



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
INSTITUTO DE QUÍMICA – IQ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA - PGQUIM
DOUTORADO EM QUÍMICA



THAIONARA CARVALHO MATOS

Distribuição de Elementos Traço em Solos do Município de Salvador

Salvador – Ba

2021

THAIONARA CARVALHO MATOS

Distribuição de Elementos Traço em Solos do Município de Salvador

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA) como pré-requisito para obtenção do título de Doutora em Química.

Área de concentração: Química Analítica Ambiental

Orientadora: prof. Dra. Vânia Palmeira Campos

Co-orientador: prof. Dr. Madson de Godoi Pereira

Salvador – Ba

2021

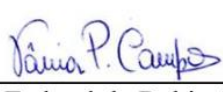



TERMO DE APROVAÇÃO


THAIONARA CARVALHO MATOS

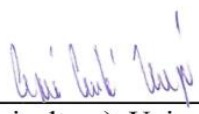
“DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM SOLOS DO MUNICÍPIO DE SALVADOR”


Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor(a) em Química, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Prof.^a. Dr.^a. Vânia Palmeira Campos 
Doutorado Eem Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Madson de Godoi Pereira 
Doutorado em Ciências (Química Analítica), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Pedro Afonso de Paula Pereira 
Doutorado Eem Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Federal da Bahia

Prof. Dr. Amauri Antônio Menegário 
Doutorado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura), Universidade de São Paulo (USP)
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Prof. Dr. Valfredo Azevedo Lemos 
Doutorado em Química, Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Wander Gustavo Botero 
Doutorado em Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Universidade Federal de Alagoas

Salvador, 21 de maio de 2021.



Emitido em 21/05/2021

TERMO DE CONSENTIMENTO Nº 4/2021 - IQUI (12.01.15)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado eletronicamente em 20/07/2021 11:52)

LUCIANA SANTOS DA SILVA

ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO

2048239

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufba.br/documentos/> informando seu número: **4**,
ano: **2021**, tipo: **TERMO DE CONSENTIMENTO**, data de emissão: **20/07/2021** e o código de verificação:
8ff2872dd5

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de
Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI - UFBA.

C871 Matos, Thaionara Carvalho

Determinação de elementos traços em solos do município
de Salvador-Ba/ Thaionara Carvalho Matos. – Salvador, 2021.
90 f.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Vânia Palmeira Campos
Coorientador: Prof^o. Dr^o. Madson de Godoi Pereira

Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da
Bahia. Instituto de Química, 2021.

1. solos urbanos. 2. elementos traço. 3. índice de poluição.
4. índice de Geoacumulação. 5. fator de enriquecimento I.
Campos, Vânia Palmeira. II. Pereira, Madson de Godoi. III.
Universidade Federal da Bahia. IV. Distribuição de elementos
traço em solos do município de Salvador-Ba.

CDU:616-083:173.4

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese ao meu filho João Emanuel que me inspira, diariamente, a ser um Ser Humano melhor.

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre mostrar um caminho quando me sentia perdida, com sua graça sempre me ensinando a encarar as dificuldades, seguir em frente e recomeçar.

Ao meu filho que tornou os momentos mais difíceis mais leve sem perceber.

Ao meu marido Daniel Gonçalves pela paciência e auxílio durante a execução dos meus trabalhos.

À minha família por estar sempre ao meu lado me apoiando sempre em minhas escolhas e decisões.

À FAPESB, pelo suporte financeiro.

À professora Vânia Palmeira pela orientação, predisposição, paciência e cuidado.

Ao professor Madson de Godoi Pereira pela co-orientação, paciência, compreensão e predisposição constante.

À Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela oportunidade concedida.

À Universidade do Estado da Bahia (UNEB) que sempre foi minha casa e me apoiou estruturalmente e intelectualmente para execução dos experimentos, através dos diferentes profissionais, em especial aos professores Mauro Korn e Walter Ney.

Ao professor Ernande Melo de Oliveira do Instituto de Geociências da UFBA pelas análises de DRX e à professora Karina S. Garcia e à Técnica Sara Rocha pelas análises de ICP OES.

Ao professor Júlio Cesar da UFRB pelas análises granulométricas feitas no Laboratório de Física do Solo da instituição.

Aos professores da pós-graduação em química da UFBA pelo apoio material, instrumental e intelectual para a execução dos meus trabalhos.

Aos professores Maria das Graças e Sérgio Luis pela ajuda na execução dos meus trabalhos.

Aos técnicos e funcionários da pós-graduação e da graduação por sua imensa boa vontade.

Aos novos amigos do LAQUAM (UFBA) em especial a Franciele pelo apoio, paciência e solidariedade em dividir seus conhecimentos.

Enfim, a todos que de alguma forma tenham contribuído direta ou indiretamente para que esta etapa da minha vida fosse concluída.

“Se por acaso você
não conseguir caminhar,
se seus pés enfraquecerem,
se a estrada se alongar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe carregar.

Se por acaso você
sentir a alma sangrar,
e se a alma ferida
fizer seu corpo chorar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe consolar.

Se por acaso você
sentir o mundo escapar,
se tudo for só silêncio,
se a solidão maltratar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe abraçar.

Se por acaso você
não conseguir se enxergar,
perdido dentro de si,
vendo tudo se apagar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe encontrar.

Se por acaso você
sentir a vida açoitar,
e na hora da agonia
você se desesperar,
Sempre haverá um alguém

capaz de lhe acalmar.

Se por acaso você
vir tudo se apressar,
se todo mundo correr,
se o tempo acelerar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe esperar.

Se por acaso você
deixar de acreditar,
se a própria humanidade
decidir lhe enganar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe inspirar.

Se por acaso você
sentir medo de amar,
se achar que não é mais
possível se apaixonar,
Sempre haverá um alguém
capaz de lhe conquistar.

Sempre haverá amor,
sempre haverá o bem,
numa via de mão dupla
com a força de um trem.

Alguém ajuda você
e você ajuda alguém.

Já que sempre haverá
alguém pra lhe entender,
lhe carregar, acalmar,

abraçar quando doer,
alguém pra lhe confortar
quando o mundo lhe bater.

Já que sempre haverá
alguém pra lhe socorrer,
só é preciso ser justo
e grato pra perceber
que sempre haverá alguém
precisando de você.”

Bráulio Bessa,
Um carinho na alma

RESUMO

A aglomeração populacional, aliada à intensa atividade antrópica na capital baiana, gera grande quantidade de resíduos que tendem a alcançar os diversos ecossistemas, alterando-os continuamente. Destes, merece destaque o ecossistema terrestre cuja matriz solo, objeto de estudo do presente trabalho, pode ser veículo de exposição humana a elementos presentes nestes resíduos. Apesar dos possíveis impactos humanos ao solo, a principal fonte de informação relacionada às suas características físico-químicas está presente no mapa de solos que nem sempre atende às características reais. Logo, os dados relevantes estão associados à composição original da rocha matriz e não aos efeitos de urbanização. Então, para ampliar as informações do banco de dados sobre solos do município de Salvador-Ba, este trabalho tem objetivo de caracterizar seus solos, coletados em áreas de elevada circulação de pessoas e veículos. Para tanto, foi realizada a caracterização físico-química das amostras, através da determinação dos seguintes parâmetros: pH, teor de matéria orgânica, granulometria, presença de compostos orgânicos e inorgânicos, e composição mineralógica. Além disso, foram determinados os teores de 24 elementos (Al, As, Ca, Cd, Pb, Co, Cr, Cu, S, Sb, Sn, Sr, Fe, P, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Se, Na, V e Zn), utilizando ICP-OES. Dos elementos selecionados para serem quantificados foram detectados 12 (Al, Ca, Cr, Pb, Cu, Sr, Fe, Mg, Mn, K, V e Zn). As concentrações destes elementos se encontram com valores abaixo dos limites orientadores segundo a resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), para os elementos com limites estabelecidos. Entretanto, ao ser confrontado com avaliações de Índice de Poluição (IP), Índice de Geoacumulação (I_{geo}) e Fator de Enriquecimento (FE) percebe-se que seus valores se enquadram em situação de atenção ambiental, pois indicam contaminações significativas devido à acumulação dos mesmos. Estes dados foram mais proeminentes para o Al, V e Sr, elementos de larga aplicação em itens como construção de carros e objetos de uso diário como painéis, papel alumínio, talheres etc. Estes dados foram avaliados através de dois métodos de extração parcial, um envolvendo extração pseudo-total e outro de elementos fitodisponíveis. Confrontando os dados de ambos os métodos se percebe um favorecimento dos elementos na fração fitodisponível, ou seja, uma prevalência dos elementos preferencialmente na forma iônica onde está mais disponível para realização de trocas de massa na região da rizosfera. Logo, na fração fitodisponível, os IP, I_{geo} e FE para alguns elementos (Cu, Sr e

Pb) tem valores mais elevados do que o esperado em relação à fração pseudo-total. A partir de todas as informações obtidas, conclui-se que os solos coletados na cidade de Salvador-Ba se encontram em situação de atenção ambiental e não estão concordantes com as informações contidas no mapa de solos do Brasil.

Palavras chave: solos urbanos, elementos traço, índice de poluição, índice de Geoacumulação, fator de enriquecimento.

ABSTRACT

Population agglomeration, combined with intense human activity in the capital of Bahia, generates a large amount of waste that tends to reach the various ecosystems, altering them continuously. Of these, the terrestrial ecosystem deserves to be highlighted, whose soil matrix, object of study in this work, can be a vehicle for human exposure to elements present in these residues. Despite the possible human impacts on the soil, the main source of information related to its physicochemical characteristics is present in the soil map, which does not always meet the real characteristics. Therefore, the relevant data are associated with the original composition of the matrix rock and not with the effects of urbanization. So, in order to expand the information in the database on soils in the municipality of Salvador-Ba, this work aims to characterize its soils, collected in areas with high circulation of people and vehicles. For this purpose, the physical-chemical characterization of the samples was carried out by determining the following parameters: pH, organic matter content, granulometry, presence of organic and inorganic compounds, and mineralogical composition. In addition, the contents of 24 elements were determined (Al, As, Ca, Cd, Pb, Co, Cr, Cu, S, Sb, Sn, Sr, Fe, P, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, K, Se, Na, V and Zn) using ICP-OES. Of the elements selected to be quantified, 12 were detected (Al, Ca, Cr, Pb, Cu, Sr, Fe, Mg, Mn, K, V and Zn). The concentrations of these elements are found with values below the guiding limits according to Resolution No. 420 of December 28, 2009 of the National Council for the Environment (CONAMA), for elements with established limits. However, when confronted with assessments of the Pollution Index (PI), Geoaccumulation Index (Igeo) and Enrichment Factor (EF), it is clear that their values fall into a situation of environmental care, as they indicate significant contamination due to the accumulation of same. These data were most prominent for Al, V and Sr, elements of wide application in items such as car construction and everyday objects such as pots, aluminum foil, cutlery etc. These data were evaluated using two partial extraction methods, one involving pseudo-total extraction and the other of phytoavailable elements. Comparing the data from both methods, a favoring of the elements in the phytoavailable fraction can be seen, that is, a prevalence of the elements preferentially in the ionic form, where it is more available for carrying out mass exchanges in the rhizosphere region. Therefore, in the phytoavailable fraction, the PI,

Igeo and FE for some elements (Cu, Sr and Pb) have higher values than expected in relation to the pseudo-total fraction. From all the information obtained, it is concluded that the soils collected in the city Salvador-Ba are in a situation of environmental care and are not in agreement with the information contained in the soil map of Brazil.

Keywords: urban soils, trace elements, pollution index, geoaccumulation index, enrichment factor.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO DE UM PERFIL TÍPICO DE SOLOS COM SEUS HORIZONTES.....	21
FIGURA 2: MAPA DE SOLOS DA BAHIA.....	234
FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO DOS MODELOS DE TRIÂNGULO TEXTURAL. A) TRIÂNGULO TEXTURAL COMPLETO; B) TRIÂNGULO TEXTURAL SIMPLIFICADO E C) TRIÂNGULO TEXTURAL DO USDA.....	26
FIGURA 4: MODELO DA FORMAÇÃO DAS CARGAS NEGATIVAS E POSITIVAS NO GRUPO ALUMINOL.....	28
FIGURA 5: MODELO DE ESTRUTURA MOLECULAR PARA OS ÁCIDOS FÚLVICOS.....	29
FIGURA 6: MAPA DE SUSCETIBILIDADE A DESLIZAMENTOS DO BRASIL: PRIMEIRA APROXIMAÇÃO	33
FIGURA 7: REPRESENTAÇÃO DA FORMAÇÃO DOS SOLOS E A RELAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ATIVIDADE HUMANA.....	34
FIGURA 8: LOCALIZAÇÃO DA CIDADE DE SALVADOR-BA.....	36
FIGURA 9: AVENIDA LUIS VIANA (PARALELA) EM SUA CONSTRUÇÃO E EM TEMPOS ATUAIS.....	37
FIGURA 10: FERRAMENTA UTILIZADA PARA A COLETA DAS AMOSTRAS E O MODELO ESQUEMÁTICO DA AMOSTRAGEM. A) TRADO HOLANDÊS E B) DESENHO ESQUEMÁTICO DA AMOSTRAGEM EM CADA PONTO DE COLETA, INDICANDO OS SEIS PONTOS DE SUBAMOSTRA.....	40
FIGURA 11: IDENTIFICAÇÃO DOS RESPECTIVOS PONTOS DE COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO DA CIDADE DE SALVADOR-BA.....	41
FIGURA 12: ESPECTROS DE INFRAVERMELHO DAS AMOSTRAS DE SOLOS DE SALVADOR-BA.....	56

FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO DAS FRAÇÕES AREIA TOTAL, SILTE E ARGILA DAS AMOSTRAS DE SOLO DO MUNICÍPIO DE SALVADOR-BA.....	58
FIGURA 14: TRIÂNGULO TEXTURAL COM A RESPECTIVA BASE DE DADOS UTILIZADAS NESTE TRABALHO (AMOSTRAS DE SOLOS DE SALVADOR-BA).....	59
FIGURA 15: DIFRATOGRAMAS DAS AMOSTRAS DE SOLO DA AVENIDA JURACY MAGALHÃES.....	60
FIGURA 16: RELAÇÃO DOS ÍNDICES DE POLUIÇÃO PARA A EXTRAÇÃO PSEUDO-TOTAL DE ELEMENTOS DO SOLO A PARTIR DOS VALORES DE REFERÊNCIA DE CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR PARA SOLOS	71
FIGURA 17: RELAÇÃO DOS ÍNDICES DE POLUIÇÃO PARA A EXTRAÇÃO DOS FITODISPONÍVEIS DE ELEMENTOS DO SOLO A PARTIR DOS VALORES DE REFERÊNCIA DE CONCENTRAÇÃO ELEMENTAR PARA SOLOS.....	72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PRINCIPAIS FATORES CONTROLADORES DAS TAXAS DE INTEMPERISMO DE ROCHAS.....	22
TABELA 2: ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	39
TABELA 3: DESCRIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	41
TABELA 4: CONDIÇÕES OPERACIONAIS DO ICP OES (CONFIGURAÇÃO AXIAL E RADIAL).....	47
TABELA 5: ELEMENTOS QUANTIFICADOS NOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO PSEUDO-TOTAL E FITODISPONÍVEL E SUAS RESPECTIVAS LINHAS ESPECTRAIS SELECIONADAS, EQUAÇÃO DA RETA E COEFICIENTE ANGULAR DA RETA PARA AS ANÁLISES QUÍMICAS.....	48
TABELA 6: VALORES DOS LIMITES DE DETECÇÃO E LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO PARA OS ELEMENTOS ANALISADOS, CONSIDERANDO OS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO PSEUDO-TOTAL E FITODISPONÍVEL.....	49
TABELA 7: VALORES DE REFERÊNCIA PARA A CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS NO SOLO E NA CROSTA TERRESTRE.....	50
TABELA 8: CLASSIFICAÇÃO DO SOLO DE ACORDO COM O ÍNDICE DE POLUIÇÃO.....	51
TABELA 8: CLASSIFICAÇÃO DO SOLO DE ACORDO COM O ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO.....	51
TABELA 10: CATEGORIAS PARA AVALIAÇÃO DO FATOR DE ENRIQUECIMENTO.....	52
TABELA 11: VALORES DE PH E DE TEORES DE MATÉRIA ORGÂNICA DAS AMOSTRAS DE SOLO.....	53
TABELA 12: VALORES DE PH DE OUTRAS REFERÊNCIAS EM COMPARAÇÃO AOS OBTIDOS NESTE TRABALHO	54
TABELA 13: RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS	57

TABELA 14: IDENTIFICAÇÃO DOS MINERAIS E SUAS RESPECTIVAS DISTÂNCIAS INTERPLANARES OBTIDAS A PARTIR DAS ANÁLISES DE DRX.	62
TABELA 15: CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS QUANTIFICÁVEIS NA EXTRAÇÃO PSEUDO-TOTAL	64
TABELA 16: CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS QUANTIFICÁVEIS NA EXTRAÇÃO FITODISPONÍVEL.	66
TABELA 17: ÍNDICE DE POLUIÇÃO CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO PSEUDO-TOTAL EM RELAÇÃO ÀS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NO SOLO DE REFERÊNCIA E NA CROSTA TERRESTRE.....	69
TABELA 18: ÍNDICE DE POLUIÇÃO CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO FITODISPONÍVEL EM RELAÇÃO ÀS CONCENTRAÇÕES MÉDIAS NO SOLO DE REFERÊNCIA E NA CROSTA TERRESTRE.....	70
TABELA 19: ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO PSEUDOTOTAL	73
TABELA 20: ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO FITODISPONÍVEL	74
TABELA 21: FATOR DE ENRIQUECIMENTO CALCULADOS A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO PSEUDOTOTAL	76
TABELA 22: FATOR DE ENRIQUECIMENTO CALCULADO A PARTIR DOS DADOS DE EXTRAÇÃO FITODISPONÍVEL	79

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

HPAs – Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos.

SIBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

IP – Índice de poluição.

FE – Fator de enriquecimento.

I_{geo} – Índice de geoacumulação.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

USDA - United States Department of Agriculture.

MOM – Matéria orgânica morta.

MOV – Matéria orgânica viva.

INCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia.

UNEB – Universidade do Estado da Bahia.

IMBUI – Avenida Jorge Amado no bairro do Imbui.

UFBA – Universidade Federal da Bahia.

AJM – Avenida Juracy Magalhães.

ACM – Avenida Antônio Carlos Magalhães.

PARALELA – Avenida Luis Viana.

FTIR – Espectrometria de absorção molecular na região do infravermelho com transformada de Fourier.

DRX - Difractometria de Raios-X

UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

DI – Distâncias interplanares.

VP – Limite de prevenção.

VI – Valor de investigação.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	18
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	18
SUMÁRIO	21
1.0 INTRODUÇÃO.....	23
2.0 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral.....	19
2.2 Objetivos Específicos:	19
3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1 Solos: definição, origem, classificação, características gerais e importância.....	20
3.2 Solos Urbanos	30
3.3 Salvador: Primeira Capital do Brasil	35
4.0 METODOLOGIA.....	39
4.1 Equipamentos e reagentes.....	39
4.2 Amostragem.....	40
4.3 Preparo das Amostras	43
4.4 Caracterização Físico-Química	43
4.4.1 Medidas do pH das amostras de solos.....	43
4.4.2 Determinação do teor de matéria orgânica dos solos	44
4.4.3 Determinação da granulometria das amostras dos solos.....	44
4.4.4 Espectro de infravermelho (FT-IR) das amostras dos solos.....	45
4.4.5 Identificação da Composição Mineralógica via difração de raios-X (DRX).....	45

4.5	Quantificação de Elementos Fitodisponíveis e Pseudototais	45
4.5.1	Metodologia de Extração de Elementos Fitodisponíveis das amostras de solos	45
4.5.2	Metodologia de Extração de Elementos Pseudo-totais das amostras de solos...	46
4.5.3	Metodologia para Quantificação de Elementos Fitodisponíveis e Pseudo-totais das Amostras de solo.....	47
4.6	Cálculos de Índices e Fator de Enriquecimento referentes aos solos estudados..	50
4.6.1	Cálculos de Índice de Poluição.....	50
4.6.2	Cálculos de Índice de Geoacumulação.....	51
4.6.3	Cálculos de Fator de Enriquecimento	52
5.0	Resultados e Discussão	53
5.1	Caracterização Físico-Química	53
5.2	Quantificação de Elementos Fitodisponíveis e Pseudo-totais	63
6.0	Conclusão:	80
7.0	Referências:.....	83

1.0 INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural de suma importância e em ambientes urbanos tendem a ser intensamente modificados, adquirindo, em muitas situações características muito diferentes da crosta original. Estas modificações são decorrentes das intensas atividades antropogênicas a que são submetidos os solos. Dentre estas, destacam-se as emissões veiculares, atividades industriais, transposição de massa de solo, construção civil. Além disso, os solos urbanos são frequentemente poluídos por elementos tais como metais pesados.

É inegável a importância da matriz solo já que sua complexidade lhe confere a capacidade de armazenar, filtrar e fornecer água e nutrientes para o cultivo de plantas. Além disso, em regiões de urbanização seja pequena ou grande, suporta cargas de edificações; é considerado fonte de matéria prima para obras civis e muito utilizado para descarte de resíduos (KER, et al., 2012). A diversidade de uso do solo esta associada às suas propriedades físico-químicas como teor de matéria orgânica e inorgânica, granulometria, pH e quantidade dos componentes químicos que estão presentes.

As características desta matriz estão diretamente relacionadas a sua formação, pois eles são originados de um conjunto de processos que podem ser físicos, químicos e/ou biológicos dos materiais das rochas. (PRESS, et al., 2006). Além disso, está sujeito, também, a fatores como clima, relevo e tempo de exposição ao ambiente. Estes processos, quando ocorrem de forma natural demandam tempo para que ocorram transformações significativas nessa matriz. Entretanto, as atividades antrópicas estão intensificando estas transformações, diminuindo a escala de tempo necessária à sua transformação e, além disso, proporcionando características não originais que os classificam como solos contaminados.

Os tipos de contaminação a que os solos são submetidos podem ser os mais diversos, desde componentes orgânicos como os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) que são liberados pela queima de combustíveis fósseis (CACHADA, SANTOS and DUARTE, 2018). Além destes, enquadram-se os componentes inorgânicos como é o caso de espécies metálicas tais como o Cd, Cu, Pb, Cr, Mn, Ni, V e Zn, liberados por

meio de diferentes atividades relacionadas à urbanização (transporte, construção civil, indústrias) (WU, et al., 2015).

Muitos desses contaminantes podem permanecer por longos períodos no solo e serem disponibilizados através de processos de absorção pelas plantas através da agricultura urbana ou pela suspensão de partículas dos solos. Logo, a população de centros urbanos está constantemente exposta diretamente ou indiretamente através da ingestão direta, contato com a pele ou inalação de partículas do solo (WU, et al., 2015). Os efeitos de toxicidade vão estar associados ao grau de exposição e à rota de exposição, pois estes podem afetar a cinética de absorção, distribuição, biotransformação e eliminação dos contaminantes (BENITE, et al.).

O maior grau de urbanização tende a intensificar as transformações a que a matriz solo é submetida, indicando também um aumento da exposição humana a estes efeitos. Nesta perspectiva enquadra-se o município de Salvador na Bahia que é a 5ª maior região metropolitana do Brasil e a 109ª mais populosa do mundo, com uma população estimada de 2.886.698 habitantes (IBGE, 2010).

Apesar do grau de urbanização tão elevado do município de Salvador, são escassos os trabalhos relacionados às características do seu solo. O que se tem é o que está descrito no Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS) que classifica os solos de acordo com os tipos, identificados por suas propriedades como textura, pH, teor de matéria orgânica e composição mineralógica. Este sistema de classificação se limita às características gerais que, na maioria das vezes, está diretamente relacionado à composição da rocha matriz, ou seja, não levam em consideração os efeitos das atividades antrópicas. Sendo assim, é necessário fazer uso de parâmetros que permitam uma melhor avaliação dos impactos das atividades antrópicas sobre esta matriz. Estes podem ser obtidos por medidas de concentração de elementos, Índice de Poluição (IP), Fator de Enriquecimento (FE) e Índice de Geoacumulação (I_{geo}) (OKONKWO, et al., 2021 e WU, et al., 2015). Desta forma ampliando o grau de informação que se tem acerca das características dos solos do município de Salvador na Bahia.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Caracterizar solos coletados em áreas de movimentação elevada de veículos e pessoas no município de Salvador visando ampliar as informações existentes sobre esta região.

2.2 Objetivos Específicos:

Determinar a distribuição de elementos traço presentes no solo de pontos estratégicos de Salvador;

Identificar as diferentes formas químicas de elementos traço majoritariamente presentes no solo do município de Salvador;

Determinar a concentração de espécies fitodisponíveis e pseudo-totais presentes nos solos.

Calcular os índices de Geoacumulação, índice de poluição e fator de enriquecimento para os elementos químicos quantificáveis;

Correlacionar os resultados das concentrações de metais com as características geoquímicas dos solos;

Avaliar os níveis dos elementos traço presentes no solo do município de Salvador com valores de referências / recomendações vigentes versus o risco de exposição à saúde;

Avaliar níveis de concentração encontrados no solo com dados da literatura para outros centros urbanos no Brasil e em outros locais do mundo.

3.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

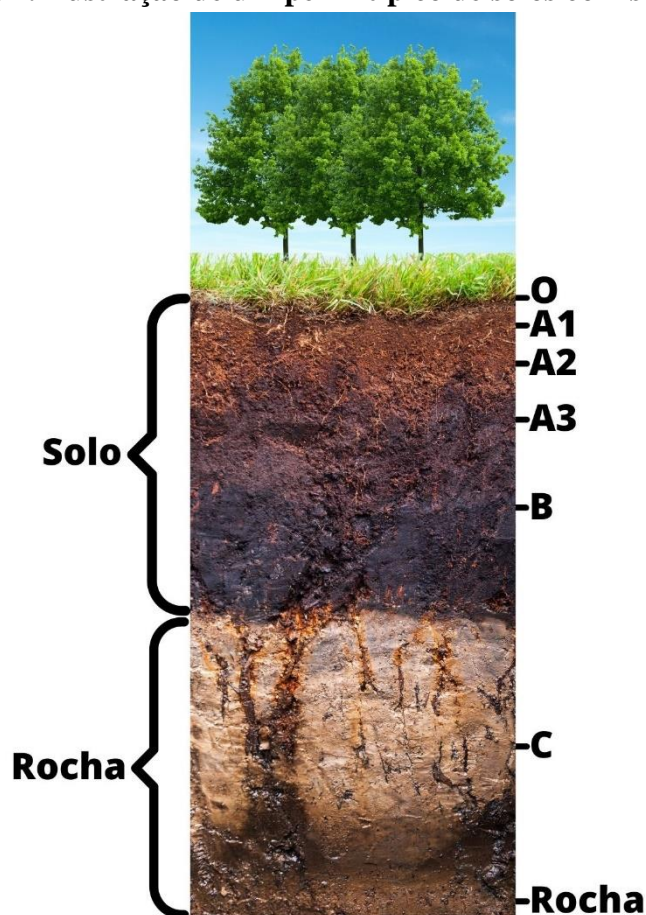
3.1 Solos: definição, origem, classificação, características gerais e importância

O solo é um recurso natural de suma importância para manutenção do equilíbrio dos sistemas terrestres, pertencente à litosfera e com composição e dinâmica de formação bastante complexa. Sua importância é evidente quando são confrontadas as diferentes definições que levam em consideração o seu uso como, por exemplo, o meio que tem a capacidade de armazenar, filtrar e fornecer água e nutrientes para o cultivo de plantas; material com capacidade para suportar cargas e edificações; fonte de matéria prima para obras civis e meio para descarte de resíduos (KER, et al., 2012).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), os solos são considerados corpos naturais constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicas, formadas por materiais minerais e orgânicos contendo matéria viva e ocupando a maior porção do manto superficial das extensões continentais do planeta (MACHADO, 2002). Estruturalmente, os solos são dispostos verticalmente em perfis, os quais são organizados em camadas paralelas denominadas de horizontes. Entre os diferentes horizontes, ocorrem trocas de matéria e energia, o que permite o desenvolvimento de características muito peculiares a cada tipo de solo (MATOS, 2014). Os horizontes dos solos (Figura 1) são classificadas como O, A1, A2, A3, B e C, sendo definidos segundo Santos (2012), Rosa e Rocha (2003) como:

"...horizonte O, compreendendo a parte superior em contato com a atmosfera e rica em matéria orgânica recente e/ou em decomposição; horizontes A1, A2 e A3 que se localizam logo abaixo do O com aspecto escuro e ricos em matéria mineral e orgânica, com alta atividade biológica de plantas e microorganismos; horizonte B, logo abaixo do A, o qual acumula argila, matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, normalmente trazidos pela água das camadas superiores; horizonte C, logo abaixo do B, com pouca influência de microorganismos e geralmente com composição química, física e mineralógica semelhante ao do material que deu origem ao solo. Por fim, tem-se o horizonte R, compreendendo rocha inalterada que pode, ou não, ser a que deu origem ao solo."

Figura 1: Ilustração de um perfil típico de solos com seus horizontes.



Fonte: adaptado de Rosa e Rocha (2003).

Os conhecimentos a respeito do perfil do solo permitem melhor compreendê-lo por conta da dinâmica de seus constituintes, que pode ser modificada de acordo com as transformações físicas e químicas (intemperismo químico e físico) passíveis de ocorrência. Como consequência, ao analisarmos o perfil de um solo, é possível observarmos variações de concentrações ao longo do mesmo, resultado de modificações na rocha matriz como ocorre com a concentração de ferro, que tende a diminuir à medida que se aproxima da superfície e o carbono que se comporta de maneira inversa (SILVA, et. al., 2020). Com o intuito de otimizar estas avaliações, tem-se buscado o uso de técnicas de espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) que identifica, em tempo real, diversas propriedades do solo, tais como a abundância e distribuição elementar a partir de recursos de imagem por gradeamento (SUN, et al., 2020).

Como foi comentado anteriormente, os solos são originados de intemperismo físico, químico e/ou biológico de materiais rochosos, os quais podem ser de origem ígnea, metamórfica ou sedimentar, ou seja, da ação de fatores ambientais sobre o regolito (PRESS, et al., 2006). Entretanto, está sujeito, também, a fatores como clima, relevo e tempo de exposição ao ambiente (Tabela). Logo, de forma geral, o esquema de formação dos solos envolve reações multifásicas cíclicas e de troca, tais como: dissolução, hidrólise e oxidação, as quais envolvem sistemas que não estão completamente fechados e reversíveis, gerando produtos sólidos, líquidos e gasosos, que podem ser trocados ou acumulados gradualmente (KER, et al., 2012). Considerando somente fatores naturais, suas modificações ocorrem lentamente, mas a interferência humana pode modificar rapidamente suas propriedades.

Tabela 1: Principais fatores controladores das taxas de intemperismo de rochas.

	Lenta	Taxa de alteração	Rápida
	→		
Propriedades da rocha parental			
Solubilidade do mineral na água	Baixa (p. ex. quartzo)	Moderada (p. ex. feldspato)	Alta (p. ex. calcita)
Estrutura da rocha	Maciça	Algumas zonas de fraqueza	Muito fraturada ou acamamento muito delgado
Clima			
Chuva	Baixa	Moderada	Alta
Temperatura	Frio	Moderada	Quente
Presença ou ausência de solo e vegetação			
Espessura do perfil de solo	Nenhuma - rocha exposta	Fina e moderada	Espessa
Conteúdo orgânico	Baixo	Moderado	Alto
Tempo de exposição	Curto	Moderado	Longo

Fonte: adaptado de PRESS, et al., 2006.

A complexidade relacionada à formação dos solos conduziram à existência de uma diversidade de tipos, justificando a necessidade de um sistema de classificação. No

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), os solos são agrupados da seguinte forma: 13 classes de ordem que levam em consideração as propriedades deixadas no solo após à coleta; 43 subordens, diferenciadas de acordo com o grau de desenvolvimento das características dos agentes formadores; 192 grupos, até o momento, distinguidos pelo arranjo dos horizontes, atividade de argila e a saturação do complexo sortivo por bases ou sais solúveis; 812 grupos que consideram características extraordinárias não englobadas nas subdivisões anteriores e existe a família que está em fase de estruturação (KER, et al., 2012). É importante salientar que toda essa classificação tem abrangência nacional, mas é considerado um sistema taxonômico eficiente com características morfopedológicas e multicategóricas (KER, et al., 2012). A categorização dos solos permeou, também, a construção de um mapa de solos (Figura 2) que localiza os diferentes tipos de acordo com a região brasileira, instrumento imprescindível para o planejamento e gerenciamento dos recursos naturais (CARVALHO, et al., 2013). Esses tipos de mapas também se encontram presentes em outros países.

Figura 2: Mapa de Solos da Bahia.



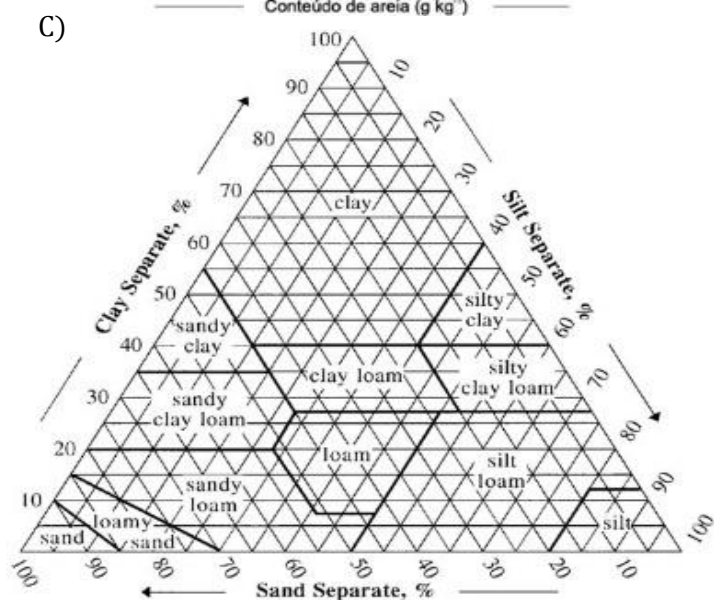
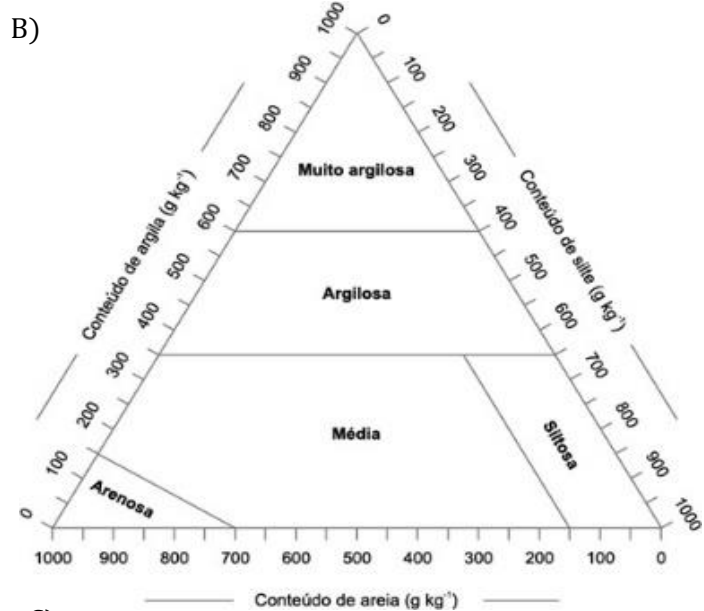
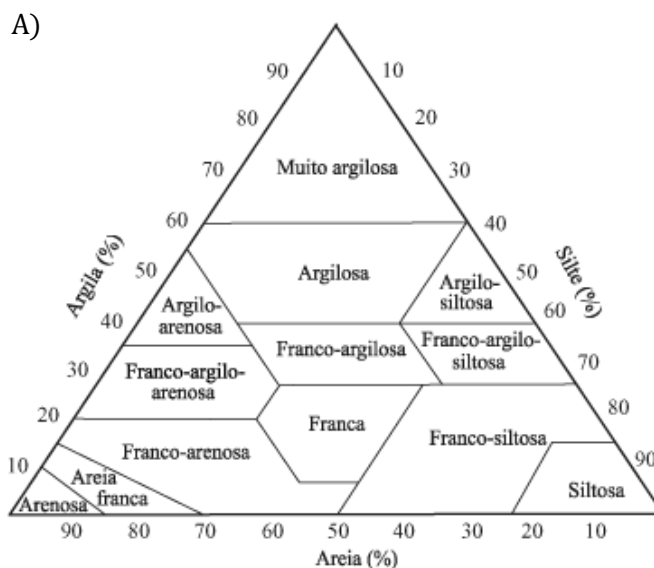
Fonte: Embrapa (2011).

As características e, por conseguinte, a classificação do solo tem forte relação com a mistura de componentes inorgânicos, orgânicos e biológicos. Esses componentes estão distribuídos em três fases: fase sólida, fase líquida e fase gasosa. A fase sólida tem relação com a composição da rocha matriz local, ou transportada, e material orgânico oriundo da decomposição vegetal e animal (MANAHAN, 2004). Já a fase líquida é constituída de água e componentes orgânicos e inorgânicos dissolvidos, formando uma solução (SILVA, 2018). A fase gasosa possui composição variável associada aos gases produzidos e consumidos pelas raízes das plantas, pelos animais e pela atmosfera.

A fase sólida, como resultado de processos físicos, químicos e/ou biológicos, pode ser classificada de acordo com o tamanho das partículas (granulometria), como argila (menor que 0,002 mm), silte (0,002 a 0,05 mm), areia (0,05 a 2 mm) e cascalho (2 a 20 mm) (SILVA, 2018). Esta classificação é de suma importância nas propriedades físicas e químicas do solo, influenciando em características tais como: quantidade de poros, permeabilidade à água, grau de plasticidade, resistência à erosão, etc. (LEPSCH, 2010).

Outra informação relevante a partir da granulometria é a textura do solo, obtida a partir da intersecção entre as linhas de percentagem de cada fração dentro de um guia para agrupamento de classes de textura. Este guia é denominado de pirâmide textural, sendo as mais utilizadas as de Lemos e Santos (SANTOS, et al., 2005) (Figura 3A) com 13 classes texturais, a do United States Department of Agriculture (USDA) (Figura 3C) com 11 classes texturais, e a simplificada - desenvolvida pela Embrapa - (EMBRAPA, 2020) (Figura 3B) com cinco classes texturais. Logo, é possível inferir o potencial de compactação, da disponibilidade de água, da aeração, da condutividade do solo ao ar, à água e ao calor, da infiltração, da redistribuição de água e da suscetibilidade à erosão (SILVA, et al 2004 e VAEZI, HASANZADEH e CERDÀ 2016). A importância da granulometria em estudos do solo é tal que estes parâmetros são utilizados para construção de curvas a partir de modelos matemáticos específicos, permitindo obter o comportamento típico da distribuição do tamanho das partículas de amostra de solo com textura específica (SILVA, 2004).

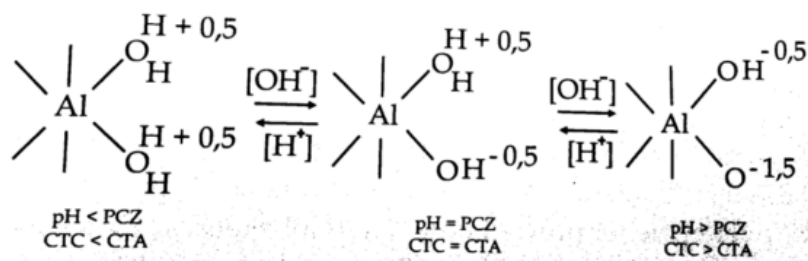
Figura 3: Representação dos Modelos de Triângulo Textural. A) Triângulo Textural Completo; B) Triângulo Textural Simplificado e C) Triângulo Textural do USDA.



A composição química das diferentes frações granulométricas tem correlação com a fração inorgânica, na forma de minerais que podem ser classificados como primários e secundário, sendo o primeiro o que têm relação com a rocha mãe e o segundo provêm da reprecipitação ou síntese dos produtos liberados durante a degradação da rocha mãe e/ou dos minerais primários (MANAHAN, 2004). As frações areia e cascalho são consideradas quimicamente inertes, estando muito associadas aos minerais primários, cujo representante mais comum é o quartzo (LEPSCH, 2010). Por conta disso, de pouca relevância química para as transformações no solo, mas de alta relevância mecânica. Nas frações areia e cascalho também é possível encontrar mica, magnetita, feldspato, assim como alguns minerais secundários, como fitólitos (sílica amorfa solúvel), óxidos de ferro, entre outros, mesmo que em quantidades menores.

Sobre a fração silte e argila, a relação entre elas pode indicar o grau de intemperismo de um solo, instrumento utilizado para classificação (SILVA, 2018). Destas, a argila exibe uma atividade química elevada por conta dos pequenos tamanhos de suas partículas que lhe conferem propriedades coloidais, elevada área superficial e presença de cargas elétricas (LEPSCH, 2010). Essa característica indica alta afinidade pela água ou elementos nela dissolvidos, em que o grupo aluminol da caulinita (Al-OH), um ácido com forte caráter anfótero, possibilita o surgimento de cargas positivas e negativas em sua superfície (Figura 4) (MELO, 2009). Vale salientar que esta atividade pode ser externa ou interna, dependendo se as partículas estão fortemente ou fracamente ligadas, respectivamente. Desta forma, um maior ou menor número de sítios de ligação podem ser estabelecidos com a água ou outras substâncias (LEPSCH, 2010). Estas características classificam a argila como componente de grande relevância para a química do solo, influenciando em várias características tais como: retenção de água, condutividade hidráulica, evaporação, rendimento de culturas, atividade enzimática, fertilidade, umidade e eficiência de distribuição no uso da água (HUAWEI PI, 2020).

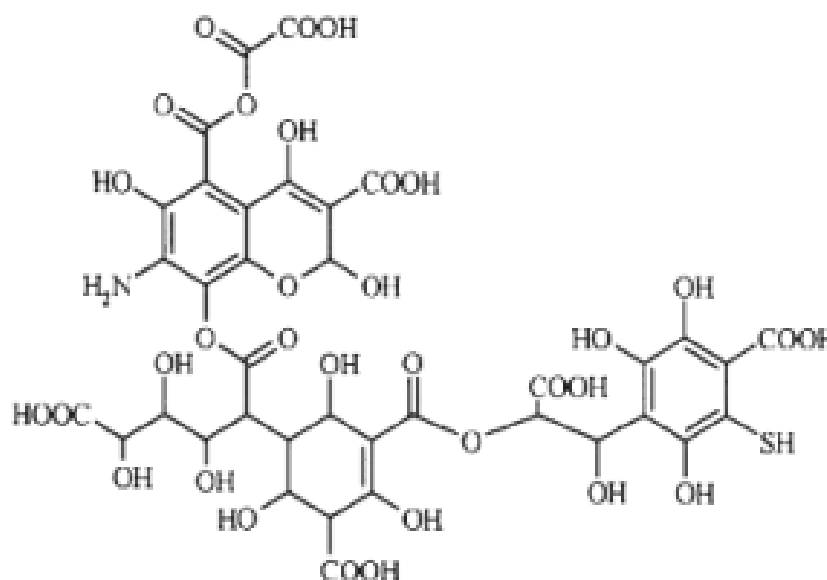
Figura 4: Modelo da formação das cargas negativas e positivas no grupo aluminol.



Fonte: MELO, 2009.

Os componentes orgânicos dos solos são formados pela decomposição microbológica e química de resíduos animais e vegetais, cuja extensão depende de fatores como temperatura, umidade e teor de oxigênio (MELO, 2009). À medida que a matéria orgânica vai sendo degradada, vai ocorrendo a liberação de dióxido de carbono e a lenta formação do húmus (LEPSCH, 2010). As substâncias húmicas são compostas por frações de ácido húmico, ácido fúlvico e huminas, grupos que podem ser classificados, de acordo com critérios de solubilidade, como: ácidos fúlvicos, fração solúvel em meio alcalino e ácido; ácidos húmicos, fração com pouca solubilidade em soluções ácidas diluídas e alta solubilidade em meios alcalinos diluídos; huminas, pouco solúveis em qualquer pH e ácido himatomelânico, os quais são solúveis em álcoois (MATOS, 2014). Esses grupos de compostos são estruturas tão complexas que não são conhecidas estruturas moleculares que os representam, mas, apenas, modelos que tentam se aproximar das suas propriedades químicas, como é o caso da Figura 5 que representa um modelo estrutural de uma fração de ácidos fúlvicos.

Figura 5: Modelo de Estrutura Molecular para os Ácidos Fúlvicos.



Fonte: MATOS, 2014.

As substâncias húmicas desempenham funções vitais para a saúde agrícola dos solos, desde que essas substâncias são responsáveis por retenções elevadas de água devido aos seus numerosos grupamentos químicos hidrofílicos periféricos. Ainda, por possuírem colorações escuras, as substâncias húmicas elevam a temperatura do solo, o que é essencial para a germinação das sementes (MANAHAN, 2004).

A matéria orgânica também é classificada como matéria orgânica morta (MOM), representada pelas frações descritas no parágrafo anterior, e matéria orgânica viva (MOV), representada pela fração biológica. A fração biológica é composta principalmente por bactérias, actinomicetos, protozoários, fungos e nematoides (MELO, 2009). Juntamente com a MOM, a MOV está envolvida no ciclo do carbono e é importante em diversos processos como a formação de agregados do solo, melhorando suas características físicas, incluindo a permeabilidade, a porosidade e a retenção da água (LEPSCH, 2010). Além disso, alguns micro-organismos desempenham papel importante no ciclo do nitrogênio, através da fixação do nitrogênio aos coloides do solo em formas mais facilmente assimiláveis pelas plantas (NH_4^+ e NO_3^-), além de sintetizarem importantes compostos como é o caso das proteínas (LEPSCH, 2010 e MELO, 2009).

Outra propriedade de suma importância e que serve como indicador de qualidade do solo é o pH. Sua importância está associada à sua capacidade de controlar a troca catiônica, dissolução, precipitação, redução, oxidação, adsorção e reações de

complexação de diferentes espécies químicas (KOME, et al., 2018). Desta forma, influenciando diretamente em processos como atividade microbiana, decomposição da matéria orgânica, solubilidade e disponibilidade de nutrientes para plantas, sorção de contaminantes e uma variedade de substâncias envolvidas em processos do ciclo biogeoquímico, ou seja, afeta diretamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (NOBILE, et al., 2020 e KOME, et al., 2018). Segundo Chen e colaboradores (2019), solos com $\text{pH} < 5$ tendem a solubilizar elementos como Al, Pb, Mn, Cu, Cd e Zn; enquanto $\text{pH} > 8,5$ indicam solos ricos em Na, que tende a dispersar na argila, podendo conduzir ao colapso da estrutura do solo, à infiltração lenta de chuva, desmoronamento e erosão, além de ser um ambiente ruim para o crescimento das plantas por não ter água disponível. Em contrapartida, os autores afirmam que as condições ideais para a agricultura se encontram em valores de pH entre 6,5 e 7,0, mas não descarta o cultivo de plantas entre valores pH 5,5-6,5 e 7-8, a depender do tipo de cultura.

A natureza da rocha matriz tem forte correlação com os processos de intemperismo que originam o solo, pois os minerais alteram-se em diferentes taxas e a estrutura das rochas influencia sua suscetibilidade a fraturar-se e fragmentar-se (PRESS, et al., 2006). Isso ocorre porque existem minerais que são mais suscetíveis do que outros a determinados processos químicos e/ou físicos como, por exemplo, o calcário que é menos resistente que o granito (PRESS, et al., 2006). Além disso, as diferenças nos minerais influenciam significativamente na composição da fração inorgânica do solo, pois o solo vai ser rico nos mesmos minerais que a rocha matriz, ou seja, se a rocha apresentar minerais de ferro tais como a magnetita ou goethita o solo também irá apresentar concentrações elevadas desse elemento.

3.2 Solos Urbanos

O crescimento populacional está aliado a um aumento na densidade demográfica, indicando uma ampliação da taxa de urbanização e, por conseguinte, uma alteração do meio ambiente. Destas alterações, merece destaque as ocorridas no recurso solo por sua diversidade de funções e, por conseguinte, importância ambiental. Logo, ocasionando impactos que afetam, além da saúde – pela exposição às suas partículas em suspensão ou

pela ingestão de alimentos cultivados nestes solos –, a qualidade de suas funções no meio urbano –suporte e fonte de material para obras civis, sustento da agricultura urbana e de áreas verdes, meio para descarte de resíduos e armazenamento e filtragem de águas pluviais (PEDRON, et al., 2004).

A compreensão da dinâmica dos solos no meio urbano perpassa, inicialmente, por sua definição, pois o termo solo urbano tem sido empregado para descrever solos de acordo com a classificação de ocupação territorial (PEDRON, et al., 2004). Logo, adicionalmente à definição original de solo, solos urbanos, segundo Vijver (2020), tem seu sentido associado ao local onde se encontra, que são os que ocorrem em áreas urbanizadas e industrializadas. Por sua vez, Pedron (2004) afirma que as palavras solos urbanos compõem um termo com função de ressaltar o uso do solo e apontar para um conjunto de possíveis modificações nas suas propriedades, típicas do meio urbano.

Os solos são constantemente alterados de maneira diferenciada em áreas urbanas e naturais, mas a maioria das atividades urbanizadas afetam, em menor ou maior intensidade, este recurso. Dentre essas atividades, tem-se a industrial, continuamente despejando resíduos que são ricos em espécies orgânicas e/ou inorgânicas, característica marcante do crescimento demográfico em meio urbano e, muitas vezes, o resultado de uma falta de planejamento no uso de recursos naturais. Para exemplificar, tem-se o caso do Estado de São Paulo, em que, segundo relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2015), de 5376 áreas contaminadas, 917 (17%) são resultantes de impactos industriais, perdendo apenas para postos de gasolina que contribuem com 3.979 (74%). Este quadro torna-se mais preocupante por conta dos longos períodos de exposição a que é submetido o solo como ocorre com hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), liberados pela queima de combustíveis fosseis (CACHADA, et al., 2016).

Outro aliado da disponibilização de grande quantidade de poluentes em centros urbanos encontra-se a frota de veículos automotores que, segundo dados do Observatório das Metrópoles Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT, 2013), aumentou aproximadamente 11 vezes em relação à população. Segundo esses dados, de 2001 a 2012, o número de carros nos centros urbanos passou de 24 milhões para 50 milhões. Esses dados são considerados alarmantes quando relacionados aos impactos ambientais gerados pelo trânsito desses veículos, pois tendem a disponibilizar, além dos HPAs,

elementos metálicos tais como o chumbo, cobre, zinco, cádmio, cromo, dentre outros (ZHU, et al., 2016).

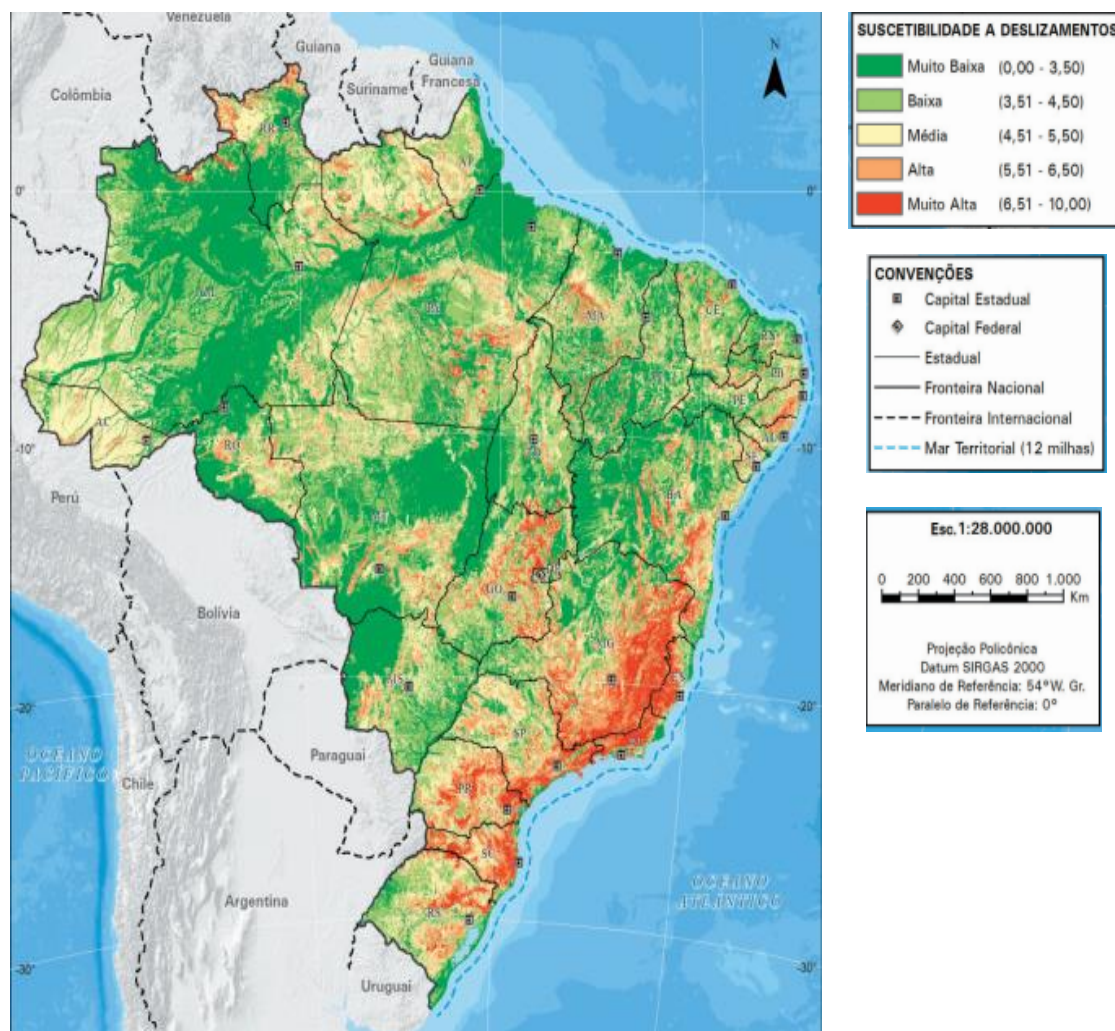
A disponibilização de espécies metálicas nos solos pode ser um risco, cuja avaliação perpassa por fatores de enriquecimento e bioacessibilidade, a qual se encontra associada, principalmente, à suspensão de partículas do solo (WU, et al., 2015). Para isso, é importante conhecer as concentrações, fontes, níveis de contaminação e potenciais riscos ecológicos dos metais pesados como importante indicador da qualidade do solo urbano e da poluição ambiental (YANG, et al., 2020). Além disso, é necessário reconhecer as propriedades físico-químicas do solo, pois tais propriedades podem influenciar seu transporte através do solo, como é o caso do pH que, em valores baixos, muitas espécies metálicas são mais móveis e disponíveis para absorção em comparação com solos neutros ou alcalinos (CHAPMAN, et al., 2013). A presença de ânions inorgânicos, como carbonatos, fosfatos e sulfatos, nos solos compreende um fator de decréscimo na mobilidade de íons metálicos, visto que compostos de solubilidade reduzida podem ser formados.

Os solos também são modificados como consequência de sua compactação, que é capaz de diminuir o volume da fase sólida dos solos, e expulsar o ar que se encontra em seus poros, aumentando a densidade aparente (ROITHMEIER, et al., 2009). Portanto, a compactação dos solos torna-se responsável pela perda da capacidade de absorção da água pluvial, aumentando o escoamento superficial, os cenários de erosão, bem como os quadros de inundação. Além disso, a compactação dos solos apresenta-se como prejudicial para plantação ou projetos de arborização (WERK, 2000). O processo de compactação ocorre em dois estágios: i) pavimentação de terrenos para a construção de vias de tráfego e de fundações de prédios e ii) tráfego sem controle de pessoas e/ou veículos (PEDRON, et al., 2004).

A erosão é outro fenômeno comum em meios urbanos como resultado da desagregação, transporte e deposição ou sedimentação das partículas de solos pela ação da chuva ou do vento (PRESS, et al., 2006). Aliada à erosão, os deslizamentos de camadas de solos também influenciam, significativamente, na formação da paisagem (PEDRON, et al., 2004), podendo ter efeitos catastróficos nos meios urbanizados. Os deslizamentos de camadas de solos é o resultado da falta de equilíbrio entre a massa do material dos componentes do solo e a força de cisalhamento do material declive. O referido

desequilíbrio pode ser potencializado pela ação da água e pela declividade do terreno (MANAHAN, 2004). Com enquadramento dentro do escopo de desastres naturais, os deslizamentos provocam danos à sociedade, incluindo a destruição de edificações e equipamentos urbanos, prejuízos em atividades produtivas, impactos ambientais e perdas de vidas humanas (IBGE, 2019). Por conta disso, são construídos mapas de suscetibilidade a deslizamentos, como forma de acompanhamento de riscos e de tomada de decisões, como o construído pelo IBGE no Brasil (Figura 6). Ambos os fenômenos, erosão e deslizamentos, causam um desequilíbrio que pode ocorrer devido a efeitos naturais – chuvas intensas, por exemplo – e/ou atividades antrópicas – redução da cobertura vegetal, deposição irregular do lixo, alta impermeabilização do solo, aumentando o transporte e sedimentação das suas partículas.

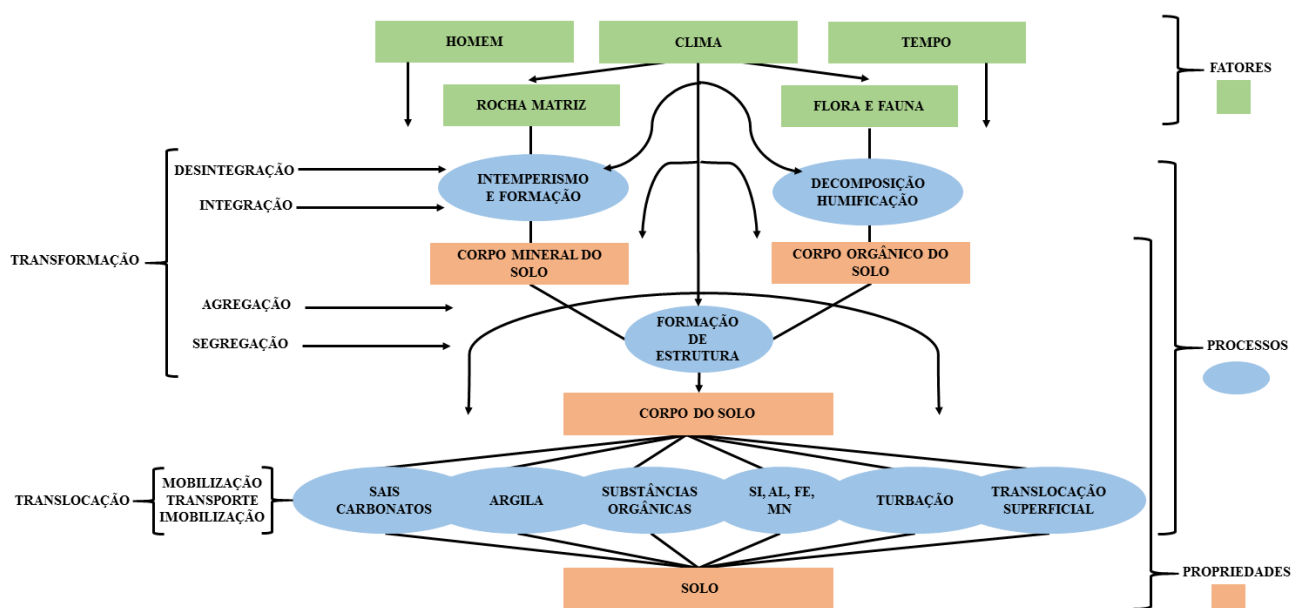
Figura 6: Mapa de Suscetibilidade a Deslizamentos do Brasil.



Fonte: IBGE, 2019.

Os solos estão em constante formação e transformação e as atividades humanas contribuem muito para esse processo. Diante do que foi exposto e avaliando o gráfico de fatores e processos que influenciam na formação do solo (Figura 7), fica ainda mais evidente que não é possível garantir que o mesmo mantenha suas características originais. Isso porque o homem atuou e continua atuando em diversas frentes alterando-o ao longo do tempo.

Figura 7: Representação da Formação dos Solos e a Relação da Influência da Atividade Humana.



No meio urbano, o solo mantém sua elevada importância, destacando-se as práticas agrícolas, cuja segurança dos alimentos cultivados depende fortemente da qualidade ambiental dos solos urbanos.

A intensa atividade antrópica, exemplificadas acima, assim como a transposição de solos para diferentes locais de sua origem podem conduzir à não correspondência entre os solos classificados e setorizados pelo mapa de solos e o que realmente é identificado nos centros urbanos. Quando o transporte dos solos de seus locais de formação é natural, o mesmo está relacionado ao movimento de correntes de água ou vento, ao passo que o

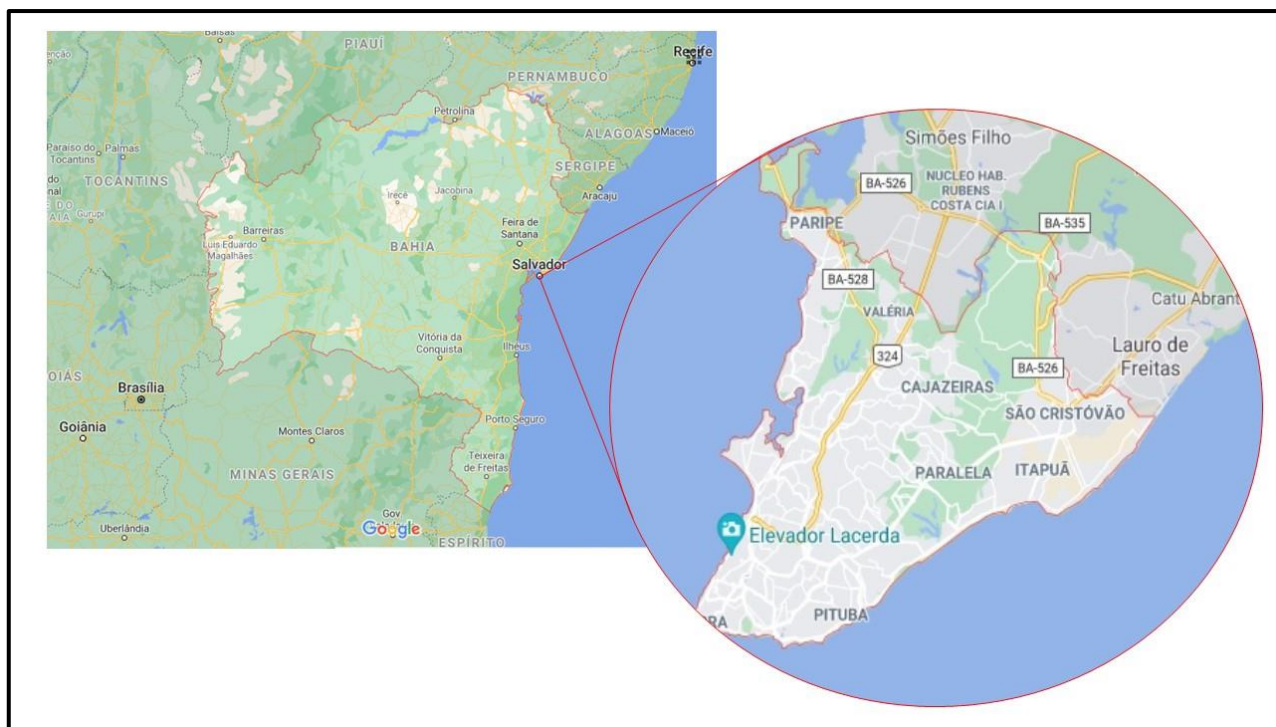
transporte artificial, ou por razões antrópicas, ocorre por meio de obras públicas de pavimentação e reestruturação, além da construção de grandes condomínios, shoppings, entre outros.

3.3 Salvador: Primeira Capital do Brasil

A concentração de grandes populações nos centros urbanos é um fenômeno intensificado desde o início do século XX. Nesse contexto, insere-se o município de Salvador que é a sede da 5ª maior região metropolitana do Brasil e a 109ª mais populosa do mundo, com uma população estimada de 2.886.698 habitantes (IBGE, 2010). A economia da capital baiana tem forte influência da atividade comercial, de indústrias de diferentes setores e, notadamente, do setor turístico com elevado grau de diversificação.

A cidade de Salvador, capital do Estado da Bahia, possui coordenada de Latitude sul 12° 58' 16" e Longitude oeste 38° 30' 39" (Figura 8), com altitude média de 8 metros. O clima predominante é o tropical, caracterizado por altas temperaturas, alta umidade, precipitações mensais intensificadas no inverno e sem estação seca. Com uma área de 693,453 km² e bioma predominante do tipo mata atlântica tem densidade demográfica de 3.859,44 hab/km² (habitantes por quilômetro quadrado) (IBGE, 2010).

Figura 8: Localização da cidade de Salvador-BA.



Fonte: Google Maps, 2021.

De acordo com o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010, a cidade conta com uma população de 2.675.656 habitantes com estimativa para 2010 de 2.886.698 pessoas. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,759, ocupando a 383ª posição, quando comparada a outras cidades brasileiras (ONU, 2017).

A frota de veículos automotores de Salvador é composta por: 67,14 % de veículos de pequeno porte (carros de passeio), 14,36 % de motocicletas, 7,13 % de caminhonetes, 4,95 % de caminhonetes, 2,11 % de caminhões, 1,37 % de utilitários, 1,07 % de ônibus, 1,02 % de motonetas, 0,51 % de micro-ônibus, 0,33 % de caminhões-trator e 0,01 % de tratores (IBGE, 2010).

O município é considerado núcleo de uma região metropolitana, que é composta de 13 municípios no total, os quais são: Camaçari, Candeias, Dias D'Ávila, Itaparica, Lauro de Freitas, Madre de Deus, Mata de São João, Pojuca, São Sebastião do Passé, São Francisco do Conde, Salvador, Simões Filho e Vera Cruz (IPEA, 2017).

A aglomeração populacional, aliada à intensa atividade antrópica no território soteropolitano, tem conduzido a alterações visuais perceptíveis ao longo do tempo, como pode ser percebido na Figura 09. Além destas alterações tem-se uma intensa geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. Essas emissões induzem a consequências deletérias aos ecossistemas aquáticos, terrestres e atmosféricos devido à disponibilização de poluentes. Todavia, no que se refere à saúde humana, os efeitos deletérios estão relacionados às concentrações disponíveis assim como às rotas de exposição, pois a dose biologicamente ativa é dependente da natureza das interações antagônicas ou sinérgicas relacionadas à cinética de absorção, distribuição, biotransformação e excreção (COSTA et al., 2008). É importante salientar que os efeitos tóxicos podem ser prolongados, visto que muitos elementos têm uma acumulação trófica ao longo de uma cadeia alimentar por conta do tempo de permanência nos compartimentos ambientais (SPARKS, 2003; FERGUSON, 1990).

Figura 9: Avenida Luis Viana (Paralela) em sua construção e em tempos atuais.



Fonte: globo.com, publicado em 29 de março de 2012.

Com relação aos ambientes terrestres em regiões urbanas, os solos merecem destaque por serem considerados suporte e fonte de material para obras civis, sustento das agriculturas urbanas, suburbanas e de áreas verdes, armazenamento e filtragem de águas pluviais (PEDRON et. al, 2004). Apesar da relevância enorme dos solos para as atividades humanas, tais ecossistemas têm sido submetidos a diversos tipos de agressões, incluindo: ocupação irregular, desmatamento, disposição inadequada de resíduos sólidos, além da diminuição territorial progressiva devido à expansão de vias de tráfego veicular e construção de grandes empreendimentos imobiliários.

Frente ao exposto, a vulnerabilidade dos solos na capital baiana torna-se evidente, devendo-se destacar o potencial nocivo desse quadro para a disseminação de poluentes transversalmente de diferentes níveis tróficos. Esta preocupação justifica-se pelo contato contínuo, e muitas vezes prolongado, dos habitantes com partículas de solos. Esta exposição é comumente advinda da inalação de partículas suspensas por correntes de ar e/ou revolvidas pela movimentação de veículos e máquinas pesadas, assim como do uso do solo em sistemas de agricultura urbana (EMBRAPA, 2002). Deve-se destacar que as áreas expostas de solos em Salvador estão comumente sem qualquer tipo de cobertura vegetal, o que aumenta consideravelmente a eficiência dos processos erosivos eólicos e/ou hídricos. Além disso as partículas do solo, quando são transferidas para a atmosfera, podem se agregar, sofrendo modificações através de processos físicos (difusão, coagulação, sorção, varredura, condensação, precipitação) e/ou químicos (reações químicas) (LENZI e FAVERO, 2012).

Apesar da importância histórica, social e econômica da cidade de Salvador e da importância do ecossistema solos, não são encontrados trabalhos sobre esta matriz para a capital baiana. Logo, não é possível esboçar o real impacto das atividades humanas na matriz solo. Sendo assim, diante do exposto, tem-se a necessidade de ampliar o banco de dados de informações sobre a matriz solo, com dados recentes do território soteropolitano no que se refere à sua composição mineralógica, orgânica e de espécies químicas metálicas e impactos ambientais (índice de Geoacumulação, índice de poluição e fator de enriquecimento).

4.0 METODOLOGIA

4.1 Equipamentos e reagentes

Na Tabela 2 constam todos os equipamentos que foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Além disso, foram utilizados reagentes de grau analítico, dentre os quais HNO₃ 65 % (m/m) (Merck, Alemanha), HCl 37 % (m/m) (Merck, Brasil) e H₂O₂ 30 % (m/m) (Merck, Brasil). Para o preparo das soluções nas concentrações necessárias, foi utilizada água ultrapura (0,25 µS cm⁻¹) a qual foi obtida de um purificador de água dotado de um sistema de osmose reversa.

Tabela 2: Especificação dos Equipamentos Utilizados

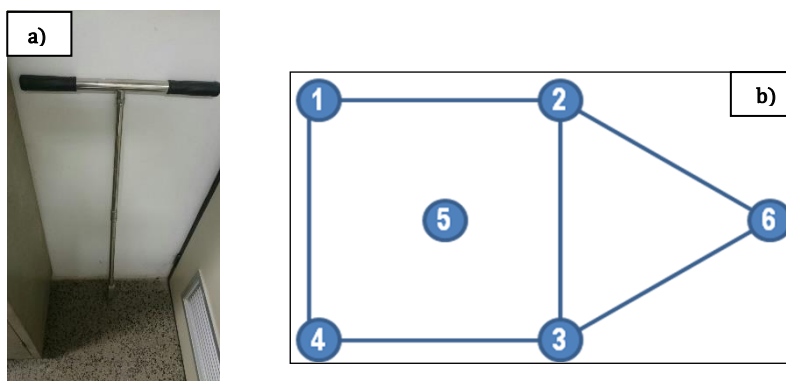
Equipamento	Marca (modelo)	Procedência
Espectrômetro de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado	GBC (SensAA)	Malásia
Espectrômetro de absorção molecular na região do IV com Transformada de Fourier	Perkin-Elmer (Spectrum-100)	EUA
Difracrômetro de Raios-X	Rigaku (X'Pert Pro PW 3040/60)	Japão
Medidor de pH de bancada	Digimed (DM31)	Brasil
Balança analítica	Shimadzu (AY220)	Japão
Estufa	Nova Ética (400-3ND)	Brasil
Purificador de água	Gehraka (Master P&D)	EUA
Mesa agitadora horizontal	Nova Ética (109)	Brasil
Centrífuga	FANEM (Modelo 206-BLC)	Brasil
Forno de micro-ondas de alta pressão	Milestone (Start D)	Itália
Bloco digestor	Tecnal (MICRO TE-040/25)	Brasil

Todas as vidrarias utilizadas nos testes de extração de metais, foram descontaminadas em banho de HCl a 10% (v/v) por 24 horas com posterior enxague com água destilada seguida de água ultrapura.

4.2 Amostragem

A metodologia de amostragem foi retirada de um procedimento de Karim, (2015), consistindo na coleta de amostra composta formada a partir de 6 amostras simples, sendo que cada uma dessas subamostras consistiu da porção de solo retirada até uma profundidade vertical de 0-20 cm. A profundidade de amostragem do solo foi escolhida levando em consideração os horizontes do solo que permitem maiores relações de troca com a atmosfera, tem menor efeito da compactação, assim como são mais intensamente afetados pelos efeitos de atividades antrópicas por sua maior exposição. As amostras simples de solo foram coletadas com o auxílio de um trado holandês confeccionado de aço inoxidável (Figura 10a). Em todos os pontos de coleta, esquematizou-se segundo o desenho amostral demonstrado na Figura 10b e mantendo-se uma distância média de 1,60 m entre cada subamostra. Ainda em campo, todas as 6 subamostras, que somadas representariam um ponto de coleta, foram acondicionadas em vasilhas de polietileno com capacidade para cerca de 1 kg de amostra, onde foi feita também uma primeira homogeneização. Durante todas as coletas, foi possível contar com o auxílio dos professores doutores Madson de Godoi Pereira, co-orientador desta tese, e Arnaud Victor dos Santos, ambos professores titulares da Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Figura 10: Ferramenta utilizada para coleta das amostras e o modelo esquemático da amostragem. a) Trado holandês e b) Desenho Esquemático da Amostragem em cada ponto de coleta, indicando os seis pontos de subamostras.



Os pontos de coleta de amostras foram definidos considerando critérios como elevada movimentação de veículos, pessoas e disponibilidade ao acesso de cobertura de solos. Ao todo, 31 amostras compostas, a partir das seis amostras simples, foram coletadas, sendo que, em cada ponto de coleta, o número de amostras estava correlacionado à extensão da área. Cada um dos pontos de coleta está descrito no mapa da Figura 11 e as respectivas coordenadas com a descrição dos locais de coleta na Tabela 3. A definição da quantidade de pontos de coleta está diretamente relacionada com a extensão do local de coleta e a disponibilidade de superfície de solo disponível. Dessa forma, um total de 186 subamostras foram coletadas. Como características gerais, segundo o Mapa de Solos do Brasil, os solos em todos os pontos de coleta são do tipo argissolos vermelhos-amarelo (Brasil, 2018)

Figura 11: Identificação dos respectivos pontos de coleta das amostras de solo da cidade de Salvador-Ba.



Fonte: Google My Maaps, 2021.

Tabela 3: Descrição e Localização dos pontos Amostrais

Pontos de Coleta	Descrição dos Pontos	Amostras	Localização
Campus I da Universidade do Estado da Bahia (UNEB)	Local ajardinado bastante arborizado, com movimentação elevada de pessoas e intermediária de carros.	1	S12°57'6.1524" W38°27'34.5024"
		2	S12°57'7.956" W38°27'32.3064"
		3	S12°57'9.6768" W38°27'30.7764"
		4	S12°57'13.3452" W38°27'32.1336"
Avenida Jorge Amado no bairro do Imbuí (IMBUI)	Canteiro marginal em avenida rodeada por prédios comerciais, cortada por um canal de esgoto coberto (sobre o qual se encontram restaurantes e lanchonetes) e com movimento elevado de carros.	1	S12°58'07.5" W38°25'58.0"
		2	S12°58'07.5" W38°26'01.2"
		3	S12°58'07.6" W38°26'05.6"
		4	S12°58'07.9" W38°26'09.4"
		5	S12°58'08.4" W38°26'16.4"
Campus da Universidade Federal da Bahia (UFBA) no bairro de Ondina	Local ajardinado bastante arborizado, de movimentação elevada de pessoas e com movimentação intermediária de carros.	1	S12°59'58.7436" W38°30'26.7732"
		2	S12°59'58.5" W38°30'30.4"
		3	S13°00'05.1" W38°30'31.7"
		4	S13°00'08.4" W38°30'27.8"
		5	S13°0'8.334" W38°30'27.144"
Avenida Juracy Magalhães (AJM)	Canteiro central em avenida margeada por prédios comerciais e hospitais e com movimento elevado de carros. Essa avenida é cortada por um canal de esgoto.	1	S13°0'6.5808" W38°28'53.796"
		2	S13°0'11.3616" W38°28'59.178"
		3	S13°00'00.1" W38°28'52.3187"
		4	S12°59'57.048" W38°28'48.5148"
		5	S12°59'50.0352" W38°28'41.3868"
		6	S12°59'43.0584" W38°28'34.0212"
Avenida Antônio Carlos Magalhães (ACM)	Canteiro central e marginais em avenida rodeada por condomínio residenciais e com movimento elevado de carros.	1	S12°59'32.4852" W38°28'314.364"
		2	S12°59'21.948" W38°28'19.002"
		3	S12°59'17.4876" W38°28'6.1824"
		4	S12°58'59.7324" W38°27'59.3856"
		5	S12°58'49.2924" W38°27'58.2732"
Avenida Luis Viana (PARALELA)	Canteiro central e marginais em avenida com movimento elevado de carros.	1	S12°58'4.5224" W38°26'18.96"
		2	S12°57'41.6844" W38°25'59.0592"
		3	S12°57'13.8096" W38°25'380784"
		4	S12°57'45144" W38°25'29.9856"
		5	S12°56'48.93" W38°25'18.7176"
		6	S12°56'31.4988" W38°25'5.3004"

4.3 Preparo das Amostras

Após as coletas, as amostras foram conduzidas aos laboratórios do Programa de Pós-graduação em Química Aplicada da UNEB, onde foram armazenadas em geladeira (cerca de 4 °C) até o dia em que seriam secas em estufa a 60 °C, durante 72 horas. Em seguida, as amostras foram devidamente peneiradas em peneiras de aço inoxidável, cujo tamanho de poro da malha permitia a separação de partículas menores ou iguais a 2 mm. Posteriormente, para algumas das caracterizações físico-químicas, uma fração das amostras a 2 mm foi submetida a um novo processo de peneiramento também em peneiras de aço inoxidável com tamanho de poro que permitia a separação de partículas menores ou iguais a 53 µm. Desta forma, será minimizado os efeitos da fração de minerais de silicatos, pois será retirada a maior porção no processo mecânico de peneiramento.

4.4 Caracterização Físico-química

Todas as amostras de solos, previamente secas e com granulometria menor ou igual a 53 µm, foram submetidas a análises de absorção molecular na região do infravermelho com espectrômetro de FT-IR e difractometria de Raios-X (DRX). Entretanto, para as medidas dos teores de matéria orgânica, de cinzas, de umidade e de pH, foram utilizadas amostras em tamanhos de partículas menores ou iguais a 2 mm.

4.4.1 Determinação do pH das amostras de solo

As medidas de pH foram efetuadas seguindo metodologia de Claessen (1997), na qual cerca de 10 g de amostra, em quadruplicata, foram misturados com 25,00 mL de água deionizada que, em seguida, foram agitados em mesa agitadora horizontal por 2 min. Após esta etapa, os sistemas foram mantidos em repouso por uma hora para, em seguida, ocorrer uma nova agitação de 2 min. e centrifugação das amostras por 5 min. a 1200 rpm

(CLAESSEN, 1997). Posteriormente a fase aquosa foi separada da fase sólida e medidos os valores de pH com medidor de bancada da Digimed (DM31), previamente calibrado.

4.4.2 Determinação do teor de Matéria Orgânica dos solos

Para as medidas dos teores totais de matéria orgânica, foram utilizados 4,0 g de amostras em cadinhos de porcelana, que foram aquecidos em forno mufla com rampas de $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ ($300\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ min}$ // $450\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ min}$ // $550\text{ }^{\circ}\text{C} - 5\text{ h}$), segundo Matos (2014). A quantificação da matéria orgânica foi realizada pela diferença de massa, antes e após calcinação das amostras em cadinhos de porcelana.

4.4.3 Determinação da granulometria das amostras de solos

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em parceria com o professor Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega. Essas análises foram realizadas, aplicando-se o método da pipeta para amostras com teores de matéria orgânica maior que 5 % (m/m), proposto por CLAESSEN (1997). Para aplicação deste método, inicialmente as amostras devem sofrer um pré-tratamento segundo o qual 50 g de amostra são adicionadas a uma cápsula de porcelana, prosseguindo-se com a adição de um pouco de água destilada e porções sucessivas de água oxigenada 30 volumes (5 a 10 mL). Cada adição de água oxigenada estava condicionada à reação efervescente em agitação com bastão de vidro, sendo a cápsula em seguida coberta com vidro de relógio e deixada em repouso por 24 horas. Após esta etapa, a cápsula foi aquecida em estufa a uma temperatura entre 50 e 60 °C, prosseguindo-se com última adição de 5 mL de água oxigenada. Em seguida, a amostra foi filtrada com funil de vidro, lavada com água - por cinco vezes, secas ao ar, homogeneizadas, sendo então medidas massas suficientes para as análises granulométricas pelo método da pipeta. Este método consiste na medida da velocidade de sedimentação da argila, em suspensão aquosa, para uma profundidade de 5 cm, a diversas temperaturas, para execução dos cálculos da Lei de Stokes.

4.4.4 Espectro de Infravermelho (FT-IR) das amostras de solos

Os espectros de absorção no infravermelho foram obtidos utilizando o espectrômetro de infravermelho FT-IR Spectrum 100 Perkin Elmer, com acessório de reflectância total atenuada horizontal (ATR), empregando um cristal de seleneto de zinco (ZnSe) com diamante. Todos os espectros foram obtidos na faixa de 600 a 4000 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 8 varreduras. Antes de iniciar as análises com as amostras, foi medido o espectro de infravermelho sem amostra (background).

4.4.5 Identificação da composição mineralógica via Difração de Raios-X (DRX)

As análises de difração de Raios X foram conduzidas em um aparelho Shimadzu, modelo XRD-6000, usando radiação $K_{\alpha 1}$ do Cu, $\lambda = 1,5420 \text{ \AA}$, com filtro de níquel para $K_{\alpha 2}$. O difratorômetro foi operado a 40 kV e 30 mA. As análises foram realizadas em um intervalo de 2θ entre 10 - 80°, com velocidade do goniômetro de 2° min^{-1} . Adotou-se o método do pó, em que a amostra pulverizada foi colocada sobre um porta amostra de vidro e, com ajuda de uma lâmina de vidro, foi compactada.

4.5 Quantificação de Elementos Fitodisponíveis e Pseudototais

4.5.1 Metodologia de extração de elementos fitodisponíveis das amostras de solos

As extrações da fração fitodisponíveis das amostras de solo, ou seja, aquelas que simulam a capacidade de absorção das plantas foram realizadas mediante a adição de 25 mL de solução de HCl 0,1 mol L^{-1} a 1 g de amostra de solo com partículas menores ou iguais a 2 mm, prosseguindo-se com agitação em mesa agitadora horizontal a 200 rpm

por duas horas, conforme metodologia empregada por Cotta et al (2006). Após essa etapa, a mistura foi filtrada em papel filtro de celulose transferidas para tubos Falcon de 50 mL.

4.5.2 Metodologia de extrações de elementos pseudototais das amostras de solos

As extrações pseudototais foram realizadas com HNO_3 14 mol L^{-1} e H_2O_2 30 % (m/m). Para tanto, seguiu-se o protocolo 3050B da United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA. 1996), mediante o qual se consegue uma digestão parcial das amostras de solos. Esta extração parcial é forte o suficiente para extrair quase todos os elementos que poderiam tornar-se disponíveis para o ambiente. Elementos ligados às estruturas de silicato normalmente não são extraídos por esse procedimento. No entanto, eles são considerados de mobilidade nula no ambiente.

Seguindo o referido protocolo, massas de solo próximas a 1,0000 g foram adicionadas a tubos de digestão, com posterior adição de 5,00 mL de HNO_3 14 mol L^{-1} . Em seguida, os tubos foram aquecidos a $95\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ em bloco digestor por 10 a 15 min, sendo então adicionados, mais 5,00 mL de HNO_3 14 mol L^{-1} em cada tubo de digestão, mantendo o aquecimento por mais 30 min. Estas adições de HNO_3 14 mol L^{-1} continuaram até que não fosse notada mais a coloração marrom, característica da oxidação da matéria orgânica pelo HNO_3 . Após estas etapas, manteve-se o aquecimento até redução do volume de líquido sob o sólido ao mínimo, prosseguindo-se com a adição de 10 mL de H_2O_2 30 % (m/m) e aguardando-se até que a efervescência na mistura fosse mínima. Em seguida foram adicionados 7,00 mL de HCl 12 mol L^{-1} , mantendo-se o aquecimento para que o volume de solução fosse reduzido ao mínimo, a partir do qual a mistura seria transferida para tubos tipo Falcon e avolumadas para 100 mL com água ultrapura, centrifugadas a 2000 rpm e filtradas em papel filtro de celulose.

4.5.3 Metodologia para quantificação de elementos fitodisponíveis e pseudototais das amostras de solos

Para a quantificação dos elementos fitodisponíveis e pseudo-totais foi aplicada uma metodologia que utiliza a técnica multielementar de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado, ICP OES (marca GBC, SensAA). As leituras foram feitas em triplicatas e as áreas dos picos de intensidade foram integradas nos respectivos comprimentos de onda de cada elemento. Os parâmetros que foram utilizados para as análises estão listados na Tabela 4.

Tabela 4: Condições operacionais do ICP OES (configuração axial e radial).

Condições Operacionais do ICP OES	Digerido
Câmara de Nebulização	Ciclônica
Nebulizador	Seaspray
Injetor de Alumina (mm I.D)	1,2
Tocha de Quartzo	One slot
Posição da Tocha	+1
Gerador de Radiofrequência (MHz)	40
Potência de radiofrequência (W)	1200
Fluxo gás plasma (L min ⁻¹)	15
Fluxo de gás de nebulização (L min ⁻¹)	0,8
Fluxo gás auxiliar (L min ⁻¹)	0,6
Taxa de aspiração da amostra (L min ⁻¹)	1,30
Instrument stabilization delay (s)	55

No total foram selecionados 24 elementos para serem quantificados, para ambos os métodos de extração, levando em consideração sua toxicidade, possíveis correlações com atividades antrópicas como tráfico veicular e construção civil e, além disso, parâmetros de qualidade do solo. Os elementos quantificados e suas respectivas linhas espectrais selecionadas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Elementos quantificados nos métodos de extração pseudo-total e fitodisponível e suas respectivas linhas espectrais selecionadas, equação da reta e coeficiente angular da reta para as análises químicas.

Elemento	Fitodisponível			Pseudototal		
	Linha (nm)	Equação	R ²	Linha (nm)	Equação	R ²
Al	396,152	$y = 39780x + 5455,6$	0,9990	396,152	$y = 35598x + 5524,5$	0,9992
As	193,696	$y = 556,29x + 47,795$	0,9990	193,696	$y = 489,11x + 38,905$	0,9997
Ca	317,933	$y = 19413x + 85161$	0,9994	317,933	$y = 19782x + 59704$	0,9996
Cd	226,502	$y = 31316x + 2238,3$	0,9993	226,502	$y = 29243x + 1226,2$	0,9997
Pb	220,353	$y = 1231,6x + 98,389$	0,9991	220,353	$y = 1146,6x + 89,511$	0,9998
Co	238,892	$y = 6086,4x + 442,79$	0,9993	228,615	$y = 6120,3x + 215,08$	0,9996
Cr	205,560	$y = 16444x + 877,23$	0,9990	267,716	$y = 19447x + 1068,9$	0,9996
Cu	324,754	$y = 25439x + 1667,8$	0,9992	324,754	$y = 25098x + 989,7$	0,9997
S	181,972	$y = 167,37x + 83,112$	0,9997	181,972	$y = 172,12x + 55,481$	0,9997
Sb	206,834	$y = 715,17x + 98,842$	0,9995	231,146	$y = 286,46x + 50,246$	0,9992
Sn	283,998	$y = 1485,2x + 142,95$	0,9993	283,998	$y = 1417,6x + 96,129$	0,9997
Sr	407,771	$y = 3.10^6x + 319946$	0,9970	407,771	$y = 3.10^6x + 307435$	0,9994
Fe	238,204	$y = 16055x + 60570$	0,9993	238,204	$y = 14674x + 60566$	0,9993
P	213,618	$y = 1001,3x + 103,01$	0,9994	213,618	$y = 970,27x + 59,754$	0,9997
Li	670,783	$y = 4.10^6x + 289623$	0,9985	670,783	$y = 3.10^6x + 198909$	0,9991
Mg	280,270	$y = 50758x + 93282$	0,9988	285,213	$y = 13257x + 45941$	0,9995
Mn	257,610	$y = 158600x + 13567$	0,9994	259,372	$y = 80810x + 12210$	0,9995
Mo	203,846	$y = 4000,7x + 238,13$	0,9993	203,846	$y = 2652x + 153,09$	0,9994
Ni	231,604	$y = 2615,2x + 237,28$	0,9992	231,604	$y = 2425,5x + 88,678$	0,9995
K	769,897	$y = 115847x + 136564$	0,9991	769,897	$y = 79801x + 315817$	0,9998
Se	203,985	$y = 275,94x + 38,545$	0,9996	196,026	$y = 383,15x + 38,163$	0,9995
Na	330,237	$y = 89,422x + 134,67$	0,9995	330,237	$y = 61,691x + 552,9$	0,9994
V	310,229	$y = 34698x + 6249,6$	0,9993	310,229	$y = 34502x + 5613,3$	0,9998
Zn	213,857	$y = 22647x + 2695,1$	0,9999	213,857	$y = 21021x + 1613,8$	0,9998

Dos elementos selecionados para serem quantificados foram detectados 12 (Al, Ca, Cr, Pb, Cu, Sr, Fe, Mg, Mn, K, V e Zn). Os demais tiveram seus valores de concentração abaixo do limite de detecção (LOD) ou quantificação (LOQ). Os valores dos LOD e LOQ para cada elemento está descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Valores dos limites de detecção e limites de quantificação para os elementos analisados, considerando os métodos de extração pseudo-total e fitodisponível.

Elemento	Fitodisponível (mg.Kg ⁻¹)		Pseudo-total (mg.Kg ⁻¹)	
	LOD	LOQ	LOD	LOQ
Al	2,35	7,84	16,10	53,66
As	15,6	52,0	2,45	8,16
Ca	13,0	43,35	4,32	14,42
Cd	0,240	0,80	1,43	4,76
Pb	28,9	96,48	38,39	127,96
Co	2,96	9,88	2,43	8,10
Cr	0,250	0,83	10,82	36,07
Cu	0,230	0,77	2,70	9,00
S	31,8	105,83	43,28	144,26
Sb	23,9	79,64	40,22	134,08
Sn	13,2	43,99	18,57	61,91
Sr	0,27	0,89	0,92	3,06
Fe	12,8	42,75	3,85	12,85
P	8,46	28,21	113,34	377,80
Li	0,140	0,48	0,53	1,77
Mg	12,4	41,51	5,74	19,14
Mn	0,260	0,87	0,14	0,47
Mo	2,44	8,14	8,75	29,15
Ni	4,01	13,36	4,76	15,86
K	0,700	2,32	4,54	15,15
Se	20,8	69,48	76,48	254,92
Na	9,97	33,23	723,86	2412,88
V	0,200	0,67	0,21	0,69
Zn	0,550	1,84	0,10	0,33

4.6 Cálculo de Índices e Fator de Enriquecimento referentes aos solos estudados

4.6.1 Cálculo de Índice de Poluição

Os índices de poluição (IPs) dos elementos nos solos coletados no município de Salvador-BA foram calculados, utilizando-se padrões de concentração de referência para as concentrações originais dos mesmos no solo e na crosta terrestre do planeta Terra. Estes foram calculados a partir da seguinte relação matemática:

$$IP = \frac{C_{metal}}{C_{Ref}} \quad (\text{KARIM, et al., 2015})$$

Em que C_{metal} é a concentração do metal na amostra e C_{Ref} é a concentração do metal na crosta terrestre. Os valores de referência na crosta e no solo estão expostos na Tabela 7.

Tabela 7: Valores de Referência para a Concentração dos Elementos no Solo e na Crosta Terrestre.

ELEMENTO	SOLO (mg kg ⁻¹)	CROSTA TERRESTRE (mg kg ⁻¹)
Alumínio	71000	82000
Ferro	40000	41000
Cálcio	15000	41000
Potássio	14000	21000
Magnésio	5000	23000
Mangânes	1000	950
Estrôncio	250	370
Zinco	90	75
Vanádio	90	160
Chumbo	35	14
Cobre	30	50

Fonte: Essington, 2003.

Para avaliação dos valores obtidos para o índice de poluição, foram utilizadas as categorias listadas na Tabela 8.

Tabela 8: Classificação dos Solos em Categorias de acordo com o Índice de Poluição.

ÍNDICE DE POLUIÇÃO	CATEGORIAS
$IP \leq 1$	Não contaminado
$1 < IP \leq 3$	Nível baixo de contaminação
$3 < IP \leq 5$	Nível moderado de contaminação
$IP > 5$	Nível alto de contaminação

Fonte: Wu et al, 2015.

4.6.2 Cálculo de Índice de Geoacumulação

O índice Geoacumulação (I_{geo}) é uma medida do enriquecimento da concentração de metal acima das concentrações correspondentes aos valores de referência, sendo o mesmo calculado a partir da seguinte relação matemática:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_{m amostra}}{1,5 \times C_{m controle}} \right) \text{ (OKONKWO, et al., 2021)}$$

Em que $C_{m amostra}$ é a concentração do elemento na amostra e $C_{m controle}$ é a concentração controle do elemento, que será adotada como os valores de referência na crosta terrestre ou no solo, para cada elemento (Tabela 7).

Para avaliação dos valores obtidos, foram utilizadas as categorias listadas na Tabela 9.

Tabela 9: Classificação do Solo de acordo com o Índice de Geoacumulação.

ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO	CLASSE DO SOLO
$I_{geo} \leq 0$	0
$0 < I_{geo} \leq 1$	1
$1 < I_{geo} \leq 2$	2
$2 < I_{geo} \leq 3$	3
$3 < I_{geo} \leq 4$	4
$4 < I_{geo} \leq 5$	5
$I_{geo} > 5$	6

Fonte: Junior et al, 2008.

4.6.3 Cálculo de Fator de Enriquecimento

O fator de enriquecimento (EF) é o indicador usado na determinação das condições e nível de contaminação ambiental, pois permite distinguir se o enriquecimento é natural, ou seja, em função da geologia e/ou mineralogia do solo ou devido a atividade antrópica. Para as amostras de solo do município de Salvador-BA, ele foi calculado a partir da seguinte relação matemática:

$$EF = \frac{\left(\frac{Me}{Fe}\right)_{amostra}}{\left(\frac{Me}{Fe}\right)_{valores\ de\ referência}} \quad (\text{WU, et al., 2015})$$

Em que $\left(\frac{Me}{Fe}\right)_{amostra}$ representam a proporção de metal para Fe na amostra e o $\left(\frac{Me}{Fe}\right)_{valores\ de\ referência}$ representam a proporção de metal para Fe presentes originalmente na crosta terrestre ou no solo (Tabela 7).

O ferro foi escolhido como elemento normalizador por ser considerado um elemento conservativo já que suas fontes naturais (~ 1,5 %) pouco sofrem alteração por processos biogeoquímicos, possuindo um elevado tempo de residência. Para avaliação dos valores obtidos, foram utilizadas categorias listadas na Tabela 10.

Tabela 10: Categorias para avaliação do Fator de Enriquecimento

FATOR DE ENRIQUECIMENTO	CATEGORIAS DE FATOR DE ENRIQUECIMENTO
EF < 2	Enriquecimento deficiente ou mínimo
2 ≤ EF < 5	Enriquecimento moderado
5 ≤ EF < 20	Enriquecimento significativo
20 ≤ EF < 10	Enriquecimento alto
EF ≥ 40	Enriquecimento extremo

5.0 Resultados e Discussão

5.1 Caracterização Físico-Química

Os valores de pH e matéria orgânica nas amostras de solo constam na Tabela 11.

Tabela 11: Valores de pH e de teores de matéria orgânica nas amostras de solo.

Pontos de Coleta	Amostras	pH (n=3)	Matéria Orgânica (% m/m) (n=3)
UNEB	1	4,89 ± 0,14	2,77 ± 0,19
	2	5,25 ± 0,13	10,37 ± 0,25
	3	6,52 ± 0,09	4,06 ± 0,08
	4	6,54 ± 0,04	7,93 ± 0,29
Imbui, Av.Jorge Amado (IMBUI)	1	6,57 ± 0,04	5,34 ± 0,07
	2	6,73 ± 0,02	5,72 ± 0,21
	3	6,75 ± 0,11	4,42 ± 0,04
	4	6,81 ± 0,02	3,33 ± 0,04
	5	6,60 ± 0,09	2,01 ± 0,11
UFBA	1	7,16 ± 0,09	8,31 ± 0,41
	2	6,97 ± 0,13	8,74 ± 0,23
	3	7,23 ± 0,02	8,38 ± 0,28
	4	6,95 ± 0,20	6,04 ± 0,10
	5	7,36 ± 0,05	5,82 ± 0,56
Avenida Juracy Magalhães (AJM)	1	6,82 ± 0,07	2,62 ± 0,37
	2	6,62 ± 0,06	8,94 ± 0,02
	3	6,62 ± 0,04	4,66 ± 0,12
	4	6,35 ± 0,06	10,80 ± 0,16
	5	6,37 ± 0,01	6,33 ± 0,12
	6	6,57 ± 0,22	8,21 ± 0,27
Avenida Antônio Carlos Magalhães (ACM)	1	5,91 ± 0,09	5,41 ± 0,10
	2	6,12 ± 0,07	4,76 ± 0,06
	3	6,14 ± 0,05	8,29 ± 0,32
	4	6,26 ± 0,07	5,60 ± 0,06
	5	6,36 ± 0,08	6,15 ± 0,12
Paralela, Avenida Luis Viana (PARALELA)	1	6,72 ± 0,12	8,07 ± 0,07
	2	5,92 ± 0,13	9,00 ± 0,16
	3	5,74 ± 0,04	8,19 ± 0,10
	4	5,98 ± 0,03	7,98 ± 0,22
	5	6,22 ± 0,12	9,63 ± 0,15
	6	6,31 ± 0,10	8,95 ± 0,19

Sobre os valores de pH (Tabela 11), foi possível perceber que a maioria das amostras tem valores acima de 5,5. Esses resultados indicam que, possivelmente, os elementos metálicos estão imobilizados mediante precipitação e/ou adsorção nas partículas da fase sólida. Somente duas amostras — do espaço amostral UNEB — encontram-se com valores de pH menores que 5,5, logo a solubilização de espécies químicas metálicas na fase líquida do solo é esperada (CHEN, 2019 e PAYE, 2010). É importante salientar que a relação do pH com a solubilização de espécies químicas metálicas está associada às características gerais dos solos, principalmente para a o uso na agricultura e a capacidade de disponibilidade de metais de modo geral, considerando sua macroestrutura.

Comparando os resultados de pH do solo obtidos neste trabalho com os obtidos em outros trabalhos, também em meios urbanos e determinação usando as mesmas metodologias, observa-se que os autores obtiveram valores acima de 6,0 (Tabela 12). No caso do solo do sul da Polônia, apresentado na Tabela 9, a faixa de valores de pH é semelhante à obtida neste trabalho e os outros casos são de solos mais ácidos (São Paulo) ou mais alcalinos (China). De forma geral, os solos da área amostrada classificam-se como solos de acidez média até uma alcalinidade fraca.

Tabela 12: Valores de pH de outras referências em comparação aos obtidos neste trabalho.

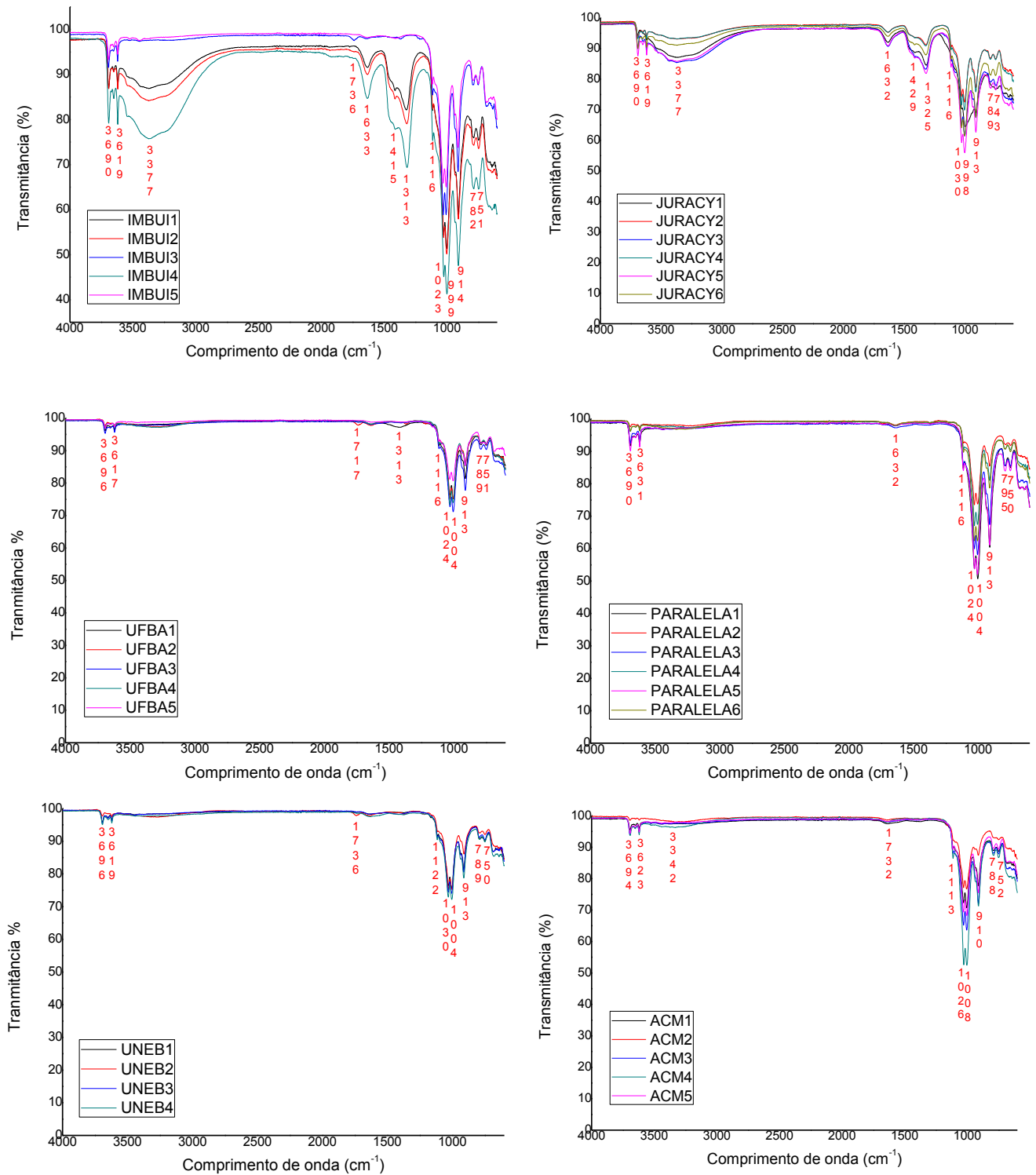
	Este trabalho	CETESB 2015	Wang, et al. 2018	Gruszecka-Kosowska, et al. 2020
Local	Brasil Salvador-BA	Brasil (São Paulo)	China Xi'an	Sul da Polônia
Faixa de pH	4,89 -7,36	3,60-6,90	7,65-8,54	4,8-7,9

Os resultados dos teores de matéria orgânica revelaram valores que se encontram na faixa de 2,77 % (m/m) a 10,8 % (m/m) (Tabela 11), sendo assim é esperado que os solos com os maiores teores tenham maior capacidade de estruturação ou organização espacial como consequência dos processos físico-químicos entre fração orgânica e inorgânica (MELO, 2009). Além disso, muitas classes de componentes orgânicos têm uma elevada capacidade de retenção de poluentes através de processos adsortivos,

podendo, com isso, influenciar na disponibilização de elementos tais como o manganês e o chumbo (Santos, 2007).

As análises baseadas na absorção molecular na região do infravermelho, conduzidas em todas as amostras de solo seco com tamanhos de partículas menores ou iguais a 53 μm , estão esboçadas na Figura 12. Todas as bandas foram atribuídas em números de onda, expressos em cm^{-1} . A interpretação detalhada de cada banda é difícil, já que o solo compreende um material muito complexo, contendo componentes inorgânicos – silicatos, carbonatos, sulfatos, nitratos, bem como fosfatos – além de compostos orgânicos como ácidos húmicos e fúlvicos (SLIWINSKA, 2019). Esta dificuldade está associada à sobreposição de bandas de grupos orgânicos e inorgânicos. Em termos da fração orgânica, é possível inferir que as bandas entre 3690 a 3619 cm^{-1} podem ser atribuídas às ligações N-H de aminas e amidas. Já a banda em 3377 cm^{-1} é devida aos estiramentos dos grupamentos hidroxila de álcoois e fenóis assim como de ácidos carboxílicos por ligação de hidrogênio, enquanto bandas entre 1736 cm^{-1} e 1632 cm^{-1} são características de vibrações de estiramento de C=C de alcenos conjugados, COO⁻ e C=O de quinonas. Por sua vez, as bandas localizadas entre 1415 cm^{-1} a 1313 cm^{-1} foram originadas por estiramentos das ligações C-O. No tocante à fração inorgânica das amostras de solos, é possível evidenciar as bandas em torno de 1200-1000 cm^{-1} como estando relacionadas aos estiramentos das ligações Si-O de silicatos, ao passo que as bandas em torno de 780 cm^{-1} representam as torções vibracionais de ligações de Si-O-Al e Si-O-Fe (SINGH, 2007).

Figura 12: Espectros de Infravermelho das Amostras de Solos de Salvador-BA. (2017)



Os resultados das análises granulométricas constam na Tabela 13, através dos quais foi possível obter informações sobre a física dos solos da área amostral do município de

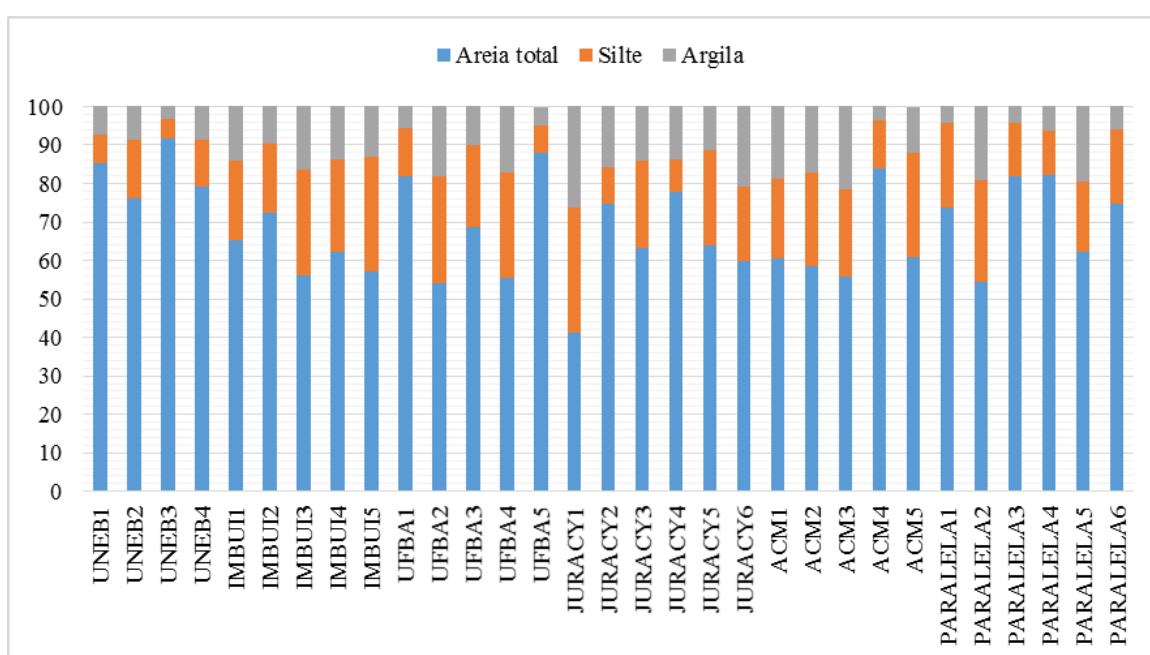
Salvador-BA. Essas informações revelaram valores de teores de areia total entre 41,2 e 91,8 % (m/m); de silte entre 5,0 e 32,6 % (m/m), ao passo que os teores de argila variaram de 3,2 a 26,2 % (m/m).

Tabela 13: Resultados das Análises Granulométricas

Pontos de Coleta	Amostras	Areia total (%)	Argila (%)	Silte (%)	Classe Textural (EMBRAPA)	Classe Textural (USDA)
UNEB	1	85,1	7,4	7,5	Arenosa	Areia argilosa
	2	76,2	8,5	15,3	Arenosa	Barro arenoso
	3	91,8	3,2	5,0	Arenosa	Areia
	4	79,1	8,6	12,3	Arenosa	Barro arenoso
Imbui, Av. Jorge Amado	1	65,2	14,1	20,7	Média	Barro arenoso
	2	72,5	9,8	17,7	Média	Barro arenoso
	3	56,3	16,5	27,2	Média	Barro arenoso
	4	62,2	13,8	24,0	Média	Barro arenoso
	5	57,2	13,0	29,8	Média	Barro arenoso
UFBA	1	81,8	5,5	12,7	Arenosa	Areia argilosa
	2	54,0	18,2	27,8	Média	Barro arenoso
	3	68,5	10,2	21,4	Média	Barro arenoso
	4	55,5	17,0	27,5	Média	Barro arenoso
	5	87,8	4,9	7,2	Arenosa	Areia
Avenida Juracy Magalhães (AJM)	1	41,2	26,2	32,6	Média	Barro
	2	74,7	15,7	9,6	Arenosa	Barro arenoso
	3	63,2	13,9	22,9	Média	Barro arenoso
	4	77,7	13,7	8,7	Arenosa	Barro arenoso
	5	64,0	11,2	24,8	Média	Barro arenoso
	6	60,0	20,9	19,1	Média	Barro de areia e argila
Avenida Antônio Carlos Magalhães (ACM)	1	60,7	18,7	20,6	Média	Barro arenoso
	2	58,4	17,1	24,5	Média	Barro arenoso
	3	55,9	21,4	22,7	Média	Barro de areia e argila
	4	84,0	3,5	12,5	Arenosa	Areia argiloso
	5	61,0	12,0	26,9	Média	Barro arenoso
Paralela, Avenida Luis Viana	1	73,8	4,4	21,8	Média	Barro arenoso
	2	54,3	19,1	26,7	Média	Barro arenoso
	3	82,0	4,5	13,6	Arenosa	Areia argilosa
	4	82,1	6,3	11,6	Arenosa	Areia argilosa
	5	62,2	19,5	18,3	Média	Barro arenoso
	6	74,6	6,1	19,4	Média	Barro arenoso

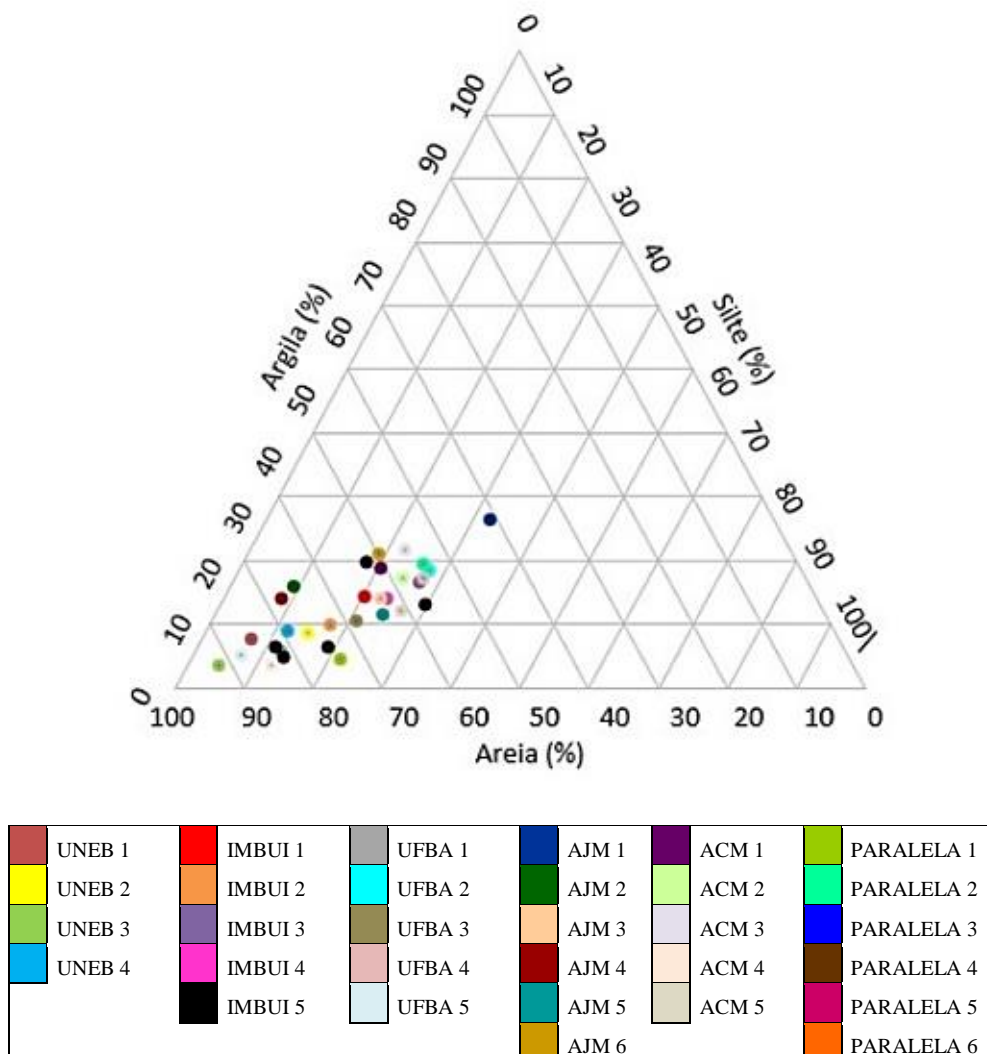
A magnitude da relação de distribuição das percentagens das frações granulométricas do solo (areia, silte, argila), em cada amostra, pode ser melhor visualizada através da Figura 13: Distribuição das frações Areia total, Silte e Argila das amostras de solo do município de Salvador-BA. que consta um gráfico em que nas abscissas se encontra a identificação das amostras de solo e os eixos das ordenadas consta a relação percentual. Através do gráfico evidenciou-se que até amostras coletadas em uma mesma região não apresentaram as mesmas percentagens para qualquer uma das frações.

Figura 13: Distribuição das frações Areia total, Silte e Argila das amostras de solo do município de Salvador-BA.



Com os dados de análise granulométrica, foi possível a identificação da classe textural dos solos em função dos seus principais contribuintes (areia, silte e argila) dentro do triângulo de textura da EMBRAPA. Através destes resultados foi construída a pirâmide textural para as amostras de solo do município de Salvador-BA (Figura 14), sendo o mesmo identificado, predominantemente, da classe arenosa e média.

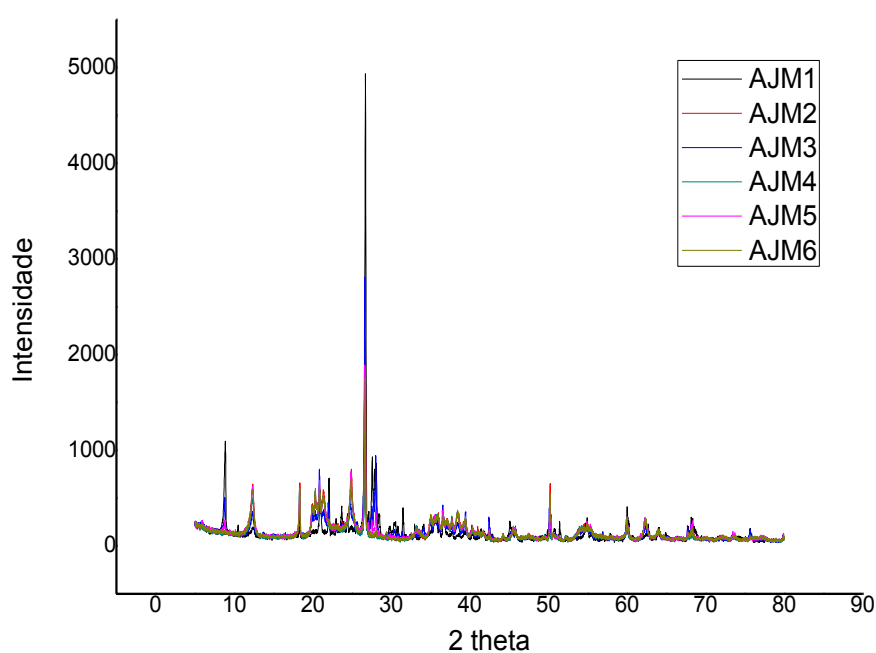
Figura 14: Triângulo textural com a respectiva base de dados utilizadas neste trabalho (amostras de solos de Salvador-BA).



A análise de difração de Raios-X (DRX) revelou informações sobre a composição mineralógica dos solos com o auxílio da interpretação dos difratogramas segundo Chen (1977). Os difratogramas das amostras de solo de Salvador apresentaram padrões de reflexão orientada similares ao apresentado na Figura 15, correspondente às amostras da Avenida Juracy Magalhães. Foi possível evidenciar a presença marcante dos picos característicos do quartzo (SiO_2) em suas diversas distâncias interplanares (4,29; 2,55; 2,49; 2,42; 2,29; 1,98; 1,81; 1,68; 1,54 e 1,38 Å). Este mineral é bastante comum da fração areia, em todos os tipos de solos, sendo o pico da região aproximada de $26^\circ 2\theta \text{CuK}\alpha$,

distância interplanar de $3,33 \text{ \AA}$, a de maior intensidade. Uma exceção a essa tendência de maior intensidade associada às distâncias interplanares do quartzo é encontrada nas amostras de solos coletadas nos pontos 1, 5 e 6 da Avenida Paralela. Nestas amostras, as maiores intensidades estão associadas ao pico da caulinita na região de aproximadamente $12^\circ 2\theta \text{ CuK}\alpha$, correspondente à distância interplanar de $7,19 \text{ \AA}$.

Figura 15: Difratomogramas das amostras de solo da Avenida Juracy Magalhães.



É comum que as elevadas quantidades de quartzo, em suas diversas distâncias interplanares, dificultem a identificação de outros minerais. Apesar disso, foi possível a identificação de anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), calcita (CaCO_3), caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibsitita ($\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$), goethita ($\alpha\text{-FeOOH}$), hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) e ilita ($3\text{K}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 26\text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Esses dados estão descritos na Tabela 14, na qual é possível evidenciar as intensidades relativas dos sinais para cada mineral, com suas respectivas distâncias interplanares (DI), em cada uma das amostras. Sobre esses dados, é possível observar que o componente que aparece em todas as amostras, além do quartzo, é a caulinita nas DI de $7,19$ e $3,58 \text{ \AA}$ com as menores e maiores intensidades para as amostras da UNEB e da

PARALELA, respectivamente. Adicionalmente, foi também identificado o pico correspondente à DI de 3,19 Å em algumas amostras, com exceção de algumas amostras (UNEB; IMBUI; UFBA 4 e 5; JURACY 2, 4 e 6 e ACM 4). Esses dados de intensidade de sinal para a caulinita, aliada às suas propriedades, ratificam o que foi citado por Jorge C. Miranda-Trevino (2003) sobre sua abundância e importância para a mecânica e estabilidade dos solos como consequência da sua capacidade de se ligar a diferentes componentes do mesmo. Essa capacidade elevada está associada às características anfotéricas desenvolvidas para cargas positivas ou negativas, que potencializam a capacidade de retenção de elementos metálicos, assim como de ligação com componentes orgânicos do solo (CHEN, 2020 e MIRANDA-TREVINO, 2003).

Outro mineral que merece destaque é a gibsita por estar presente na maior parte das amostras, como pode ser observado na Tabela 14. Esse mineral da classe dos óxidos de alumínio também apresenta bons resultados de interação com constituintes naturais, ou não, do solo. Testes simulados com antimônio, por exemplo, revelaram que esse elemento é fortemente absorvido à superfície da gibsita possivelmente via mecanismo de esfera interna com a formação de um complexo de superfície monodentado e binuclear (RAKSHIT, 2011). Comparando os sinais da caulinita com os da gibsita, estes apresentam menores intensidades, indicando teores menores. Os sinais mais intensos estão associados às amostras da UFBA e da PARALELA.

Tabela 14: Identificação dos minerais e suas respectivas distâncias interplanares obtidas a partir das análises de DRX.

	DI (Å)	Intensidades de sinal (2 θ CuK α)								
		An	C	Ct		Gb	Gt	Hm	Il	
		3,19	3,04	7,19	3,58	3,19	4,85	1,49	2,73	10,09
UNEB	1	---	---	218	222	---	---	---	---	---
	2	---	---	596	588	---	464	---	---	---
	3	---	---	204	214	---	---	---	---	---
	4	---	---	398	466	---	---	---	---	---
IMBUI	1	---	422	744	860	---	330	266	---	---
	2	---	350	752	560	---	296	314	---	---
	3	---	122	1028	968	---	266	232	---	---
	4	---	---	1158	1384	---	184	430	---	---
	5	---	308	782	902	---	258	276	---	---
UFBA	1	2690	3990	4210	4230	2240	3750	---	2710	---
	2	5420	---	4380	5040	3230	2120	---	1930	1750
	3	4320	1430	3310	3730	1440	2370	---	1220	1190
	4	3000	1070	2650	3250	---	1740	---	630	1000
	5	1550	---	640	710	---	---	---	---	---
Avenida Juracy Magalhães (AJM)	1	710	210	200	254	864	210	227	400	1096
	2	210	---	646	724	---	662	288	---	---
	3	452	---	362	450	946	328	218	---	506
	4	524	---	498	572	---	622	284	---	---
	5	510	---	630	780	372	548	270	---	272
	6	534	---	592	692	---	606	284	---	---
Avenida Antônio Carlos Magalhães (ACM)	1	2410	---	1810	1680	850	2170	---	660	1170
	2	2280	---	1330	1190	2150	700	---	---	5420
	3	4310	1600	4800	4670	1770	3180	---	2280	1579
	4	2250	---	4810	3390	---	1520	---	---	1390
	5	1590	---	2510	2010	700	700	---	---	---
Paralela, Avenida Luis Viana (PARALELA)	1	2730	750	8370	5590	1040	2930	---	1050	1290
	2	5760	610	2730	2460	890	1760	---	590	760
	3	2970	870	5030	3460	880	1710	---	470	440
	4	2550	1160	4090	2850	700	1860	---	1050	830
	5	4800	2040	10000	8400	2330	8550	---	1850	1450
	6	2790	1740	10000	7650	2330	2210	---	1820	1860

Identificação de siglas: An = Anortita; C = Calcita; Ct = Caulinita; Gb = Gibsita; Gt = Goethita; Hm = Hematita e Il = Ilita.

5.2 Quantificação de Elementos Fitodisponíveis e Pseudo-totais

Os dados das concentrações dos elementos foram obtidos a partir de dois métodos de extração: o pseudo-total e o fitodisponível. O primeiro corresponde à fração que se encontra associada às fases minerais, com exceção de alguns silicatos com estruturas mais estáveis, e o segundo é relacionado à fração facilmente disponível para as plantas. No total, foram selecionados 24 elementos para serem quantificados entre metálicos e não metálicos para ambos os métodos, os quais foram: alumínio (Al), antimônio (Sb), arsênio (As), cálcio (Ca), cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), enxofre (S), estanho (Sn), estrôncio (Sr), ferro (Fe), fósforo (P), lítio (Li), magnésio (Mg), mangânes (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), potássio (K), selênio (Se), sódio (Na), vanádio (V) e zinco (Zn).

Na Tabela 1, encontram-se os dados da extração pseudo-total. Do total de analitos selecionados para este trabalho, foi possível quantificar nove elementos: Al, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, V e Zn. Para os demais elementos suas concentrações ficaram abaixo do limite de quantificação para o método usado (Tabela 6). Dos elementos quantificados, o Zn e o Cr são os únicos com valores orientadores estabelecidos pela resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2009). Para o zinco, o limite de prevenção (VP) de 300 mg kg^{-1} , significando a concentração limite da espécie química no solo, para que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais; valor de Investigação (VI), significando a concentração acima da qual podem existir riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, de 450 mg kg^{-1} (solos agrícolas), 1000 mg kg^{-1} (solos residenciais) e 2000 mg kg^{-1} (solos industriais). Para este elemento, todos os valores ficaram abaixo dos limites orientadores e, na amostra UNEB 1, inclusive, abaixo dos limites de quantificação. Já para o Cr, o VP é de 75 mg kg^{-1} e os VI são de 150 mg kg^{-1} (solos agrícolas), 300 mg kg^{-1} (solos residenciais) e 400 mg kg^{-1} (solos industriais). Entretanto, diferente do que ocorreu com o Zn, algumas amostras tiveram valores acima do VP (UFBA 2 e 4, AJM 2 e 4, PARALELA 2 e 3) ou próximo a ele (UNEB 2, UFBA 3, AJM 6). Estes valores indicam um alerta para a capacidade do solo de manter suas funções, mas não são suficientes para serem preocupantes no que tange ao seu principal uso nos centros urbanos que é o residencial, já que se encontram abaixo dos limites orientadores para tal utilidade.

Tabela 15: Concentração (mg kg⁻¹) dos Elementos Quantificáveis na Extração Pseudo-Total.

<i>Amostras</i>	<i>Alumínio</i>	<i>Cálcio</i>	<i>Cromo</i>	<i>Ferro</i>	<i>Potássio</i>	<i>Magnésio</i>	<i>Mangânes</i>	<i>Vanádio</i>	<i>Zinco</i>
UNEB 1	11767,3 ± 42,52	< LOQ	12,9 ± 0,48	242,2 ± 4,27	685,86 ± 167,76	940,45 ± 36,56	11,84 ± 1,02	12,59 ± 1,25	< LOQ
UNEB 2	35086,14 ± 290,61	395,4 ± 12,64	72,3 ± 0,18	4692,7 ± 154,81	551,62 ± 109,17	999,99 ± 44,79	70,56 ± 1,95	81,52 ± 2,25	6,35 ± 0,75
UNEB 3	13411,9 ± 58,27	190,3 ± 4,02	16,3 ± 0,78	203,0 ± 7,30	5727,98 ± 1198,69	1125,01 ± 29,98	9,37 ± 0,62	11,31 ± 0,37	9,33 ± 1,05
UNEB 4	15983,3 ± 219,63	137,4 ± 30,94	18,2 ± 3,51	1020,7 ± 41,69	920,53 ± 69,88	1165,47 ± 63,71	74,32 ± 6,4	17,48 ± 6,89	31,75 ± 3,21
IMBUI 1	19591,9 ± 503,65	1262,6 ± 54,87	42,8 ± 1,64	2629,2 ± 9,41	5111,60 ± 683,98	1414,38 ± 72,42	91,19 ± 7,84	43,83 ± 3,68	26,64 ± 1,69
IMBUI 2	20434,5 ± 1158,91	1427,6 ± 10,98	55,9 ± 2,06	3474,7 ± 94,62	1707,29 ± 242,50	1323,54 ± 38,62	130,39 ± 10,55	52,86 ± 3,57	23,20 ± 2,79
IMBUI 3	14918,7 ± 483,86	772,4 ± 35,14	53,2 ± 1,64	3796,6 ± 154,58	498,03 ± 89,99	1130,41 ± 92,12	86,67 ± 6,26	58,46 ± 4,77	27,71 ± 0,23
IMBUI 4	9070,7 ± 395,04	< LOQ	11,1 ± 0,48	176,2 ± 6,74	833,52 ± 135,52	914,30 ± 66,82	< LOQ	10,48 ± 3,86	4,21 ± 0,34
IMBUI 5	10946,7 ± 369,59	< LOQ	14,4 ± 0,78	267,4 ± 8,78	5685,74 ± 837,42	898,19 ± 19,43	8,08 ± 3,39	8,87 ± 0,84	2,88 ± 0,10
UFBA 1	22423,1 ± 594,35	1992,5 ± 19,94	66,3 ± 5,78	2580,3 ± 94,96	1688,97 ± 558,46	1986,20 ± 115,97	172,33 ± 14,95	45,87 ± 4,53	28,67 ± 3,99
UFBA 2	28855,2 ± 1755,40	1429,5 ± 11,38	83,5 ± 3,21	2831,8 ± 130,95	2940,34 ± 473,63	2096,64 ± 128,79	400,95 ± 33,90	63,46 ± 5,79	75,72 ± 15,
UFBA 3	28741,5 ± 530,03	987,0 ± 60,04	72,6 ± 1,39	3516,5 ± 208,31	784,63 ± 88,96	1510,26 ± 31,19	302,16 ± 45,17	62,86 ± 5,69	50,66 ± 4,66
UFBA 4	23598,5 ± 1225,98	990,7 ± 18,78	82,3 ± 0,84	4618,9 ± 70,53	870,38 ± 129,43	1212,19 ± 83,03	94,99 ± 9,50	93,90 ± 8,19	23,68 ± 2,48
UFBA 5	8116,8 ± 149,27	< LOQ	21,4 ± 0,91	352,9 ± 10,64	451,42 ± 2,02	1147,70 ± 39,04	25,45 ± 1,94	17,25 ± 1,33	6,29 ± 1,83
AJM 1	24831,6 ± 937,80	1056,6 ± 6,91	35,1 ± 0,18	2458,9 ± 73,37	8634,37 ± 1233,29	11820,34 ± 1084,65	353,05 ± 36,89	44,50 ± 2,16	76,72 ± 8,11
AJM 2	37772,0 ± 1833,40	693,9 ± 0,07	86,7 ± 4,32	5105,0 ± 164,92	616,06 ± 18,49	1491,18 ± 128,81	192,63 ± 62,01	90,93 ± 3,52	43,13 ± 2,37
AJM 3	29283,5 ± 590,94	551,2 ± 68,32	53,5 ± 1,84	2371,0 ± 68,65	1477,70 ± 37,18	3663,66 ± 542,17	148,22 ± 22,71	46,33 ± 3,08	77,79 ± 8,1
AJM 4	48958,2 ± 894,32	1066,0 ± 58,50	105,8 ± 5,11	7074,0 ± 252,87	726,15 ± 80,72	1472,74 ± 70,12	319,54 ± 15,16	112,31 ± 3,34	81,12 ± 5,83
AJM 5	28774,6 ± 594,06	375,6 ± 18,83	55,7 ± 2,16	2942,1 ± 131,85	1050,16 ± 260,56	2155,80 ± 72,92	165,65 ± 8,89	58,44 ± 3,75	59,32 ± 5,21
AJM 6	31485,8 ± 839,44	707,8 ± 6,75	72,1 ± 2,35	3857,5 ± 111,30	670,64 ± 191,07	1561,99 ± 95,16	141,26 ± 7,01	76,13 ± 2,12	53,74 ± 7,22
ACM 1	20057,2 ± 1129,81	342,9 ± 14,97	40,1 ± 2,94	2204,4 ± 109,15	1141,54 ± 530,58	2527,45 ± 330,89	125,53 ± 19,15	47,52 ± 4,25	34,28 ± 0,52
ACM 2	21680,0 ± 835,34	573,0 ± 29,36	46,8 ± 0,92	2039,2 ± 108,67	2525,36 ± 218,63	5734,65 ± 417,29	508,91 ± 94,53	41,06 ± 4,23	106,33 ± 1,49
ACM 3	28763,6 ± 188,76	549,8 ± 23,16	56,5 ± 2,45	3629,1 ± 138,59	1056,03 ± 70,06	1738,57 ± 103,47	329,38 ± 31,61	82,99 ± 2,26	36,65 ± 1,79
ACM 4	21613,7 ± 1085,58	269,4 ± 13,54	44,7 ± 2,09	2377,03 ± 108,85	513,20 ± 86,23	1558,90 ± 25,75	311,26 ± 56,75	42,57 ± 2,11	8,83 ± 0,74
ACM 5	20637,4 ± 259,90	248,0 ± 11,21	46,3 ± 1,93	2527,2 ± 43,97	496,18 ± 107,75	1209,90 ± 72,56	168,71 ± 5,31	50,70 ± 4,34	32,89 ± 1,34
PARAL 1	29491,5 ± 1082,62	617,2 ± 14,62	69,7 ± 2,18	4269,8 ± 136,11	701,80 ± 247,12	1816,96 ± 57,96	146,28 ± 8,06	75,66 ± 1,92	36,65 ± 1,13
PARAL 2	35784,5 ± 1959,49	1037,2 ± 40,66	209,0 ± 12,91	7626,2 ± 284,08	1142,90 ± 176,58	965,93 ± 41,19	136,74 ± 17,32	107,31 ± 13,88	32,26 ± 8,43
PARAL 3	22565,6 ± 313,35	647,3 ± 12,29	127,4 ± 9,45	4229,4 ± 111,01	968,30 ± 311,43	1779,56 ± 71,63	243,18 ± 24,05	89,94 ± 4,83	148,95 ± 20,85
PARAL 4	22658,3 ± 979,96	305,5 ± 14,28	53,8 ± 2,15	3016,2 ± 31,15	5984,92 ± 472,66	1185,06 ± 65,32	208,07 ± 11,11	63,06 ± 4,22	76,17 ± 4,7
PARAL 5	27908,2 ± 1498,69	750,7 ± 31,98	43,1 ± 1,05	3092,3 ± 8,18	549,80 ± 52,92	1637,98 ± 204,96	370,48 ± 51,39	75,09 ± 8,04	62,73 ± 3,14
PARAL 6	28633,2 ± 438,88	801,4 ± 34,80	69,1 ± 0,61	3545,8 ± 85,06	1243,58 ± 152,25	2728,86 ± 198,41	287,29 ± 29,11	61,23 ± 3,93	58,75 ± 3,17
LOD	16,10	4,36	0,26	6,80	4,54	27,61	0,51	0,53	0,58
LOQ	53,66	14,53	0,95	22,66	15,15	92,04	1,70	1,78	1,94
*VR	E	ND	E	E	ND	ND	E	E	E
*VP	-	ND	75	-	ND	ND	-	-	300
*VI-Solos Agr.	-	ND	150	-	ND	ND	-	-	450
*VI-Solos Res.	-	ND	300	-	ND	ND	-	-	1000
*VI-Solos Ind.	-	ND	400	-	ND	ND	-	1000	2000

*Brasil (2009).

Na Tabela 16, constam as concentrações da extração de elementos fitodisponíveis. Como pode se observar nesta tabela, dos 24 elementos selecionados para a quantificação só foi possível detectar 11 que foram o Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Pb, Sr, V e Zn. Entretanto, os dados de Pb não constam na Tabela 16, pois só foram relevantes para algumas poucas amostras. Sobre os demais elementos, apenas o Zn e o Cu têm limites orientadores estabelecidos (BRASIL, 2009). Para ambos os elementos, as concentrações encontradas estão abaixo dos limites orientadores que, no caso do Cu, é estabelecida como VP de 60 mg kg^{-1} e os VI são de 200 mg kg^{-1} (solos agrícolas), 400 mg kg^{-1} (solos residenciais) e 600 mg kg^{-1} (solos industriais).

Ao confrontar os dados de concentração pseudo-total com os de concentração fitodisponível, é importante destacar que, em muitas amostras, o procedimento de extração fitodisponível forneceu resultados de concentração mais altos do que os fornecidos pelo procedimento de extração pseudo-total. Esse comportamento ocorreu para Ca (UNEB 2 e 3; IMBUI 1 a 5; UFBA 1 a 5; PARALELA 1, 3 e 4; AJM 1, 3, 5 e 6; ACM 1, 2, 4 e 5), Mn (UNEB 4; IMBUI 2,4 e 5; UFBA 1, 2, 3 e 5; PARALELA 1 e 2; AJM 3; ACM 1 a 5) e Zn (IMBUI 4; PARALELA 2, 4 e 5; ACM 2). Esses resultados não eram esperados, visto que a extração pseudo-total é um procedimento que solubiliza mais intensamente diversas estruturas químicas, liberando os íons em solução. Logo, seria esperado valores de concentrações de fitodisponíveis inferiores aos encontrados no método de extração pseudo-total. Uma possível explicação para essa constatação reside no fato de que alguns elementos (Ca, Mn e Zn) podem se encontrar em formas químicas que viabilizam perdas por volatilização durante o processo de digestão das amostras como, por exemplo, na forma de óxidos (Zn) e cloretos (Mn) (KRUG, 2010).

Tabela 16: Concentração (mg kg⁻¹) dos Elementos Quantificáveis na Extração Fitodisponível.

<i>Amostras</i>	<i>Alumínio</i>	<i>Cálcio</i>	<i>Cobre</i>	<i>Ferro</i>	<i>Potássio</i>	<i>Magnésio</i>	<i>Mangânes</i>	<i>Estrôncio</i>	<i>Vanádio</i>	<i>Zinco</i>
UNEB 1	277,55 ± 10,77	917,41 ± 37,48	< LOQ	12,47 ± 1,23	48,52 ± 2,86	58,24 ± 2,29	< LOQ	1,66 ± 0,18	< LOQ	< LOQ
UNEB 2	544,31 ± 42,99	5558,96 ± 348,78	1,29 ± 0,34	72,88 ± 6,53	65,72 ± 2,16	192,83 ± 8,15	< LOQ	6,81 ± 0,27	< LOQ	4,66 ± 0,51
UNEB 3	508,49 ± 16,29	5451,64 ± 289,31	1,13 ± 0,09	63,44 ± 2,65	61,92 ± 1,69	184,66 ± 5,56	< LOQ	7,22 ± 0,25	< LOQ	3,70 ± 0,14
UNEB 4	349,46 ± 7,74	3082,33 ± 108,38	3,55 ± 0,08	46,32 ± 2,00	134,20 ± 5,54	135,62 ± 5,29	142,28 ± 6,52	6,65 ± 0,22	< LOQ	15,71 ± 0,11
IMBUI 1	581,57 ± 10,04	12664,40 ± 97,21	8,94 ± 0,71	80,80 ± 2,25	141,03 ± 8,50	283,23 ± 28,38	83,91 ± 3,95	20,98 ± 0,23	< LOQ	6,53 ± 0,23
IMBUI 2	456,57 ± 44,01	10480,27 ± 899,84	2,19 ± 0,20	61,18 ± 6,87	272,52 ± 18,93	263,29 ± 21,09	412,80 ± 35,26	23,15 ± 1,39	< LOQ	4,12 ± 0,22
IMBUI 3	211,15 ± 13,38	3614,77 ± 115,95	1,37 ± 0,05	27,64 ± 2,51	72,22 ± 1,90	133,06 ± 10,26	69,15 ± 1,55	5,55 ± 0,04	< LOQ	< LOQ
IMBUI 4	1261,96 ± 58,72	1042,71 ± 126,46	< LOQ	< LOQ	115,37 ± 15,55	161,40 ± 153,36	7,79 ± 0,16	< LOQ	< LOQ	8,19 ± 0,69
IMBUI 5	1438,47 ± 66,65	2421,96 ± 96,33	17,85 ± 1,24	108,12 ± 9,71	104,48 ± 1,17	93,53 ± 14,46	9,10 ± 0,52	3,49 ± 0,50	< LOQ	5,20 ± 0,60
UFBA 1	1680,10 ± 77,65	18316,37 ± 1371,00	13,16 ± 0,41	815,57 ± 44,18	322,54 ± 22,79	1165,61 ± 88,20	210,95 ± 6,25	91,48 ± 5,38	4,89 ± 0,26	24,34 ± 2,27
UFBA 2	1545,45 ± 62,40	9109,04 ± 963,88	19,17 ± 0,43	321,71 ± 24,91	253,28 ± 1,28	689,23 ± 48,65	427,15 ± 2,98	46,00 ± 3,26	1,92 ± 0,08	51,41 ± 3,45
UFBA 3	406,29 ± 32,43	5214,04 ± 232,50	7,78 ± 0,25	44,60 ± 4,64	105,73 ± 9,14	194,76 ± 11,89	1125,52 ± 74,14	11,5 ± 0,46	< LOQ	9,91 ± 0,58
UFBA 4	1519,80 ± 96,09	6624,80 ± 394,46	7,54 ± 0,85	208,66 ± 19,34	235,64 ± 23,21	374,39 ± 29,29	48,06 ± 1,46	28,76 ± 1,35	3,75 ± 0,11	19,22 ± 0,33
UFBA 5	118,25 ± 17,48	2669,02 ± 95,57	< LOQ	16,52 ± 3,20	87,96 ± 5,70	142,10 ± 6,17	35,24 ± 3,70	4,15 ± 0,14	< LOQ	< LOQ
AJM 1	2125,40 ± 152,70	6346,28 ± 611,25	44,56 ± 4,68	2472,78 ± 141,33	992,27 ± 71,20	998,32 ± 47,21	235,96 ± 21,12	6,66 ± 0,63	1,51 ± 0,20	23,18 ± 1,83
AJM 2	1026,77 ± 49,44	1854,70 ± 97,48	7,05 ± 0,60	241,52 ± 24,03	86,59 ± 9,42	383,59 ± 22,95	70,24 ± 3,20	7,54 ± 0,39	< LOQ	13,28 ± 1,85
AJM 3	1700,26 ± 142,46	4108,19 ± 284,44	37,00 ± 2,00	1334,02 ± 118,30	322,43 ± 28,84	727,40 ± 15,02	133,06 ± 11,60	8,58 ± 1,33	< LOQ	52,04 ± 4,14
AJM 4	760,54 ± 19,82	2122,41 ± 42,37	18,32 ± 0,21	< LOQ	214,06 ± 12,08	486,89 ± 16,62	227,91 ± 21,47	4,33 ± 0,24	< LOQ	50,24 ± 2,00
AJM 5	1147,85 ± 49,59	2510,61 ± 76,01	21,80 ± 0,83	835,39 ± 57,72	237,12 ± 9,82	448,80 ± 24,26	156,12 ± 9,88	6,06 ± 0,40	1,89 ± 0,17	37,15 ± 1,17
AJM 6	925,63 ± 71,47	5633,66 ± 579,26	11,18 ± 0,80	177,42 ± 16,04	176,96 ± 17,52	357,46 ± 32,24	116,12 ± 3,27	30,75 ± 2,67	2,65 ± 0,10	33,94 ± 2,00
ACM 1	364,62 ± 27,04	2246,90 ± 46,82	6,03 ± 0,23	114,19 ± 16,33	131,69 ± 2,87	244,25 ± 15,89	586,62 ± 68,56	2,84 ± 0,11	< LOQ	12,98 ± 0,73
ACM 2	676,81 ± 27,26	4064,40 ± 282,47	20,99 ± 1,15	229,88 ± 10,68	255,58 ± 9,36	369,49 ± 14,14	3123,34 ± 206,76	5,20 ± 0,18	< LOQ	60,36 ± 2,71
ACM 3	409,20 ± 20,46	2139,37 ± 191,22	4,58 ± 0,08	76,50 ± 9,42	123,59 ± 5,81	186,10 ± 13,26	1279,72 ± 93,64	4,22 ± 0,28	1,01 ± 0,04	13,44 ± 0,59
ACM 4	358,95 ± 9,22	2200,76 ± 92,17	0,95 ± 0,10	68,57 ± 5,56	150,50 ± 5,91	172,92 ± 3,81	2807,26 ± 68,16	4,35 ± 0,30	< LOQ	< LOQ
ACM 5	376,66 ± 19,57	1594,00 ± 62,81	4,93 ± 0,21	85,92 ± 10,40	90,18 ± 3,60	109,32 ± 7,12	534,51 ± 48,28	3,57 ± 0,13	< LOQ	14,7 ± 1,11
PARALELA 1	1206,17 ± 49,93	3152,36 ± 342,67	8,24 ± 0,78	326,60 ± 38,46	285,39 ± 14,60	433,54 ± 28,99	155,46 ± 3,80	4,38 ± 0,47	< LOQ	20,86 ± 2,73
PARALELA 2	1168,86 ± 57,75	2592,09 ± 212,93	18,56 ± 0,56	412,05 ± 8,53	289,54 ± 28,80	451,79 ± 12,97	316,07 ± 11,82	5,90 ± 0,33	< LOQ	36,09 ± 2,15
PARALELA 3	977,76 ± 33,98	1736,41 ± 114,76	9,42 ± 0,77	< LOQ	157,06 ± 11,20	331,47 ± 16,44	136,82 ± 6,64	2,42 ± 0,14	< LOQ	20,92 ± 1,94
PARALELA 4	877,50 ± 70,23	2148,82 ± 87,35	22,89 ± 1,83	321,22 ± 96,56	173,12 ± 5,73	384,06 ± 25,19	191,44 ± 11,80	5,40 ± 0,28	< LOQ	91,21 ± 5,42
PARALELA 5	874,64 ± 46,68	1124,92 ± 85,37	< LOQ	< LOQ	129,29 ± 7,88	208,08 ± 14,38	13,33 ± 1,06	6,06 ± 0,41	< LOQ	3,26 ± 0,46
PARALELA 6	843,33 ± 34,50	2717,07 ± 171,59	8,20 ± 0,70	327,72 ± 26,37	310,14 ± 16,88	494,08 ± 43,09	79,09 ± 4,51	5,67 ± 0,46	< LOQ	27,43 ± 1,56
LOD	2,35	13,01	0,23	12,83	0,70	12,45	0,26	0,27	0,20	0,55
LOQ	7,84	43,35	0,77	42,76	2,32	41,51	0,87	0,89	0,67	1,84
*VR	E	ND	E	E	ND	ND	E	ND	E	E
*VP	-	ND	60	-	ND	ND	-	ND	-	300
*VI-Solos Agr.	-	ND	200	-	ND	ND	-	ND	-	450
*VI-Solos Res.	-	ND	400	-	ND	ND	-	ND	-	1000
*VI-Solos Ind.	-	ND	600	-	ND	ND	-	ND	1000	2000

*Brasil (2009)

As concentrações mais elevadas de alguns elementos, obtidas para a extração fitodisponível, indicam que esses elementos estão majoritariamente na solução do solo, em sua forma iônica, e podem mover-se para a rizosfera. Deve-se ressaltar que íons manganosos são solubilizados na solução do solo somente em ambientes desoxigenados, como nos pântanos. Como este não era o caso dos sítios de amostragem deste trabalho, pode-se inferir que a maior solubilização do elemento manganês deve ter ocorrido devido à formação de complexos inorgânicos e/ou orgânicos. Por sua vez, os elementos, cujos teores pseudo-totais foram mais elevados do que aqueles fitodisponíveis, devem estar associados majoritariamente à fração inorgânica do solo, requerendo procedimentos de solubilização mais agressivos. Isto ocorreu para o V (todas as amostras), Zn (UNEB 1 a 4; IMBUI 1, 2,3 e 5; UFBA 1 a 5; PARAL 1, 3 e 6; AJM 1 a 6; ACM 1, 3, 4 e 5), Al (todas as amostras), Fe (todas as amostras), K (todas as amostras), Mg (todas as amostras), Ca (UNEB 1 e 4; PARAL 2, 5 e 6; AJM 2 e 4; ACM 3).

Outra importante informação está associada aos dados de chumbo, pois apesar de não ser mais utilizado como aditivo da gasolina, na forma de chumbo tetraetila como ocorreu até a década de 80, em algumas poucas amostras os seus valores foram acima do limite de quantificação – 2,51 mg kg⁻¹ para pseudo-total e 3,54 mg kg⁻¹ para fitodisponível. Isso ocorreu com algumas amostras da extração fitodisponível que foram a UNEB 4 (4,25 ± 0,45 mg kg⁻¹), IMBUI 3 (15,33 ± 1,21 mg kg⁻¹) e UFBA 3 (15,81 ± 0,27 mg kg⁻¹). Estes valores foram menores que os valores orientadores que é para VP de 72 mg kg⁻¹ e os VI são de 180 mg kg⁻¹ (solos agrícolas), 300 mg kg⁻¹ (solos residenciais) e 900 mg kg⁻¹ (solos industriais). Entretanto, vale ressaltar que estes valores estão superiores aos de outros trabalhos, cujos procedimentos de extração foram mais agressivos. Provavelmente se a digestão do solo tivesse sido mais agressiva, como fizeram Wu (2015) e Karin (2015), por exemplo, os níveis de Pb no solo estudado pudesse ser mais alto. Os autores citados usaram mistura de HNO₃, HF e HClO₄ e HNO₃ e HClO₄, respectivamente. Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que o Pb nos pontos identificados pode estar sendo transportado para a fase aquosa do solo ou que a fonte de exposição do solo ao chumbo é mais recente do que a queima de gasolina contendo chumbo tetraetila que não ocorre a mais de 40 anos.

A partir dos dados resultantes das extrações dos elementos nas amostras de solo, também foi possível calcular o índice de poluição (PI), um indicador de poluição, cuja referência de comparação é: $PI \leq 1$ (solo não contaminado); $1 \leq PI \leq 3$ (baixo nível de contaminação do solo); $3 < PI \leq 5$ (moderado nível de contaminação do solo) e $PI > 5$ (alto nível de contaminação) (WU, 2015). Os valores de PI foram calculados levando-se em consideração os níveis de concentração médios dos elementos no solo e na crosta terrestre do planeta (ESSINGTON, 2003). Esses dados estão contidos na Tabela 14, para a extração pseudo-total, e na Tabela 15 para a extração dos fitodisponíveis.

Sobre os dados de PI, para a extração pseudo-total (Tabela 17), destacam-se os valores para Cr, em que dez das amostras (UNEB 2, UFBA 2 a 4, AJM 2, AJM 4, AJM 6, PARALELA 1 a 3) se encontram com baixo nível de contaminação com relação às concentrações médias no solo do mesmo. O mesmo ocorreu para o Mg em duas amostras (AJM 1 e ACM 2), Zn em duas amostras também (ACM 2 e PARALELA 3) e o V em cinco amostras (UFBA 4, AJM 2 e 4, PARALELA 2 e 3). Nas demais amostras os valores dos índices de poluição foram menores do que um, indicando que os solos nas áreas coletadas podem ser considerados não poluídos para os elementos investigados.

Sobre os dados de índice de poluição para a extração de elementos fitodisponíveis (Tabela 18), foram obtidos resultados relevantes para o Mn, nas amostras ACM 3 e 4, classificando-as como de baixo nível de contaminação e ACM 2 com nível moderado de contaminação. As demais amostras foram classificadas como não contaminadas.

Tabela 17: Índice de Poluição Calculados a partir dos dados de Extração Pseudo-Total em relação às Concentrações Médias no Solo de referência e à Crosta Terrestre.

	Alumínio		Cálcio		Cromo		Ferro		Potássio		Magnésio		Mangânes		Vanádio		Zinco	
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta
UNEB 1	0,17	0,14	*NC	*NC	0,18	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,19	0,00	0,01	0,00	0,14	0,00	*NC	*NC
UNEB 2	0,49	0,43	0,03	0,00	1,03	0,01	0,12	0,00	0,04	0,00	0,20	0,00	0,07	0,00	0,91	0,01	0,07	0,00
UNEB 3	0,19	0,16	0,01	0,00	0,23	0,00	0,01	0,00	0,41	0,00	0,23	0,00	0,01	0,00	0,13	0,00	0,10	0,00
UNEB 4	0,23	0,19	0,01	0,00	0,40	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,23	0,00	0,07	0,00	0,19	0,00	0,35	0,00
IMBUI 1	0,28	0,24	0,08	0,00	0,61	0,01	0,07	0,00	0,37	0,00	0,28	0,00	0,09	0,00	0,49	0,00	0,30	0,00
IMBUI 2	0,29	0,25	0,10	0,00	0,80	0,01	0,09	0,00	0,12	0,00	0,26	0,00	0,13	0,00	0,59	0,00	0,26	0,00
IMBUI 3	0,21	0,18	0,05	0,00	0,76	0,01	0,09	0,00	0,04	0,00	0,23	0,00	0,09	0,00	0,65	0,00	0,31	0,00
IMBUI 4	0,13	0,11	*NC	*NC	0,16	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,18	0,00	*NC	*NC	0,12	0,00	0,05	0,00
IMBUI 5	0,15	0,13	*NC	*NC	0,21	0,00	0,01	0,00	0,41	0,00	0,18	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,03	0,00
UFBA 1	0,32	0,27	0,13	0,00	0,95	0,01	0,06	0,00	0,12	0,00	0,40	0,00	0,17	0,00	0,51	0,00	0,32	0,00
UFBA 2	0,41	0,35	0,10	0,00	1,19	0,01	0,07	0,00	0,21	0,00	0,42	0,00	0,40	0,00	0,71	0,00	0,84	0,01
UFBA 3	0,40	0,35	0,07	0,00	1,04	0,01	0,09	0,00	0,06	0,00	0,30	0,00	0,30	0,00	0,70	0,00	0,56	0,01
UFBA 4	0,33	0,29	0,07	0,00	1,18	0,01	0,12	0,00	0,06	0,00	0,24	0,00	0,09	0,00	1,04	0,01	0,26	0,00
UFBA 5	0,11	0,10	*NC	*NC	0,31	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,23	0,00	0,03	0,00	0,19	0,00	0,07	0,00
AJM 1	0,35	0,30	0,07	0,00	0,50	0,01	0,06	0,00	0,62	0,00	2,36	0,00	0,35	0,00	0,49	0,00	0,85	0,01
AJM 2	0,53	0,46	0,05	0,00	1,24	0,01	0,13	0,00	0,04	0,00	0,30	0,00	0,19	0,00	1,01	0,01	0,48	0,01
AJM 3	0,41	0,36	0,04	0,00	0,76	0,01	0,06	0,00	0,11	0,00	0,73	0,00	0,15	0,00	0,51	0,00	0,86	0,01
AJM 4	0,69	0,60	0,07	0,00	1,51	0,02	0,18	0,00	0,05	0,00	0,29	0,00	0,32	0,00	1,25	0,01	0,90	0,01
AJM 5	0,41	0,35	0,03	0,00	0,80	0,01	0,07	0,00	0,08	0,00	0,43	0,00	0,17	0,00	0,65	0,00	0,66	0,01
AJM 6	0,44	0,38	0,05	0,00	1,03	0,01	0,10	0,00	0,05	0,00	0,31	0,00	0,14	0,00	0,85	0,01	0,60	0,01
ACM 1	0,28	0,24	0,02	0,00	0,57	0,01	0,06	0,00	0,08	0,00	0,51	0,00	0,13	0,00	0,53	0,00	0,38	0,01
ACM 2	0,31	0,26	0,04	0,00	0,67	0,01	0,05	0,00	0,18	0,00	1,15	0,00	0,51	0,00	0,46	0,00	1,18	0,02
ACM 3	0,41	0,35	0,04	0,00	0,81	0,01	0,09	0,00	0,08	0,00	0,35	0,00	0,33	0,00	0,92	0,01	0,41	0,01
ACM 4	0,30	0,26	0,02	0,00	0,64	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,31	0,00	0,31	0,00	0,47	0,00	0,10	0,00
ACM 5	0,29	0,25	0,02	0,00	0,66	0,01	0,06	0,00	0,04	0,00	0,24	0,00	0,17	0,00	0,56	0,00	0,37	0,00
PARALELA 1	0,42	0,36	0,04	0,00	1,00	0,01	0,11	0,00	0,05	0,00	0,36	0,00	0,15	0,00	0,84	0,01	0,41	0,01
PARALELA 2	0,50	0,44	0,07	0,00	2,99	0,03	0,19	0,00	0,08	0,00	0,19	0,00	0,14	0,00	1,19	0,01	0,36	0,00
PARALELA 3	0,32	0,28	0,04	0,00	1,82	0,02	0,11	0,00	0,07	0,00	0,36	0,00	0,24	0,00	1,00	0,01	1,66	0,02
PARALELA 4	0,32	0,28	0,02	0,00	0,77	0,01	0,08	0,00	0,43	0,00	0,24	0,00	0,21	0,00	0,70	0,00	0,85	0,01
PARALELA 5	0,39	0,34	0,05	0,00	0,62	0,01	0,08	0,00	0,04	0,00	0,33	0,00	0,37	0,00	0,83	0,01	0,70	0,01
PARALELA 6	0,40	0,35	0,05	0,00	0,99	0,01	0,09	0,00	0,09	0,00	0,55	0,00	0,29	0,00	0,68	0,00	0,65	0,01
$PI \leq 1^*$	Solo não contaminado																	
$1 \leq PI \leq 3^*$	Baixo nível de contaminação do solo																	
$3 < PI \leq 5^*$	Moderado nível e contaminação																	
$PI > 5^*$	Alto nível de contaminação																	

*Wu (2015).

*NC – Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

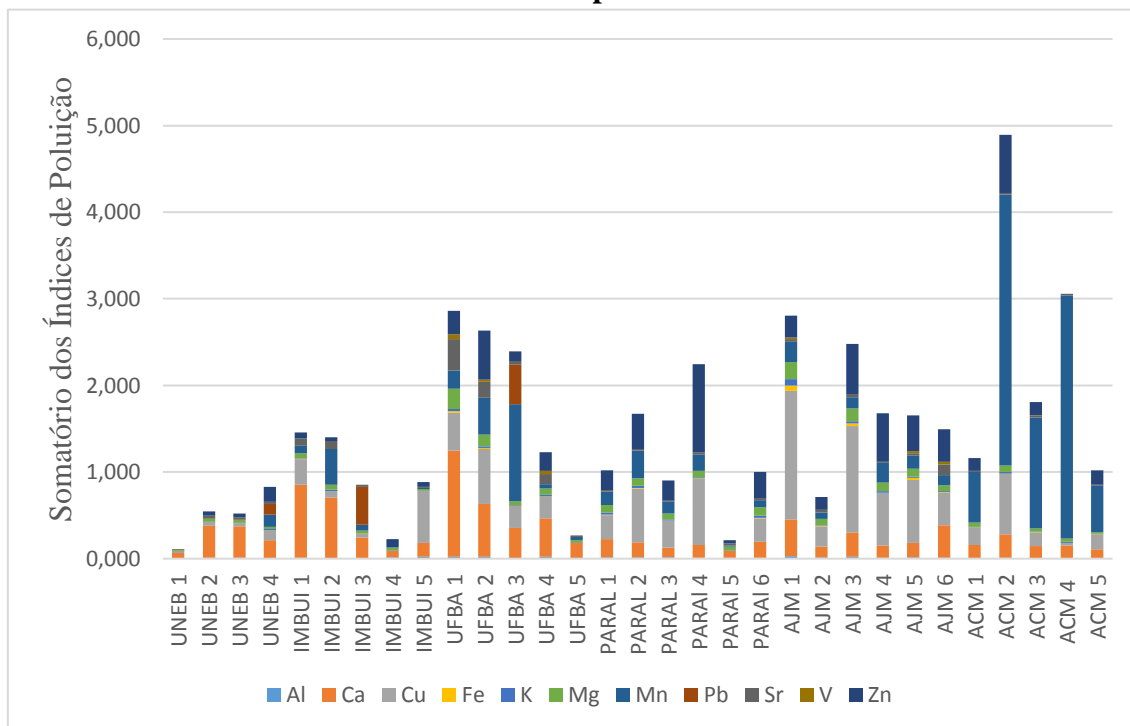
Tabela 18: Índice de Poluição Calculados a partir dos dados de Extração Fitodisponível em relação às Concentrações Médias no Solo de referência e à Crosta Terrestre.

	Alumínio		Cálcio		Cobre		Ferro		Potássio		Magnésio		Mangânes		Estrôncio		Vanádio		Zinco	
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta
UNEB 1	0,004	0,003	0,061	0,000	*NC	*NC	0,000	0,000	0,003	0,000	0,012	0,000	*NC	*NC	0,007	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC
UNEB 2	0,008	0,007	0,371	0,000	0,043	0,001	0,002	0,000	0,005	0,000	0,039	0,000	*NC	*NC	0,027	0,000	*NC	*NC	0,052	0,001
UNEB 3	0,007	0,006	0,363	0,000	0,038	0,001	0,002	0,000	0,004	0,000	0,037	0,000	*NC	*NC	0,029	0,000	*NC	*NC	0,041	0,001
UNEB 4	0,005	0,004	0,205	0,000	0,118	0,002	0,001	0,000	0,010	0,000	0,027	0,000	0,142	0,000	0,027	0,000	*NC	*NC	0,175	0,002
IMBUI 1	0,008	0,007	0,844	0,000	0,298	0,006	0,002	0,000	0,010	0,000	0,057	0,000	0,084	0,000	0,084	0,000	*NC	*NC	0,073	0,001
IMBUI 2	0,006	0,006	0,699	0,000	0,073	0,001	0,002	0,000	0,019	0,000	0,053	0,000	0,413	0,000	0,093	0,000	*NC	*NC	0,046	0,001
IMBUI 3	0,003	0,003	0,241	0,000	0,046	0,001	0,001	0,000	0,005	0,000	0,027	0,000	0,069	0,000	0,022	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC
IMBUI 4	0,018	0,015	0,070	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC	0,008	0,000	0,032	0,000	0,008	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC	0,091	0,001
IMBUI 5	0,020	0,018	0,161	0,000	0,595	0,012	0,003	0,000	0,007	0,000	0,019	0,000	0,009	0,000	0,014	0,000	*NC	*NC	0,058	0,001
UFBA 1	0,024	0,020	1,221	0,000	0,439	0,009	0,020	0,000	0,023	0,000	0,233	0,000	0,211	0,000	0,366	0,001	0,054	0,000	0,270	0,004
UFBA 2	0,022	0,019	0,607	0,000	0,639	0,013	0,008	0,000	0,018	0,000	0,138	0,000	0,427	0,000	0,184	0,000	0,021	0,000	0,571	0,008
UFBA 3	0,006	0,005	0,348	0,000	0,259	0,005	0,001	0,000	0,008	0,000	0,039	0,000	1,126	0,001	0,046	0,000	*NC	*NC	0,110	0,001
UFBA 4	0,021	0,019	0,442	0,000	0,251	0,005	0,005	0,000	0,017	0,000	0,075	0,000	0,048	0,000	0,115	0,000	0,042	0,000	0,214	0,003
UFBA 5	0,002	0,001	0,178	0,000	*NC	*NC	0,000	0,000	0,006	0,000	0,028	0,000	0,035	0,000	0,017	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC
AJM 1	0,030	0,026	0,423	0,000	1,485	0,030	0,062	0,000	0,071	0,000	0,200	0,000	0,236	0,000	0,027	0,000	0,017	0,000	0,258	0,003
AJM 2	0,014	0,013	0,124	0,000	0,235	0,005	0,006	0,000	0,006	0,000	0,077	0,000	0,070	0,000	0,030	0,000	*NC	*NC	0,148	0,002
AJM 3	0,024	0,021	0,274	0,000	1,233	0,025	0,033	0,000	0,023	0,000	0,145	0,000	0,133	0,000	0,034	0,000	*NC	*NC	0,578	0,008
AJM 4	0,011	0,009	0,141	0,000	0,611	0,012	*NC	*NC	0,015	0,000	0,097	0,000	0,228	0,000	0,017	0,000	*NC	*NC	0,558	0,007
AJM 5	0,016	0,014	0,167	0,000	0,727	0,015	0,021	0,000	0,017	0,000	0,090	0,000	0,156	0,000	0,024	0,000	0,021	0,000	0,413	0,006
AJM 6	0,013	0,011	0,376	0,000	0,373	0,007	0,004	0,000	0,013	0,000	0,071	0,000	0,116	0,000	0,123	0,000	0,029	0,000	0,377	0,005
ACM 1	0,005	0,004	0,150	0,000	0,201	0,004	0,003	0,000	0,009	0,000	0,049	0,000	0,587	0,001	0,011	0,000	*NC	*NC	0,144	0,002
ACM 2	0,010	0,008	0,271	0,000	0,700	0,014	0,006	0,000	0,018	0,000	0,074	0,000	3,123	0,003	0,021	0,000	*NC	*NC	0,671	0,009
ACM 3	0,006	0,005	0,143	0,000	0,153	0,003	0,002	0,000	0,009	0,000	0,037	0,000	1,280	0,001	0,017	0,000	0,011	0,000	0,149	0,002
ACM 4	0,005	0,004	0,147	0,000	0,032	0,001	0,002	0,000	0,011	0,000	0,035	0,000	2,807	0,003	0,017	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC
ACM 5	0,005	0,005	0,106	0,000	0,164	0,003	0,002	0,000	0,006	0,000	0,022	0,000	0,535	0,001	0,014	0,000	*NC	*NC	0,163	0,002
PARAL 1	0,017	0,015	0,210	0,000	0,275	0,005	0,008	0,000	0,020	0,000	0,087	0,000	0,155	0,000	0,018	0,000	*NC	*NC	0,232	0,003
PARAL 2	0,016	0,014	0,173	0,000	0,619	0,012	0,010	0,000	0,021	0,000	0,090	0,000	0,316	0,000	0,024	0,000	*NC	*NC	0,401	0,005
PARAL 3	0,014	0,012	0,116	0,000	0,314	0,006	*NC	*NC	0,011	0,000	0,066	0,000	0,137	0,000	0,010	0,000	*NC	*NC	0,232	0,003
PARAL 4	0,012	0,011	0,143	0,000	0,763	0,015	0,008	0,000	0,012	0,000	0,077	0,000	0,191	0,000	0,022	0,000	*NC	*NC	1,013	0,014
PARAL 5	0,012	0,011	0,075	0,000	*NC	*NC	*NC	*NC	0,009	0,000	0,042	0,000	0,013	0,000	0,024	0,000	*NC	*NC	0,036	0,000
PARAL 6	0,012	0,010	0,181	0,000	0,273	0,005	0,008	0,000	0,022	0,000	0,099	0,000	0,079	0,000	0,023	0,000	*NC	*NC	0,305	0,004
$PI \leq 1^*$	Solo não contaminado																			
$1 \leq PI \leq 3^*$	Baixo nível de contaminação do solo																			
$3 < PI \leq 5^*$	Moderado nível e contaminação																			
$PI > 5^*$	Alto nível de contaminação																			

* Wu (2015).

*NC – Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

Figura 17: Relação dos Índices de Poluição para os Elementos Fitodisponíveis extraídos das amostras de solo a partir de Valores de Referência.



Outro indicador de poluição é o Índice de Geoacumulação (I_{geo}), que é avaliado a partir de uma classificação, seguindo graus de poluição: 0 ($I_{geo} \leq 0$), 1 ($0 < I_{geo} \leq 1$), 2 ($1 < I_{geo} \leq 2$), 3 ($2 < I_{geo} \leq 3$), 4 ($3 < I_{geo} \leq 4$), 5 ($4 < I_{geo} \leq 5$) e 6 ($I_{geo} > 5$) (JUNIOR, 2008 e MULLER, 1969). Os valores calculados para a extração pseudo-total e de elementos fitodisponíveis estão, respectivamente, nas Tabela 19 e 20. Estas tabelas indicam dados relevantes para Cr, na extração pseudo-total (AJM 4, PARALELA 2 e 3), e para o Mn (ACM 2 e 4) na fitodisponível, enquadrando as referidas amostras de solos, em relação a esses elementos, na classe 1 do I_{geo} . Portanto, é possível inferir, que essas amostras de solos estão moderadamente poluídas e ao confrontar com os dados de índices de poluição há uma concordância, pois as mesmas se encontram com os maiores valores de IP. Já para os demais pontos de coleta e elementos, os valores de I_{geo} indicam solos de classe 0, ou seja, não poluídos.

Tabela 19: Índice de Geoacumulação calculados a partir dos dados de Extração Pseudototal.

	Alumínio		Cálcio		Cromo		Ferro		Potássio		Magnésio		Mangânes		Vanádio		Zinco	
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta
UNEB 1	-3,18	-3,18	*NC	*NC	-3,03	-3,54	-7,95	-7,99	-4,94	-5,52	-3,00	-5,20	-6,99	-6,91	-3,42	-4,25	*NC	*NC
UNEB 2	-1,60	-1,60	-5,83	-7,28	-0,54	-1,05	-3,68	-3,71	-5,25	-5,84	-2,91	-5,11	-4,41	-4,34	-0,73	-1,56	-4,41	-4,15
UNEB 3	-2,99	-2,99	-6,89	-8,34	-2,69	-3,20	-8,21	-8,24	-1,87	-2,46	-2,74	-4,94	-7,32	-7,25	-3,58	-4,41	-3,85	-3,59
UNEB 4	-2,74	-2,74	-7,36	-8,81	-1,90	-2,42	-5,88	-5,91	-4,51	-5,10	-2,69	-4,89	-4,33	-4,26	-2,95	-3,78	-2,09	-1,83
IMBUI 1	-2,44	-2,44	-4,16	-5,61	-1,29	-1,81	-4,51	-4,55	-2,04	-2,62	-2,41	-4,61	-4,04	-3,97	-1,62	-2,45	-2,34	-2,08
IMBUI 2	-2,38	-2,38	-3,98	-5,43	-0,91	-1,42	-4,11	-4,15	-3,62	-4,21	-2,50	-4,70	-3,52	-3,45	-1,35	-2,18	-2,54	-2,28
IMBUI 3	-2,84	-2,84	-4,86	-6,32	-0,98	-1,50	-3,98	-4,02	-5,40	-5,98	-2,73	-4,93	-4,11	-4,04	-1,21	-2,04	-2,28	-2,02
IMBUI 4	-3,55	-3,55	*NC	*NC	-3,24	-3,76	-8,41	-8,45	-4,66	-5,24	-3,04	-5,24	NC	NC	-3,69	-4,52	-5,00	-4,74
IMBUI 5	-3,28	-3,28	*NC	*NC	-2,86	-3,38	-7,81	-7,85	-1,88	-2,47	-3,06	-5,26	-7,54	-7,46	-3,93	-4,76	-5,55	-5,29
UFBA 1	-2,25	-2,25	-3,50	-4,95	-0,66	-1,18	-4,54	-4,57	-3,64	-4,22	-1,92	-4,12	-3,12	-3,05	-1,56	-2,39	-2,24	-1,97
UFBA 2	-1,88	-1,88	-3,98	-5,43	-0,33	-0,85	-4,41	-4,44	-2,84	-3,42	-1,84	-4,04	-1,90	-1,83	-1,09	-1,92	-0,83	-0,57
UFBA 3	-1,89	-1,89	-4,51	-5,96	-0,53	-1,05	-4,09	-4,13	-4,74	-5,33	-2,31	-4,51	-2,31	-2,24	-1,10	-1,93	-1,41	-1,15
UFBA 4	-2,17	-2,17	-4,51	-5,96	-0,35	-0,87	-3,70	-3,73	-4,59	-5,18	-2,63	-4,83	-3,98	-3,91	-0,52	-1,35	-2,51	-2,25
UFBA 5	-3,71	-3,71	*NC	*NC	-2,30	-2,81	-7,41	-7,45	-5,54	-6,12	-2,71	-4,91	-5,88	-5,81	-2,97	-3,80	-4,42	-4,16
AJM 1	-2,10	-2,10	-4,41	-5,86	-1,58	-2,10	-4,61	-4,64	-1,28	-1,87	0,66	-1,55	-2,09	-2,01	-1,60	-2,43	-0,82	-0,55
AJM 2	-1,50	-1,50	-5,02	-6,47	-0,28	-0,79	-3,55	-3,59	-5,09	-5,68	-2,33	-4,53	-2,96	-2,89	-0,57	-1,40	-1,65	-1,38
AJM 3	-1,86	-1,86	-5,35	-6,80	-0,98	-1,49	-4,66	-4,70	-3,83	-4,41	-1,03	-3,24	-3,34	-3,27	-1,54	-2,37	-0,80	-0,53
AJM 4	-1,12	-1,12	-4,40	-5,85	0,01	-0,50	-3,08	-3,12	-4,85	-5,44	-2,35	-4,55	-2,23	-2,16	-0,27	-1,10	-0,73	-0,47
AJM 5	-1,89	-1,89	-5,90	-7,36	-0,91	-1,43	-4,35	-4,39	-4,32	-4,91	-1,80	-4,00	-3,18	-3,10	-1,21	-2,04	-1,19	-0,92
AJM 6	-1,76	-1,76	-4,99	-6,44	-0,54	-1,06	-3,96	-3,99	-4,97	-5,55	-2,26	-4,47	-3,41	-3,33	-0,83	-1,66	-1,33	-1,07
ACM 1	-2,41	-2,41	-6,04	-7,49	-1,39	-1,90	-4,77	-4,80	-4,20	-4,79	-1,57	-3,77	-3,58	-3,50	-1,51	-2,34	-1,98	-1,71
ACM 2	-2,30	-2,30	-5,30	-6,75	-1,17	-1,68	-4,88	-4,91	-3,06	-3,64	-0,39	-2,59	-1,56	-1,49	-1,72	-2,55	-0,34	-0,08
ACM 3	-1,89	-1,89	-5,35	-6,81	-0,89	-1,41	-4,05	-4,08	-4,31	-4,90	-2,11	-4,31	-2,19	-2,11	-0,70	-1,53	-1,88	-1,62
ACM 4	-2,30	-2,30	-6,38	-7,83	-1,23	-1,75	-4,66	-4,69	-5,35	-5,94	-2,27	-4,47	-2,27	-2,19	-1,67	-2,50	-3,93	-3,67
ACM 5	-2,37	-2,37	-6,50	-7,95	-1,18	-1,70	-4,57	-4,60	-5,40	-5,99	-2,63	-4,83	-3,15	-3,08	-1,41	-2,24	-2,04	-1,77
PARALELA 1	-1,85	-1,85	-5,19	-6,64	-0,59	-1,11	-3,81	-3,85	-4,90	-5,49	-2,05	-4,25	-3,36	-3,28	-0,84	-1,67	-1,88	-1,62
PARALELA 2	-1,57	-1,57	-4,44	-5,89	0,99	0,48	-2,98	-3,01	-4,20	-4,78	-2,96	-5,16	-3,46	-3,38	-0,33	-1,16	-2,07	-1,80
PARALELA 3	-2,24	-2,24	-5,12	-6,57	0,28	-0,24	-3,83	-3,86	-4,44	-5,02	-2,08	-4,28	-2,62	-2,55	-0,59	-1,42	0,14	0,40
PARALELA 4	-2,23	-2,23	-6,20	-7,65	-0,97	-1,48	-4,31	-4,35	-1,81	-2,40	-2,66	-4,86	-2,85	-2,78	-1,10	-1,93	-0,83	-0,56
PARALELA 5	-1,93	-1,93	-4,91	-6,36	-1,29	-1,80	-4,28	-4,31	-5,26	-5,84	-2,19	-4,40	-2,02	-1,94	-0,85	-1,68	-1,11	-0,84
PARALELA 6	-1,90	-1,90	-4,81	-6,26	-0,60	-1,12	-4,08	-4,12	-4,08	-4,66	-1,46	-3,66	-2,38	-2,31	-1,14	-1,97	-1,20	-0,94

*NC – Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

Tabela 20: Índice de Geoacumulação Calculados a partir dos dados de Extração Fitodisponível.

	Alumínio		Cálcio		Cobre		Ferro		Potássio		Magnésio		Mangânes		Estrôncio		Vanádio		Zinco	
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta
UNEB 1	-8,58	-8,58	-4,62	-6,07	*NC	*NC	-12,23	-12,27	-8,76	-9,34	-7,01	-9,21	*NC	*NC	-7,82	-8,39	*NC	*NC	*NC	*NC
UNEB 2	-7,61	-7,61	-2,02	-3,47	-15,09	-15,83	-9,69	-9,72	-8,32	-8,90	-5,28	-7,48	*NC	*NC	-5,78	-6,35	*NC	*NC	-4,86	-4,59
UNEB 3	-7,71	-7,71	-2,05	-3,50	-15,28	-16,02	-9,89	-9,92	-8,41	-8,99	-5,34	-7,55	*NC	*NC	-5,70	-6,26	*NC	*NC	-5,19	-4,93
UNEB 4	-8,25	-8,25	-2,87	-4,32	-13,63	-14,37	-10,34	-10,37	-7,29	-7,87	-5,79	-7,99	-3,40	-3,32	-5,82	-6,38	*NC	*NC	-3,10	-2,84
IMBUI 1	-7,52	-7,52	-0,83	-2,28	-12,30	-13,03	-9,54	-9,57	-7,22	-7,80	-4,73	-6,93	-4,16	-4,09	-4,16	-4,73	*NC	*NC	-4,37	-4,11
IMBUI 2	-7,87	-7,87	-1,10	-2,55	-14,33	-15,06	-9,94	-9,97	-6,27	-6,85	-4,83	-7,03	-1,86	-1,79	-4,02	-4,58	*NC	*NC	-5,03	-4,77
IMBUI 3	-8,98	-8,98	-2,64	-4,09	-15,00	-15,74	-11,08	-11,12	-8,18	-8,77	-5,82	-8,02	-4,44	-4,37	-6,08	-6,64	*NC	*NC	*NC	*NC
IMBUI 4	-6,40	-6,40	-4,43	-5,88	*NC	*NC	*NC	*NC	-7,51	-8,09	-5,54	-7,74	-7,59	-7,52	*NC	*NC	*NC	*NC	-4,04	-3,78
IMBUI 5	-6,21	-6,21	-3,22	-4,67	-11,30	-12,04	-9,12	-9,15	-7,65	-8,24	-6,33	-8,53	-7,36	-7,29	-6,75	-7,31	*NC	*NC	-4,70	-4,44
UFBA 1	-5,99	-5,99	-0,30	-1,75	-11,74	-12,48	-6,20	-6,24	-6,02	-6,61	-2,69	-4,89	-2,83	-2,76	-2,04	-2,60	-4,79	-5,62	-2,47	-2,21
UFBA 2	-6,11	-6,11	-1,30	-2,76	-11,20	-11,93	-7,54	-7,58	-6,37	-6,96	-3,44	-5,65	-1,81	-1,74	-3,03	-3,59	-6,14	-6,97	-1,39	-1,13
UFBA 3	-8,03	-8,03	-2,11	-3,56	-12,50	-13,23	-10,39	-10,43	-7,63	-8,22	-5,27	-7,47	-0,41	-0,34	-5,03	-5,59	*NC	*NC	-3,77	-3,50
UFBA 4	-6,13	-6,13	-1,76	-3,21	-12,54	-13,28	-8,17	-8,20	-6,48	-7,06	-4,32	-6,53	-4,96	-4,89	-3,70	-4,27	-5,17	-6,00	-2,81	-2,55
UFBA 5	-9,81	-9,81	-3,08	-4,53	*NC	*NC	-11,83	-11,86	-7,90	-8,48	-5,72	-7,92	-5,41	-5,34	-6,50	-7,06	*NC	*NC	*NC	*NC
AJM 1	-5,65	-5,65	-1,83	-3,28	-9,98	-10,72	-4,60	-4,64	-4,40	-4,99	-2,91	-5,11	-2,67	-2,59	-5,82	-6,38	-6,48	-7,31	-2,54	-2,28
AJM 2	-6,70	-6,70	-3,60	-5,05	-12,64	-13,38	-7,96	-7,99	-7,92	-8,51	-4,29	-6,49	-4,42	-4,34	-5,64	-6,20	*NC	*NC	-3,35	-3,08
AJM 3	-5,97	-5,97	-2,45	-3,90	-10,25	-10,99	-5,49	-5,53	-6,03	-6,61	-3,37	-5,57	-3,49	-3,42	-5,45	-6,02	*NC	*NC	-1,38	-1,11
AJM 4	-7,13	-7,13	-3,41	-4,86	-11,26	-12,00	*NC	*NC	-6,62	-7,20	-3,95	-6,15	-2,72	-2,64	-6,44	-7,00	*NC	*NC	-1,43	-1,16
AJM 5	-6,54	-6,54	-3,16	-4,61	-11,01	-11,75	-6,17	-6,20	-6,47	-7,05	-4,06	-6,26	-3,26	-3,19	-5,95	-6,52	-6,16	-6,99	-1,86	-1,60
AJM 6	-6,85	-6,85	-2,00	-3,45	-11,97	-12,71	-8,40	-8,44	-6,89	-7,48	-4,39	-6,59	-3,69	-3,62	-3,61	-4,17	-5,67	-6,50	-1,99	-1,73
ACM 1	-8,19	-8,19	-3,32	-4,77	-12,87	-13,60	-9,04	-9,07	-7,32	-7,90	-4,94	-7,14	-1,35	-1,28	-7,04	-7,61	*NC	*NC	-3,38	-3,12
ACM 2	-7,30	-7,30	-2,47	-3,92	-11,07	-11,80	-8,03	-8,06	-6,36	-6,95	-4,34	-6,54	1,06	1,13	-6,17	-6,74	*NC	*NC	-1,16	-0,90
ACM 3	-8,02	-8,02	-3,39	-4,85	-13,26	-14,00	-9,62	-9,65	-7,41	-7,99	-5,33	-7,53	-0,23	-0,16	-6,47	-7,04	-7,06	-7,89	-3,33	-3,07
ACM 4	-8,21	-8,21	-3,35	-4,80	-15,53	-16,27	-9,77	-9,81	-7,12	-7,71	-5,44	-7,64	0,90	0,98	-6,43	-7,00	*NC	*NC	*NC	*NC
ACM 5	-8,14	-8,14	-3,82	-5,27	-13,16	-13,89	-9,45	-9,48	-7,86	-8,45	-6,10	-8,30	-1,49	-1,41	-6,71	-7,28	*NC	*NC	-3,20	-2,94
PARALELA 1	-6,46	-6,46	-2,84	-4,29	-12,41	-13,15	-7,52	-7,56	-6,20	-6,79	-4,11	-6,31	-3,27	-3,20	-6,42	-6,99	*NC	*NC	-2,69	-2,43
PARALELA 2	-6,51	-6,51	-3,12	-4,57	-11,24	-11,98	-7,19	-7,22	-6,18	-6,77	-4,05	-6,25	-2,25	-2,17	-5,99	-6,56	*NC	*NC	-1,90	-1,64
PARALELA 3	-6,77	-6,77	-3,70	-5,15	-12,22	-12,96	*NC	*NC	-7,06	-7,65	-4,50	-6,70	-3,45	-3,38	-7,28	-7,84	*NC	*NC	-2,69	-2,43
PARALELA 4	-6,92	-6,92	-3,39	-4,84	-10,94	-11,68	-7,55	-7,58	-6,92	-7,51	-4,29	-6,49	-2,97	-2,90	-6,12	-6,68	*NC	*NC	-0,57	-0,30
PARALELA 5	-6,93	-6,93	-4,32	-5,77	*NC	*NC	*NC	*NC	-7,34	-7,93	-5,17	-7,37	-6,81	-6,74	-5,95	-6,52	*NC	*NC	-5,37	-5,11
PARALELA 6	-6,98	-6,98	-3,05	-4,50	-12,42	-13,16	-7,52	-7,55	-6,08	-6,67	-3,92	-6,13	-4,25	-4,17	-6,05	-6,61	*NC	*NC	-2,30	-2,04

*NC – Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

Outro parâmetro que pode ser utilizado para avaliar o nível de contaminação e possíveis impactos no solo, promovidos por atividades antropogênicas, é o Fator de Enriquecimento (FE). Para tanto, foi utilizada uma normalização geoquímica com o uso de um elemento conservador para diferenciar componentes naturais de antropogênicos, o que, neste caso, foi o ferro. Esta escolha está relacionada à larga distribuição do ferro na crosta terrestre. Esta, praticamente se mantém constante ao longo do tempo, com baixa variabilidade e vulnerabilidade às atividades antrópicas (WU, et al., 2015). Além do ferro, o alumínio poderia ter sido utilizado como elemento conservador, mas os dados de Índice de Poluição e Índice de Geoacumulação indicaram o mesmo como possível poluente, o que inviabiliza o uso do mesmo, para evitar que sejam mascarados os efeitos de poluição deste elemento.

Os dados de FE estão dispostos nas Tabela 21 e 22 que representam os cálculos a partir das extrações pseudototais e fitodisponíveis, respectivamente. Para melhor avaliar os dados, seguiu-se a seguinte convenção: $EF < 2$ = enriquecimento mínimo, $2 < EF < 5$ = enriquecimento moderado, $5 < EF < 20$ = enriquecimento significativo, $20 < EF < 40$ = enriquecimento muito alto, $EF > 40$ = extremamente enriquecido (OKONKWO, et al., 2021). Seguindo este critério, para as amostras submetidas à extração pseudo-total (Tabela 21), sobressaem-se os resultados do Cr que, na maioria das amostras, encontra-se extremamente enriquecido. Tiveram exceções para este elemento que se enquadram em enriquecimento mínimo (UNEB 3, IMBUI 5 e AJM 1), enriquecimento moderado (IMBUI 1 e PARALELA 4), enriquecimento significativo (UNEB 1 e 4, IMBUI 2 e 4, UFBA 1, UFBA 2, AJM 3, ACM 1 e ACM 2) e com enriquecimento muito alto (UFBA 5, AJM 5, ACM 3 e PARALELA 6). É importante salientar que este enriquecimento não necessariamente indica quadro de poluição, mas de contaminação, pois como visto pelos índices de poluição e fator de enriquecimento apenas cinco amostras estão associadas a pontos que merecem atenção (AJM 4, PARALELA 2 e 3, ACM 2 e 4). Estes altos enriquecimentos também foram observados com o K (UNEB 3 e IMBUI 5) e com o Mg (UNEB 3 e IMBUI 4). O Cr é bastante comum em meios urbanos por ser liberado como resultado da construção civil, devido aos resíduos provenientes do cimento, lixo urbano, incineração de lixo e cinzas de carvão (PEIXOTO, 2001).

Tabela 21: Fator de Enriquecimento Calculados a partir dos dados de Extração Pseudototal.

	Alumínio		Cálcio		Cromo		Potássio		Magnésio		Mangânes		Vanádio		Zinco	
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta
UNEB 1	27,37	24,29	*NC	*NC	10,73	7,70	8,09	5,53	31,06	6,92	1,95	0,09	23,11	13,32	*NC	*NC
UNEB 2	4,21	3,74	0,22	0,08	74,94	53,77	0,34	0,23	1,70	0,38	0,60	0,03	7,72	4,45	0,60	0,74
UNEB 3	37,22	33,04	2,50	0,94	1,62	1,16	80,63	55,09	44,34	9,88	1,85	0,08	24,77	14,28	20,43	25,13
UNEB 4	8,82	7,83	0,36	0,13	11,24	8,06	2,58	1,76	9,13	2,04	2,91	0,13	7,61	4,39	13,82	17,00
IMBUI 1	4,20	3,73	1,28	0,48	4,79	3,44	5,55	3,80	4,30	0,96	1,39	0,06	7,41	4,27	4,50	5,54
IMBUI 2	3,31	2,94	1,10	0,41	18,72	13,43	1,40	0,96	3,05	0,68	1,50	0,07	6,76	3,90	2,97	3,65
IMBUI 3	2,21	1,96	0,54	0,20	61,01	43,77	0,37	0,26	2,38	0,53	0,91	0,04	6,84	3,95	3,24	3,99
IMBUI 4	29,00	25,74	*NC	*NC	7,60	5,45	13,52	9,24	41,51	9,25	*NC	*NC	26,44	15,24	10,62	13,06
IMBUI 5	23,06	20,47	*NC	*NC	1,45	1,04	60,75	41,51	26,87	5,99	1,21	0,05	14,75	8,50	4,79	5,89
UFBA 1	4,90	4,34	2,06	0,77	22,42	16,09	1,87	1,28	6,16	1,37	2,67	0,12	7,90	4,56	4,94	6,07
UFBA 2	5,74	5,09	1,35	0,50	16,23	11,64	2,97	2,03	5,92	1,32	5,66	0,25	9,96	5,74	11,88	14,62
UFBA 3	4,60	4,09	0,75	0,28	52,89	37,95	0,64	0,44	3,44	0,77	3,44	0,15	7,94	4,58	6,40	7,88
UFBA 4	2,88	2,55	0,57	0,21	54,04	38,78	0,54	0,37	2,10	0,47	0,82	0,04	9,04	5,21	2,28	2,80
UFBA 5	12,96	11,50	*NC	*NC	27,04	19,40	3,65	2,50	26,01	5,80	2,88	0,13	21,72	12,53	7,92	9,74
AJM 1	5,69	5,05	1,15	0,43	2,32	1,66	10,03	6,86	38,46	8,57	5,74	0,26	8,04	4,64	13,87	17,06
AJM 2	4,17	3,70	0,36	0,14	80,41	57,69	0,34	0,24	2,34	0,52	1,51	0,07	7,92	4,56	3,75	4,62
AJM 3	6,96	6,18	0,62	0,23	20,65	14,81	1,78	1,22	12,36	2,75	2,50	0,11	8,69	5,01	14,58	17,94
AJM 4	3,90	3,46	0,40	0,15	83,26	59,74	0,29	0,20	1,67	0,37	1,81	0,08	7,06	4,07	5,10	6,27
AJM 5	5,51	4,89	0,34	0,13	30,33	21,76	1,02	0,70	5,86	1,31	2,25	0,10	8,83	5,09	8,96	11,02
AJM 6	4,60	4,08	0,49	0,18	61,46	44,10	0,50	0,34	3,24	0,72	1,46	0,07	8,77	5,06	6,19	7,62
ACM 1	5,13	4,55	0,41	0,16	20,08	14,41	1,48	1,01	9,17	2,04	2,28	0,10	9,58	5,52	6,91	8,50
ACM 2	5,99	5,32	0,75	0,28	10,58	7,59	3,54	2,42	22,50	5,01	9,98	0,44	8,95	5,16	23,17	28,50
ACM 3	4,47	3,96	0,40	0,15	30,57	21,93	0,83	0,57	3,83	0,85	3,63	0,16	10,16	5,86	4,49	5,52
ACM 4	5,12	4,55	0,30	0,11	49,78	35,71	0,62	0,42	5,25	1,17	5,24	0,23	7,96	4,59	1,65	2,03
ACM 5	4,60	4,08	0,26	0,10	53,34	38,27	0,56	0,38	3,83	0,85	2,67	0,12	8,92	5,14	5,78	7,11
PARAL 1	3,89	3,45	0,39	0,14	56,75	40,72	0,47	0,32	3,40	0,76	1,37	0,06	7,88	4,54	3,81	4,69
PARAL 2	2,64	2,35	0,36	0,14	104,48	74,96	0,43	0,29	1,01	0,23	0,72	0,03	6,25	3,61	1,88	2,31
PARAL 3	3,01	2,67	0,41	0,15	75,18	53,94	0,65	0,45	3,37	0,75	2,30	0,10	9,45	5,45	15,65	19,25
PARAL 4	4,23	3,76	0,27	0,10	5,13	3,68	5,67	3,87	3,14	0,70	2,76	0,12	9,29	5,36	11,22	13,81
PARAL 5	5,08	4,51	0,65	0,24	44,77	32,12	0,51	0,35	4,24	0,94	4,79	0,21	10,79	6,22	9,02	11,09
PARAL 6	4,55	4,04	0,60	0,23	31,75	22,78	1,00	0,68	6,16	1,37	3,24	0,14	7,67	4,43	7,36	9,06

*NC- Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

Algumas amostras de solo apresentaram enriquecimento moderado de alguns elementos: Al (UNEB 2, IMBUI 1 a 3, UFBA 1, UFBA 3 e 4, AJM 2, AJM 3 a 6, ACM 3 a 6 e PARALELA 1 a 6), Ca (UNEB 3 e UFBA 1), K (UNEB 4, UFBA 2 e 5, ACM 2), Mg (UNEB 4, IMBUI 1 a 3, UFBA 3 e 4, AJM 2 e 6, ACM 3 e 5, PARALELA 1, PARALELA 3 a 5), Mn (UFBA 1, UFBA 3 e 5, AJM 3 e 5, ACM 1, ACM 3 e 5, PARALELA 3 a 6) e Zn (IMBUI 1 a 3, IMBUI 5, UFBA 1 e 4, AJM 2, ACM 3, PARALELA 1). Em muitos destes locais, o enriquecimento pode estar associado à proximidade de canais, antigos rios da cidade que recebem uma alta carga de efluentes domésticos diariamente, como é o caso dos pontos de coleta IMBUI, ACM e AJM. Nos demais pontos, não houve uma causa evidente em relação à observação geográfica.

Outro dado relevante de enriquecimento está associado às amostras que tiveram enriquecimento significativo para diferentes elementos. Isto aconteceu com o Al (UNEB 4, UFBA 2 e 5, AJM 1, AJM 3 e 5, ACM 1 a 2, ACM 4, PARALELA 5), K (UNEB 1, IMBUI 1 e 4, AJM 1, PARALELA 4), Mg (UNEB 4, UFBA 1 e 2, AJM 3 e 5, ACM 1 e 4, PARALELA 6), Mn (UFBA 2, AJM 1, ACM 2 e 4), V (UNEB 2 e 4, IMBUI 1 a 3, IMBUI 5, UFBA 1 a 4, AJM todas, ACM todas, PARALELA todas) e Zn (UNEB 4, IMBUI 4, UFBA 2 e 3, UFBA 5, AJM 1, AJM 3 a 6, ACM 1 e 5, PARALELA 4 a 6). Em relação ao alumínio, houve um enriquecimento muito alto em outras amostras (UNEB 1, UNEB 3, IMBUI 4 e 5). Este resultado é esperado, já que Al é um metal de ampla aplicação, incluindo a fabricação de cabos de eletricidade e de utensílios domésticos, bem como a fabricação de produtos automobilísticos (PEIXOTO, 2001).

Outra ressalva está associada aos dados de V, pois o enriquecimento do mesmo é considerado muito alto em alguns pontos (UNEB 1 e 3, IMBUI 4, UFBA 5). Estes dados relevantes são um indicativo dos efeitos antropogênicos mais acentuados no que se refere à frota veicular, já que o referido elemento além de ser um indicador de queima de combustível fóssil, é bastante empregado na indústria automobilística para fabricação das ligas de que são formados os eixos dos carros (PEIXOTO, 2006). O mesmo ocorreu com o Zn (UNEB 3, ACM 2) que teve um alto enriquecimento que pode estar associado ao seu uso como revestimento de ferro, produção de tintas etc.

Ao confrontar os dados de fator de enriquecimento, obtidos via extração pseudo-total com os de extração fitodisponível, percebe-se possíveis favorecimentos de acumulação dos elementos em diferentes frações do solo. Isso ocorreu com o Al, já que

os fatores de enriquecimento foram maiores nos procedimentos de extração pseudo-total do que no fitodisponível. Entretanto, o inverso ocorreu para o Ca, K, Mg, Mn, Zn, cujos valores para a extração fitodisponível foram superiores ao do procedimento de extração pseudo-total. Para os elementos identificados apenas na fração fitodisponível (Cu, Sr e Pb), foram atribuídos ao Sr valores que refletem enriquecimento mínimo (AJM1, AJM 3 e AJM 5), enriquecimento moderado (PARAL 1, PARAL 2, PARAL 4, PARAL 6, AJM 2, ACM 1 e ACM 2), enriquecimento significativo (UNEB 2 e 3, IMBUI 4, UFBA 1, ACM 3 a 5) e extremamente enriquecido. Nesta última classe também estão incluídos Pb (UNEB 4, IMBUI 3 e UFBA 3) e Cu (UNEB 1e 4, IMBUI 1 a 3 e 5, UFBA 2 a 4, PARAL 2 e 4, ACM 1 a 3 e 5). Além disso, Cu foi encontrado também nas classes de enriquecimento significativo (ACM 4) e enriquecimento muito alto (UNEB 2 e 3, UFBA 1, PARAL 1 e 6, AJM 1 a 3 e AJM 5).

Tabela 22: Fator de Enriquecimento Calculados a partir dos dados de Extração Fitodisponível.

	Alumínio		Cálcio		Cobre		Potássio		Magnésio		Mangânes		Chumbo		Estrôncio		Vanádio		Zinco		
	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	Solo	Crosta	
UNEB 1	12,54	11,13	196,18	73,57	62,02	38,14	11,12	7,60	37,36	8,33	*NC	*NC	*NC	*NC	21,30	14,39	*NC	*NC	*NC	*NC	
UNEB 2	4,21	3,73	203,40	76,28	23,60	14,51	2,58	1,76	21,17	4,72	*NC	*NC	*NC	*NC	14,95	10,10	*NC	*NC	28,42	34,95	
UNEB 3	4,52	4,01	229,16	85,93	23,75	14,61	2,79	1,91	23,29	5,19	*NC	*NC	*NC	*NC	18,21	12,30	*NC	*NC	25,92	31,88	
UNEB 4	4,25	3,77	177,45	66,54	102,19	62,85	8,28	5,66	23,42	5,22	122,87	5,48	104,86	268,71	22,97	15,52	*NC	*NC	150,74	185,41	
IMBUI 1	4,06	3,60	417,97	156,74	147,52	90,73	4,99	3,41	28,04	6,25	41,54	1,85	*NC	*NC	41,54	28,07	*NC	*NC	35,92	44,18	
IMBUI 2	4,20	3,73	456,81	171,30	47,73	29,35	12,73	8,70	34,43	7,67	269,89	12,03	*NC	*NC	60,54	40,91	*NC	*NC	29,93	36,81	
IMBUI 3	4,30	3,82	348,75	130,78	66,09	40,64	7,47	5,10	38,51	8,58	100,07	4,46	633,86	1624,28	32,13	21,71	*NC	*NC	*NC	*NC	
IMBUI 4	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC
IMBUI 5	7,50	6,65	59,74	22,40	220,13	135,38	2,76	1,89	6,92	1,54	3,37	0,15	*NC	*NC	5,16	3,49	*NC	*NC	21,38	26,29	
UFBA 1	1,16	1,03	59,89	22,46	21,51	13,23	1,13	0,77	11,43	2,55	10,35	0,46	*NC	*NC	17,95	12,13	2,66	1,54	13,26	16,31	
UFBA 2	2,71	2,40	75,51	28,31	79,45	48,86	2,25	1,54	17,14	3,82	53,11	2,37	*NC	*NC	22,88	15,46	2,65	1,53	71,02	87,36	
UFBA 3	5,13	4,55	311,75	116,91	232,59	143,04	6,77	4,63	34,93	7,78	1009,43	44,99	405,12	1038,13	41,26	27,88	*NC	*NC	98,75	121,47	
UFBA 4	4,10	3,64	84,66	31,75	48,18	29,63	3,23	2,20	14,35	3,20	9,21	0,41	*NC	*NC	22,05	14,90	7,99	4,61	40,94	50,35	
UFBA 5	4,03	3,58	430,83	161,56	*NC	*NC	15,21	10,40	68,81	15,33	85,33	3,80	*NC	*NC	40,19	27,16	*NC	*NC	*NC	*NC	
AJM 1	0,48	0,43	6,84	2,57	24,03	14,78	1,15	0,78	3,23	0,72	3,82	0,17	*NC	*NC	0,43	0,29	0,27	0,16	4,17	5,12	
AJM 2	2,40	2,13	20,48	7,68	38,92	23,94	1,02	0,70	12,71	2,83	11,63	0,52	*NC	*NC	5,00	3,38	*NC	*NC	24,44	30,06	
AJM 3	0,72	0,64	8,21	3,08	36,98	22,74	0,69	0,47	4,36	0,97	3,99	0,18	*NC	*NC	1,03	0,70	*NC	*NC	17,34	21,33	
AJM 4	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC
AJM 5	0,77	0,69	8,01	3,01	34,79	21,40	0,81	0,55	4,30	0,96	7,48	0,33	*NC	*NC	1,16	0,78	1,01	0,58	19,76	24,31	
AJM 6	2,94	2,61	84,68	31,75	84,02	51,67	2,85	1,95	16,12	3,59	26,18	1,17	*NC	*NC	27,73	18,74	6,64	3,83	85,02	104,58	
ACM 1	1,80	1,60	52,47	19,68	70,41	43,30	3,30	2,25	17,11	3,81	205,49	9,16	*NC	*NC	3,98	2,69	*NC	*NC	50,52	62,14	
ACM 2	1,66	1,47	47,15	17,68	121,74	74,87	3,18	2,17	12,86	2,87	543,47	24,22	*NC	*NC	3,62	2,45	*NC	*NC	116,70	143,54	
ACM 3	3,01	2,67	74,57	27,97	79,83	49,09	4,62	3,15	19,46	4,34	669,13	29,82	*NC	*NC	8,83	5,96	5,87	3,38	78,08	96,04	
ACM 4	2,95	2,62	85,59	32,10	18,47	11,36	6,27	4,29	20,17	4,50	1637,60	72,98	*NC	*NC	10,15	6,86	*NC	*NC	*NC	*NC	
ACM 5	2,47	2,19	49,47	18,55	76,51	47,05	3,00	2,05	10,18	2,27	248,84	11,09	*NC	*NC	6,65	4,49	*NC	*NC	76,04	93,53	
PARAL 1	2,08	1,85	25,74	9,65	33,64	20,69	2,50	1,71	10,62	2,37	19,04	0,85	*NC	*NC	2,15	1,45	*NC	*NC	28,39	34,92	
PARAL 2	1,60	1,42	16,78	6,29	60,06	36,94	2,01	1,37	8,77	1,95	30,68	1,37	*NC	*NC	2,29	1,55	*NC	*NC	38,93	47,88	
PARAL 3	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC
PARAL 4	1,54	1,37	17,84	6,69	95,01	58,43	1,54	1,05	9,57	2,13	23,84	1,06	*NC	*NC	2,69	1,82	*NC	*NC	126,20	155,23	
PARAL 5	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC	*NC
PARAL 6	1,45	1,29	22,11	8,29	33,36	20,52	2,70	1,85	12,06	2,69	9,65	0,43	*NC	*NC	2,77	1,87	*NC	*NC	37,20	45,76	

*NC – Não foram calculados porque os valores de concentração se encontravam abaixo do Limite de Quantificação (LQ).

6.0 Conclusão:

A caracterização de solos fundamenta-se em análises físicas e físico-químicas. Neste trabalho, isso foi feito através de análises de granulometria, pH, teor de matéria orgânica, identificação de grupos funcionais típicos através de análises de infravermelho (FTIR), composição mineralógica através de análises de difração de Raios-X (DRX) e análise via ICP OES para identificação decomposição elementar. Os resultados assim obtidos, incluindo dados sobre elementos traço, extraídos de diferentes frações no solo, são complementares às escassas informações que se tem hoje sobre as características dos solos no município de Salvador-BA.

O pH revelou valores para solos de Salvador entre 4,89 e 7,16, estando a maioria das amostras com valores próximos a 5,5. Desta forma, de modo geral, estes solos encontram-se levemente ácidos, o que pode favorecer a presença de constituintes inorgânicos na sua fase sólida. Já o teor de matéria orgânica (MO) esteve entre 2,8 % e 11 % (m/m), valores estes que ao serem confrontados com os resultados das análises feitas por FTIR, que determinaram revelaram a presença de grupos funcionais como aminas, amidas, álcoois, fenóis, ácidos carboxílicos, alcenos e quinonas, na MO dos solos.

As análises granulométricas caracterizaram os solos estudados com teores de areia de 41 a 92% (m/m); de argila de 3,5% a 26 % (m/m) (AJM 1) e de silte entre 5,0 e 33% (m/m). Este estudo da granulometria dos solos juntamente com o auxílio do triângulo textural, tornou possível classificar os solos de Salvador como predominantemente de classe arenosa média. Este resultado dado confrontado com as análises do solo feitas por FTIR, que determinaram, indica que esta classe se caracterizou com alta predominância de ligações de silicatos, alguns destes apresentando interações com elementos como o Al e Fe.

A composição mineralógica, obtida através das análises de difração de Raios-X (DRX), indicou a presença de minerais como quartzo (SiO_2), anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), calcita (CaCO_3), caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibsitita ($\gamma\text{-Al}(\text{OH})_3$), goethita ($\alpha\text{-FeOOH}$), hematita ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) e ilita ($3\text{K}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 26\text{SiO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$). Estes resultados corroboram, inclusive com os resultados de concentração elementar mais elevados,

obtidos pelas extrações fitodisponível e pseudo-total, para elementos como o Al, Fe, K e Ca.

Os resultados das extrações de elementos traço das amostras mostraram que as concentrações médias de todos os elementos nos solos urbanos de Salvador-BA, são mais baixas do que os valores de referência para solos definidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A exceção são os resultados do Cr que se encontraram acima dos valores de prevenção (VP), indicando um alerta para este elemento. A extração pseudo-total, resultou em valores mais altos para o Al ($48958,2 \text{ mg kg}^{-1}$) e os menores para o Zn com $2,88 \text{ mg kg}^{-1}$. Já na extração dos elementos fitodisponíveis do solo, os valores foram um pouco mais baixos, mas ainda mais altos para o Al ($18.316,37 \text{ mg kg}^{-1}$) e os menores para o Sr ($2,42 \text{ mg kg}^{-1}$).

Para a maioria dos elementos, as concentrações resultantes das extrações pseudo-totais foram maiores do que aquelas obtidas após a extração de elementos fitodisponíveis. Esses resultados eram esperados, visto que o procedimento de extração fitodisponível é mais brando. Entretanto para outros elementos (Cu, Zn e Pb) as concentrações foram suficientemente altas ao ponto de serem quantificadas no método de extração fitodisponível e não no pseudo-total, indicando a possibilidade de prevalência desses elementos em formas químicas que podem ser facilmente perdidas pelo procedimento de extração pseudo-total. O mesmo foi observado para as concentrações de Mg e Zn, em algumas amostras, podendo seus cloretos e óxidos terem sido perdidos através de vaporização. Esses dados permitem inferir que, para os referidos elementos, teores significativos encontram-se preferencialmente em formas solúveis e mais disponíveis nas proximidades da rizosfera do solo, ou seja, facilmente absorvidos pelas plantas através das raízes.

Os valores de concentração dos metais nos solos permitiram associar suas características geoquímicas com fatores de poluição, através de parâmetros como os índices de poluição e de Geoacumulação e fator de enriquecimento. Esta associação evidenciou que os solos das diferentes áreas coletadas em Salvador-Ba puderam ser classificados como não contaminados ou com baixo nível de contaminação, já que os mesmos foram classificados como de classe 0 a 1, ou seja, de não poluídos a moderadamente poluídos. Além disso, quando comparados aos valores de referência da crosta terrestre e dos solos do planeta, as amostras apresentaram condições de

enriquecimento moderado a alto. Entretanto, estas classificações são fortemente influenciadas, de um modo geral, pelas concentrações de Al, Cr, Sr, V, Zn e Cu.

A partir de todas as inferências obtidas com esta tese, conclui-se que os solos coletados em Salvador-BA não oferecem riscos à saúde humana. Entretanto, é necessário um monitoramento frequente, pois a urbanização e, por conseguinte, as atividades antrópicas tendem a aumentar. Logo, os resultados sugerem que possa ocorrer um agravamento dos riscos à saúde humana, além de indicarem ligeiros impactos ambientais com indícios de fontes de contaminação, que podem vir a afetar as características originais do solo, indicando a necessidade de um processo de urbanização planejada.

Diante do que foi exposto, como perspectiva futura e dado o impacto do trabalho desenvolvido, propõe-se: monitoramento da qualidade dos solos com ampliação de área de amostragem, análise de especiação química, refinamento do método de análise de ICP OES para identificação de maior número de espécies químicas, quantificação elementar em frações de diferentes tamanhos de partículas e a quantificação de ânions como sulfato e fosfato, por exemplo.

7.0 Referências:

- BENITE A. M. C. et al. Uma visão da Química Bioinorgânica Medicinal. **Química Nova**. v. 30, No. 08, pag. 2062-2067, novembro 2007.
- CARVALHO, C. N. et Histórico do Levantamento de Solos no Brasil: da Industrialização Brasileira à Era da Informação. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 5, pag. 997-1013, No. 65, set/out 2013.
- CACHADA, A.; SANTOS, R. T. and DUARTE, A. C. **Soil and Pollution**. Elsevier, 2018.
- CETESB. **Qualidade dos solos no estado de São Paulo: bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí**. São Paulo: CETESB, 2015.
- CHAPMAN, E. E. V.; DAVE, G. e MURIMBOH, J. D. A review of metal (Pb and Zn) sensitive and pH tolerant bioassay organisms for risk screening of metal-contaminated acidic soils. **Environmental Pollution**. v. 179, pag. 326-342, august 2013.
- CHENG, H. et al. Wind erosion mass variability with sand bed in a wind tunnel. **Soil & Tillage Research**. v. 165, pag. 181-189, january 2017.
- CHEN, P. **Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of minerals in clays**. Indiana: Departament of Natural Resources Geological Survey Occasional, 1977.
- CHEN, S. A high-resolution map of soil pH in China made by hybrid modelling of sparse soil data and environmental covariates and its implications for pollution. **Science of the Total Environment**. v. 655, march 2019.
- CLAESSEN, M. E. C. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. - 2ª ed.
- COSTA, C. R et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, v 31, n. 7, p. 1820-1830, set. 2008.
- COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O. e PIOVANI, M. R. Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico. **Química Nova**. v. 29, No. 1, pag. 40-45, jan/fev 2006.
- ESSINGTON, M. E. **Soil and Water Chemistry**. Washington : CRC Press, 2003.
- G1Bahia. **Salvador de ontem nos dias de hoje: veja fotos antigas e atuais da capital**. Publicada em: 29 de março de 2012. Disponível em:

<http://g1.globo.com/bahia/fotos/2012/03/salvador-de-ontem-nos-dias-de-hoje-veja-fotos-antigas-e-atuais-da-capital.html#F407646>. Acesso em 23 de janeiro de 2020.

IBGE. Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE, Censo Demográfico 2010, Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/salvador.html>. Acesso em: janeiro de 2020.

JUNIOR M. B. et al. Valores de Referência Local e Avaliação da Contaminação por Zinco em Solos Adjacentes a Áreas Mineradas no Município de Vazante-Mg. **Revista Brasileira Ciências do Solo**. v. 32, pag. 2883-2893, 2008.

KARIM, Z.; QURESHI, B. A. e MUMTAZ, M. Geochemical baseline determination and pollution assessment of heavy metals in urban soils of Karachi, Pakistan. **Ecological Indicators**. v. 48, pag. 358-364, january 2015.

KER, J. C. et al. **Pedologia**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2012.

KOME, G. K. et al. Models relating soil pH measurements in H₂O, KCl and CaCl₂ for volcanic ash soils of Cameroon. **Geoderma Regional**. v. 14, september 2018.

KRUG, F. J. **Métodos de Preparo de Amostras**. Piracicaba:CENA/USP, 2010.

LENZI, E. e FAVERO, L. O. B. **Introdução à Química da Atmosfera-Ciência, Vida e Sobrevivência**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2010.

LI, H. C. Q. et. al. XPS and two-dimensional FTIR correlation analysis on the binding characteristics of humic acid onto kaolinite surface. **Science of the Total Environment**. v. 724, july 2020.

MACHADO, A. T. e MACHADO, C. T. T. **Agricultura Urbana**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2002.

MANAHAN, S. E. **Fundamentals of Environmental Chemistry**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001.

MANAHAN, S. E. **Environmental chemistry**. 8º edição. Boca Raton: CRC Press, 2004.

- MATOS T. C. **Estudo das Formas de Interação de Íons Metálicos com Adsorventes Humificados e Efeitos**. 164f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química Aplicada) Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Salvador, 2014.
- MELO, V. F. e ALLEONE, L. R. **Química e mineralogia do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009.
- MIRANDA-TREVINO, J. C. e COLES, C. A. Kaolinite properties, structure and influence of metal retention on pH. **Applied Clay Science**. v. 23, pag. 133-139, august 2003.
- MULLER, H. G. Mechanical Properties, Rheology, and Haptaesthesia of Food. **Journal of Texture Studies**. No. 1, pag. 38-42, oct 1969.
- NAYAK, P. S. and SINGH, B. K. Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. **Bulletin of Materials Science**. v. 30, No. 3, pag. 235-238, june 2007.
- NOBILE, C. M. et al. Phosphorus sorption and availability in an andosol after a decade of organic or mineral fertilizer applications: Importance of pH and organic carbon modifications in soil as compared to phosphorus accumulation. **Chemosphere**. v. 239, january 2020.
- OKONKWO, S.I. e IDAKWO, S.O. e AMEH, E.G. Heavy metal contamination and ecological risk assessment of soils around the pegmatite mining sites at Olode area, Ibadan southwestern Nigeria. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**. v. 15, may 2021.
- PAYE, H. S. et al. Valores de Referência de Qualidade para Metais Pesados em Solos no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. V. 34 No. 6, nov/dec 2010.
- PEDRON, F. A. et. al. Solos urbanos. **Ciência Rural**. v. 34, No. 5, pag. 1647-1653, set/out 2004.
- PEIXOTO E. M. A. Alumínio. **Química Nova na Escola**. No. 13, novembro, 2011.
- PEIXOTO E. M. A. Vanádio. **Química Nova na Escola**. No. 24, novembro 2006.
- PI, H.; HUGGINS, D. R. and SHARRATT, B. Influence of clay amendment on soil physical properties and threshold friction velocity within a disturbed crust cover in the inland pacific Northwest. **Soil & Tillage Research**. v. 202, august 2020.
- PRESS, F et al. **Para entender a Terra**. 6. ed. São Paulo: Grupo A, 2006, 656p.
- RAKSHIT, S. et.al. Antimony sorption at gibbsite–water interface. **Chemosphere**. v. 84, pag. 480-483, july 2011.

- ROITHMEIER, O. e PIEPER, S. Influence of Enchytraeidae (*Enchytraeus albidus*) and compaction on nutrient mobilization in an urban soil. **Pedobiologia**. v. 53, pag. 29-40, novembro 2009.
- ROSA, A. H. e ROCHA, J. C. Fluxo de matéria e energia no reservatório solo: da origem à importância para a vida. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**. n. 5, nov. 2003.
- SANTOS, G. C. G. e RODELLA, A. A. Efeito da Adição de Fontes de Matéria Orgânica como Amenizantes do Efeito Tóxico de B, Zn, Cu, Mn e Pb no Cultivo de *Brassica Juncea*. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 31, pag. 793-804, 2007.
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, R. D. et. al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.
- SILVA, E. M. et. al. Comparação de modelos matemáticos para o traçado de curvas granulométricas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, No.4, pag. 363-370, abril 2004.
- SILVA, S. B. et. al. **Análise de Solos para Ciências Agrárias**. Belém: Edufra, 2018.
- SILVA, Y. J. A. B. et al. Concentrations of major and trace elements in soil profiles developed over granites across a climosequence in northeastern Brazil. **Catena**. v. 41 mar 2020.
- SLIWINSKA, A.; SMOLINSKI, A. e KUCHARSKI, P. Simultaneous Analysis of Heavy Metal Concentration in Soil Samples. **Applied Science**. v. 9, pag 1-15, 2019.
- SPARKS, D. L. **Environmental Soil Chemistry**. 2 ed. Amsterdam: Academic Press, 2003.
- SUN, F. et al. Enhanced soil profile visualization using portable X-ray fluorescence (PXRF) spectrometry. **Geoderma**. v. 358, october 2020.
- USDA. Soil Texture Calculator. Disponível em: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/?cid=nrcs142p2_054167 . Acesso em: 10 de abril de 2020.
- U.S. EPA. **Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils**. Revision 2. Washington, DC. 1996.
- VAEZI, A. R.; HASANZADEH, H. and CERDÀ, A. Developing an erodibility triangle for soil textures in semi-arid regions, NW Iran. **Catena**. v. 142, pag. 221-232, July 2016.

VIJVER, E. V. D. et. al. Estimating the urban soil information gap using exhaustive land cover data: The example of Flanders, Belgium. **Geoderma**. V. 372, pag. 1-12, august 2020.

WANG, Y. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere and soils of Dalian, China: Source, urban-rural gradient, and air-soil exchange. **Chemosphere**. v. 244, april 2020.

WERK, S. M. S. **Estudo da Influência dos Métodos de Compactação no Comportamento Resiliente de Solos**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2000.

WU, S. et al. Levels and health risk assessments of heavy metals in urban soils in Dongguan, China. **Journal of Geochemical Exploration**. v. 148, pag. 71-78, January 2015.

YANG, P. et. al. Spatial variability of heavy metal ecological risk in urban soils from Linfen, China. **Catena**. v. 190, july 2020.

ZHU, Z. et al. Characteristics of short-circuit behaviour and 84 its influencing factors in self-shielded flux-cored arc welding. **Science and Technology of Welding and Joining**. v. 21, pag. 91–98, april 2016.