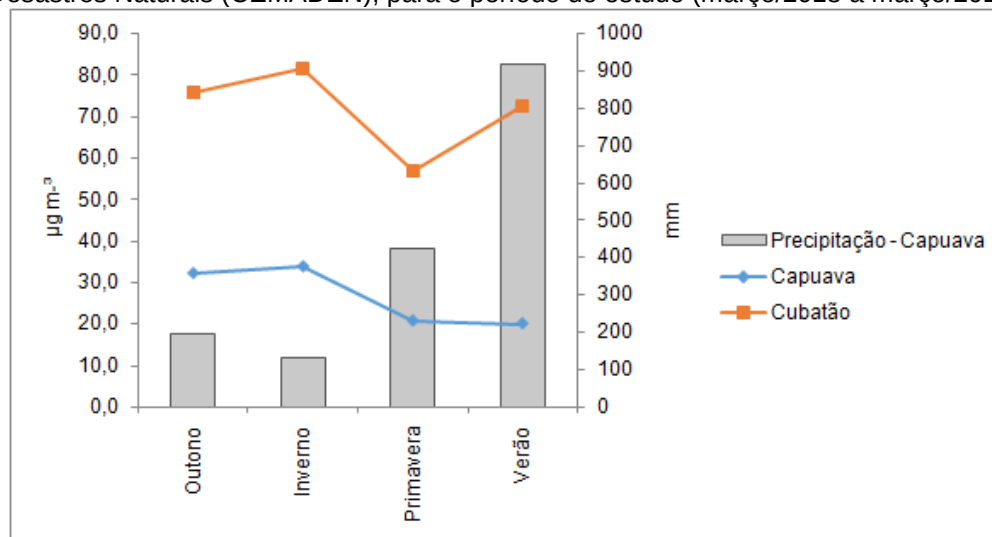
5.2. Biomonitoramento do ar

5.2.1. Precipitação, rosas dos ventos e MP_{10}

A Figura 29 mostra as variações sazonais de MP_{10} e precipitação para o período da exposição dos bioindicadores em Capuava e Paranapiacaba – sendo que, durante este período, o CEMADEN não fez o monitoramento da precipitação para a região de Paranapiacaba.

Observou-se que nos dois locais as maiores concentrações de MP_{10} ocorreram no inverno, como esperado. Outro ponto a se notar é que os índices mais baixos de precipitação (em Capuava) foram registrados no inverno e outono, respectivamente.

Figura 29 - Valores da média de material particulado (MP_{10}) da Estação de Santo André - Capuava e Estação de Cubatão - Vila Parisi da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a precipitação de Capuava do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), para o período de estudo (março/2018 a março/2018).

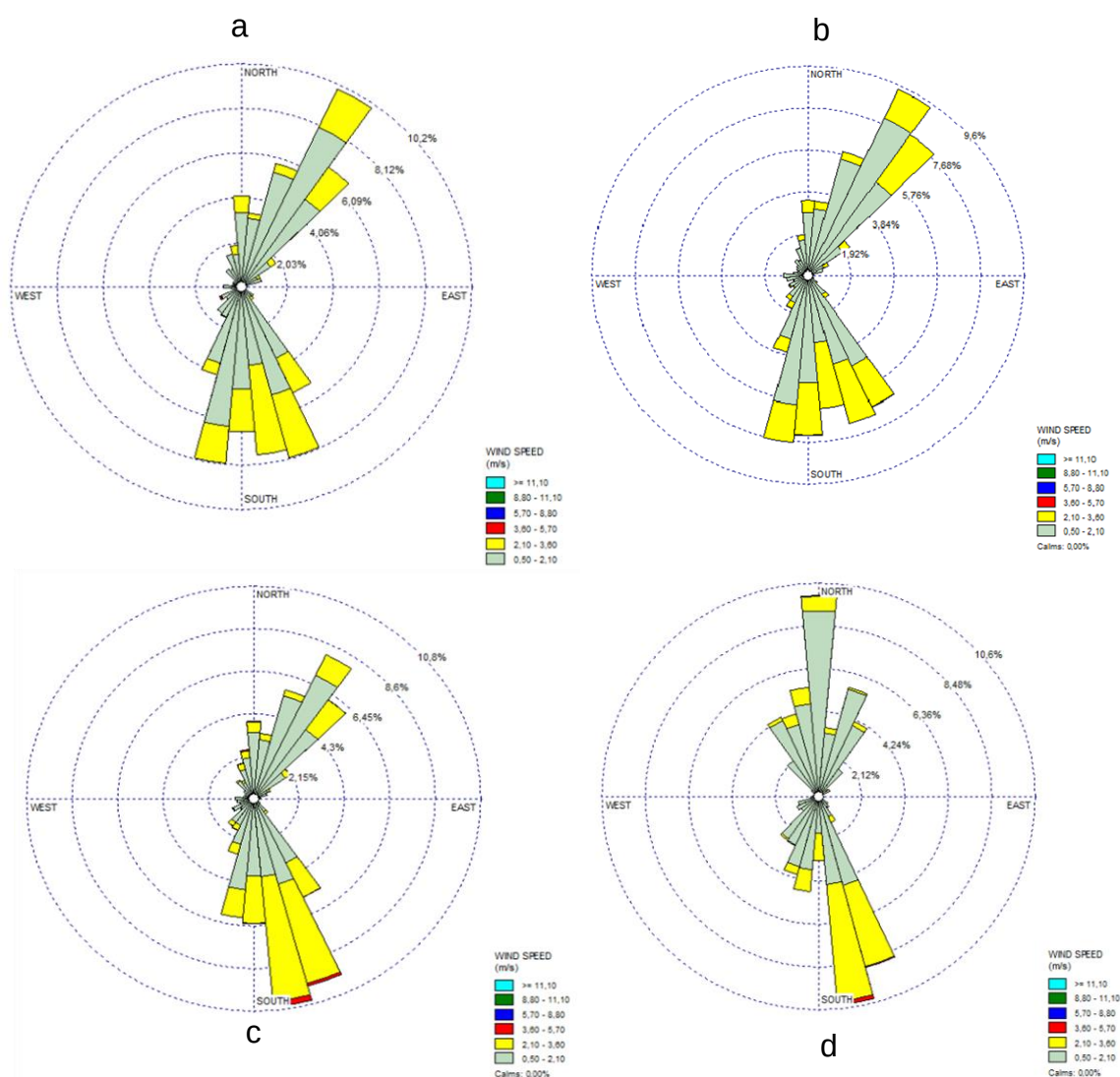


Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O CEMADEN não mediu para o ano de 2018/2019 a precipitação de Paranapiacaba.

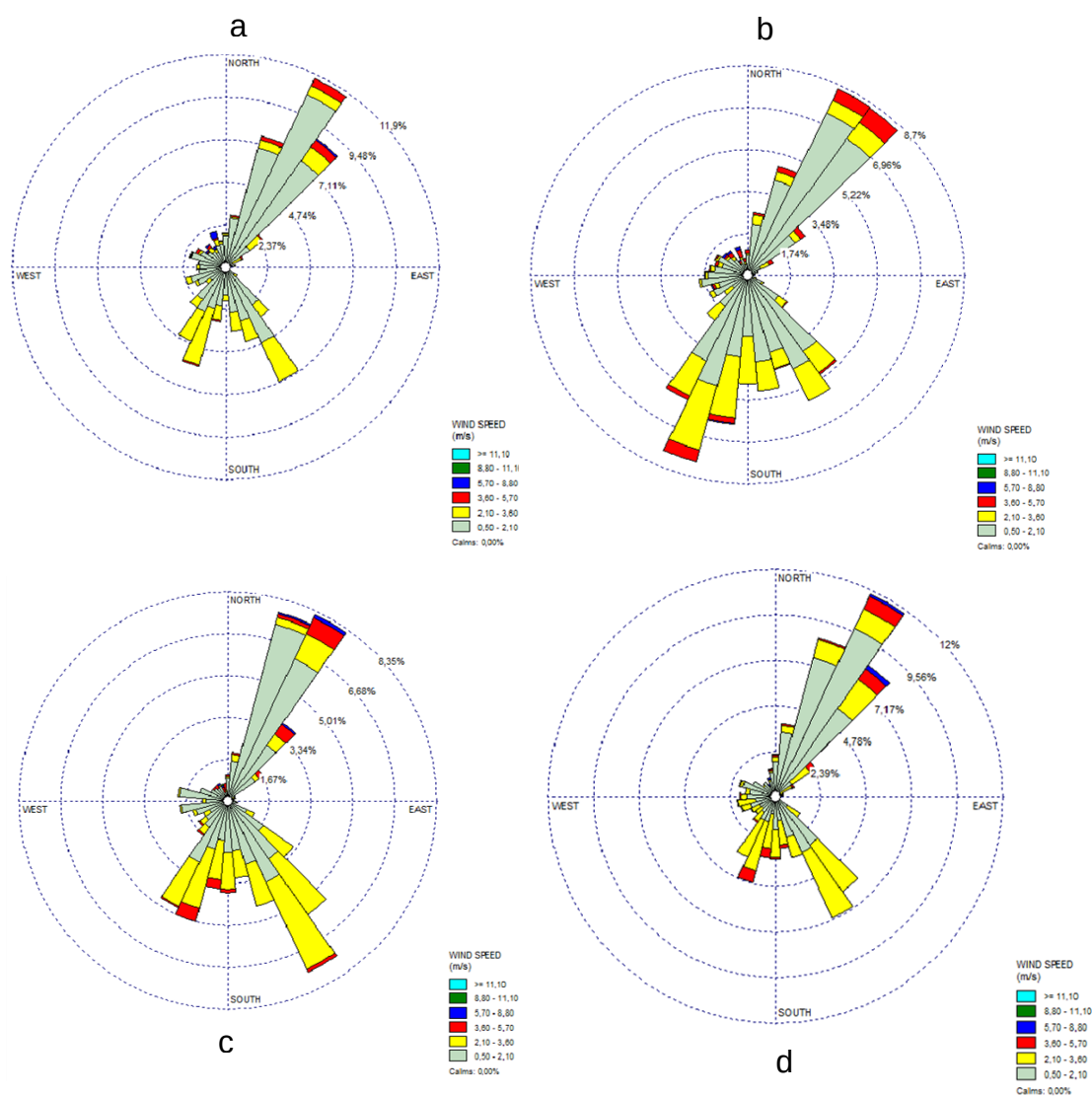
A análise da variação sazonal dos ventos em Capuava mostrou que no outono, inverno e primavera as direções foi de NE, SE e SW, com velocidades variando principalmente de 0 a $3,6 \text{ m s}^{-1}$ com ventos classificados de calmo a brisa leve. O verão apresentou direções NW, SE, NE e SW, e também teve suas principais velocidades variando de 0 a $3,6 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 30).

Figura 30 - Rosas dos ventos para a Região de Capuava nas estações do ano: outono (a), inverno (b), primavera (c) e verão (d) durante a realização do biomonitoramento (2018/2019).



Em Cubatão (Figura 31), as rosas dos ventos mostraram que no outono a direção preferencial foi NE, com contribuições menores de SE e SW e velocidades variando entre 0 a $8,8 \text{ m s}^{-1}$ com ventos classificados de calmo a brisa forte. No inverno e primavera observou-se direções variadas, com principais ocorrências NE, SE e SW e menores contribuições NW. Essas velocidades variaram entre 0 a $8,8 \text{ m s}^{-1}$. O inverno foi a estação que houve maior ocorrência SW, que é a direção que possibilita a ocorrência do transporte de massas de ar de Cubatão para Paranapiacaba. Já no verão, as direções são variadas, com principal ocorrência NE e menores contribuições SE e SW, NW e velocidades variando entre 0 a $8,8 \text{ m s}^{-1}$.

Figura 31 - Rosas dos ventos em Cubatão nas estações do ano: outono (a), inverno (b), primavera (c) e verão (d) durante a realização do biomonitoramento (2018/2019).



5.3. Análises dos bioindicadores

Com a finalidade de avaliar a eficiência da digestão foram utilizadas amostras certificadas (com valores conhecidos de Pb e Cd) e submetidas ao mesmo processo de digestão, Tabela 13.

Os resultados mostraram que o método utilizado para digestão foi eficiente, pois os valores obtidos tiveram uma boa recuperação. Sendo que o CRM-Agro C1003 (Folhas de Tomate) - EMBRAPA/USP, teve uma melhor recuperação, correspondente à $\geq 80\%$ dos valores certificados (ROTTAVA, 2019).

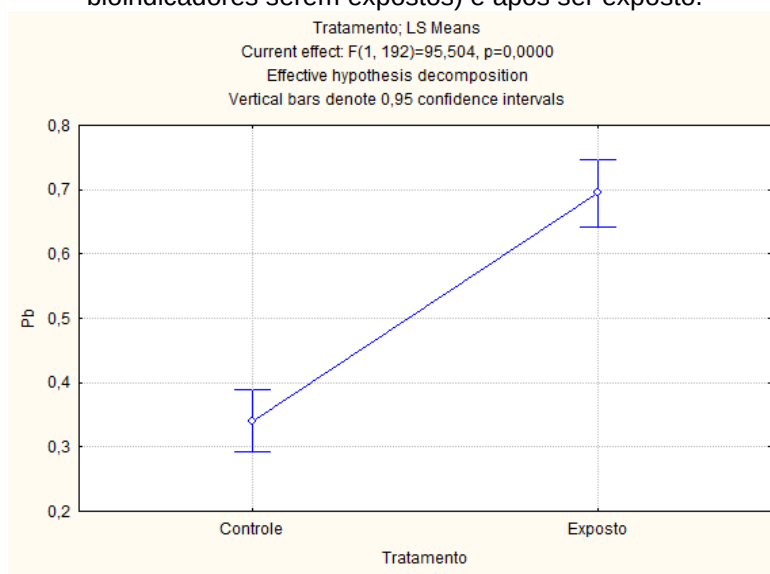
Tabela 13 - Valores certificados e os obtidos com as análises no ICP-MS das amostras dos materiais de referências certificados (CRM).

CRM-Agro C1003 (Folhas de Tomate) - EMBRAPA/USP					NIST 1573a - <i>Tomato Leaves</i>	
	Cd (mg kg ⁻¹)		Pb (mg kg ⁻¹)		Cd (mg kg ⁻¹)	
	Obtido	Certificado	Obtido	Certificado	Obtido	Certificado
CRM1	23,6	26,6 ± 2,1	3,10	3,67 ± 0,55		
CRM2	23,2		2,91			
CRM3	22,5		2,70			
CRM4	22,2		2,99			
CRM5					1,52	1.517 ± 0.027
CRM6					0,70	
CRM7					1,10	
CRM8					1,09	

Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 32 mostra os resultados obtidos após o tratamento estatístico entre as amostras controle (antes de serem expostas) e as amostras expostas para Pb. Sendo possível observar que houve um acúmulo, em média, de 0,35 ppm.

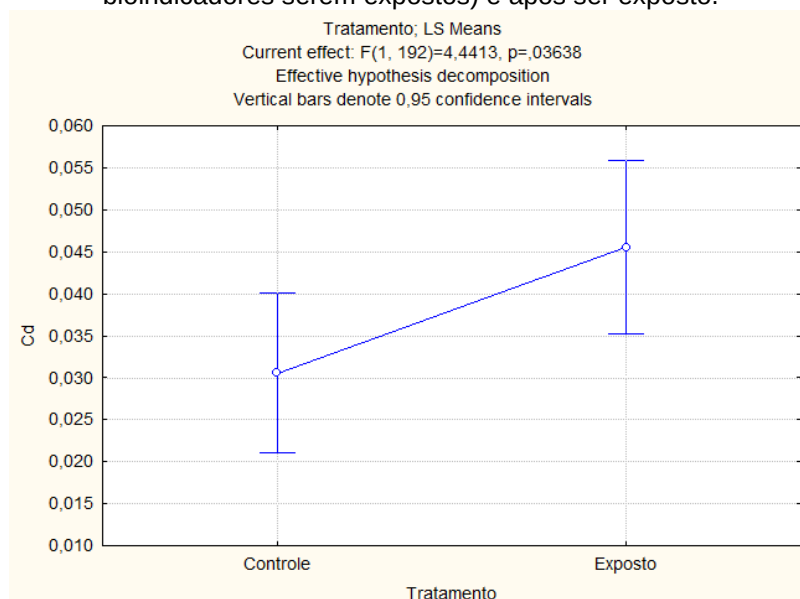
Figura 32 - Análise estatística ANOVA para os valores de Pb (ppm) de controle (antes dos bioindicadores serem expostos) e após ser exposto.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

No entanto, para Cd (Figura 33) pôde-se constatar uma pequena diferença, comparando com Pb, entre os valores das amostras controle com das expostas com diferença média de 0,015 ppm. Dessa maneira é importante observar que os bioindicadores, tanto a *Tradescantia pallida* quanto a *Dracaena marginata*, acumularam elementos ao serem expostos.

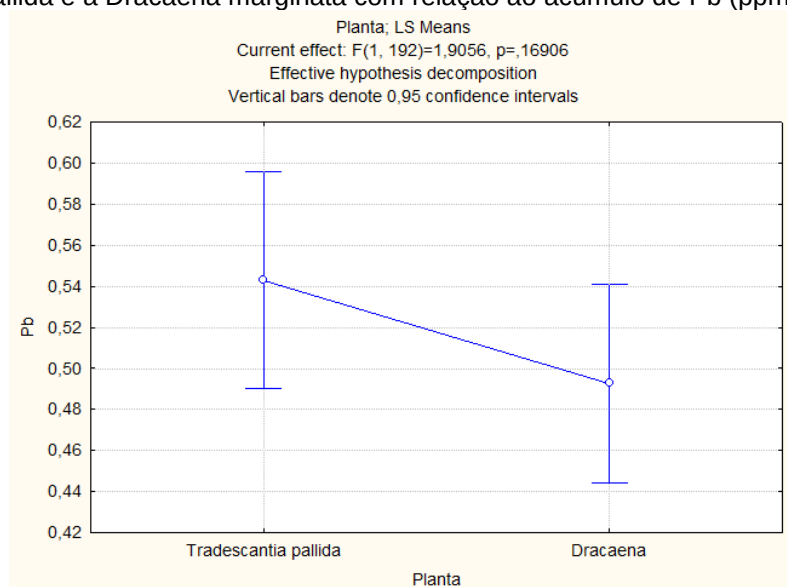
Figura 33 - Análise estatística ANOVA para os valores de Cd (ppm) de controle (antes dos bioindicadores serem expostos) e após ser exposto.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

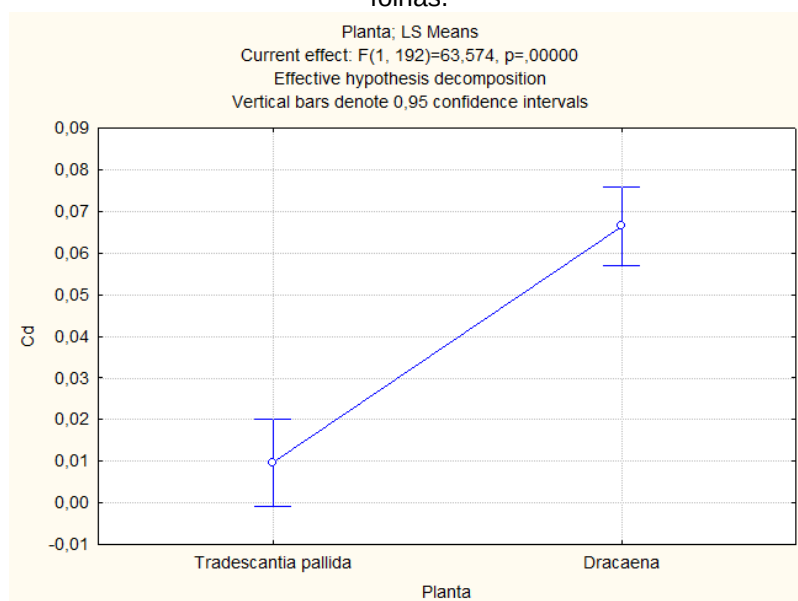
Ainda com relação à capacidade em acumular elementos, observou-se que nas amostras de *Tradescantia pallida* houve uma maior concentração de Pb (Figura 34), enquanto a *Dracaena marginata* uma maior concentração de Cd (Figura 35).

Figura 34 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os bioindicadores *Tradescantia pallida* e a *Dracaena marginata* com relação ao acúmulo de Pb (ppm) em suas folhas.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

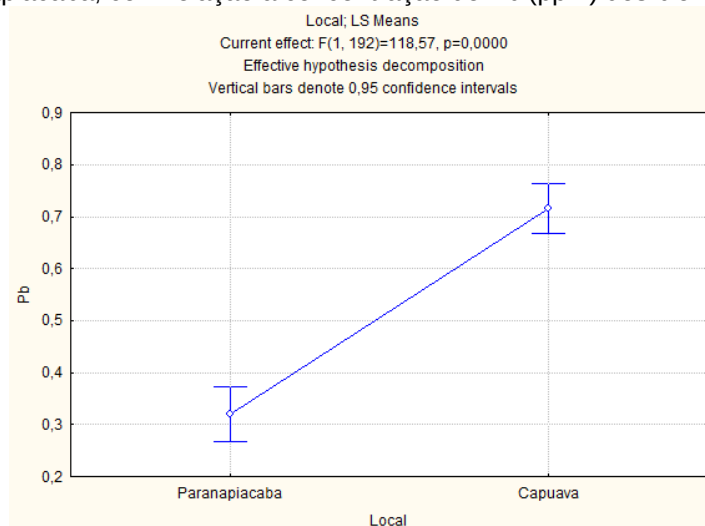
Figura 35 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os bioindicadores *Tradescantia pallida* e a *Dracaena marginata* com relação ao acúmulo de Cd (ppm) em suas folhas.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

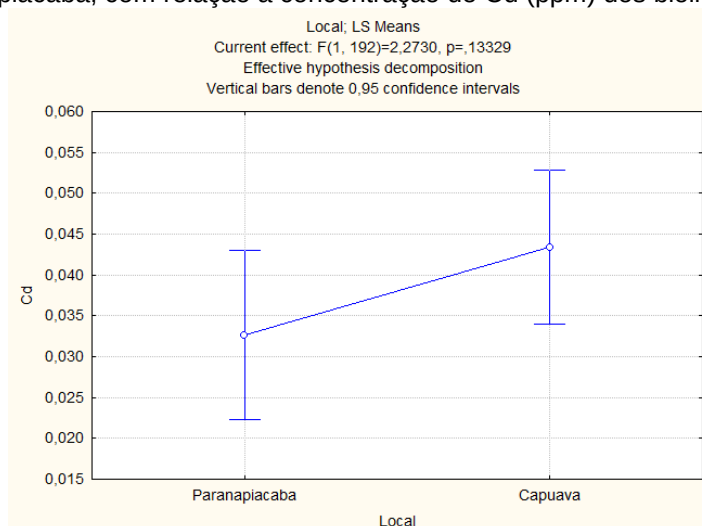
Em um comparativo entre os locais de estudo, sem fazer distinção entre os bioindicadores, nota-se que os dois elementos apresentaram uma concentração maior em Capuava do que em Paranapiacaba (Figura 36 e Figura 37).

Figura 36 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os locais de estudo, Capuava e Paranapiacaba, com relação a concentração de Pb (ppm) dos bioindicadores.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

Figura 37 - Análise estatística ANOVA fazendo um comparativo entre os locais de estudo, Capuava e Paranapiacaba, com relação a concentração de Cd (ppm) dos bioindicadores.



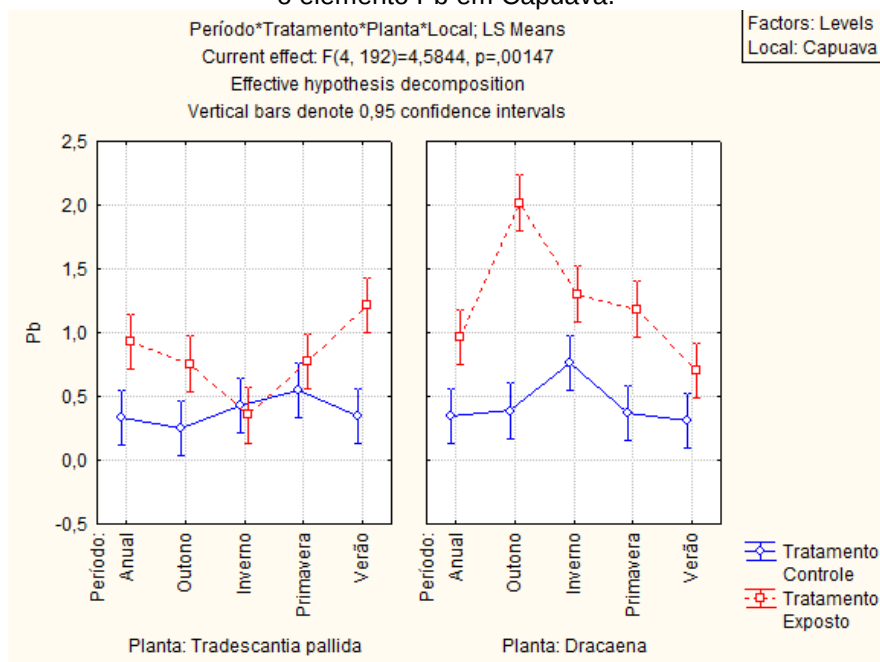
Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

Um comparativo entre os bioindicadores expostos o ano todo com os demais por estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), mostrou que para o Cd (bioindicador *Dracaena*) houve um acúmulo anual crescente tanto em Capuava quanto em Paranapiacaba, Figura 40 e Figura 41.

Em Paranapiacaba, observou-se que não houve altas variações na concentração de Pb entre as plantas controle e expostas (Figura 39). De acordo com Savóia (2013) para a *Tradescantia pallida* a exposição prolongada no ambiente estressor pode afetar a eficiência da espécie como bioacumuladora. Nesta espécie a autora também verificou que, com exceção ao centro de Santo André, o acúmulo de Cd foi baixo nos locais de estudo (Capuava, São Bernardo do Campo, São Caetano, Mauá e Pedroso). Além disso, segundo a autora, em circunstâncias habituais, os EPTs são absorvidos pelas plantas se apresentam em baixas concentrações. Porém, aquelas que são expostas próximas a áreas urbanas e industriais apresentam, de maneira recorrente, uma concentração maior de poluentes.

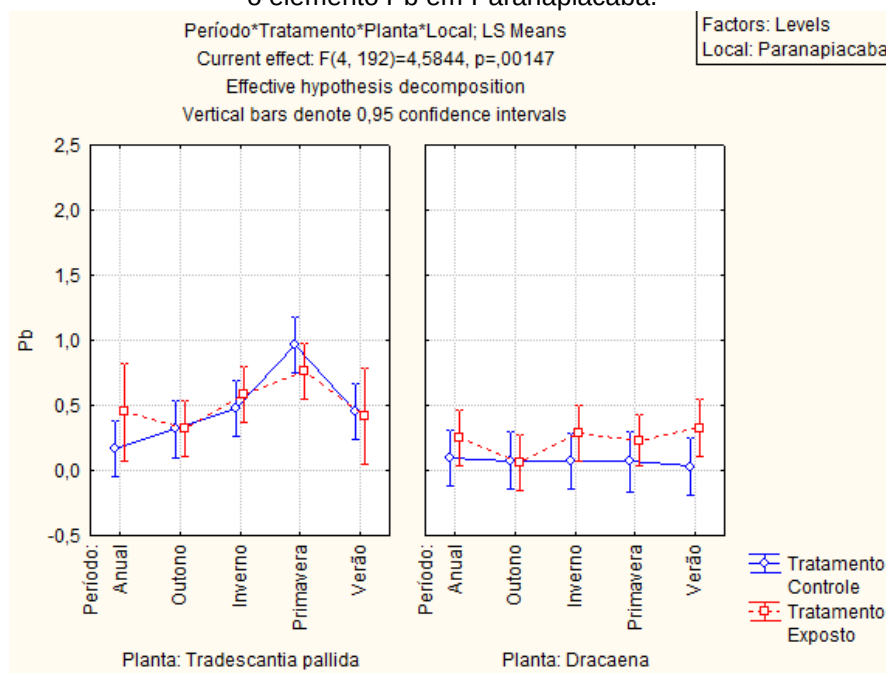
Em Capuava foi observada influência da sazonalidade no acúmulo de Pb, no bioindicador *Dracaena*. A estação em que o acúmulo foi maior foi o outono (valor médio de 2,0 ppm), Figura 38.

Figura 38 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Pb em Capuava.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

Figura 39 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Pb em Paranapiacaba.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

Figura 40 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Cd (ppm) em Capuava.

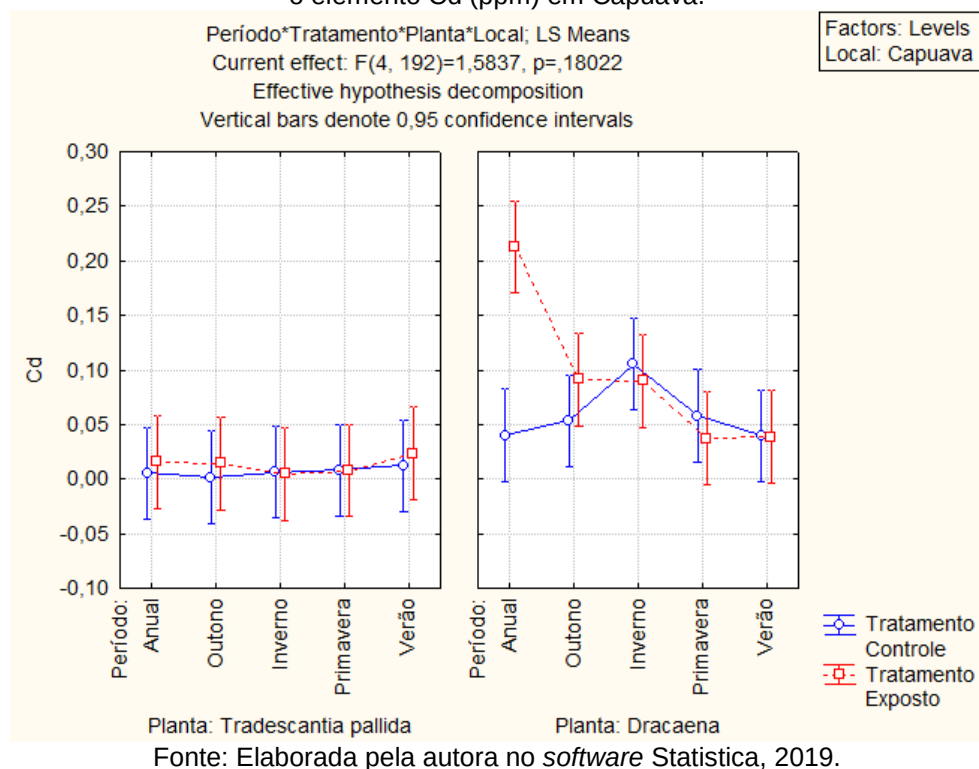
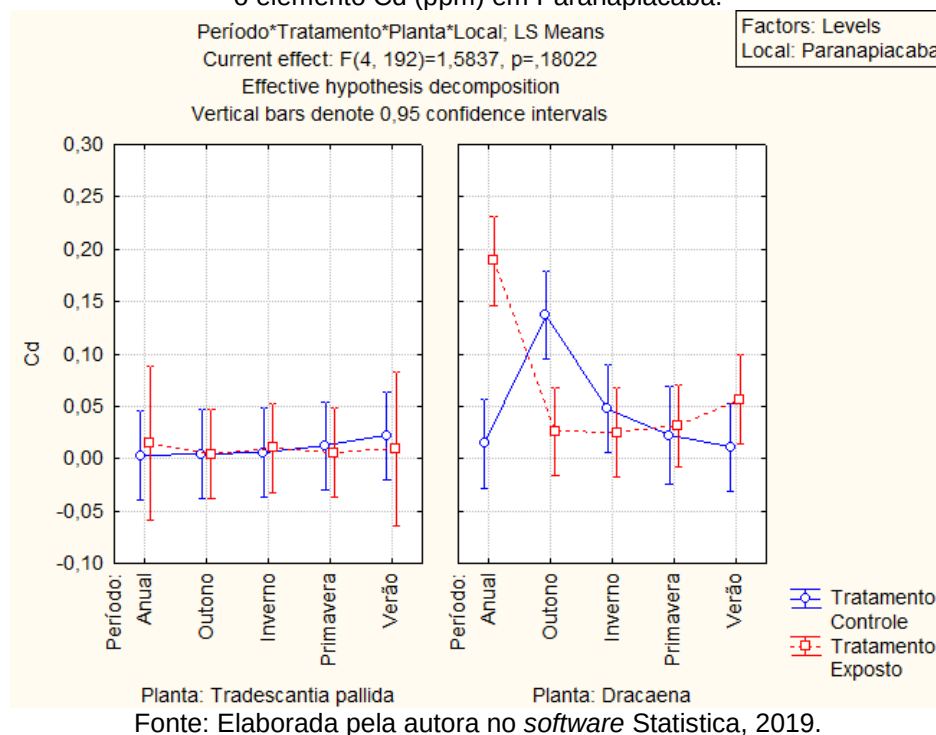


Figura 41 - Análise estatística ANOVA uma análise entre período x tratamento x planta x local para o elemento Cd (ppm) em Paranapiacaba.



A Tabela 14 mostra um comparativo entre os resultados de biomonitoramento do ar com o bioindicador *Tradescantia pallida* neste estudo, o de

Savóia (2013) e Santos et al., (2015). Savóia, realizou o estudo na RGABC, nos municípios de Santo André (Capuava, Centro e Pedroso), São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul e Mauá. O biomonitoramento ocorreu num período de um ano, com trocas mensais das amostras. Fazendo um comparativo do estudo de Savóia (2013) com o atual, mostra que os resultados foram bem similares.

Santos et al. (2015) realizou o biomonitoramento para o período de quatro meses (estação seca e úmida) no município de Ribeirão Preto - SP, em três locais com diferentes características de fluxo veicular: baixo, moderado e alto fluxo. O estudo mostrou que os locais com maiores fluxos de veículos obtiveram uma maior concentração de Pb e Cd. Quando comparado com o estudo atual, as concentrações acumuladas nos bioindicadores são consideravelmente mais altas, tanto para Pb como para Cd, em Capuava e em Paranapiacaba.

Tabela 14 - Valores da concentração (ppm) em estudos realizados com a *Tradescantia pallida*.

	Localidades	Cd (ppm)	Pb (ppm)
Presente estudo	Santo André - Capuava	0,03	0,40 a 1,30
	Santo André - Paranapiacaba	0,01	0,30 a 0,80
SAVÓIA, 2013	Santo André - Capuava	0,04 a 0,08	0,50 a 2,00
	Santo André - Centro	0,04 a 0,65	0,50 a 1,80
	Santo André - Parque do Pedroso	0,04	0,50 a 0,80
	São Bernardo do Campo	0,04	0,50 a 3,20
	São Caetano do Sul	0,04 a 0,10	0,50 a 1,10
	Mauá	0,04	0,50 a 1,20
SANTOS et al., 2015	Ribeirão Preto - fluxo baixo	0,004 a 0,005	0,04 a 0,07
	Ribeirão Preto - fluxo moderado	0,004 a 0,006	0,07 a 0,16
	Ribeirão Preto - fluxo alto	0,005 a 0,008	0,05 a 0,13

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

No presente estudo, Paranapiacaba apresentou uma alta deposição de Pb e Cd quando comparado com Capuava; porém, isso pode estar relacionado às características meteorológicas do local (como ocorreu na MPV). A concentração mais baixa nos bioindicadores, em relação à Capuava, pode ser devido ao alto índice de precipitação na região de Paranapiacaba que, por sua vez, causa a remoção da deposição seca nas plantas.

Um dos objetivos específicos deste trabalho foi avaliar se o bioindicador *Dracaena* era viável no biomonitoramento em ambientes externos. Os resultados mostraram que ela é viável, pois acumulou tanto o Cd quanto o Pb. Para a exposição anual foi mais eficiente no acúmulo de Cd do que a *Tradescantia pallida*. Através da observação em campo durante o período de exposição foi possível observar que ela é uma planta resistente, com melhor capacidade de adaptação às variações meteorológicas sazonais.

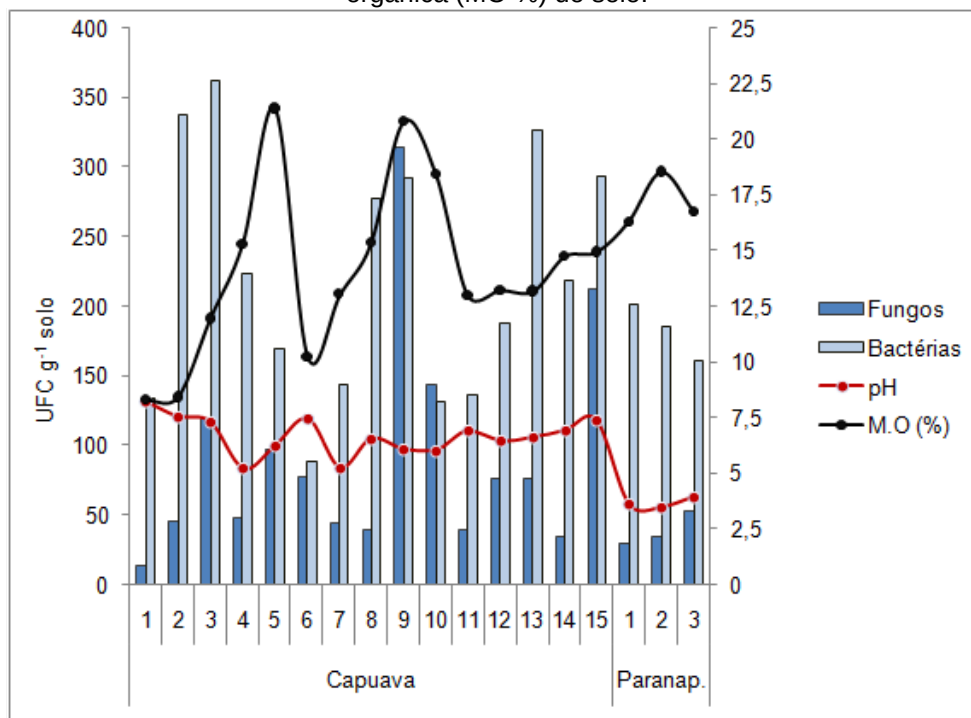
5.2 Solo

5.2.1 Análises do solo

A preparação e análise “*pour plate*” ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2018. A Figura 42, apresenta a UFC dos microrganismos nas amostras de solo, pH e teor tanto na região de Capuava como em Paranapiacaba.

Em Paranapiacaba os resultados das análises mostraram características homogêneas (microorganismos, alto teor de matéria orgânica e solo ácido). Capuava apresentou valores heterogêneos de pH, matéria orgânica e os fungos variaram de 14 a 314 (UFC g⁻¹ solo) e bactérias variaram de 89 a 362 (UFC g⁻¹ solo). Essa heterogeneidade entre as coletas em Capuava, pode ser devido a uma possível presença de solo de reposição (proveniente de outras áreas), fato ressaltado no trabalho de Lobo (2017), com base na observação dos perfis estratigráficos do local. Ademais, Lobo (2017) relata que essa alta presença de camada de aterro na superfície teve muitas modificações, e isso pode ser com a função de aumentar o nível do terreno a fim de evitar inundações na área ou para terraplanagem.

Figura 42 - Resultados das análises de densidade de microorganismos, pH e teor de matéria orgânica (MO %) do solo.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

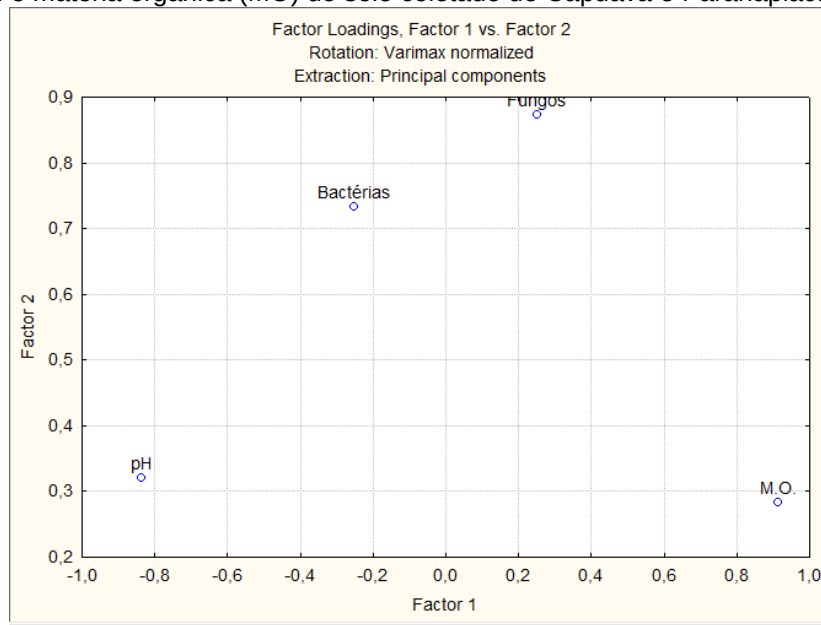
Comparando com estudo realizado por Oliveira, Hamburger e Nascimento (2017), as amostras deste atual estudo apresentaram alta densidade de UFC de fungo, principalmente em áreas de lazer e de árvores isoladas ao contrário do estudo anterior. O local com menos microorganismos foi no ponto 1, que é o mais próximo à área industrial.

O estudo de Li *et al.* (2014) expõe que áreas constituídas de solos, predominantemente, de outro local e que sofrem grande influência de emissão de poluentes podem apresentar valores de concentração mais altas do que um solo urbano. Porém, os autores citam que muitos fatores podem estar associados a transformação das características do solo, sendo necessário estudos mais exploratórios (como análises de alguns metais, enzimas do solo, granulometrias, macro e micronutrientes) nessas áreas a fim de compreender melhor a interação entre o uso do solo e a poluição. Já os dados de Paranapiacaba apresentaram uma homogeneidade das amostras, conforme o esperado, por tratar-se de área com solo preservado. Além de apresentar um solo com maior acidez comparado com Capuava.

Através da análise estatística, verificou-se apenas uma correlação, sendo ela inversamente proporcional entre a matéria orgânica e pH (Figura 43). Essa

característica foi observada principalmente nas análises de Paranapiacaba (solo ácido com alto teor de matéria orgânica). Sendo essa característica natural de florestas tropicais, como a Mata Atlântica, e isso ocorre devido a mineralização da matéria orgânica (LIMA *et al.*, 2018).

Figura 43 - Análise de Componentes Principais das análises de densidade de bactérias e fungos, pH e matéria orgânica (MO) do solo coletado de Capuava e Paranapiacaba.



Fonte: Elaborada pela autora no *software* Statistica, 2019.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi realizado o monitoramento de deposição total, biomonitoramento do ar e análises do solo em Capuava e Paranapiacaba.

Com as análises de deposição total foi possível verificar que Paranapiacaba apresentou um maior valor anual de deposição com relação a Capuava. Sendo possível verificar uma correlação diretamente proporcional com o material particulado de Cubatão através de análises estatística; além de observar, através das rosas dos ventos e cálculos de trajetórias de massas do ar, os efeitos de transporte de poluentes. Dessa maneira, concluindo-se não ser interessante utilizar Paranapiacaba como área controle e, sim, estudá-la como uma área não fonte de contaminantes, mas sob a influência do transporte de poluentes provenientes da região industrializada de Cubatão.

Quando os dados de deposição total foram analisados sobre a ótica da MPV, observou-se que Paranapiacaba dispõe de valores baixos, tanto para Cd como Pb, em relação aos valores de Capuava; podendo estar relacionado às características meteorológicas do local (alto índice de precipitação).

Os dois bioindicadores *Tradescantia pallida* "Purpurea" e *Dracaena marginata* "Tricolor" acumularam Pb e Cd. Porém, a *Tradescantia* acumulou mais Pb, enquanto a *Dracaena* o Cd; apresentando acúmulo anual (bioindicadores expostos durante 1 ano) e nos dois locais. Dessa maneira, os resultados apresentaram ser viável a utilização da *Dracaena marginata* para biomonitoramento em ambientes externos. Além do mais; observou-se, em campo, que a *Dracaena* é uma planta resistente e com capacidade de adaptação às variações meteorológicas sazonais.

Em relação aos locais de exposição, Capuava apresentou uma maior concentração para os dois elementos, mostrando que, apesar da alta deposição em Paranapiacaba, Capuava apresentou-se como uma região mais suscetível para o acúmulo de Pb e Cd nas bioindicadores. O acúmulo de Pb em Capuava foi o dobro do que em Paranapiacaba.

Com os resultados dos bioindicadores foi possível analisar que, mesmo o presente estudo dispondo de um cuidado em padronizar as plantas para o experimento (adquirindo as plantas no mesmo local e fornecedor), os valores das análises dos bioindicadores (que não foram expostos e dos que foram expostos) não apresentaram um resultado padrão. Assim sendo, o estudo aponta para que as mudas sejam plantadas em um local com poucas influências antrópicas e que, posteriormente, faça-se a sua distribuição nos locais de estudo, conforme realizado nos estudos de Savóia (2013) e Santos *et al.* (2015).

Os resultados das coletas de solo em Capuava mostraram uma heterogeneidade, que pode ser devido a uma possível presença de solo de reposição na região. Apresentando, desta maneira, dificuldades na compreensão dos resultados; e fazendo-se necessário outros tipos de análises do solo. Enquanto que em Paranapiacaba, os valores se mostraram homogêneos (ressaltando que o solo é do local) e com característica de solo do bioma da Mata Atlântica.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando a abrangência deste trabalho que teve por objetivo fazer uma avaliação macro da Região de Capuava e Paranapiacaba, ambas sob a influência de emissões de petroquímicas e também o fato de que existem poucos trabalhos no contexto de Poluição Ambiental em ambos os locais de estudos, algumas sugestões para trabalhos futuros que podem contribuir para um maior detalhamento dos resultados mostrados neste trabalho, são:

- Monitoramento simultâneo da deposição úmida e da deposição seca em ambos os locais;
- Análise das concentrações de metais nos materiais particulados;
- Biomonitoramento do em intervalos de tempos mais curtos (mensal);
- Biomonitoramento do ar e monitoramento de deposição total de maneira simultânea;
- Análise detalhada do solo de Paranapiacaba;
- Investigação das fontes de poluição;
- Análise integrada dos diferentes compartimentos ambientais e determinação de suas inter relações.

**APÊNDICE A: RESULTADOS DE OUTROS ELEMENTOS NAS ANÁLISES
DOS BIOINDICADORES**

Amostra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Período	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono
Trat.	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,2506	0,2581	0,1451	0,1156	0,0943	0,1177	0,4036	0,2610	0,1854	0,3977	0,4965	0,3124	0,4373
Cd	0,0136	0,0054	0,0011	0,0000	abaixo LD	0,0000	0,0054	0,0011	0,0022	0,0038	0,0048	0,0054	0,0077
Ba	12,4707	19,9394	9,1840	7,1631	10,3344	16,8552	15,3331	17,8752	7,7708	17,3327	18,7913	18,9529	27,7783
Co	0,0202	0,0186	0,0251	0,0093	0,0091	0,0104	0,0254	0,0536	0,0236	0,0767	0,0285	0,0580	0,0278
V	0,1841	0,0585	0,1371	0,0868	0,0558	0,0730	0,3115	0,2644	0,1320	0,3628	0,3398	0,2389	0,5428
Ni	0,2120	0,3081	0,1978	0,0985	0,2426	0,2057	0,2421	0,2150	0,0684	0,2602	0,4180	0,3675	0,3177
Cr	0,3742	1,2364	0,6291	0,3061	0,3579	0,2848	1,6227	0,4337	0,5360	0,5707	0,6776	1,0755	0,6441
Mn	42,2817	93,3449	44,1165	48,7557	35,6704	54,5618	67,1231	65,6405	35,8013	78,4435	71,2413	111,8800	105,6888
Fe	143,5521	90,1169	113,4467	75,2637	56,3226	73,4637	209,2448	157,3032	87,9567	226,8255	182,9692	145,8377	291,0625
Cu	6,5457	6,6153	7,3275	3,2668	4,6944	5,4619	5,6950	5,4129	2,3594	7,1057	54,2258	5,2862	6,4664
Zn	31,1194	45,7802	49,2155	16,3179	24,2790	27,1516	40,5584	53,3933	17,5908	75,0079	50,2252	88,4908	56,4317
As	0,0576	0,0458	0,0499	0,0310	0,0442	0,0401	0,0801	0,0561	0,0567	0,0707	0,0961	0,0661	0,1391
U	0,0041	0,0017	0,0030	0,0023	0,0021	0,0018	0,0113	0,0089	0,0033	0,0122	0,0082	0,0094	0,0110
Rh	0,0024	0,0044	0,0032	0,0018	0,0018	0,0025	0,0036	0,0034	0,0012	0,0027	0,0037	0,0025	0,0057
Sn	0,0278	0,1043	0,0036	abaixo LD	0,2165	abaixo LD	0,0992	abaixo LD	0,0004	0,1350	0,0687	abaixo LD	0,1434
Pd	0,0031	0,0022	0,0038	0,0017	0,0015	0,0035	0,0033	0,0020	0,0015	0,0027	0,0034	0,0038	0,0048
Sb	0,0248	0,0169	0,0352	0,0173	0,0121	0,0134	0,0369	0,0095	0,0227	0,0261	0,0431	0,0138	0,0437
Pt	0,0006	0,0007	0,0000	0,0000	0,0007	0,0003	0,0003	0,0000	0,0010	0,0020	0,0013	0,0000	0,0003

Amostra	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Período	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,2879	0,1516	0,2425	0,2300	0,4121	0,3434	0,4272	0,4605	0,4050	0,4479	0,7138	0,4731	1,2248
Cd	0,0099	0,0022	0,0034	0,0040	0,0034	0,0033	0,0005	0,0053	0,0083	0,0088	0,0070	0,0059	0,0298
Ba	18,4167	11,0928	17,3284	21,7859	24,2232	111,9610	31,5836	142,5773	34,8989	140,9556	28,0840	213,8392	157,3855
Co	0,0640	0,0144	0,0606	0,0207	0,0905	0,0742	0,0707	0,0406	0,0641	0,0489	0,0544	0,0741	0,1251
V	0,2741	0,1920	0,2357	0,2272	0,4599	0,2520	0,2200	0,4148	0,4009	1,6068	1,1218	0,7888	1,5544
Ni	0,3807	0,2156	0,2260	0,2717	0,4176	0,4441	0,3382	1,1118	0,4032	0,5068	0,4339	0,4124	0,3349
Cr	0,6930	0,6641	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,8298	abaixo LD	1,0159	0,5389	1,9049	1,7640	0,9406	2,8277
Mn	94,9328	26,8459	34,9419	93,4322	73,6687	350,4377	195,4723	90,9137	125,9782	262,7315	35,6059	266,3774	253,5091
Fe	161,9194	126,5790	132,7287	179,2634	253,7454	126,9216	115,1718	213,0927	213,2086	755,4490	506,9976	302,6635	698,3960
Cu	13,2617	7,2201	19,2212	11,1277	7,8394	3,8169	3,0168	5,2377	4,1647	6,7189	5,2134	3,3662	4,9812
Zn	106,4729	37,9584	66,3951	58,2219	81,6822	108,3683	62,2060	183,3359	90,6025	140,8535	33,7178	79,1124	67,5724
As	0,0641	0,0504	0,0842	0,0933	0,0883	0,1273	0,1069	0,0980	0,1011	0,1919	0,1601	0,1619	0,1478
U	0,0087	0,0030	0,0060	0,0061	0,0132	0,0083	0,0084	0,0145	0,0097	0,0297	0,0231	0,1025	0,0491
Rh	0,0029	0,0028	0,0020	0,0053	0,0041	0,0152	0,0062	0,0046	0,0040	0,0062	0,0038	0,0152	0,0071
Sn	0,0434	0,1161	0,0219	0,2007	0,0828	0,0249	0,0875	0,0257	0,0823	0,0386	0,1300	0,0019	abaixo LD
Pd	0,0042	0,0028	0,0016	0,0038	0,0046	0,0143	0,0050	0,0049	0,0048	0,0063	0,0032	0,0109	0,0071
Sb	0,0139	0,0189	0,0165	0,0352	0,0202	0,0225	0,0212	0,0439	0,0237	0,0356	0,0268	0,0278	0,0453
Pt	0,0000	0,0007	0,0004	0,0003	0,0010	0,0003	0,0013	0,0005	0,0010	0,0018	0,0007	0,0012	0,0017

Amostra	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Período	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera
Trat.	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,5488	0,4656	0,5674	0,2632	1,5567	1,8050	0,6714	0,5775	0,8296	0,7104	0,5286	0,6775	1,1479
Cd	0,0019	0,0142	0,0082	0,0027	0,0278	0,0043	0,0073	0,0022	0,0049	0,0069	0,0039	0,0092	0,0156
Ba	343,5382	24,7829	128,7081	26,9729	138,6141	119,5110	195,9165	73,6069	134,4718	60,2565	249,7398	63,4798	98,1921
Co	0,0440	0,0772	0,0609	0,0468	0,0814	0,0622	0,0410	0,0594	0,0335	0,0402	0,0445	0,0476	0,0589
V	0,3739	1,0884	0,8275	0,5674	1,4583	0,5504	0,5765	0,3188	0,7479	0,4233	0,3745	0,4933	2,9980
Ni	0,9163	0,3880	0,5251	0,2146	0,4840	0,4162	0,3075	0,3833	0,3917	0,3731	0,3554	0,1721	0,3820
Cr	1,0519	1,5292	2,0189	0,8940	1,5015	0,5054	0,3926	0,6460	0,8681	0,3354	0,8210	0,5828	1,2188
Mn	208,4421	36,1847	166,2040	59,3398	199,5144	137,6995	53,5148	174,1849	79,4195	68,9312	59,3033	119,3240	27,3847
Fe	191,2517	543,1001	423,9357	298,2668	615,7533	258,0099	361,4526	186,7088	380,1536	202,5999	229,2207	319,3914	1119,4765
Cu	2,7061	6,0443	4,1313	5,7428	5,6150	3,3388	2,8307	8,4780	6,1292	7,4195	2,4834	2,7961	4,8999
Zn	316,8135	51,8184	182,6072	68,4539	57,3054	54,0394	28,3240	65,4404	32,2192	49,9217	41,1017	42,1550	34,7522
As	0,0721	0,1463	0,1421	0,1138	0,2660	0,1531	0,1476	0,1671	0,1287	0,1085	0,1029	0,1092	0,4266
U	0,0119	0,0224	0,0211	0,0168	0,0403	0,0161	0,0200	0,0107	0,0173	0,0119	0,0130	0,0165	0,0658
Rh	0,0131	0,0029	0,0083	0,0031	0,0057	0,0070	0,0076	0,0036	0,0061	0,0046	0,0113	0,0040	0,0027
Sn	0,0260	0,0914	abaixo LD	0,0499	0,1326	0,0699	0,0599	0,0759	0,0226	0,0254	0,0583	0,0112	0,1234
Pd	0,0103	0,0032	0,0079	0,0028	0,0053	0,0056	0,0064	0,0031	0,0043	0,0044	0,0098	0,0028	0,0042
Sb	0,0186	0,0328	0,0554	0,0163	0,0336	0,0227	0,0237	0,0175	0,0224	0,0194	0,0194	0,0195	0,0613
Pt	0,0000	0,0017	0,0010	0,0000	0,0021	0,0003	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0007	0,0007	0,0010

Amostra	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Período	Primavera	Primavera	Primavera	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Anual	Anual	Anual	Anual
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	C	C	C	C
Pb	0,3549	1,0706	0,4465	0,8130	0,7887	0,1816	0,2039	0,3618	0,3736	0,3754	0,3325	0,4763	0,1795
Cd	0,0079	0,0149	0,0033	0,0380	0,0341	0,0105	0,0038	0,0209	0,0242	0,0049	0,0022	0,0144	0,0053
Ba	37,6716	95,0583	46,1696	119,3845	122,5947	34,9932	23,0310	74,5312	39,4757	17,2565	14,0656	24,3545	19,1545
Co	0,0330	0,0406	0,0582	0,2136	0,1621	0,0426	0,0298	0,0671	0,0547	0,0188	0,0160	0,2320	0,0196
V	0,5854	0,7995	0,4899	1,3101	1,0320	0,4838	0,2180	0,3752	0,6114	0,1853	0,1666	0,6507	0,1216
Ni	0,3495	0,4932	0,3727	2,3877	1,8185	0,3927	0,2708	0,8092	0,8083	0,5679	0,4999	0,9468	0,4614
Cr	0,2425	0,5607	0,2935	1,1139	2,9166	0,6721	0,2801	0,6023	0,9824	0,3081	0,5261	1,0161	0,8135
Mn	54,0431	111,0003	95,5696	437,6180	460,6984	97,5199	72,6177	293,7636	162,7850	123,5449	68,2007	65,5543	88,4082
Fe	266,8687	388,7778	221,1755	625,2587	534,6538	265,8507	140,0310	237,5662	373,2657	140,3044	101,9382	384,9357	117,9678
Cu	6,2446	6,1333	10,1127	283,2795	243,2326	39,5978	38,7404	61,2877	53,2503	5,0346	4,4606	5,6966	4,3250
Zn	32,6630	48,1354	51,9444	166,3762	178,2170	33,7470	33,2652	85,1620	70,7102	35,7936	31,0744	50,3266	37,5866
As	0,2372	0,1690	0,1174	0,2391	0,2077	0,1103	0,0830	0,0863	0,1206	0,0684	0,0605	0,1191	0,0611
U	0,0132	0,0202	0,0086	0,0256	0,0219	0,0100	0,0064	0,0116	0,0124	0,0043	0,0044	0,0108	0,0044
Rh	0,0028	0,0060	0,0036	0,0113	0,0107	0,0030	0,0021	0,0056	0,0044	0,0032	0,0036	0,0032	0,0025
Sn	0,0128	0,1544	0,0201	0,0803	0,1685	abaixo LD	abaixo LD	0,0405	0,0293	0,0466	0,0678	0,1095	0,1584
Pd	0,0030	0,0048	0,0040	0,0092	0,0094	0,0033	0,0024	0,0048	0,0017	0,0014	0,0019	0,0022	0,0013
Sb	0,0147	0,0410	0,0137	0,0260	0,0308	0,0128	0,0133	0,0155	0,0209	0,0434	0,0452	0,0516	0,0270
Pt	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0010	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0014	0,0003

Amostra	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
Período	Anual	Anual	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono
Trat.	Cont	Cont	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	0,2603	0,3790	0,2280	0,5619	0,4187	0,5399	abaixo LD	0,8778	0,3143	1,1338	0,2811	0,8251	0,2475
Cd	0,0039	0,0021	0,0011	0,0097	0,0032	0,0098	abaixo LD	0,0195	0,0016	0,0236	0,0038	0,0141	0,0022
Ba	14,3841	11,3687	14,6130	14,5834	12,3489	12,8154	0,1013	22,6777	13,2548	17,9324	12,4167	16,9928	11,2160
Co	0,0230	0,0177	0,0202	0,0391	0,0481	0,0289	0,0005	0,0547	0,0262	0,0581	0,0219	0,0650	0,0168
V	0,1794	0,1456	0,1353	0,0809	0,4061	0,0680	0,0101	0,1191	0,1953	0,1199	0,1432	0,1058	0,0957
Ni	0,2652	0,3657	0,1613	0,2394	0,2712	0,1485	0,0074	0,2047	0,3677	0,3155	0,2602	0,2358	0,3939
Cr	0,4677	1,4887	0,6735	0,3847	1,0714	0,3558	abaixo LD	0,5882	0,5615	0,5399	0,5755	1,8178	0,6760
Mn	98,8950	37,3083	62,3847	65,5215	40,1205	60,8650	0,3792	150,6616	88,4686	120,4211	67,4035	64,1834	54,0338
Fe	131,9932	95,4634	96,8592	73,9576	212,0704	58,5446	3,4161	97,1910	149,8768	111,3226	134,6289	98,8985	118,1331
Cu	3,6080	2,4469	2,2635	8,3837	2,8711	5,6772	0,0286	5,6237	4,6009	8,0028	5,9040	12,3724	5,9917
Zn	32,0254	15,2311	17,9982	86,6619	18,3962	52,2214	abaixo LD	85,1031	27,3970	114,1783	42,3517	102,1673	46,1816
As	0,0449	0,0579	0,0479	0,0419	0,0776	0,0492	0,0066	0,0648	0,0637	0,0599	1,6169	0,0525	0,0417
U	0,0043	0,0055	0,0031	0,0057	0,0069	0,0040	0,0003	0,0090	0,0052	0,0093	0,0035	0,0062	0,0030
Rh	0,0019	0,0023	0,0018	0,0021	0,0019	0,0016	0,0002	0,0045	0,0018	0,0030	0,0025	0,0035	0,0019
Sn	0,0440	0,0662	abaixo LD	0,0612	0,0039	0,0394	abaixo LD	0,1743	0,0126	0,1073	0,0753	0,1425	0,0302
Pd	0,0000	0,0025	0,0012	0,0025	0,0007	0,0005	0,0183	0,0020	0,0002	0,0020	0,0023	0,0025	0,0022
Sb	0,0461	0,0401	0,0286	0,0394	0,0460	0,0295	0,0007	0,0496	0,0281	0,0692	0,0284	0,0460	0,0309
Pt	0,0003	0,0007	0,0003	0,0000	0,0003	0,0000	0,0003	0,0013	0,0010	0,0013	0,0007	0,0000	0,0000

Amostra	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
Período	Outono	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	0,6032	0,3098	0,3104	0,3579	0,2815	0,8131	0,3160	0,4533	0,5804	0,5331	0,3163	0,1237	0,3141
Cd	0,0087	0,0039	0,0039	0,0016	0,0043	0,0033	0,0022	0,0220	0,0043	0,0086	0,0099	0,0000	0,0032
Ba	12,7333	89,1198	19,5507	143,9496	17,8331	619,9418	38,3608	171,9285	41,2467	252,1824	29,8088	8,4963	16,6195
Co	0,0306	0,0245	0,0219	0,0215	0,0337	0,0478	0,0357	0,0488	0,0402	0,0455	0,0372	0,0113	0,0335
V	0,0585	0,2063	0,1065	0,2202	0,0653	0,5559	0,1598	0,2142	0,1013	0,2689	0,0877	0,4215	0,0529
Ni	0,1543	0,0898	0,0622	0,3141	0,1961	0,9662	0,3281	0,6483	0,2112	0,6341	0,1780	0,0984	0,1930
Cr	0,6620	0,6633	0,3203	0,5036	0,2623	0,8082	0,3781	0,8740	0,2625	0,8245	0,6995	0,8524	0,2246
Mn	72,7415	321,7168	23,3020	201,2096	36,8596	290,0841	56,2582	254,0297	141,4429	391,3031	26,0290	18,2693	33,8535
Fe	54,8445	126,0207	65,5355	110,7265	46,3449	261,2697	109,9992	98,7324	99,3446	139,3043	89,6546	214,5872	51,1882
Cu	5,7921	1,6446	2,9689	3,3617	3,3453	2,7009	7,3440	6,4408	5,6739	2,1378	13,9324	2,7492	5,2916
Zn	56,7805	46,7879	26,6652	132,1314	38,4956	139,0515	73,4784	180,8139	156,4226	178,7472	56,4512	18,1638	70,1944
As	0,0438	0,0447	0,0406	24,2065	0,3616	0,9837	0,5222	7,3715	0,8431	0,2574	4,5469	0,6373	0,1209
U	0,0041	0,0062	0,0053	0,0077	0,0042	0,0171	0,0058	0,0078	0,0091	0,0083	0,0055	0,0109	0,0042
Rh	0,0023	0,0033	0,0011	0,0054	0,0016	0,0115	0,0026	0,0062	0,0053	0,0069	0,0022	0,0005	0,0019
Sn	0,0348	abaixo LD	0,0290	0,0345	0,0435	0,0082	0,0710	0,0262	0,1613	abaixo LD	0,0547	abaixo LD	0,0528
Pd	0,0012	0,0022	0,0008	0,0027	0,0017	0,0098	0,0037	0,0041	0,0027	0,0050	0,0009	0,0018	0,0018
Sb	0,0366	0,0090	0,0295	0,0184	0,0215	0,0161	0,0225	0,0299	0,0419	0,0169	0,0343	0,0152	0,0250
Pt	0,0003	0,0004	0,0003	0,0010	0,0007	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0005	0,0004	0,0010	0,0003

Amostra	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	92
Período	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Verão
Trat.	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	0,6790	0,7388	0,4029	0,3848	0,6789	0,7791	0,4699	0,9429	0,6448	0,9817	0,4415	0,8417	0,3357
Cd	0,0205	0,0070	0,0062	0,0033	0,0072	0,0065	0,0085	0,0085	0,0044	0,0119	0,0016	0,0104	0,0254
Ba	145,6393	55,7552	70,3314	23,4193	207,0034	35,6544	72,4698	57,5185	199,1916	51,2956	98,4531	61,3244	66,6102
Co	0,0359	0,0329	0,0211	0,0203	0,0281	0,0477	0,0136	0,0422	0,0249	0,0389	0,0121	0,0344	0,0659
V	0,5338	0,1456	0,2929	0,2334	0,3011	0,1579	0,2102	0,1669	0,5794	0,1838	0,1250	0,1625	0,7815
Ni	0,3402	0,2935	0,1188	0,1038	0,3234	0,2956	0,0701	0,1997	0,2013	0,2712	0,0709	0,2539	0,5000
Cr	0,4530	0,2624	0,4470	0,4882	0,3266	0,3168	0,3534	0,3621	0,3012	0,4545	0,4312	0,2518	2,3507
Mn	68,4320	73,9991	39,4852	40,1501	105,4491	39,8100	57,4504	107,9357	35,0457	69,2513	66,7889	108,3242	304,1580
Fe	234,8614	107,9665	163,7294	113,4796	172,6965	97,4162	127,5117	105,2590	261,1988	121,1271	86,9868	108,0622	348,1459
Cu	2,5943	3,1069	1,4451	2,2256	2,6438	3,0921	1,6013	2,0982	1,0927	2,7350	0,8798	2,5921	81,4775
Zn	28,6916	40,7034	22,5042	40,8792	40,3995	27,2309	15,1252	52,5130	31,2724	51,2541	15,1651	72,3989	59,4129
As	5,9055	0,1229	0,2644	0,1457	0,4163	1,0214	0,7362	0,2460	0,5281	1,5855	1,3687	0,4683	0,9141
U	0,0438	0,0076	0,0157	0,0088	0,0117	0,0077	0,0126	0,0116	0,0177	0,0098	0,0036	0,0093	0,0161
Rh	0,0063	0,0042	0,0029	0,0014	0,0050	0,0023	0,0031	0,0045	0,0055	0,0039	0,0029	0,0035	0,0033
Sn	0,0621	0,0836	abaixo LD	0,0179	0,0025	0,1136	abaixo LD	0,0439	0,0953	0,0878	abaixo LD	0,0893	0,0007
Pd	0,0040	0,0042	0,0018	0,0014	0,0032	0,0022	0,0012	0,0015	0,0034	0,0030	0,0030	0,0022	0,0022
Sb	0,0151	0,0252	0,0130	0,0166	0,0137	0,0254	0,0134	0,0299	0,0203	0,0366	0,0077	0,0293	0,0091
Pt	0,0000	0,0000	0,0000	0,0007	0,0007	0,0000	0,0007	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0000

Amostra	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Período	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,2005	0,0693	0,0656	0,0498	0,0412	0,0955	0,0883	0,0528	abaixo LD	0,0774	0,2697	0,0511	0,2032
Cd	0,0217	0,0214	0,0857	0,0025	0,0321	0,7333	0,0098	0,0050	abaixo LD	0,0735	0,0528	0,0477	0,0125
Ba	22,2384	19,8285	43,4494	25,2737	127,7027	39,7746	23,0404	34,1125	abaixo LD	64,2383	42,0317	77,4342	42,9501
Co	0,0818	0,0279	0,8559	0,0193	0,1403	0,0228	0,0529	0,0147	abaixo LD	0,0479	0,0770	0,0334	0,0255
V	0,1340	0,0654	0,0552	0,0526	0,0559	0,0899	0,0946	0,0412	abaixo LD	0,1002	0,1934	0,1490	0,1400
Ni	0,1858	0,0611	1,6730	0,0502	1,3422	abaixo LD	0,0343	abaixo LD	abaixo LD	0,0503	0,1401	abaixo LD	abaixo LD
Cr	0,4741	0,2132	0,2656	0,0929	0,5841	1,4263	0,3208	0,6303	abaixo LD	1,4389	1,2403	0,8660	0,0617
Mn	123,1168	115,3312	547,1204	79,1478	371,2465	103,4311	90,5961	62,9849	abaixo LD	272,2510	215,5120	186,8449	109,1081
Fe	262,5154	70,6813	58,2843	37,7955	76,8272	80,0760	133,8087	58,0502	abaixo LD	94,0824	112,3169	148,2641	159,3286
Cu	1,7418	1,8128	1,2444	1,4231	1,1754	2,7165	1,5789	1,3606	abaixo LD	4,6370	3,2403	2,3941	1,1042
Zn	2,2630	2,0777	6,8540	1,7416	3,4821	6,3646	0,6677	0,6523	abaixo LD	10,1072	9,3243	4,6284	0,5154
As	0,1639	0,1616	0,0746	0,0496	0,0355	0,0519	0,2184	0,0604	abaixo LD	0,1681	0,1330	0,0520	0,1025
U	0,0063	0,0028	0,0035	0,0014	0,0050	0,0039	0,0042	0,0017	abaixo LD	0,0039	0,0074	0,0044	0,0092
Rh	0,0016	0,0017	0,0011	0,0026	0,0024	0,0015	0,0005	0,0006	abaixo LD	0,0019	0,0013	0,0024	0,0014
Sn	0,1034	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD
Pd	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,0008	abaixo LD	abaixo LD	0,0038	abaixo LD	0,0000	0,0015	0,0008	0,0000
Sb	0,0331	0,0414	0,0392	0,0313	0,0374	0,0385	0,0484	0,0354	abaixo LD	0,0426	0,0299	0,0559	0,0240
Pt	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0030	0,0000	0,0033	0,0000

Amostra	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
Período	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera
Trat.	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Exp	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,0799	0,2814	0,0686	0,4643	0,0725	0,1781	0,0611	0,3151	0,1227	0,3305	0,1254	0,1704	0,0046
Cd	0,0911	0,0482	0,0174	0,0072	0,0238	abaixo LD	0,0325	0,0322	0,0394	0,0491	0,0199	0,0284	0,0075
Ba	82,1856	44,9410	26,4571	14,1356	38,2858	29,1821	80,5660	54,5387	82,6209	61,2559	59,7872	45,3890	40,4652
Co	0,0829	0,0476	0,0092	0,0535	0,0161	0,0283	0,0250	0,0463	0,0262	0,1195	0,0335	0,0226	0,0114
V	0,1128	0,0853	0,2882	0,1134	0,1267	0,2428	0,1968	0,0908	0,2543	0,1184	0,1229	0,0549	0,2373
Ni	0,0950	0,0300	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD
Cr	0,4937	0,1591	2,7142	0,3886	0,7039	0,2279	0,7659	0,3458	0,0834	0,1533	0,2157	0,0776	0,7045
Mn	246,1262	177,8748	28,3793	20,5627	136,8111	124,6521	200,2451	114,3382	142,3779	111,4507	151,0036	151,1589	83,1790
Fe	122,7322	170,5682	72,0704	110,3576	263,4040	136,6593	226,9661	117,8347	70,3969	131,1210	80,9814	168,5159	134,0986
Cu	2,9582	1,9932	4,6757	2,9585	4,4980	1,8116	2,6093	1,9285	5,8134	3,4606	2,9883	1,5479	3,8833
Zn	10,9586	1,7914	10,9841	4,0931	6,7061	1,3583	5,4251	3,5986	17,1663	15,4385	3,7857	3,6568	2,1113
As	0,2351	0,1023	0,1899	0,0693	0,1433	0,0416	0,0408	0,0696	0,0467	0,0722	0,0211	0,0417	0,0459
U	0,0036	0,0069	0,0034	0,0133	0,0030	0,0078	0,0055	0,0089	0,0037	0,0106	0,0001	0,0063	0,0030
Rh	0,0019	0,0008	0,0013	0,0002	0,0017	0,0007	0,0031	0,0011	0,0032	0,0024	0,0002	0,0012	0,0005
Sn	abaixo LD	abaixo LD	0,2663	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD
Pd	abaixo LD	0,0000	0,0008	abaixo LD	abaixo LD	0,0000	abaixo LD	0,0023	0,0000	0,0008	abaixo LD	0,0007	abaixo LD
Sb	0,0329	0,0441	0,0500	0,2220	0,0317	0,0362	0,0332	0,0454	0,0564	0,0461	0,0216	0,0466	0,0402
Pt	0,0000	0,0030	0,0015	0,0030	0,0029	0,0031	0,0015	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015

Amostra	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Período	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pb	0,2052	0,0651	0,2991	0,1043	0,2431	0,0410	0,2474	0,0757	abaixo LD	abaixo LD	0,1104	abaixo LD	0,1938
Cd	0,0049	0,0502	0,0289	0,0163	0,0236	0,0171	0,0465	0,0427	abaixo LD	abaixo LD	0,0141	abaixo LD	0,0354
Ba	30,8510	65,0550	39,5996	46,7549	39,8082	38,8165	45,1632	29,3630	0,2110	abaixo LD	46,3718	28,4503	39,7543
Co	0,0258	0,0291	0,0320	0,0208	0,0456	0,0181	0,0346	0,0201	abaixo LD	abaixo LD	0,0138	0,0123	0,0719
V	0,1315	0,2220	0,1446	0,2053	0,1238	0,1570	0,2752	0,0029	0,0000	0,0715	0,1249	0,1525	0,3982
Ni	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,0072	0,1515	abaixo LD	abaixo LD	0,1052	abaixo LD	0,0485
Cr	0,2597	0,4404	0,1356	0,2163	0,3555	abaixo LD	0,3398	0,1654	abaixo LD	abaixo LD	0,1903	0,6130	1,6941
Mn	71,3235	141,9860	89,2322	193,9626	217,8853	87,3093	136,3546	120,4639	1,0437	abaixo LD	115,7664	63,5429	102,7215
Fe	179,8018	128,3944	182,1030	110,3107	177,7965	2,8024	368,3850	116,3618	abaixo LD	abaixo LD	73,0147	135,6807	92,9235
Cu	2,2066	5,3137	3,1188	3,2478	3,5141	2,6950	2,2174	6,8157	abaixo LD	abaixo LD	4,9704	2,7131	3,9037
Zn	2,4876	11,5627	6,9764	6,7424	11,1345	1,5046	3,3874	8,5129	abaixo LD	abaixo LD	6,9638	abaixo LD	7,3667
As	0,0970	1,4503	0,0842	0,2440	0,0816	1,0640	0,0608	0,5366	0,0479	abaixo LD	0,0445	0,1662	0,0818
U	0,0091	0,0045	0,0108	0,0108	0,0120	0,0059	0,0090	0,0128	0,0014	abaixo LD	0,0045	0,0049	0,0076
Rh	0,0016	0,0017	0,0019	0,0012	0,0005	0,0011	0,0017	0,0011	0,0000	abaixo LD	0,0015	0,0030	0,0011
Sn	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	5,7794	2,5964	abaixo LD
Pd	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,0022	0,0000	abaixo LD	0,0022	abaixo LD	abaixo LD	0,0029	0,0007	0,0007
Sb	0,0521	0,0383	0,0747	0,0267	0,0324	0,0404	0,0684	0,0446	abaixo LD	abaixo LD	0,0538	0,0162	0,0498
Pt	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029

Amostra	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157
Período	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono
Trat.	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	0,2644	0,3182	0,3887	0,2863	0,3151	0,5149	0,2324	2,0280	0,3581	2,1006	0,8876	2,0873	0,2544
Cd	0,0377	0,0271	0,0269	0,0513	0,0588	0,0404	0,0074	0,0895	0,0341	0,0541	0,0600	0,1534	0,0651
Ba	83,1213	54,8518	76,4260	44,1612	54,4629	52,6087	64,3071	129,3842	71,0296	72,6561	110,8173	157,5012	113,1031
Co	0,0421	0,0283	0,0654	0,0579	0,0346	0,1538	0,0355	0,6138	0,0599	0,1739	0,0866	0,3476	0,0425
V	0,3334	0,5033	0,2660	0,1925	0,7241	0,1696	0,3520	0,3092	0,3304	0,1824	0,1730	0,1889	0,3874
Ni	0,0572	0,3122	0,3177	0,7898	0,2085	0,8483	0,1942	2,9993	0,1323	0,6178	0,5460	3,1127	0,4937
Cr	1,1675	2,0495	2,3734	1,4063	2,2776	1,6684	1,0838	1,9768	3,4561	2,4274	1,2266	1,6023	1,9448
Mn	199,7431	279,3276	183,0938	183,7190	166,7116	201,4648	92,6114	616,3973	221,8735	297,3999	377,6253	974,8069	174,8421
Fe	176,0558	167,6135	213,8034	98,8102	95,5929	433,9160	107,9953	367,4423	205,5652	253,5775	144,4689	141,0818	134,4795
Cu	3,2503	4,3669	5,7277	4,1280	3,0154	5,7667	4,2327	7,5151	3,5121	10,2157	5,5075	8,7066	4,1781
Zn	12,2464	27,3211	18,7057	16,1721	12,7735	21,1894	10,4852	54,4743	18,2661	63,5534	15,8998	59,6576	16,6712
As	0,8202	0,1414	0,1039	0,0921	0,0624	0,7663	2,6834	0,5800	1,5764	0,1783	0,0878	0,2264	0,1292
U	0,0116	0,0069	0,0117	0,0092	0,0078	0,0233	0,0046	0,0140	0,0158	0,0193	0,0067	0,0136	0,0081
Rh	0,0034	0,0016	0,0039	0,0016	0,0014	0,0023	0,0024	0,0052	0,0020	0,0035	0,0042	0,0057	0,0051
Sn	abaixo LD	0,0703	0,0095	0,7078	abaixo LD	0,0725	abaixo LD	0,3810	abaixo LD	0,2125	abaixo LD	0,2782	abaixo LD
Pd	0,0023	abaixo LD	0,0008	0,0008	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,0007	0,0023	abaixo LD	0,0000	0,0046	abaixo LD
Sb	0,0875	0,1048	0,0874	0,0692	0,0707	0,0554	0,0691	0,1154	0,0536	0,1745	0,0572	0,1235	0,0508
Pt	0,0000	0,0015	0,0015	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0015	0,0030	0,0000	0,0000	0,0031	0,0015

Amostra	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169
Período	Outono	Outono	Outono	Outono	Outono	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	2,0270	0,2619	2,1029	0,3355	1,7660	0,1984	1,3126	2,3630	0,9842	0,1758	1,4794	1,3880
Cd	0,1043	0,0688	0,0752	0,0852	0,0720	0,0922	0,1817	0,1497	0,0548	0,0775	0,0754	0,1751
Ba	153,9035	82,1795	105,0825	69,7823	163,5590	125,2825	162,9806	163,9691	74,2411	98,0342	75,6924	190,8327
Co	0,0990	0,0253	0,2748	0,0340	0,2271	0,0396	0,0838	0,1025	0,0381	0,0432	0,0530	0,0525
V	0,1361	0,1709	0,2252	0,1843	0,4209	abaixo LD	0,2938	1,5382	0,5469	1,1058	0,5196	0,2728
Ni	2,5589	0,0261	1,6468	0,5272	3,0005	0,0768	0,6679	0,9528	0,3485	0,3284	0,3006	0,9273
Cr	1,9107	2,6134	1,4154	1,1909	0,9852	1,3911	1,3313	2,5058	1,0543	2,6389	3,4526	3,5261
Mn	366,8602	163,0862	457,8240	180,9368	462,6683	212,9657	354,3546	308,7667	134,0225	349,7619	298,1694	409,1408
Fe	186,0059	110,4705	172,8946	134,2643	144,9208	274,9361	394,2941	701,7183	279,7938	595,0909	361,0985	276,3029
Cu	6,5180	2,8951	8,2005	3,2211	5,5707	6,5906	9,5938	11,5180	4,0762	6,5323	8,7741	10,9517
Zn	52,1231	8,4039	44,3600	11,5532	42,3319	13,7157	401,7682	47,5751	12,7505	21,0794	40,8095	254,0669
As	2,8801	0,4508	0,0840	0,2287	0,4518	0,1564	0,1848	0,1213	abaixo LD	0,0238	0,3238	0,0192
U	0,0212	0,0052	0,0156	0,0056	0,0175	0,0109	0,0128	0,0446	0,0143	0,0110	0,0221	0,0091
Rh	0,0058	0,0031	0,0028	0,0030	0,0087	0,0056	0,0077	0,0105	0,0039	0,0063	0,0046	0,0096
Sn	0,3312	abaixo LD	0,2617	abaixo LD	0,2122	abaixo LD	abaixo LD	0,2892	abaixo LD	abaixo LD	0,0401	abaixo LD
Pd	0,0029	0,0007	0,0007	0,0007	0,0044	0,0038	0,0033	0,0091	0,0021	0,0041	0,0016	0,0036
Sb	0,1151	0,0554	0,1667	0,0622	0,1187	0,1610	0,1123	0,1725	0,0860	0,0489	0,0963	0,0788
Pt	0,0015	0,0000	0,0015	0,0000	0,0000	0,0015	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD	0,0003	abaixo LD

Amostra	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182
Período	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Inverno	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera
Trat.	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Exp
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Pb	2,4651	0,2329	0,6783	0,1995	0,9044	0,2915	1,4269	0,2802	0,5461	0,3802	1,1657	0,5003	1,2629
Cd	0,1159	0,0674	0,0574	0,0705	0,0554	0,0527	0,0357	0,0694	0,0187	0,0899	0,0506	0,0471	0,0328
Ba	143,8939	93,5001	58,4779	89,4475	65,1129	41,1588	33,5440	87,6267	22,0231	60,4239	40,9291	54,9265	48,6902
Co	0,1057	0,0338	0,0384	0,0115	0,0298	0,0359	0,0381	0,0222	0,0119	0,0226	0,0239	0,0314	0,0253
V	0,2586	0,2951	0,2398	0,0943	0,0825	0,1576	0,2119	0,1447	0,0770	0,2141	0,1641	0,7221	0,1419
Ni	0,9810	0,2102	0,2711	0,1735	0,2443	0,5046	0,2917	0,1814	0,0945	0,3355	0,2103	0,2123	0,1777
Cr	1,3656	2,2908	0,6183	0,9250	0,8702	0,7974	0,9258	1,1835	abaixo LD	1,7711	1,0888	0,3662	0,8769
Mn	366,0803	130,1057	115,1404	135,3596	107,1932	94,4414	90,6891	127,7600	39,1446	145,3197	105,9147	135,6480	114,4495
Fe	136,4261	208,8004	144,2000	68,5266	88,4221	116,1422	373,5601	84,7220	1,2158	123,0223	177,1641	250,4063	296,5442
Cu	11,7596	2,6190	4,0452	3,2421	4,4455	7,9621	5,0011	5,9491	4,2267	7,8611	5,8613	4,8264	4,3984
Zn	143,5592	25,8590	43,9835	28,0780	36,0222	63,9756	40,1355	52,5035	10,8802	82,3614	41,5786	62,7391	39,6386
As	0,0312	0,0786	0,1918	0,0470	0,0534	0,1150	0,1618	0,0797	0,1217	7,9906	0,9118	0,2295	2,2824
U	0,0269	0,0070	0,0128	0,0023	0,0095	0,0038	0,0142	0,0031	0,0182	0,0057	0,0091	0,0100	0,0117
Rh	0,0071	0,0077	0,0040	0,0054	0,0039	0,0023	0,0019	0,0046	0,0046	0,0049	0,0031	0,0042	0,0034
Sn	0,1123	abaixo LD	0,0468	abaixo LD	0,0735	0,0358	0,1798	abaixo LD	0,0628	0,0999	0,1324	0,0045	0,1502
Pd	0,0014	0,0040	0,0026	0,0025	0,0017	0,0007	0,0019	0,0026	0,0012	0,0026	0,0011	0,0028	0,0021
Sb	0,0862	0,0125	0,0274	0,0105	0,0220	0,0215	0,0426	0,0105	0,0139	0,0209	0,0327	0,0221	0,0400
Pt	abaixo LD	0,0000	0,0001	abaixo LD	abaixo LD	0,0001	0,0000	abaixo LD	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000

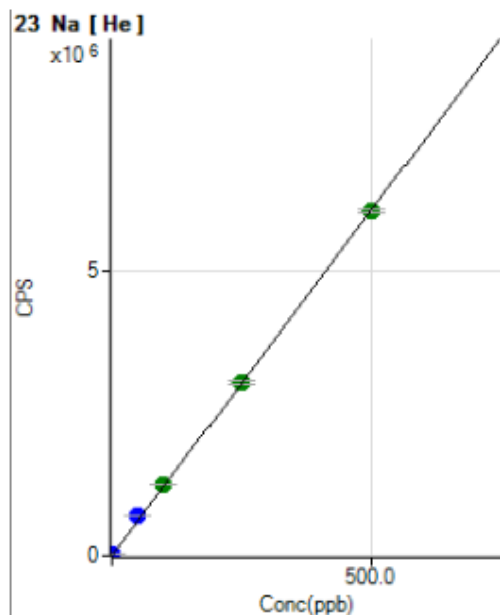
Amostra	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	91	195	197
Período	Primavera	Primavera	Primavera	Primavera	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Anual	Anual
Trat.	Cont	Exp	Cont	Exp	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Cont	Exp	Exp
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	P	P
Pb	0,4902	1,4743	0,2909	1,2304	0,3624	0,3004	0,2354	0,2723	0,3520	0,3470	1,0674	0,4984	0,3982
Cd	0,0532	0,0496	0,0360	0,0367	0,0211	0,0471	0,0418	0,0279	0,0464	0,0536	0,0166	0,0158	0,0136
Ba	50,2717	43,8388	14,9782	29,0491	24,2833	52,1064	36,7791	28,1712	55,7900	51,8067	63,1168	29,1575	45,4772
Co	0,0308	0,0489	0,0348	0,0330	0,0474	0,0357	0,0169	0,0659	0,0218	0,0165	0,0740	0,0644	0,0858
V	0,1639	0,3978	0,2166	0,2238	0,1250	0,1637	0,1341	0,1475	0,1740	0,0975	0,5223	0,6662	0,4497
Ni	0,2201	0,3120	0,3459	0,2045	0,4223	1,1718	0,4396	0,7469	0,4484	0,3718	0,9125	0,7610	0,5229
Cr	0,3316	2,0527	0,4974	1,0953	0,3439	1,6036	0,4565	0,4424	0,3435	0,4086	1,0913	0,6047	0,8730
Mn	144,2761	171,7513	102,0942	139,0461	50,2347	213,7277	115,8238	69,6655	118,8104	98,7458	141,7817	24,9970	82,3806
Fe	92,6457	355,4969	114,5767	365,6924	73,9221	114,6320	70,8476	87,8714	112,7512	70,6526	288,7942	261,4964	212,2791
Cu	4,3516	5,8295	4,6003	5,1523	6,2534	6,3959	4,6141	5,5173	7,5696	4,7073	103,8024	13,4699	8,0792
Zn	34,3349	41,6248	28,3165	54,3381	26,0883	88,6006	39,2378	64,6705	41,6377	43,9306	124,7475	63,4792	108,5324
As	0,5521	0,1504	0,1711	0,1719	0,0266	0,2132	1,0800	0,0570	0,1588	0,1101	0,9859	0,1266	0,1040
U	0,0034	0,0174	0,0041	0,0118	0,0024	0,0036	0,0025	0,0030	0,0042	0,0025	0,0108	0,0106	0,0130
Rh	0,0023	0,0023	0,0007	0,0020	0,0015	0,0034	0,0027	0,0020	0,0031	0,0031	0,0083	0,0039	0,0051
Sn	0,0104	0,2100	0,0186	0,2483	0,0409	0,3680	0,0151	0,0112	0,0017	0,0103	0,0921	0,1017	0,3020
Pd	0,0007	0,0011	abaixo LD	0,0009	abaixo LD	0,0012	0,0005	0,0003	0,0016	0,0007	0,0038	0,0021	0,0028
Sb	0,0538	0,0466	0,0107	0,0397	0,0127	0,0184	0,0113	0,0131	0,0127	0,0117	0,0390	0,0245	0,0251
Pt	0,0000	abaixo LD	abaixo LD	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0003

Amostra	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211
Período	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual
Trat.	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	C	P	P	P	P	P	P	C
Pb	1,0087	0,8943	0,7684	0,8603	0,7907	1,2821	0,3959	0,2390	0,2607	0,2384	0,1684	0,1945	0,9034
Cd	0,0180	0,0189	0,0142	0,0131	0,0111	0,0197	0,2067	0,1702	0,1956	0,2018	0,1590	0,2010	0,1101
Ba	65,6766	76,9839	58,2535	46,8797	43,3776	41,5762	221,8823	245,0849	263,3695	213,2936	238,0973	236,5162	184,0473
Co	0,2390	0,3576	0,1555	0,1727	0,1263	0,1353	0,5456	0,2999	0,8947	1,6325	0,3181	0,7684	0,7774
V	0,0725	0,1947	0,0879	0,1197	0,1094	0,4705	0,1578	0,1181	0,2472	0,2034	0,1328	0,1448	0,0926
Ni	0,7888	0,9454	0,5127	0,6142	0,3675	0,3631	6,5230	6,5785	6,8005	6,1419	6,1103	5,9651	3,8676
Cr	0,4139	0,6928	0,3738	0,3151	0,4115	0,7171	0,4971	0,4593	0,2038	0,6516	0,4788	0,3396	0,5524
Mn	193,2750	407,1840	249,2821	185,7568	130,2578	163,0545	753,7390	669,3847	1361,2572	1559,6727	705,8895	1059,7238	824,5502
Fe	76,7342	184,4874	101,3557	103,9674	93,4663	288,8897	152,7881	113,5790	186,7341	162,6688	114,0247	200,0163	239,9695
Cu	8,9036	10,3218	9,6408	12,4542	7,0115	10,5672	2,5962	2,8556	3,0018	2,7555	2,5103	3,3946	3,3381
Zn	290,3028	336,9511	259,4602	265,3838	108,2640	96,7596	34,1351	22,9774	23,4020	13,1952	12,4156	14,6090	42,3726
As	0,1872	0,2196	0,1486	0,1520	0,1327	0,1933	0,1537	5,6065	0,3699	0,0610	0,0614	0,2787	0,1440
U	0,0047	0,0085	0,0053	0,0053	0,0061	0,0122	0,0049	0,0041	0,0079	0,0066	0,0044	0,0036	0,0039
Rh	0,0067	0,0086	0,0077	0,0057	0,0050	0,0049	0,0066	0,0071	0,0077	0,0062	0,0074	0,0066	0,0050
Sn	0,2995	0,2705	0,2657	0,1875	0,3174	0,3537	0,1598	0,1195	0,1569	0,0920	0,1853	0,1256	0,3392
Pd	0,0033	0,0046	0,0033	0,0023	0,0139	0,0030	0,0025	0,0027	0,0036	0,0035	0,0033	0,0028	0,0018
Sb	0,0423	0,0505	0,0385	0,0355	0,0362	0,0536	0,0166	0,0103	0,0108	0,0100	0,0093	0,0102	0,0410
Pt	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	abaixo LD	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000

Amostra	212	213	214	215	216	217	218	223	224	225	226	227	228
Período	Anual	Anual	Anual	Anual	Anual	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão
Trat.	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
Planta	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida	T.pallida
Local	C	C	C	C	C	P	P	C	C	C	C	C	C
Pb	1,4021	1,1984	0,7107	0,8794	0,7065	0,5155	0,3216	1,7213	0,9654	1,1973	1,2981	1,0497	1,0522
Cd	0,1369	0,1646	0,3331	0,2860	0,2477	0,0104	0,0092	0,0249	0,0183	0,0237	0,0209	0,0274	0,0274
Ba	173,8881	315,2992	322,7930	254,4054	188,2527	36,3627	8,6097	12,9387	14,1707	13,3713	34,4654	13,4606	20,6067
Co	1,3348	0,7602	1,3971	2,4609	3,1178	0,0805	0,1119	0,1304	0,1088	0,0984	0,0781	0,1079	0,0954
V	0,1027	0,0747	0,0458	0,0554	0,0515	0,2429	0,5064	1,3825	0,3515	0,8376	0,9094	1,2821	0,7590
Ni	4,0115	8,6139	7,2549	5,4760	5,0884	0,4611	0,4234	0,5214	0,3713	0,4265	0,3960	0,4150	0,5663
Cr	0,9710	0,8079	0,4455	0,5500	0,7105	0,2673	1,8415	1,0780	0,3740	0,7169	0,8986	1,0335	0,5906
Mn	939,3083	708,1284	1211,6819	1577,0961	2821,0080	196,3950	98,7487	76,8708	53,8094	123,4927	380,7542	77,7028	99,5356
Fe	504,9755	516,6192	186,8571	772,0908	649,1702	176,3249	278,0105	526,7939	230,3437	360,2794	407,8988	522,0331	268,7713
Cu	3,8696	3,5906	2,8140	3,1863	3,6890	4,3404	7,1500	7,5272	8,7685	9,1302	6,8070	20,1040	8,9214
Zn	47,5695	42,5481	48,7498	33,5659	25,1235	53,0771	30,3624	53,0295	53,0491	56,9884	64,7704	64,2549	75,2288
As	0,1333	0,2318	0,0812	0,0960	0,0804	0,1483	0,1443	0,4943	5,3261	0,7739	0,2638	0,2418	0,5787
U	0,0061	0,0048	0,0028	0,0039	0,0033	0,0087	0,0138	0,0227	0,0097	0,0196	0,0144	0,0407	0,0337
Rh	0,0055	0,0085	0,0084	0,0068	0,0056	0,0116	0,0030	0,0055	0,0049	0,0062	0,0104	0,0039	0,0065
Sn	0,4168	0,3079	0,2245	0,2947	0,1514	0,2372	0,1008	0,2375	0,3121	0,2557	0,3858	0,2573	0,4132
Pd	0,0029	0,0068	0,0065	0,0034	0,0031	0,0069	0,0009	0,0025	0,0022	0,0028	0,0052	0,0031	0,0042
Sb	0,0602	0,0482	0,0298	0,0357	0,0553	0,0155	0,0120	0,0455	0,0323	0,0392	0,0459	0,0345	0,0357
Pt	abaixo LD	0,0000	0,0000	0,0000	abaixo LD	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001	0,0006

Amostra	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
Período	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão	Verão
Trat.	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp	Exp
Planta	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena	Dracaena
Local	P	P	P	P	P	P	C	C	C	C	C	C
Pb	0,7114	0,2682	0,2406	0,2126	0,2736	0,2651	0,7554	0,5479	0,8821	0,8059	0,6495	0,58D2
Cd	0,0668	0,0502	0,0554	0,0420	0,0795	0,0467	0,0320	0,0374	0,0479	0,0354	0,0382	0,0418
Ba	49,8269	44,8210	35,7112	52,6185	57,0721	29,1604	42,2309	45,2106	40,3611	31,1724	42,0889	45,1304
Co	0,0512	0,0301	0,0516	0,1128	0,2633	0,0652	0,0517	0,0252	0,0240	0,0667	0,0281	0,0181
V	0,2452	0,1583	0,1904	0,1882	0,2846	0,1881	0,1539	0,1059	0,1654	0,1695	0,2050	0,1453
Ni	0,2829	0,2477	0,2358	0,2377	0,5219	0,2403	0,1786	0,1275	0,2197	0,2730	0,2020	0,0976
Cr	0,7716	0,3993	0,1543	0,3298	0,3256	0,2376	0,8888	0,3746	0,5845	1,0554	0,4822	0,4208
Mn	147,5783	127,1728	103,1535	101,2011	93,6122	90,2825	97,5729	125,5083	120,2053	85,5434	80,7617	94,5456
Fe	127,5709	137,7160	111,6301	166,7947	160,5580	143,1656	279,2434	131,3217	108,1002	101,3404	159,4818	213,8620
Cu	3,4265	3,8871	4,1946	3,7748	5,6963	3,4694	3,5543	2,8833	4,4447	4,5486	4,6101	2,8825
Zn	25,9926	27,6025	23,4239	15,6503	22,7874	18,7348	35,6389	22,4828	28,2693	27,0132	25,6923	20,1020
As	0,0508	0,7561	0,0838	0,0430	0,0942	0,0456	0,1363	0,0797	0,4735	0,2832	0,1088	0,0892
U	0,0064	0,0042	0,0045	0,0044	0,0060	0,0055	0,0066	0,0038	0,0060	0,0101	0,0051	0,0036
Rh	0,0024	0,0026	0,0028	0,0048	0,0027	0,0017	0,0046	0,0027	0,0029	0,0023	0,0021	0,0036
Sn	0,0886	0,1111	0,1079	0,0880	0,0891	0,2044	0,2588	0,2468	0,3452	0,2596	0,1944	0,1741
Pd	0,0003	0,0037	0,0102	0,0026	0,0001	abaixo LD	0,0016	0,0006	0,0015	0,0003	abaixo LD	0,0007
Sb	0,0092	0,0113	0,0099	0,0097	0,0107	0,0148	0,0364	0,0283	0,0445	0,0344	0,0323	0,0300
Pt	0,0000	abaixo LD	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	abaixo LD	abaixo LD	abaixo LD

APÊNDICE B - CURVAS DE CALIBRAÇÃO DOS ELEMENTOS DETERMINADOS NAS ANÁLISES DOS BIOINDICADORES.



$$y = 12164.506892 * x$$

$$R = 1.0000$$

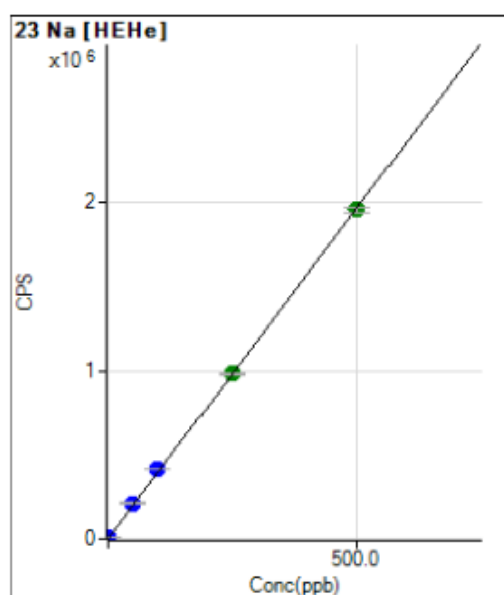
$$DL = 0.04529$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	2.860	34786.02		P	0.5
2	☐			23350.76		P	1.8
3	☐			34488.79		P	0.8
4	☐			100962.31		P	1.3
5	☐			85777.17		P	1.2
6	☐			188458.36		P	2.0
7	☐			26245.98		P	0.1
8	☐			33839.25		P	1.7
9	☐			33650.68		P	2.0
10	☐			24593.97		P	0.4
11	☐	50.000	57.437	698690.20		P	0.9
12	☐	100.000	102.857	1251198.72		A	1.4
13	☐	250.000	250.755	3050306.44		A	1.7
14	☐	500.000	498.308	6061667.50		A	0.9



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	3.049	11965.56		P	1.1
2	☐			8317.92		P	2.8
3	☐			11716.96		P	0.9
4	☐			30990.56		P	2.6
5	☐			26916.62		P	1.6
6	☐			57877.55		P	1.3
7	☐			8840.02		P	0.2
8	☐			11719.46		P	1.8
9	☐			11518.43		P	0.3
10	☐			8712.44		P	2.4
11	☐	50.000	54.024	212030.33		P	2.3
12	☐	100.000	106.098	416407.72		P	0.7
13	☐	250.000	250.422	982845.30		A	1.0
14	☐	500.000	498.167	1955180.29		A	1.3

$$y = 3924.750026 * x$$

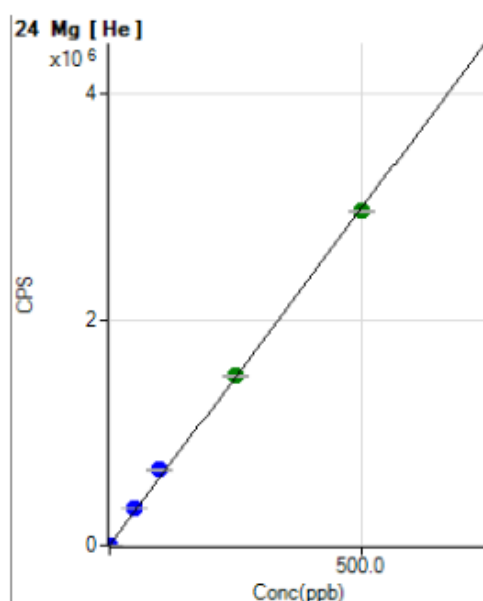
$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.1035$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	1.054	6298.50		P	2.4
2	☐			2369.14		P	7.0
3	☐			8961.96		P	2.4
4	☐			17957.63		P	1.4
5	☐			34288.57		P	0.7
6	☐			83616.81		P	2.2
7	☐			773.00		P	5.0
8	☐			1106.22		P	5.2
9	☐			957.94		P	1.1
10	☐			891.30		P	1.7
11	☐	50.000	55.789	333454.16		P	0.5
12	☐	100.000	111.741	667882.32		P	1.2
13	☐	250.000	252.100	1506812.51		A	0.8
14	☐	500.000	496.023	2964751.34		A	0.8

$$y = 5977.045347 * x$$

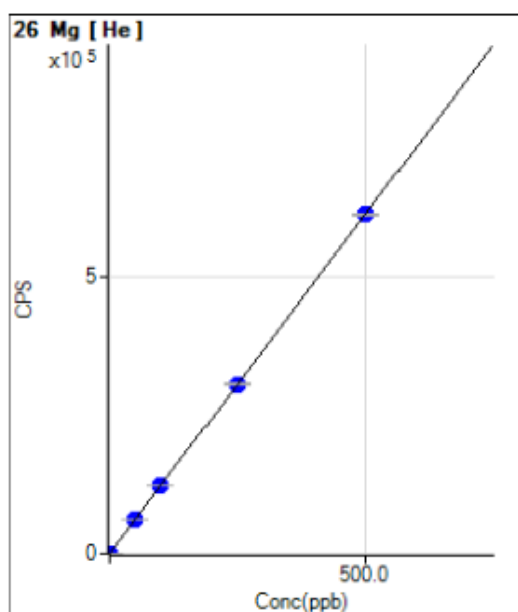
$$R = 0.9997$$

$$DL = 0.07689$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.907	1107.88		P	4.6
2	☐			413.16		P	4.2
3	☐			1592.71		P	9.4
4	☐			3352.20		P	2.3
5	☐			6446.82		P	3.8
6	☐			15586.12		P	0.7
7	☐			144.94		P	6.9
8	☐			213.24		P	17.9
9	☐			204.91		P	38.7
10	☐			151.60		P	9.5
11	☐	50.000	50.829	62105.37		P	1.0
12	☐	100.000	101.071	123492.95		P	0.5
13	☐	250.000	249.405	304735.15		P	1.0
14	☐	500.000	500.001	610925.48		P	0.5

$$y = 1221.849513 * x$$

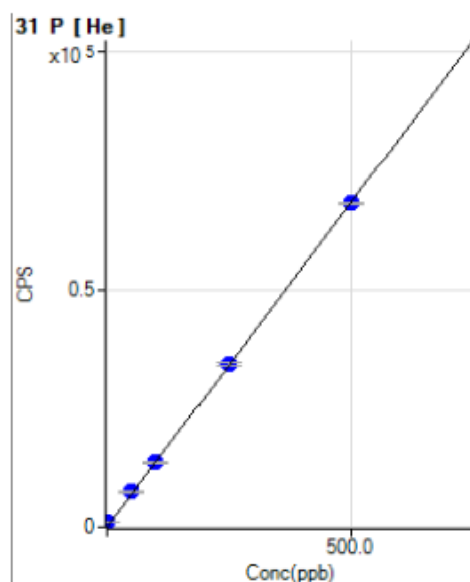
$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.1241$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	7.556	1032.91		P	8.3
2	☐			1056.23		P	10.3
3	☐			1029.57		P	8.1
4	☐			1157.86		P	3.1
5	☐			1041.24		P	5.1
6	☐			1146.20		P	7.1
7	☐			1027.91		P	7.8
8	☐			1127.88		P	2.7
9	☐			1056.23		P	8.0
10	☐			1029.58		P	9.5
11	☐	50.000	54.399	7436.83		P	2.1
12	☐	100.000	99.763	13638.40		P	1.5
13	☐	250.000	250.999	34313.65		P	1.7
14	☐	500.000	499.108	68232.06		P	0.3

$$y = 136.708065 * x$$

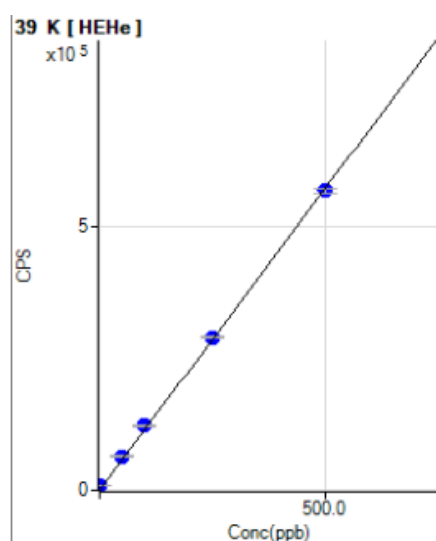
$$R = 0.9999$$

$$DL = 1.882$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



$$y = 1145.823451 * x$$

$$R = 1.0000$$

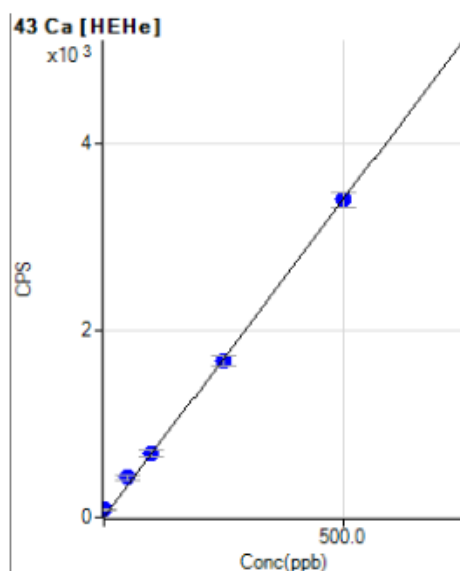
$$DL = 0.3792$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	7.257	8315.45		P	1.7
2	☐			6824.29		P	0.4
3	☐			7694.11		P	0.6
4	☐			10744.34		P	1.9
5	☐			11931.39		P	0.8
6	☐			20650.82		P	1.5
7	☐			6689.18		P	2.3
8	☐			7227.92		P	2.4
9	☐			6928.54		P	0.7
10	☐			6684.19		P	1.2
11	☐	50.000	56.493	64731.33		P	1.4
12	☐	100.000	106.689	122246.56		P	1.5
13	☐	250.000	253.097	290004.00		P	0.9
14	☐	500.000	496.465	568860.80		P	1.9



$$y = 6.794345 * x$$

$$R = 0.9997$$

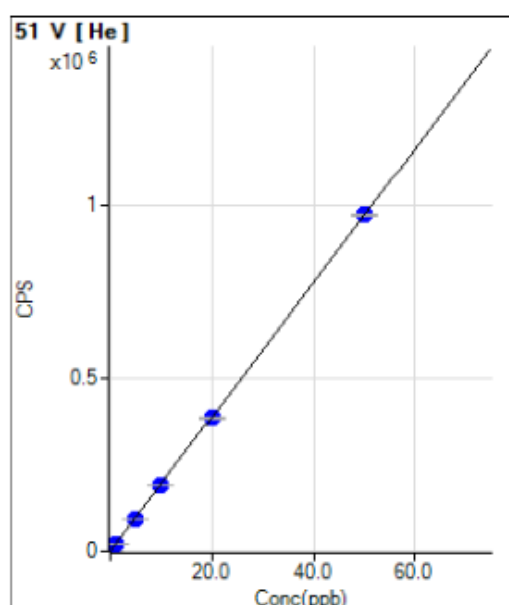
$$DL = 2.298$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	12.268	83.35		P	6.2
2	☐			76.69		P	21.0
3	☐			355.94		P	2.5
4	☐			705.21		P	8.4
5	☐			1320.43		P	4.7
6	☐			3207.90		P	3.6
7	☐			37.51		P	17.6
8	☐			55.02		P	35.5
9	☐			63.35		P	9.1
10	☐			47.51		P	22.9
11	☐	50.000	62.939	427.63		P	13.8
12	☐	100.000	101.708	691.04		P	10.3
13	☐	250.000	247.224	1679.73		P	6.4
14	☐	500.000	499.752	3395.49		P	4.8



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.002	29.99		P	28.9
2	☐	1.000	0.954	18473.19		P	2.3
3	☐	5.000	4.789	92724.87		P	0.5
4	☐	10.000	9.849	190678.30		P	0.3
5	☐	20.000	19.853	384371.07		P	0.7
6	☐	50.000	50.111	970190.97		P	0.4
7	☐			138.27		P	30.3
8	☐			133.28		P	17.3
9	☐			158.26		P	19.0
10	☐			226.57		P	7.1
11	☐			969.60		P	2.4
12	☐			168.26		P	8.6
13	☐			119.95		P	11.0
14	☐			103.29		P	20.1

$$y = 19360.823063 * x$$

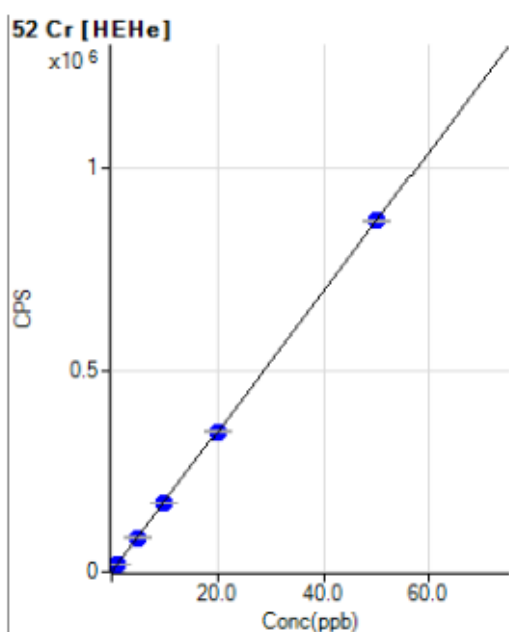
$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.001341$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.026	450.97		P	8.0
2	☐	1.000	1.022	17768.16		P	3.3
3	☐	5.000	4.892	85068.32		P	1.8
4	☐	10.000	9.816	170693.16		P	0.6
5	☐	20.000	19.971	347274.06		P	1.2
6	☐	50.000	50.059	870449.19		P	0.5
7	☐			626.85		P	3.9
8	☐			686.04		P	10.5
9	☐			809.41		P	13.6
10	☐			1051.16		P	4.4
11	☐			1693.06		P	6.4
12	☐			1136.19		P	8.7
13	☐			1538.84		P	4.4
14	☐			2069.05		P	3.9

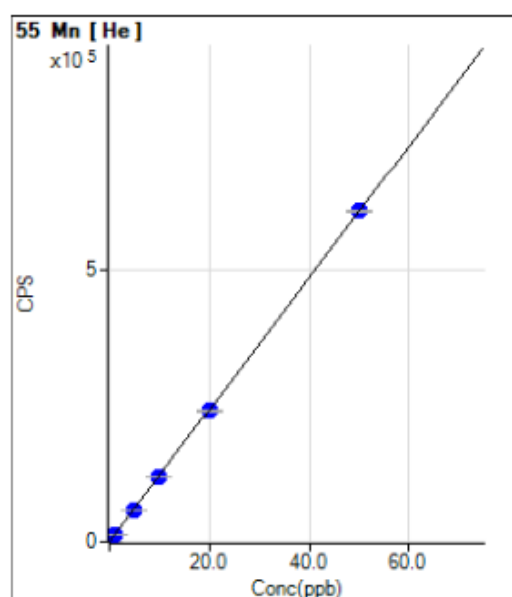
$$y = 17388.625883 * x$$

$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.006198$$

$$BEC = 0$$

.....



$$y = 12109.004427 * x$$

$$R = 1.0000$$

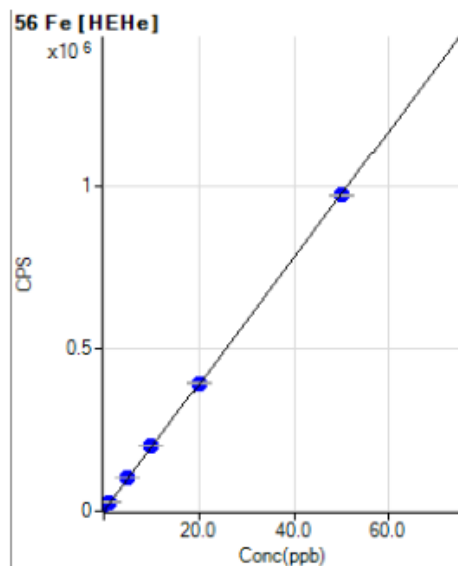
$$DL = 0.01312$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.039	473.13		P	11.2
2	☐	1.000	0.955	11566.01		P	2.3
3	☐	5.000	4.815	58305.68		P	2.3
4	☐	10.000	9.844	119204.75		P	1.1
5	☐	20.000	19.815	239943.40		P	0.5
6	☐	50.000	50.124	606956.75		P	0.8
7	☐			1149.54		P	8.6
8	☐			374.84		P	1.3
9	☐			326.53		P	6.2
10	☐			354.85		P	16.6
11	☐			2143609.76		A	0.5
12	☐			4307212.71		A	0.1
13	☐			10725640.85		A	0.7
14	☐			21570177.06		A	0.5



$$y = 19474.408016 * x$$

$$R = 0.9999$$

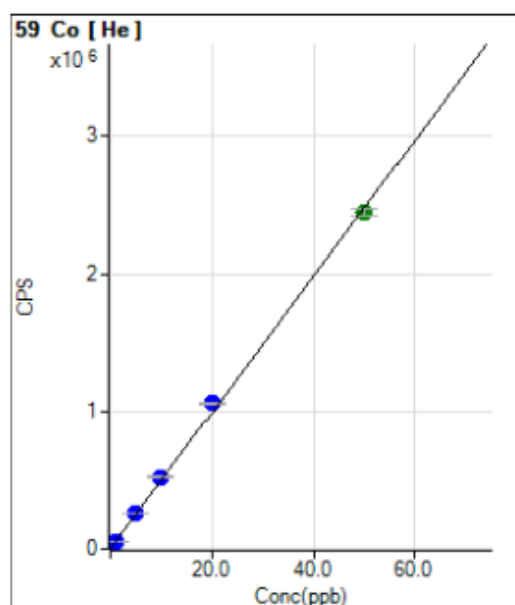
$$DL = 0.06461$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	1.022	19894.13		P	2.1
2	☐	1.000	1.450	28246.77		P	4.4
3	☐	5.000	5.300	103221.51		P	2.6
4	☐	10.000	10.335	201274.96		P	1.1
5	☐	20.000	20.123	391886.61		P	0.9
6	☐	50.000	49.845	970694.45		P	0.2
7	☐			10129.64		P	2.6
8	☐			13296.37		P	2.7
9	☐			13352.29		P	4.6
10	☐			13502.51		P	3.9
11	☐			3702906.88		A	1.8
12	☐			7488192.10		A	1.7
13	☐			18269228.31		A	0.9
14	☐			36696528.21		A	1.0



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.003	154.93		P	14.8
2	☐	1.000	1.021	50574.38		P	1.6
3	☐	5.000	5.191	257050.37		P	0.4
4	☐	10.000	10.564	523132.96		P	0.7
5	☐	20.000	21.344	1056998.81		P	0.9
6	☐	50.000	49.330	2442969.42		A	2.0
7	☐			368.18		P	11.4
8	☐			254.89		P	9.8
9	☐			263.22		P	9.7
10	☐			456.47		P	6.0
11	☐			2902.32		P	3.0
12	☐			503.12		P	6.8
13	☐			784.67		P	7.7
14	☐			1302.81		P	0.9

$$y = 49522.671232 * x$$

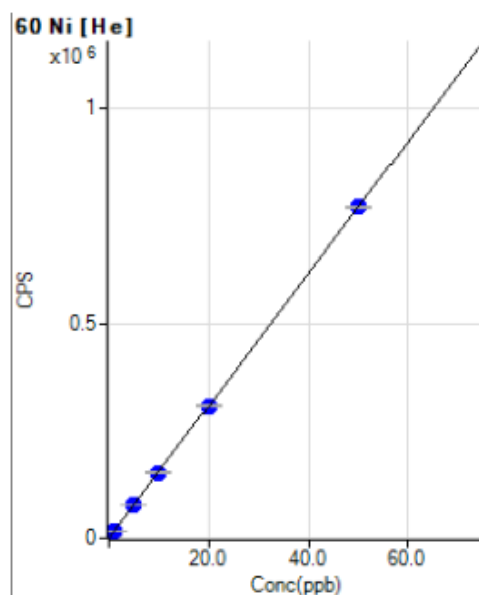
$$R = 0.9994$$

$$DL = 0.001387$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.208	3213.93		P	3.4
2	☐	1.000	1.083	16698.70		P	2.5
3	☐	5.000	5.023	77439.00		P	1.3
4	☐	10.000	9.936	153196.83		P	1.0
5	☐	20.000	19.922	307169.02		P	1.2
6	☐	50.000	50.040	771535.40		P	0.8
7	☐			4948.61		P	2.3
8	☐			1962.58		P	4.8
9	☐			2284.17		P	3.9
10	☐			2027.56		P	6.0
11	☐			6806.89		P	3.1
12	☐			6473.55		P	2.6
13	☐			5003.61		P	2.4
14	☐			3617.17		P	2.9

$$y = 15418.378226 * x$$

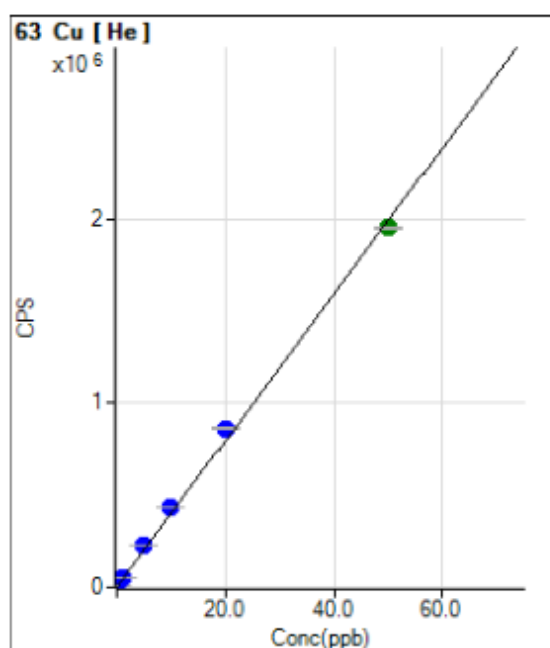
$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.02119$$

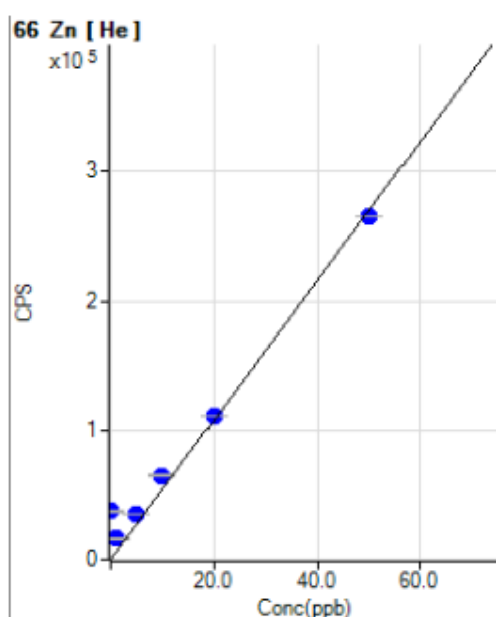
$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL



	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.293	11662.75		P	1.0
2	☐	1.000	1.382	55043.63		P	5.6
3	☐	5.000	5.675	226011.28		P	0.6
4	☐	10.000	10.924	435094.89		P	0.7
5	☐	20.000	21.680	863484.55		P	0.8
6	☐	50.000	49.068	1954272.85		A	0.8
7	☐			12966.66		P	1.9
8	☐			26068.13		P	0.2
9	☐			6245.19		P	1.4
10	☐			11621.05		P	0.5
11	☐			7480075.45		A	1.1
12	☐			15088639.47		A	1.3
13	☐			37418335.24		A	0.9
14	☐			73914840.53		A	0.2



$$y = 5392.764221 * x$$

$$R = 0.9942$$

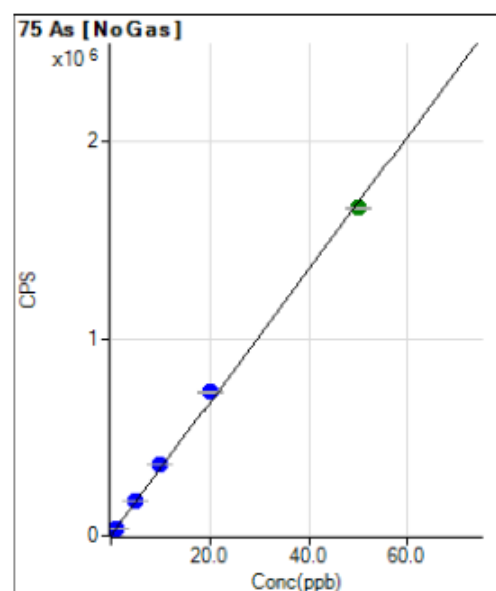
$$DL = 0.1204$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	6.920	37315.91		P	0.6
2	☐	1.000	3.027	16321.78		P	2.2
3	☐	5.000	6.506	35082.78		P	1.1
4	☐	10.000	12.100	65253.72		P	1.1
5	☐	20.000	20.605	111117.42		P	0.7
6	☐	50.000	49.147	265037.67		P	0.1
7	☐			11192.54		P	1.7
8	☐			13533.58		P	1.5
9	☐			14125.51		P	1.8
10	☐			11204.28		P	1.2
11	☐			1025322.79		P	0.5
12	☐			1845112.62		A	1.2
13	☐			4604409.33		A	0.3
14	☐			9186699.10		A	0.4



$$y = 33834.016789 * x$$

$$R = 0.9992$$

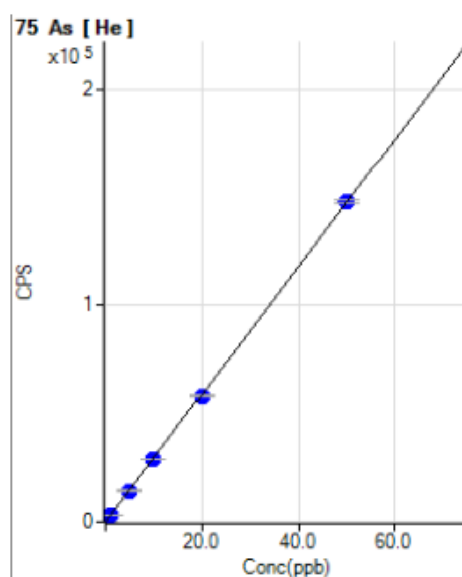
$$DL = 0.007046$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.018	620.70		P	12.8
2	☐	1.000	1.021	34536.50		P	0.0
3	☐	5.000	5.233	177044.94		P	0.8
4	☐	10.000	10.647	360239.86		P	0.8
5	☐	20.000	21.571	729833.83		P	0.6
6	☐	50.000	49.218	1665257.97		A	0.7
7	☐			967.77		P	15.8
8	☐			2296.06		P	3.8
9	☐			4308.76		P	3.4
10	☐			8271.48		P	0.9
11	☐			2452.96		P	2.2
12	☐			640.72		P	8.7
13	☐			687.45		P	14.6
14	☐			563.97		P	7.2



$$y = 2950.734313 * x$$

$$R = 1.0000$$

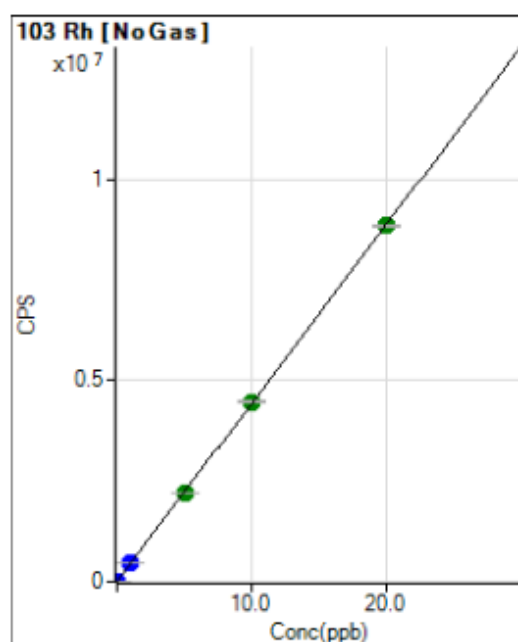
$$DL = 0.01058$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.009	26.65		P	39.0
2	☐	1.000	0.979	2889.00		P	4.5
3	☐	5.000	4.870	14368.96		P	2.9
4	☐	10.000	9.832	29010.80		P	0.3
5	☐	20.000	19.753	58287.08		P	1.1
6	☐	50.000	50.146	147966.77		P	0.9
7	☐			29.98		P	44.1
8	☐			24.99		P	20.0
9	☐			31.65		P	9.1
10	☐			44.98		P	22.2
11	☐			154.93		P	21.2
12	☐			31.65		P	55.5
13	☐			34.98		P	28.6
14	☐			31.65		P	9.1



$$y = 443448.298137 * x$$

$$R = 1.0000$$

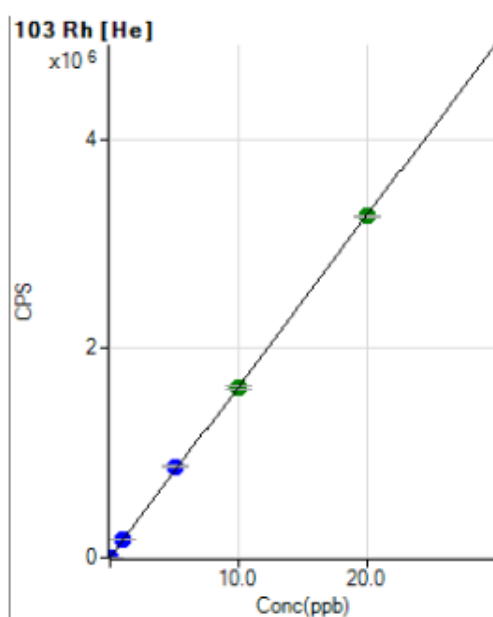
$$DL = 0.01783$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.034	14954.91		P	17.6
2	☐			76.75		P	37.6
3	☐			203.56		P	17.3
4	☐			327.04		P	6.4
5	☐			670.76		P	17.6
6	☐			1558.48		P	9.7
7	☐	1.000	1.057	468935.47		P	0.9
8	☐	5.000	4.959	2199108.62		A	0.4
9	☐	10.000	10.098	4478156.23		A	0.4
10	☐	20.000	19.958	8850388.20		A	0.7
11	☐			3180.58		P	2.4
12	☐			2376.19		P	5.1
13	☐			3213.96		P	4.8
14	☐			5887.90		P	4.2



$$y = 163490.372446 * x$$

$$R = 0.9998$$

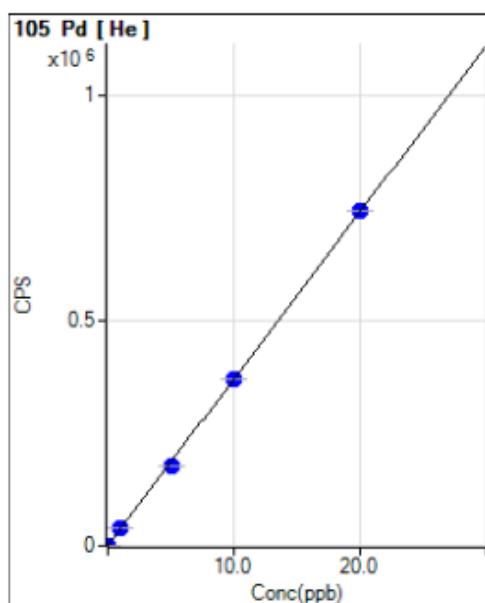
$$DL = 0.00838$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.012	1997.60		P	22.9
2	☐			23.32		P	53.9
3	☐			63.30		P	4.6
4	☐			91.63		P	19.2
5	☐			168.26		P	9.5
6	☐			411.49		P	15.0
7	☐	1.000	1.048	171274.07		P	1.6
8	☐	5.000	5.330	871396.61		P	0.4
9	☐	10.000	9.942	1625429.36		A	1.5
10	☐	20.000	19.944	3260669.26		A	0.8
11	☐			788.00		P	6.0
12	☐			373.17		P	5.4
13	☐			344.85		P	23.3
14	☐			379.83		P	21.2



$$y = 37072.163638 * x$$

$$R = 0.9999$$

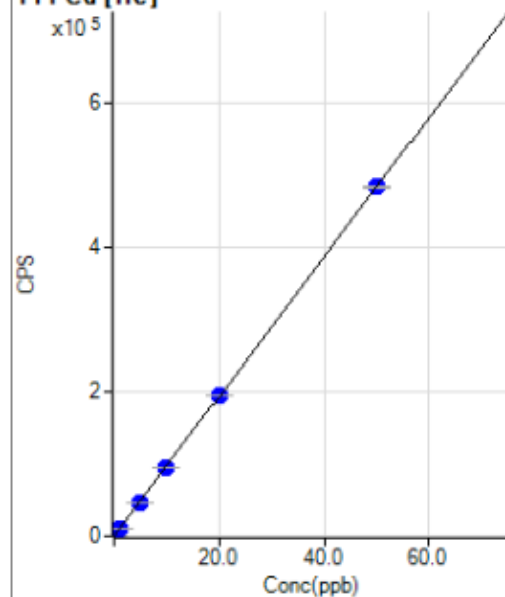
$$DL = 0.01101$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.024	907.96		P	15.0
2	☐			29.98		P	44.1
3	☐			41.65		P	56.7
4	☐			46.65		P	16.4
5	☐			53.31		P	32.9
6	☐			73.30		P	17.2
7	☐	1.000	1.038	38479.76		P	2.0
8	☐	5.000	4.766	176670.26		P	0.6
9	☐	10.000	9.991	370392.01		P	0.9
10	☐	20.000	20.061	743710.35		P	0.1
11	☐			473.13		P	16.4
12	☐			349.85		P	8.7
13	☐			273.21		P	21.2
14	☐			183.25		P	11.4

111 Cd [He]

$$y = 9669.255623 * x$$

$$R = 1.0000$$

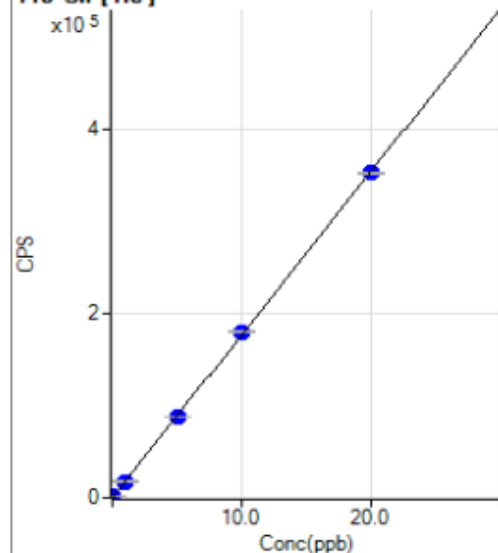
$$DL = 0.002368$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.004	36.65		P	20.8
2	☐	1.000	0.957	9250.55		P	2.5
3	☐	5.000	4.848	46873.19		P	1.0
4	☐	10.000	9.855	95295.18		P	0.5
5	☐	20.000	20.034	193714.76		P	0.1
6	☐	50.000	50.031	483766.08		P	0.5
7	☐			71.63		P	33.0
8	☐			46.65		P	44.6
9	☐			51.65		P	43.6
10	☐			44.98		P	40.1
11	☐			563.10		P	10.5
12	☐			71.64		P	35.1
13	☐			61.64		P	23.4
14	☐			171.59		P	27.7

118 Sn [He]

$$y = 17695.857522 * x$$

$$R = 0.9999$$

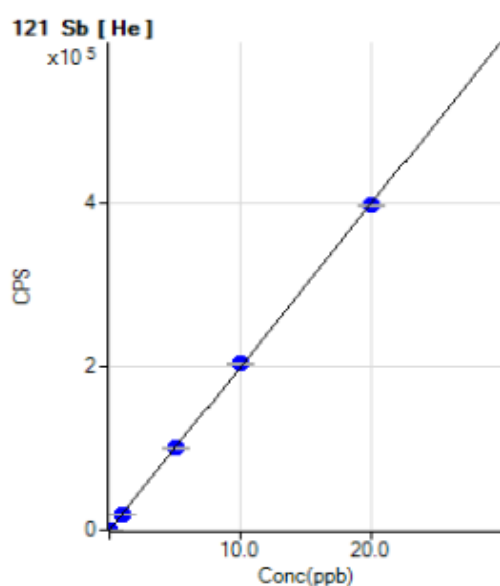
$$DL = 0.02307$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.069	1221.18		P	11.1
2	☐			768.01		P	4.6
3	☐			661.39		P	7.0
4	☐			658.06		P	7.5
5	☐			641.40		P	9.9
6	☐			701.37		P	7.7
7	☐	1.000	1.001	17713.14		P	1.9
8	☐	5.000	4.940	87422.12		P	0.2
9	☐	10.000	10.175	180050.83		P	0.8
10	☐	20.000	19.928	352634.45		P	0.7
11	☐			1054.57		P	8.1
12	☐			1237.84		P	7.2
13	☐			1969.27		P	4.5
14	☐			2180.87		P	8.0



$$y = 19940.285906 * x$$

$$R = 0.9999$$

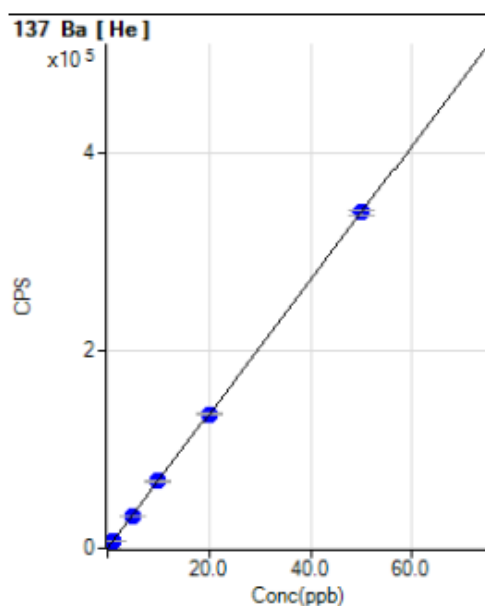
$$DL = 0.01092$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.013	264.88		P	27.4
2	☐			21.66		P	13.3
3	☐			13.33		P	57.3
4	☐			48.31		P	23.9
5	☐			28.32		P	27.0
6	☐			31.65		P	50.8
7	☐	1.000	0.970	19347.90		P	2.0
8	☐	5.000	5.011	99913.34		P	0.5
9	☐	10.000	10.196	203311.38		P	0.6
10	☐	20.000	19.901	396828.10		P	0.2
11	☐			133.27		P	28.1
12	☐			84.96		P	20.4
13	☐			66.64		P	30.3
14	☐			63.31		P	29.9



$$y = 6809.107931 * x$$

$$R = 1.0000$$

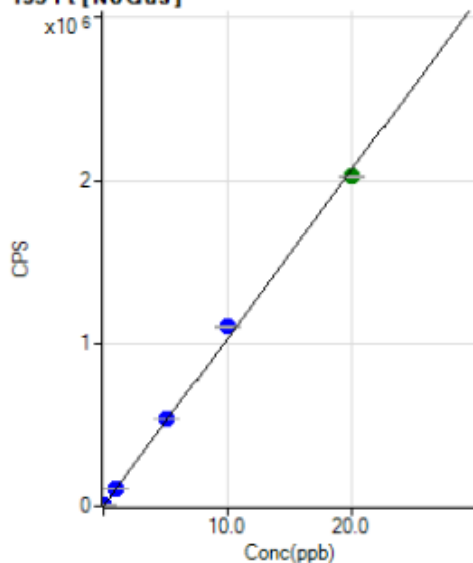
$$DL = 0.021$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.040	269.89		P	17.7
2	☐	1.000	1.008	6863.62		P	4.2
3	☐	5.000	4.873	33181.55		P	1.0
4	☐	10.000	9.949	67742.43		P	0.8
5	☐	20.000	19.972	135990.80		P	1.1
6	☐	50.000	50.034	340686.98		P	1.6
7	☐			269.88		P	15.8
8	☐			324.86		P	7.7
9	☐			243.23		P	13.7
10	☐			231.57		P	18.1
11	☐			856.31		P	9.2
12	☐			458.14		P	6.2
13	☐			334.86		P	9.0
14	☐			374.84		P	6.9

195 Pt [NoGas]

$$y = 103148.482332 * x$$

$$R = 0.9990$$

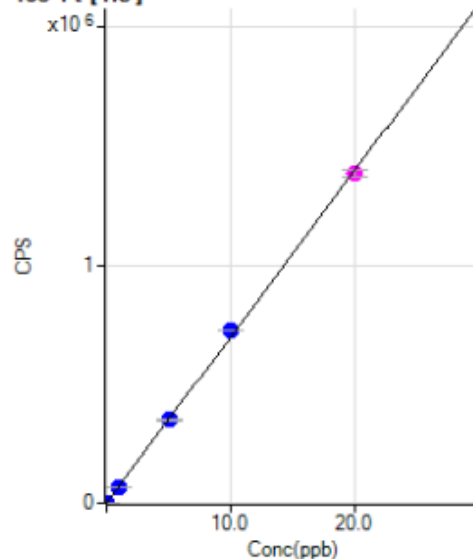
$$DL = 0.02491$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.054	5524.07		P	15.5
2	☐			50.06		P	34.6
3	☐			26.70		P	78.1
4	☐			46.72		P	12.4
5	☐			36.71		P	83.3
6	☐			60.07		P	76.4
7	☐	1.000	1.007	103857.91		P	1.3
8	☐	5.000	5.198	536125.40		P	0.5
9	☐	10.000	10.663	1099858.43		P	0.6
10	☐	20.000	19.619	2023651.63		A	0.4
11	☐			2202.63		P	0.5
12	☐			1858.88		P	15.5
13	☐			1361.60		P	12.6
14	☐			1264.81		P	8.7

195 Pt [He]

$$y = 69857.573973 * x$$

$$R = 0.9997$$

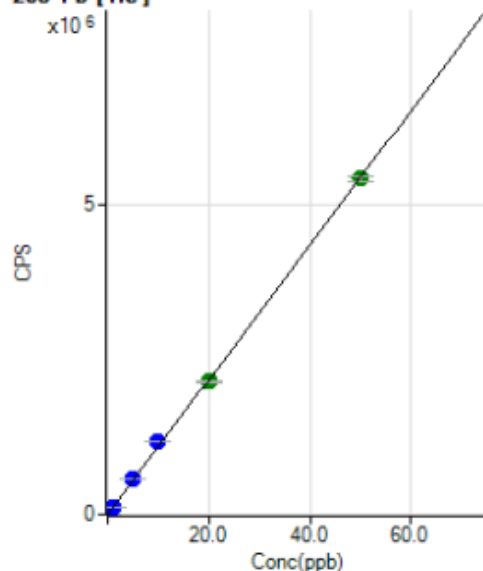
$$DL = 0.00917$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.029	1999.27		P	10.7
2	☐			16.66		P	45.8
3	☐			15.00		P	57.7
4	☐			21.66		P	35.3
5	☐			13.33		P	21.6
6	☐			21.66		P	26.7
7	☐	1.000	0.978	68322.48		P	1.1
8	☐	5.000	5.004	349581.33		P	1.2
9	☐	10.000	10.395	726184.42		P	0.9
10	☐	20.000	19.802	1383350.53		M	2.3
11	☐			1396.12		P	6.7
12	☐			1034.58		P	4.4
13	☐			907.95		P	2.2
14	☐			771.35		P	11.2

208 Pb [He]

$$y = 108819.857000 * x$$

$$R = 0.9998$$

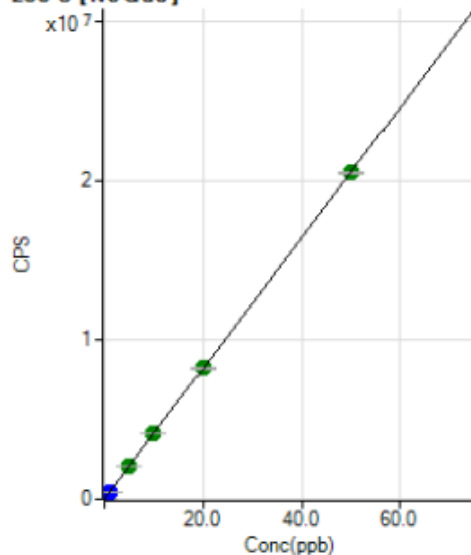
$$DL = 0.003413$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.055	6028.71		P	2.1
2	☐	1.000	1.084	117906.88		P	0.9
3	☐	5.000	5.310	577863.58		P	1.5
4	☐	10.000	10.831	1178623.63		P	0.5
5	☐	20.000	19.792	2153795.82		A	1.4
6	☐	50.000	49.884	5428390.20		A	1.3
7	☐			2994.01		P	4.8
8	☐			2939.03		P	5.6
9	☐			2465.80		P	5.5
10	☐			3290.62		P	6.2
11	☐			15021.97		P	3.1
12	☐			10823.00		P	1.1
13	☐			11158.10		P	0.3
14	☐			28506.33		P	1.9

238 U [No Gas]

$$y = 409803.965933 * x$$

$$R = 1.0000$$

$$DL = 0.0005148$$

$$BEC = 0$$

Weight: <None>

Min Conc: DL

	Rjct	Conc.	Calc Conc.	CPS	Ratio	Det.	RSD
1	☐	0.000	0.001	333.71		P	21.1
2	☐	1.000	1.081	442936.51		P	0.7
3	☐	5.000	5.039	2065185.03		A	0.5
4	☐	10.000	10.102	4139654.12		A	0.9
5	☐	20.000	20.013	8201241.94		A	1.5
6	☐	50.000	49.969	20477531.18		A	0.5
7	☐			2736.67		P	3.8
8	☐			1451.70		P	6.7
9	☐			1435.02		P	5.9
10	☐			2342.83		P	3.8
11	☐			23250.50		P	3.5
12	☐			2035.78		P	2.5
13	☐			951.10		P	16.5
14	☐			567.31		P	11.8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC do ABC. Acesso em: <<http://www.abcdoabc.com.br/santo-andre/noticia/santo-andre-completa-464-anos-polo-petroquimico-faz-parte-historia-47457>> Disponível em 06 de Maio de 2018.

AIRES, C. B. **Avaliação de contaminantes produzidos em locais de queimadas e transportados para regiões onde não se queima**. Dissertação (Tese em Geofísica). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Brasil. 2001.

ALLOWAY, B. J. Heavy Metal in Soils – Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. **Springer**, v. 2, 2010.

ANTONIOELLI, Z. I.; SANTOS, L. C.; LUPATINI, M.; LEAL, L. T.; SCHIRMER, G. K.; REDIN, M. Efeito do cobre na população de bactérias e fungos do solo, na associação micorrízica e no cultivo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Pinus elliotii* Engelm E *Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 419-428, 2010.

ARL. Air Resources Laboratory. **Hysplit**. Disponível em: <http://www.arl.noaa.gov/HYSPLIT_info.php> . Acesso em 12 de Agosto de 2018.

BAKO, S.P.; FUNTUA, I. I.; IJACHI, M. Heavy Metal content of some savanna plant species In relation to air pollution. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.161, p. 125–136, 2005.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4º Edição. p. 686, 704 e 711. Bookman. Porto Alegre, 2011.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; MATOS, A. T.; CECON, P. R.; MOREIRA, D. A.; ROSA, D. R. Q. Elementos químicos potencialmente tóxicos em diferentes níveis de vazão no rio Turvo Sujo, MG, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 2, p. 93-105, 2009.

BOIAN, C.; BRUMATTI, M.M.; FORNARO, A. Avaliação preliminar das concentrações de COV no entorno do PPC, Mauá – SP. **Revista Hipótese, Itapetininga**, v. 1, n. 2, p. 15-28, 2015.

BRAIT, C. H. H.; FILHO, N. R. A. Desenvolvimento e aplicação de sistema passivo de coleta de poluentes atmosféricos para monitoramento de Cd, Cr, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn e particulados totais. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p.7-13, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989. **Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (PRONAR)**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em 25 de Outubro de 2018.

_____. Resolução nº 03, de 5 de junho de 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conamalegiabre.cfm?codlegi=100>> Acesso em: 25 Outubro 2018.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. 465. **Caderno Saúde Pública**, v.19, n.2, p.465-473, 2003.

CAIRNS Jr., J.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macro invertebrates. In: *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*, **New York: Chapman & Hall**, v.488, p.10-27,1993.

CAMPOS, V. P.; COSTA, A. C. A.; TAVARES, T. M. Comparação e dois tipos de amostragem de chuva: deposição total e deposição apenas úmida em área costeira tropical. **Química Nova**, v. 21, n.44, p.418 - 423, 1998.

CARMO, D. L.; SILVA, C.A. . Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1211-1220, 2012.

CAUMO, S.; VICENTE, A.; CUSTÓDIO, D.; ALVEZ, C.; VASCONCELLOS, P. Organic compounds in particulate and gaseous phase collected in the

neighbourhood of an industrial complex in São Paulo (Brazil). **Air Quality, Atmosphere & Health**, v.11, p.271-283, 2018.

CARNEIRO, R. M. A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade**. 2004. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública). Departamento de Enfermagem Materno- Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, São Paulo, 2004.

CENTRO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (CUBATÃO) - CIESP. **Uma história feita de coragem e determinação**. Disponível em: <<http://www.ciesp.com.br/cubatao/sobre/historia/>>. Acesso em 28 de Maio de 2019.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (UNICAMP). **Escala Beaufort**. Disponível em: <<http://www.cepagri.unicamp.br/artigos-especiais/vendavais.html>>. Acesso em 30 de Junho de 2019.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Biomonitoramento da vegetação na Região de Cubatão: Fluoreto, Cádmio, Chumbo, Mercúrio e Níquel** - 2012 e 2013, São Paulo, SP, 2015a

_____. **CETESB atende explosão seguida de incêndio na Vale Fertilizantes de Cubatão**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/01/05/cetesb-atende-explosao-seguida-de-incendio-na-vale-fertilizantes-de-cubatao>> . Acesso em: 09 Maio 2018b.

_____. **Chumbo e seus compostos**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Chumbo.pdf>> Acesso em: 08 Outubro 2018c.

_____. **Cádmio e seus compostos**. Disponível em: <<https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cadmio.pdf>> Acesso em: 08 Outubro 2018d.

_____. **Qualidade do ar – QUALAR.** Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>>. Acesso em: 24 Março 2019e.

_____. **Qualidade do ar.** Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/poluantes/>> Acesso em: 10 Junho 2018f.

_____. **Qualidade do solo.** Disponível em: <<http://solo.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-basicas/informacoes-basicas-solo/poluicao/>> Acesso em: 10 Junho 2018g.

_____. **Histórico da poluição do ar.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/>> Acesso em: 01 Outubro 2018h.

_____. **Padrões de Qualidade do Ar.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>> Acesso em: 03 de Outubro de 2018i.

_____. **Relatório da Qualidade do ar do Estado de São Paulo - 2017.** Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2019/05/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2017.pdf> > Acesso em: 05 de Outubro de 2018j.

CEZARE, J. P. **Conselhos Municipais e Governança: Uma análise do Conselho de Representantes de Paranapiacaba e Parque Andreense do Município de Santo André-SP.** (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

CHEN, C.H. S.; YUANA, T. H.; SHIE, R. H.; WU, K. Y.; CHAN, C. C. Linking sources to early effects by profiling urine metabolome of residents living near oil refineries and coal-fired power plants. **Environment International**, v. 102, p. 87–96, 2017.

CHIO, C.; YUAN, T.; SHIE, R.; CHAN, C. Assessing vanadium and arsenic exposure of people living near a petrochemical complex with two-stage dispersion models. **Journal of Hazardous Materials**, v. 271, p. 98–107, 2013.

CIACA, A. M. Alterações na microbiota e nos componentes químicos do solo provocados pela deposição de pilhas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.7, n.1, p.149-160, 2016.

CLARK, F.E. Agar-plate method for total microbial count. In **Methods of soil analysis**, Part 2. Chemical and microbiological properties. (C.A. Blanc, D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clark & R.C. Dinauer, eds.). Madson Inc., New York, p.1460-1466, 1965.

CLIMATE-DATA. Paranapiacaba. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/paranapiacaba-224272/>> Acesso em 20 de Março de 2019a.

_____. **Santo André.** Disponível em: < <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/santo-andre-5118/>> Acesso em 20 de Março de 2019b.

COELHO, M.S. **Hidrocarbonetos (C6-C11): fontes, reatividade e concentrações atmosféricas na área de influência do PPC, Região do Grande ABC.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal do ABC. Santo André, 2018.

COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DO POLO DO GRANDE ABC - COFIPABC. **Perfil Econômico do Polo Petroquímico.** Disponível em: <<http://www.cofipabc.com.br/conteudos.asp?ID=26>> Acesso em 21 de Outubro de 2019.

DAVAMI, A. H.; GHOLAMI, A. Biomonitoring of Heavy Metals in Environment by Button Mangrove Plant. **International Conference on Nuclear Energy, Environmental and Biological Sciences.** September, p. 64-67, 2012.

DEBOUDT, K. FLAMENT, P. BERTHO, M-L. Cd, Cu, Pb AND Zn concentrations in atmospheric wet deposition at a coastal station in western Europe. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.151, p.335–359, 2004.

DEHGHANI, S.; MOORE, F.; KESHAVARZI, B.; HALE, B. A. Health risk implications of potentially toxic metals in street dust and surface soil of Tehran, Iran. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 136, p. 92-103, 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/estatistica/639-frota-2019>> Disponível em 01 de Julho de 2019.

DURUIBE, J. O.; OGWUEGBU, M. O. C.; EGWURUGWU, J. N. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. **International Journal of Physical Sciences**, v.2, n.5, p. 112-118, 2007.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**, 2. ed., p.212, Rio de Janeiro, 1997.

FAJERSZTAJN, L.; SALDIVA, P.; PEREIRA, L. A. A.; LEITE, V. F. BUEHLER, A. M. Short-term effects of fine particulate matter pollution on daily health events in Latin America: a systematic review and meta analysis. **Int J Public Health**, v. 62, p.729-738, 2017.

FAYIGA, A. O.; IPINMOROTI, M. O.; CHIRENJE, T. Environmental pollution in Africa. **Environment, Development And Sustainability**, v. 20, n. 20, p.41–73, 2018.

FONTENELE, A. P. G. **Avaliação dos processos de deposição dos Metais cádmio, chumbo e cobre por águas de chuva e material particulado**. 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

FONSECA, J. C. L.; FONSECA, J. C. L.; MARCHI, M. R. R. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao meio ambiente**. Programa Internacional de Segurança Química Organização Mundial da Saúde. Cultura Acadêmica. São Paulo, 2000.

FRANCO, T.; DRUCK, G. Padrões de industrialização, riscos e meio ambiente. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.3, n.2, p.61-72, 1998.

FUGA, A.; SAIKI, M.; MARCELLI, M. P.; SALDIVA, P. H. N. Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. **Environmental Pollution**, v.151, p. 334-340, 2008.

GIUBBINA, F.F. **Íons majoritários e etanol na água de chuva de Ribeirão Preto: uma cidade com elevada atividade canavieira**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, São Paulo, 2013.

GURGEL, A. M.; MEDEIROS, A. C. L. V.; ALVES, P. C.; SILVA, J. M.; GURGEL, G. D.; AUGUSTO, L. G. S. Framework dos cenários de risco no contexto da implantação de uma refinaria de petróleo em Pernambuco. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.14, n.6, p.2027-2038, 2009.

GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M.; CARVALHO, D. Efeito de Zn, Cd e Cu no comportamento de fungos ectomicorrízicos em meio de cultura. Seção III - biologia do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 831-837, 2001.

HAN, D.; ZHANG, J.; HU, Z.; MA, Y.; DUAN, Y.; HAN, Y.; CHEN, X.; ZHOU, Y.; CHENG, J.; WANG, W. Particulate mercury in ambient air in Shanghai, China: Size-specific distribution, gas-particle partitioning, and association with carbonaceous composition. **Environmental Pollution**, v.238, p.543-553, 2018.

HEMAIS, C.A.; BARROS, H.M.; PASTORINI, M.T. O Processo de Aquisição de Tecnologia pela Indústria Petroquímica Brasileira. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 4, p. 190-200, 2001.

HU, G. P.; BALASUBRAMANIAN, R. Wet deposition of trace metals in Singapore. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.144, p. 285–300, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Santo André**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santo-andre/panorama>> Acesso em 18 de Março 2019.

_____. **São Paulo**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>> Acesso em 13 de Maio de 2018.

KAF AEI, R.; TAHMASBI, R.; RAVANIPOUR, M.; VAKILABADI, D. R.; AHMADI, M.; OMRANI, A.; RAMAVANDI, B. Urinary arsenic, cadmium, manganese, nickel, and vanadium levels of schoolchildren in the vicinity of the industrialised area of Asaluyeh, Iran. **Environmental Science and Pollution Research**, v.24, p.23498–23507, 2017.

LEAL, T. F. M.; FONTENELE, A. P. G.; PEDROTTI, J. J.; FORNARO, A. Composição iônica majoritária de águas de chuva no centro da cidade de São Paulo. **Química Nova**, v.27, n.6, p. 855-861, 2004.

LI, Z.; MA, Z.; KUIJP, T. J.; YUAN, Z. ; HUANG, L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. **Science of the Total Environment**, v.468–469, p. 843 - 853, 2014.

LIMA, M. S.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L.C.; ALMEIDA, B. G.; RIBEIRO, E. P.; SANTOS, R. L. Solos florestais em fragmento de floresta urbana na Mata de dois irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 542-553, 2018.

LOBO, F. C. **Caracterização Geoambiental das Áreas Contaminadas do Polo Petroquímico de Capuava - Região do Grande ABC Paulista**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Urbana). Universidade Federal do ABC. Santo André, 2018.

MAGALHÃES, L. C.; JUNIOR, H. A. N.; LIMA, A. C. L.; COUTRIM, M. X. Determinação de metais traço no material particulado em suspensão em Ouro Preto, Minas Gerais. **Química Nova**, v.33, n.3, p.519-523, 2010.

MALASSA, H.; Al-Rimawi, F.; Al-Khatib, M.; Al-Qutob, M. Determination of trace heavy metals in harvested rainwater used for drinking in Hebron (South

West Bank, Palestine) by ICP-MS. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.186, p.6985-6992, 2014.

MARIANO, J. B. **Impactos ambientais do refino de petróleo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2001.

MARTIN, J.P. Use of acid, rose-bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Science**, v. 69, n.3, p. 215-232, 1950.

McDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**. Vintage Books. Londres, 2002.

MEDEIROS, F.; H. **Caracterização da deposição atmosférica e aporte de espécies químicas no principal corpo aquático da cidade de São José do Rio Preto, SP**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” do Campus de São José do Rio Preto. São José do Rio Preto, São Paulo, 2011.

MEDICI, A. **Refinaria de Capuava- 50 anos**, A matrix do Polo Petroquímico do ABC. Petrobrás. 2005.

MIMURA, A. M. S.; ALMEIDA, J. M.; VAZ, F. A. S.; OLIVEIRA, M.A.L.; FERREIRA, C. C. M.; SILVA, J. C. J. Chemical composition monitoring of tropical Rainwater during an atypical dry year. **Atmospheric Research**, v.169, p.391–399, 2016.

MONIZ, M. A.; SABÓIA, V. M.; CARMO, C.N.; HACON, S. S. Diagnóstico participativo socioambiental e de riscos à saúde das comunidades do entorno do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 11, p.3793-3805, 2017.

MORAES, A. C. L. **Condições de Saúde e Ambiente no entorno de um Pólo Petroquímico no Rio Grande do Norte: uma análise integrada**. Tese

(Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente), Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2010.

MORAES, A. C. L.; IGNOTTI, E.; NETTO, P. A.; JACOBSON, L. S. V.; CASTRO, H.; HACON, S.S. Sibilância em crianças e adolescentes vizinhos a uma indústria petroquímica no Rio Grande do Norte, Brasil. **Jornal de Pediatria**, v. 86, n.4, 2010.

MOROZ, C.; GOUVEIA, I. C.; RODRIGUES, C. Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí-Região Metropolitana de São Paulo. **GEOUSP - Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 1, p. 257-283, 2017.

MOTELAY-MASSEI, A.; OLLIVON, D.; TIPHAGNE, K.; GARBAN, B. Atmospheric bulk deposition of trace metals to the Seine river Basin, France: concentrations, sources and evolution from 1988 to 2001 in Paris Water. **Air and Soil Pollution**, v. 164, n.1, p.119-135, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Qualidade do ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>> Acesso em 19 de Agosto de 2017.

NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J.L. Metal pollution of soils and vegetation in an area with petrochemical industry. **Science of the Total Environment**, v. 321, p. 59-69, 2004.

National Institute of Standards and Technology - NIST. **Standard Reference Material 1573a - Tomato Leaves**. Disponível em : <<https://www-s.nist.gov/srmors/certificates/1573A.pdf>> Acesso em 02 de julho de 2019.

OLIVEIRA, D. P.; KUMMROW, F. **Poluentes da Atmosférica**. In: OGA, S. ; CAMARGO, M. M. A. ; BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed. São Paulo. Atheneu Editora, p.143-164, 2008.

OLIVEIRA, L. D. A Geopolítica do Desenvolvimento Sustentável na CNUMAD - 1992 (ECO-92): entre o Global e o Local, a Tensão e a Celebração. **Revista de Geopolítica**, v. 2, nº 1, p. 43 – 56, 2011.

OLIVEIRA, L. H. S.; HAMBURGER, D. S.; NASCIMENTO, L. P. Relação entre áreas de lazer e zonas industriais: análise da biota em de solos potencialmente contaminados nos municípios de Santo André e Mauá, SP. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 4, n. 4, 2017, Edição Especial UFABC.

OLIVEIRA, R. G. **Áreas contaminadas na região do Projeto Urbano Eixo Tamanduatehy e sua abordagem no planejamento urbano do município de Santo André**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Federal do ABC. Santo André, 2018.

ORWELL, P. R.; WOOD, R. L.; TARRAN, J.; TORPY, F.; BURCHETT, M. D. Removal of benzene by the indoor plant/ substrate microcosm and implications for air quality. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 157, p.193–207, 2004.

PACHECO, M. T.; Parmigiani, M. M. M.; ANDRADE, M. F.; MAWSKAORE, L.; KUMARA, P. A review of emissions and concentrations of particulate matter in the three major metropolitan areas of Brazil. **Journal of Transport & Health**, v.4, p.53-72, 2017.

PAN, Y.P., WANG, Y.S. Atmospheric wet and dry deposition of trace elements at 10 sites in Northern China. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 15, p. 951-972, 2015.

PANIZ, F. P.; PEDRON, T.; FREIRE, B. M.; TORRES, D.P.; SILVA, F. F.; BATISTA, B. L. Effective procedures for the determination of As, Cd, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Th, Zn, U and rare earth elements in plants and foodstuffs. **Analytical Methods**, v. 10, p. 4094-4103, 2018.

PASSARELLI, S. H. F. **Diálogo entre o trem e a cidade: o caso de Santo André**.(Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo 2015.

PEDROZO, M. F.; KUNO, R. **Contaminantes da Água e do Solo**. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed. São Paulo. Atheneu Editora, p.199 – 224, 2008.

PETROBRAS. **Refinaria Capuava (RECAP)**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-capuava-recap.htm>> Acesso em 06 de Maio de 2018.

_____. **Refinaria Presidente Bernardes (RPBC)**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-presidente-bernardes-rpbc.htm>> Acesso em 03 de Maio de 2019.

PLIESKI, G. L. A.; EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Avaliação de métodos analíticos para determinar acidez em solos com alto teor de matéria orgânica. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica**, v. 24, n.2, p. 15-21, 2004.

PORFÍRIO, D. M.; MONTEIRO, L. R.; COSTA, M. L. Rainwater geochemistry inside the Barcarena Power station at the mouth of the Tocantins River. **Environmental Technology**, v.40, p.1-44, 2018.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. **Estudos Avançados**, v.31, n. 89, p. 271-283, 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUBATÃO. **História**. Disponível em: <<http://www.cubatao.sp.gov.br/institucional/>>. Acesso em 31 de Outubro de 2018.

RIBEIRO, A. P.; FERREIRA, A. B. AQUINO, A.; RAMOS, H. R.; KNISS, C. T.; QUARESMA, C. C.; SANTOS, J. O. SAIKI, M.; SALDIVA, P. H. N. Diagnóstico da poluição atmosférica em regiões sem redes convencionais de monitoramento da qualidade do ar: estudo em uma pequena cidade do Paraná, Brasil. **Interciência**, v. 42, n.11, 2017.

RAGOTHAMAN, A.; ANDERSON, W. A. Review: Air Quality Impacts of Petroleum Refining and Petrochemical Industries. **Environments**, v. 66, n.4, 2017, 4, 66.

REIS, T. C.; RODELLA, A. A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n. 3, p. 619-626, 2002.

RODRIGUES, A. R. Cidade e indústria: estudo sobre a relação dos processos de urbanização e industrialização na cidade de São Paulo. In: **II Encontro Nacional Sobre o Patrimônio Industrial**, 2009.

RODRIGUES, H. J. B.; SÁ, L. D. A, RUIVO, M. L. P.; COSTA, A. C. L.; SILVA, R. B.; MOURA, Q. L. M.; MELLO, I. F. Variabilidade quantitativa de população microbiana associada às condições microclimáticas observadas em solo de floresta tropical úmida. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.4, p.629-638, 2011.

ROTTAVA, M. **Avaliação da qualidade de ambientes interno dos laboratórios do Departamento de Química através da determinação semi-quantitativa de metais em material particulado retido em condicionadores de ar por ICP-MS**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Florianópolis, 2019.

SABIN, L.D.; LIM, J.H.; STOLZENBACH, K.D.; SCHIFF, K. C. Contribution of trace metals from atmospheric deposition to stormwater runoff in a small impervious urban catchment. **Water Research**, v. 39, p.3929–3937, 2005.

SAFARI, M.; RAMAVANDI, B.; SANATI, A. M.; SORIAL, G. A, HASHEMIA, S.; TAHMASEBI, S. Potential of trees leaf bark to control atmospheric metals in a gas and petrochemical zone. **Journal of Environmental Management**, v.222 p.12–20, 2018.

SAKATA, M. N.; NOBRE, E. A. C. Instrumentos de Gestão Urbana e Regional: Santo André e o caso do Projeto Eixo Tamanduateí. **Pós**, v.16, n.25, p.186-199, Junho, São Paulo, 2009.

SAKATA, M.; TANI, Y.; TAKAGI, T. Wet and dry deposition fluxes of trace elements in Tokyo Bay. **Atmospheric Environment**, v. 42, p.5913-5922, 2008.

SAIKI, M.; ALVES, E.R.; MARCELLI, M.P. Analysis of lichen species for atmospheric pollution biomonitoring in the Santo André municipality, São Paulo, Brazil. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 273, n.3, p.543-547, 2007.

SANTO ANDRÉ. **Atlas do Parque Natural Municipal Nascentes de Paranapiacaba**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283291808_Atlas_do_Parque_Natural_Municipal_Nascentes_de_Paranapiacaba>. Acesso em 25 Outubro 2018.

_____. **Incêndio em Cubatão prejudica moradores de Paranapiacaba, subdistrito de Santo André**. Disponível em: <<https://santoandre.biz/2809/incendio-cubatao-prejudica-moradores-paranapiacaba/>> Acesso em 09 de Junho de 2018.

SANTOS, A. P. M. S.; SEGURA-MUNÕZ, S. I.; NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L.; MARTINEZ, C. A.; TAKAYANAGI, A. M. M. Traffic-related air pollution biomonitoring with *Tradescantia pallida* (Rose) Hunt. cv. purpurea Boom in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, p. 39, 2015.

SANTOS, M. G. B. **Avaliação da direção preferencial da dispersão de poluentes para diferentes estações do ano na área industrial de Juiz de Fora - MG.**(Trabalho de Conclusão de Curso).Universidade de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

SANTOS, E. C. **Estudo da poluição aérea de elementos químicos pelas análises de cascas de árvore**. 2017. Dissertação (Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear - Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares. São Paulo, 2017.

SANTOS, L. C.; ANTONIOLLI, Z. I. LEAL, L. T. LUPATINI, M. População de bactérias e fungos no solo contaminado com cobre nas Minas do Camaquã, RS, Brasil. **Ciência e Natura**, UFSM, v.29, n.2, p.105-114, 2007.

SANTOS, M. **Águas Revoltas: História das enchentes em Santo André**, Santo André, SEMASA, 2002.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 59113/2013. **Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas**. Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2013/decreto-59113-23.04.2013.html>> Acesso em 24 Setembro 2018.

SAVÓIA, E. J. L.; DOMINGOS, M.; GUIMARÃES, E. T.; BRUMATI, F.; SALDIVA, P. H. N. Biomonitoring genotoxic risks under the urban weather conditions and polluted atmosphere in Santo André, SP, Brazil, through Trad-MCN bioassay. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.72, p. 255-260, 2009.

SAVÓIA, E. J. L. **Potencial de *Tradescantia pallida* cv. Purpurea para acumular metais pesados oriundos da poluição atmosférica particulada na região do grande ABC paulista**. (Doutorado em Biodiversidade Vegetal). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. São Paulo, 2013.

SCARAMAL, A. M. **Avaliação dos compostos orgânicos voláteis encontrados no ar e na água subterrânea da Região do Polo Petroquímico de Capuava**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Urbana). Universidade Federal do ABC. Santo André, 2018.

SINGH, S.; ELUMALAI, S.P.; PAL, A.K. Rain pH estimation based on the particulate matter pollutants and wet deposition study. **Science of The Total Environment Volumes**, v.563–564, p. 293-301, 2016.

SILVA, C. M.; TSURUTA, F.; RODRIGUES, J.C.; VIEIRA, F.; ARBILLA, G. Simulação das Trajetórias de Poluentes em Eventos Naturais e Antropogênicos. **Revista Virtual de Química**, v.10, n.6, 2018.

SILVA, C. R. C.; MENDES, R.; MORAES, R. C. P.; ANHAS, D. M.; ROSA, K. R. M. Participação Social e a Potência Do Agente Comunitário de Saúde. **Psicologia & Sociedade**, v.26, n. 2, p.113-123, 2014.

SIQUEIRA, C. V. **Sistematização e mapeamento de áreas com contaminação difusa no eixo Tamanduateí, Santo André, Região do Grande ABC Paulista**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal do ABC. Santo André, 2018.

SMARGIASSI, A.; KOSATSKY, T.; HICKS, J.; PLANTE, C.; ARMSTRONG, B.; VILLENEUVE, P.J.; GOUDREAU, S. Risk of Asthmatic Episodes in Children Exposed to Sulfur Dioxide Stack Emissions from a Refinery Point Source in Montreal, Canada. **Environmental Health Perspectives**, v.117, n.4, 2009.

SOBHANARDAKANI, S. Assessment of Pb and Ni contamination in the topsoil of ring roads' green spaces in the city of Hamedan. **Pollution**, v.4, n.1, p. 43-51, 2018.

SOLVAY. **Nossa história**. Disponível em <<https://www.solvayindupa.com/pt/about-us/our-history/index.html>> Acesso em 18 de Março de 2019.

SOUZA, P. A.; MELLO, W. Z.; SILVA, J. J. N.; RODRIGUES, R. A. R.; CONCEIÇÃO, M. C. G. Deposições Atmosféricas Úmida, Seca e Total de Nitrogênio Inorgânico Dissolvido no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Virtual Química**, v.9, n.5, p.2052-2066, 2017.

TAKEDA, K.; MARUMOTO, K.; MINAMIKAWA, T.; SAKUGAWA, H.; FUJIWARA, K. Three-year determination of trace metals and the lead isotope ratio in rain and snow depositions collected in Higashi Hiroshima, Japan. **Atmospheric Environment**, v.34, p.4525-4535, 2000.

TORRES, I. A.; SILVA T. M. F.; RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J. COSTAS, T. A.; SOTO-BLANCO, B.; MELO, M. M. Avaliação físico-química de amostras de

água, sedimento e mata ciliar de uma piscicultura localizada em área agroindustrial à margem do Ribeirão da Mata (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p. 773-780, 2017.

TORRES, E. M. M. A evolução da indústria petroquímica brasileira. **Química Nova**, v. 20 (Especial), 1997.

VALDAMBRINI, N. M. **Simulação da qualidade do ar para ozônio na Região da Grande ABC considerando as fontes móveis e fixas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade Federal do ABC. 2017.

WANG, W.; LAI, Y.; MA, Y.; LIU, Z.; WANG, S.; HONG, C. Heavy metal contamination of urban topsoil in a petrochemical industrial city in Xinjiang, China. **Journal Of Arid Land**, v.8, n.6, 2016.

WITKOWSKA, A.; LEWANDOWSKA, A.; FALKOWSKA, L. M. Parallel measurements of organic and elemental carbon dry (PM_{10} , $PM_{2.5}$) and wet (rain, snow, mixed) deposition into the Baltic Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v.104, p.303–312, 2016.

WONG, C. S. C.; LI, X. D.; ZHANG, G.; QI, S. H.; PENG, X. Z. Atmospheric deposition of heavy metals in the Pearl River Delta, China. **Atmospheric Environment**, v.37, p.767-776, 2003.

ZACCARELLI-MARINO, M. A. Chronic Autoimmune Thyroiditis in Industrial Areas in Brazil: A 15- Year Survey. **Journal of Clinical Immunology** DOI 0.1007/s10875-012-9703-2. 2012.

ZACCARELLI-MARINO, M. A.; SALDIVA, P. H. N.; MARTINS, A. P. G. Área de alto risco. **Revista Isto É**, São Paulo, p. 86 – 87, 12 ago. 2009. Disponível em: <https://istoe.com.br/15544_AREA+DE+ALTO+RISCO/> Acesso em 25 Outubro 2018.

