

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

CASSIANO LOPES SCHMITT

**VERIFICAÇÃO DE PRESENÇA DE BTEX E HPA UTILIZANDO DADOS AMOSTRAIS
DE POSTOS DE GASOLINA NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR**

**Caçapava do Sul
2021**

CASSIANO LOPES SCHMITT

**VERIFICAÇÃO DE PRESENÇA DE BTEX E HPA UTILIZANDO DADOS AMOSTRAIS
DE POSTOS DE GASOLINA NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia

Orientadora: Jaqueline Pinto Vargas

**Caçapava do Sul
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

S355v Schmitt, Cassiano Lopes
VERIFICAÇÃO DE PRESENÇA DE BTEX E HPA UTILIZANDO DADOS
AMOSTRAIS DE POSTOS DE GASOLINA NO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR /
Cassiano Lopes Schmitt.

76 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2021.

"Orientação: Jaqueline Pinto Vargas".

1. Geociências. 2. Geologia Ambiental. 3. CETESB. 4. BTEX.
5. HPA. I. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa
Cassiano Lopes Schmitt

Verificação de presença de BTEX e HPA utilizando dados amostrais de postos de gasolina no município de Maringá-PR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Geologia

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 06 de abril de 2021.

Banca examinadora:

Prof Dr.^a Jaqueline Pinto Vargas
Orientadora
UNIPAMPA

Prof Dr. Igor Magalhães Clemente
UNIPAMPA

Rui Sérgio Saraiva Duarte Junior



Assinado eletronicamente por **Rui Sérgio Saraiva Duarte Junior, Usuário Externo**, em 07/05/2021, às 14:30, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JAQUELINE PINTO VARGAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2021, às 14:36, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **IGOR MAGALHAES CLEMENTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2021, às 17:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0519833** e o código CRC **133E328D**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Aos meus pais, irmão, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais Fernando Schmitt e Eliane Domingas Lopes Schmitt por sempre acreditarem em mim e serem grandes guias e exemplos para minha vida.

Agradeço a meu irmão Ulisses Lopes Schmitt por ser um grande companheiro e ser alguém com o qual posso sempre contar.

Agradeço a todos da minha família por sempre serem na minha vida uma fonte de amor e carinho.

Agradeço a meus amigos e colegas pelas grandes risadas e aventuras que trilhamos comigo nessa etapa da vida.

Agradecimento especial aos professores da Unipampa por terem paciência e paixão pelo que fazem, por me ensinarem esse vasto mundo que é a geologia.

E por fim agradeço de coração a professora Jaqueline Pinto Vargas e o ex-professor Rui Sérgio Saraiva Duarte Júnior pela ajuda e orientação que me deram para concluir esse trabalho.

“O começo de todas as ciências é o
espanto de as coisas serem o que são”.

Aristóteles

RESUMO

Este trabalho verificou a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas, do solo e de sedimentos através da verificação de presença de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), e, com isso, certificou se há um potencial risco à saúde humana para os residentes e funcionários no entorno de cinco postos de gasolina no município de Maringá-PR. As normas ambientais impõem limites rígidos para a liberação de substâncias consideradas poluentes ao meio. No caso de vazamentos em postos de gasolina, o vazamento será de substâncias orgânicas voláteis, consideradas um risco à saúde humana e com impacto ambiental negativo ao meio. Assim, transversalmente geologia ambiental e saúde humana se apresentam fortemente associadas para a prevenção de possíveis vazamentos. Para dimensionar esses dois impactos (ao meio ambiente e à saúde humana) foram utilizados os dados dos laudos de Investigação Preliminar e Confirmatória realizados nas áreas dos postos de combustíveis, e com isso atestou-se a qualidade ambiental do solo e água quanto à caracterização de passivos ambientais por hidrocarbonetos de petróleo, em conformidade com a legislação ambiental regida pela resolução CONAMA 420/2009 utilizando os valores orientadores da CETESB para solo e água Subterrânea. Não sendo encontrado alterações significativas em relação ao meio ambiente.

Palavras-Chave: CONAMA; Geologia Ambiental; BTEX; Saúde humana; CETESB

ABSTRACT

On this work I check for contamination of groundwater, soil and sediment by checking for the presence of BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes) and PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), and thus it was checked whether there is a risk to human health for residents and employees around five gas stations in Maringá-PR, this is the challenge of this work. Environmental regulations impose strict limits for the release of elements considered polluting in the environment. This release in the case of volatile organic substances such as gas station leaks can be considered as a risk to human health and a negative environmental impact on the environment. Thus, transversally, environmental geology and human health are strongly linked through these leakage events. To measure these two impacts (the environment and human health) it was checked the data from the Preliminary and Confirmatory Research work carried out in the areas of gas stations, and thus demonstrate the environmental quality of soil and water as the characterization of environmental liabilities petroleum hydrocarbons, in accordance with the environmental legislation governed by CONAMA resolution 420/2009 using CETESB's guiding values for soil and groundwater. Not been find big alterations against the environment

Keywords: CONAMA; Environmental Geology; BTEX; Human health; CETESB

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do município de Maringá.....	19
Figura 2 – Compartimentos geológicos do estado do Paraná	20
Figura 3 – Mapa de distribuição dos grupos litológicos no estado do Paraná	21
Figura 4 – Mapa geológico do estado do Paraná.....	22
Figura 5 – Conjuntos litológicos de rochas ígneas do estado do Paraná.	24
Figura 6 – Coluna litoestratigráfica da bacia do Paraná	29
Figura 7 - Mapa e perfil geológico simplificado do estado do Paraná	32
Figura 8 - Mapeamento geomorfológico do Paraná da folha Londrina	33
Figura 9 - Localização em modelo 3D da unidade de conservação. Visada SE-NO	34
Figura 10 - Perfil típico de latossolo vermelho.....	38
Figura 11 - Perfil típico de nitossolo vermelho.....	39
Figura 12 - Corte de uma seção da carta FOLHA PARANAPANEMA (SF.22) da CPRM.....	40
Figura 13 - Gráfico de valores em análises de solo	62
Figure 14 - Gráfico de valores em análises de solo, comparados a norma CETESB 2016	63
Figura 15 - Gráfico de valores em análises de água.	64
Figura 16- Gráfico de valores em análises de água, comparados a norma CETESB 2016.....	64
Figura 17 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo do posto A.....	65
Figure 18 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo do posto B.....	66
Figura 19 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo do posto C.....	66
Figura 20 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo do posto D.....	67
Figura 21 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solodo posto E.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas A	51
Tabela 2 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas B	52
Tabela 3 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas C	53
Tabela 4 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo A.....	54
Tabela 5 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo B.....	55
Tabela 6 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo C.....	56
Tabela 7 - Planilha resumo para o modelo conceitual inicial	58
Tabela 8 - Resultados de análises químicas em solo por BTEX nos postos de combustíveis.	61
Tabela 9 - Resultados de análises químicas em água por BTEX nos postos de combustíveis.	61
Tabela 10 - Resultados de análises químicas em solo por HPA nos postos de combustíveis.	68
Tabela 11 - Resultados de análises químicas em água por HPA nos postos de combustíveis	69

LISTA DE ABREVIATURAS

ASTM -	American Society for Testing and Materials
AP -	Área potencial
BTEX -	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (hidrocarbonetos monoaromáticos)
CETESB -	Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Controle de Poluição das Águas (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo);
CG -	Cromatografia Gasosa
CG-MS -	Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas
CONAMA -	Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CPRM -	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CQI -	Compostos Químicos de Interesse
C.S.A.O -	Área da caixa separadora água-óleo
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
HPA -	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
IACR -	Agência Internacional para Pesquisas do Câncer
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH -	Índice de Desenvolvimento Humano
ITCG -	Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná
LMA -	leucemia mielóide aguda
Ma -	Milhões de anos
PGAGEM -	Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica
PIB -	Produto Interno Bruto
PID -	Detector por fotoionização (do inglês, Photoionization Detector)
PNUD -	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SIM -	Single Íon Monitoring
UEM -	Universidade Estadual de Maringá

VI - Valores de intervenção
VOC - Compostos Orgânicos Voláteis

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.1.1	Objetivos Gerais	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	Justificativa	17
2	ÁREA DE ESTUDO	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1	Contexto Geológico	20
3.1.1	Contexto Paranaense	20
3.1.2	Geologia do embasamento cristalino (escudo)	24
3.1.3	Geologia da bacia do Paraná	26
3.1.4	Formação Serra Geral	29
3.1.5	Geologia Local	31
3.1.6	Morfometria e Fisiografia local	32
3.1.7	Podologia Local	35
3.1.8	Geotecnia Local	39
3.1.9	Hidrogeologia Local	40
3.2	Contexto Tecnológico	41
3.2.1	Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas	41
3.2.2	PID	42
3.3	Contexto socioambiental	43
3.3.1	Condições econômicas do município de Maringá	43
3.3.2	Condições sociológicas do município de Maringá	44
3.4	Contaminantes orgânicos	46
3.4.1	BTEX	46
3.4.2	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos	47
3.4.3	Doenças Humanas por HPA e BTEX	47
3.4.4	Geologia médica	48
3.5	Normas CONAMA e regulamentos CETESB	50
4	MATERIAIS E MÉTODOS	56
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A contaminação de fontes de águas potáveis por hidrocarbonetos de petróleo, em razão de grandes vazamentos acidentais, causa grande comoção à população em geral. Entretanto, a principal fonte de contaminação por hidrocarbonetos são os pequenos e contínuos vazamentos de combustível em postos de distribuição (Tiburtius et al., 2005). Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a verificação da ocorrência de alguma contaminação devido a esses vazamentos.

Através da resolução CONAMA nº 273/2000 (BRASIL, 2000) fica posto que toda a instalação e sistema de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis é um empreendimento potencialmente poluidor e, portanto, deve passar por todas as etapas de licenciamento ambiental e vistorias. Nestes estabelecimentos, quando a poluição se instala, além do dano ao meio físico, produzido através da contaminação das águas, solos e sedimentos, aumenta também os riscos de incêndios e explosões. Vazamentos em postos de combustíveis estão relacionados à deficiência de infraestrutura, manutenção e desgastes dos tanques de armazenamento, que devem ser utilizados por um período máximo de 20 anos, portanto, segundo SANTOS (2009), os procedimentos de avaliação de áreas contaminadas por combustíveis envolvem a determinação da extensão, sentido de fluxo e suas concentrações.

No município Maringá, historicamente, foram registrados alguns casos e eventos de vazamentos de tanques de combustíveis em postos de abastecimento como apresentado na reportagem de Conegero (2019) e no trabalho de Ramos (2017). Portanto, é possível formular a hipótese de que pessoas que residam no entorno de postos de gasolina que apresentaram vazamentos estejam sujeitas a risco devido, por exemplo, a possível presença de compostos orgânicos voláteis na atmosfera do entorno do posto. Assim, configura como o objeto de estudo deste trabalho a situação potencialmente vigente e supracitada, a qual, de maneira técnica se pretende estudar através de um enfoque transversal entre geologia ambiental hidrogeologia e análise de risco à saúde humana.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

Verificar se há contaminação de águas subterrâneas, solo e sedimentos através da verificação de presença de BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos) e HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) através de laudos fornecidos por postos de gasolina do município de Maringá-PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar o estudo geológico, hidrográfico, pedológico e hidrogeológico do município de Maringá-PR;
- Reunir os dados fornecidos de exames laboratoriais e verificar a adequabilidade dos postos estudados;
- Analisar a qualidade da água, segundo parâmetros químicos e comparar aos valores estabelecidos em norma;
- Propor medidas mitigatórias, compensatórias, reparatórias ou indenizatórias caso seja verificada a presença de contaminações, visando, principalmente, a mitigação do risco.

1.2 Justificativa

Segundo ODUM (1988), a capacidade de sobrevivência humana depende do conhecimento e da ação inteligente para preservar e melhorar a qualidade ambiental por meio de uma tecnologia harmônica e não prejudicial. Deste modo é necessário a criação de regulações em métodos de gerenciamento e controle com o intuito de minimizar os efeitos causados pela atividade humana.

Quando um município procura estimular o desenvolvimento industrial, comercial e econômico, ele deve também buscar minimizar os impactos ambientais negativos, além de proporcionar direitos à saúde, tanto física quanto mental, e bem-estar social de sua

população. Com isso, é necessário o desenvolvimento sustentável que acima de tudo respeite as condições da região. Postos de combustíveis devem ser constantemente checados, pois caso não funcionem de forma adequada, poderão causar sérios problemas ambientais e sociais. Assim, é necessário utilizar critérios e procedimentos definidos em legislações e normas técnicas, para prevenir potenciais impactos negativos e desastres.

O Estado brasileiro reconhece os problemas ambientais advindos de postos de combustível através, por exemplo, das considerações presentes na Resolução do CONAMA no 273 de 2000 (BRASIL, 2000). Nestas verifica-se o entendimento de que toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimento potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais; que os vazamentos de derivados de petróleo e outros combustíveis podem causar contaminação de corpos d'água subterrâneos e superficiais, do solo e do ar; que há riscos de incêndio e explosões, decorrentes desses vazamentos, principalmente, pelo fato de que parte desses estabelecimentos localizam-se em áreas densamente povoadas; que a ocorrência de vazamentos vem aumentando significativamente nos últimos anos em função da manutenção inadequada ou insuficiente, da obsolescência do sistema e equipamentos e da falta de treinamento de pessoal; que o uso de sistemas confiáveis para a detecção de vazamento atualmente vem sendo inadequado ou ausente.

Em 2019 ocorreu um caso de contaminação de um lago de Maringá localizado no parque municipal Parque do Japão, onde foi relatado a morte de mais de 600 carpas devido a contaminação externa. Segundo Conegero (2019) o maior dos contaminantes que se encontrava no lago era o tolueno oriundo de combustível, ao esvaziar o lago era possível ver o óleo a olho nu. Por isso, é essencial que as atividades do setor petroquímico sejam monitoradas, sendo indispensável que ocorram as análises de água nos postos de combustíveis.

2 ÁREA DE ESTUDO

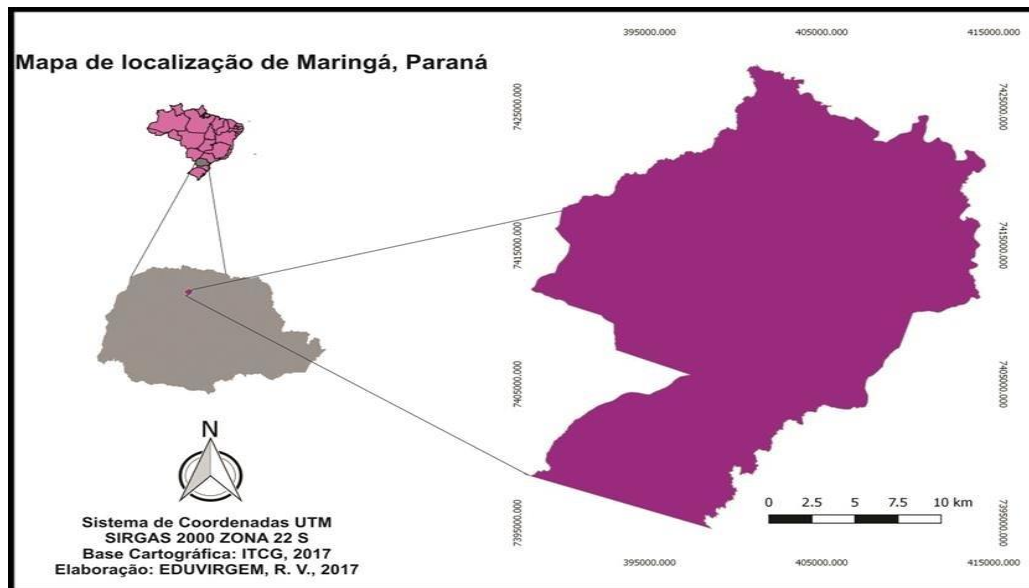
Maringá localiza-se, geograficamente, na mesorregião Norte Central Paranaense, Estado do Paraná, com área de 487,930 km², sendo 27% de área urbana e 73% de área rural, distando 436 km da capital, do estado, Curitiba.

Seus limites estão assim distribuídos: ao Norte com os municípios de Ângulo, Astorga e Iguaraçu; ao Sul com o município de Floresta; ao Leste com os municípios de Marialva e Sarandi; e ao Oeste com os municípios de Paiçandu e Mandaguaçu. Além da sede administrativa, há dois distritos em Maringá: Iguatemi, que abriga o Bairro de São Domingos e Floriano. Sua localização geográfica compreende as seguintes coordenadas: 23° 25' 30" S 51° 56' 20" O.

Considerado o terceiro município em população conforme o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018, possui o segundo melhor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Paraná e compõe o segundo Produto Interno Bruto (PIB) municipal do Estado.

Os postos de gasolina estudados neste trabalho pediram pelo anonimato, então eles não serão aqui identificados.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Maringá



Fonte: Eduvirgem, 2017

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Contexto Geológico

3.1.1 Contexto Paranaense

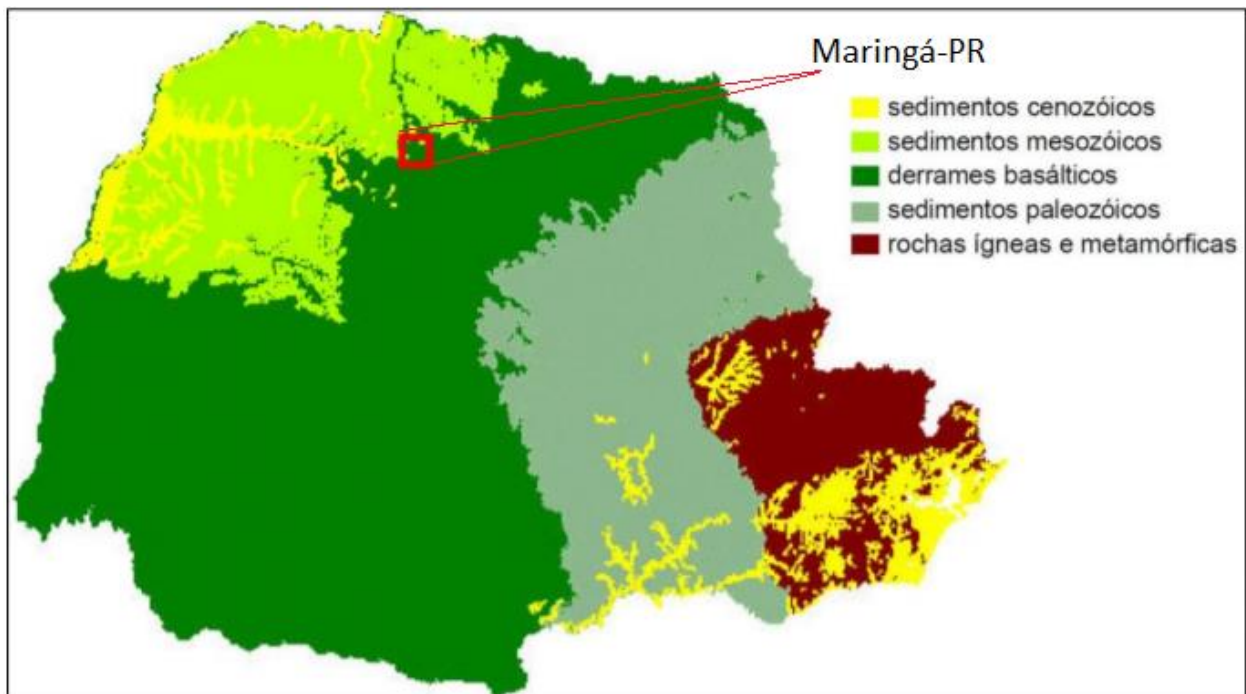
A evolução geológica do Estado do Paraná, segundo a MINEROPAR (2001), teve início há mais de 2.800 milhões de anos (Ma). Os registros geológicos anteriores a 570 Ma, ainda que descontínuos, referem-se essencialmente a rochas magmáticas e metamórficas que constituem o chamado embasamento da Plataforma Sul-Americana. Posteriormente, a plataforma constituiu a base para as futuras formações das unidades sedimentares e vulcânicas. Este embasamento, também referido pelo termo Escudo, está exposto na parte leste do Estado (Primeiro Planalto e Litoral), sendo encoberto a oeste pela cobertura vulcânica e sedimentar denominada Bacia do Paraná (Figuras 1, 2 e 3).

Figura 2 – Compartimentos geológicos do estado do Paraná



Fonte: MINEROPAR, 2001

Figura 3 – Mapa de distribuição dos grupos litológicos no estado do Paraná



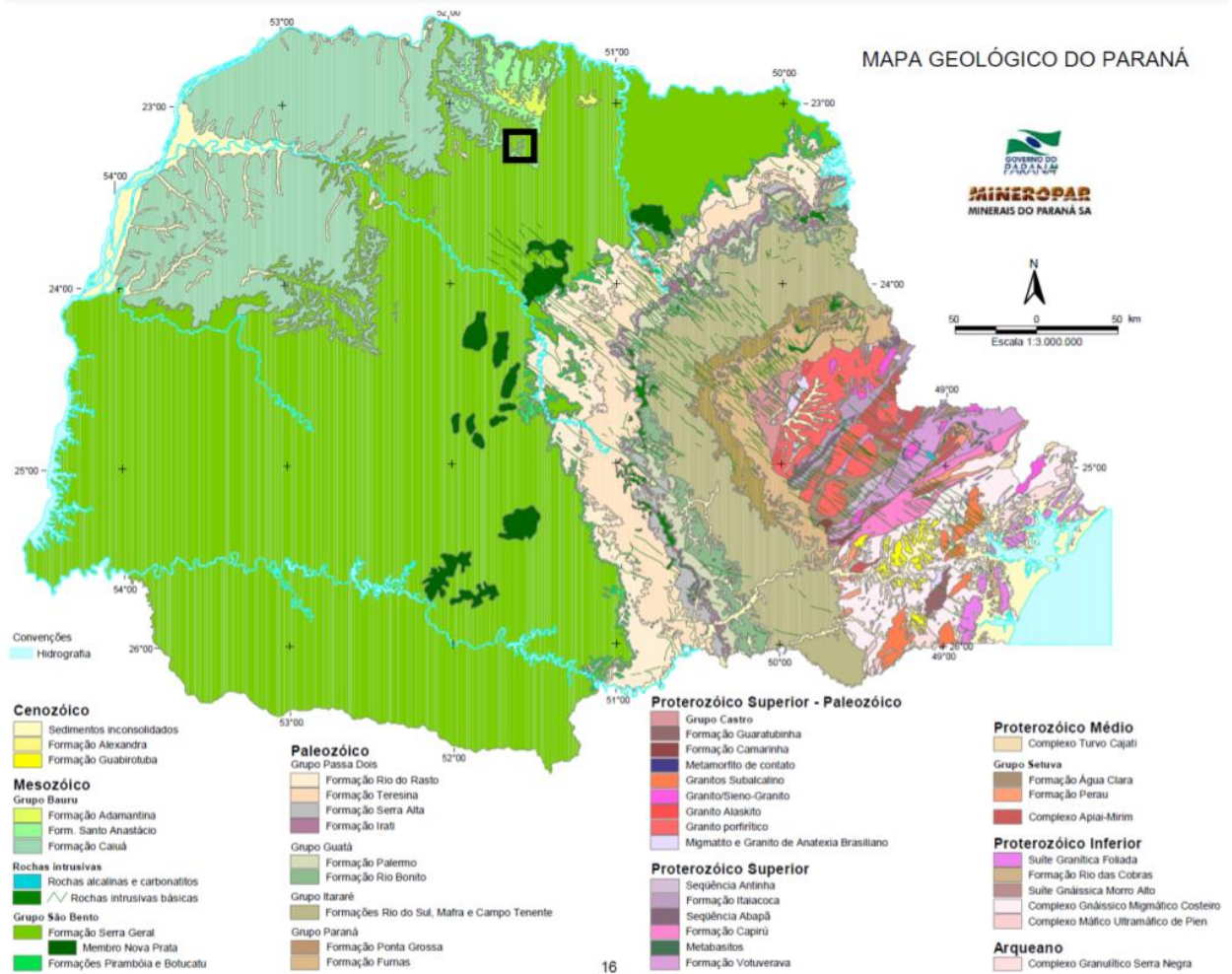
Fonte: MINEROPAR, 2001.

O Escudo Paranaense compreende a parte mais antiga e mais alta do Estado do Paraná, composta por rochas cristalinas, ígneas e metamórficas da plataforma sul-americana, e é recoberto pelas rochas sedimentares paleozóicas da bacia a oeste. Com base nos estratos, quatro grupos litológicos ou barreiras são determinados de acordo com parâmetros estratigráficos, tectônicos, estruturais e geocronológicos (MINEROPAR, 2001):

- Arqueano e Proterozóico Inferior: terrenos cristalinos de alto grau metamórfico (fácies anfibolito a granulito);
- Proterozóico Superior: terrenos cristalinos de baixo grau metamórfico (fácies xisto verde a anfibolito), que afloram principalmente na porção norte-noroeste do Primeiro Planalto Paranaense;
- Proterozóico Superior ao Paleozóico Inferior: representado pelo magmatismo ácido, durando, com interrupções, até o começo do Paleozóico;

- Paleozóico: bacias vulcano-sedimentares e sedimentares restritas formadas no Ordoviciano, durante a transição entre o final do Ciclo Brasileiro e a cratonização da Plataforma Sul-Americana, ao final das atividades orogênicas.

Figura 4 – Mapa geológico do estado do Paraná.



Fonte: MINEROPAR, 2001.

A Bacia do Paraná, onde se localiza a área de estudo, compreende o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense e recobre a maior porção do Estado. Trata-se de uma bacia sedimentar, intracratônica ou sinéclise (Milani,1997), que evoluiu sobre a Plataforma Sul Americana. Os primeiros registros de preenchimento datam do Período Devoniano, há cerca de 400 Ma, terminando no Cretáceo. A persistente subsidência na

área de formação da bacia, embora de caráter oscilatório, possibilitou a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio, ultrapassando 5.000 metros na sua porção mais profunda (Maringá, 2013).

A forma da Bacia do Paraná é semelhante a uma elipse, aberta para sudoeste, e cobre uma área da ordem de 1,5 milhão de km². Apresenta inclinação homoclinal em direção ao oeste, a porção mais deprimida. Sua forma superficial côncava deve-se ao soerguimento flexural, denominado Arqueamento de Ponta Grossa (MINEROPAR, 2001)

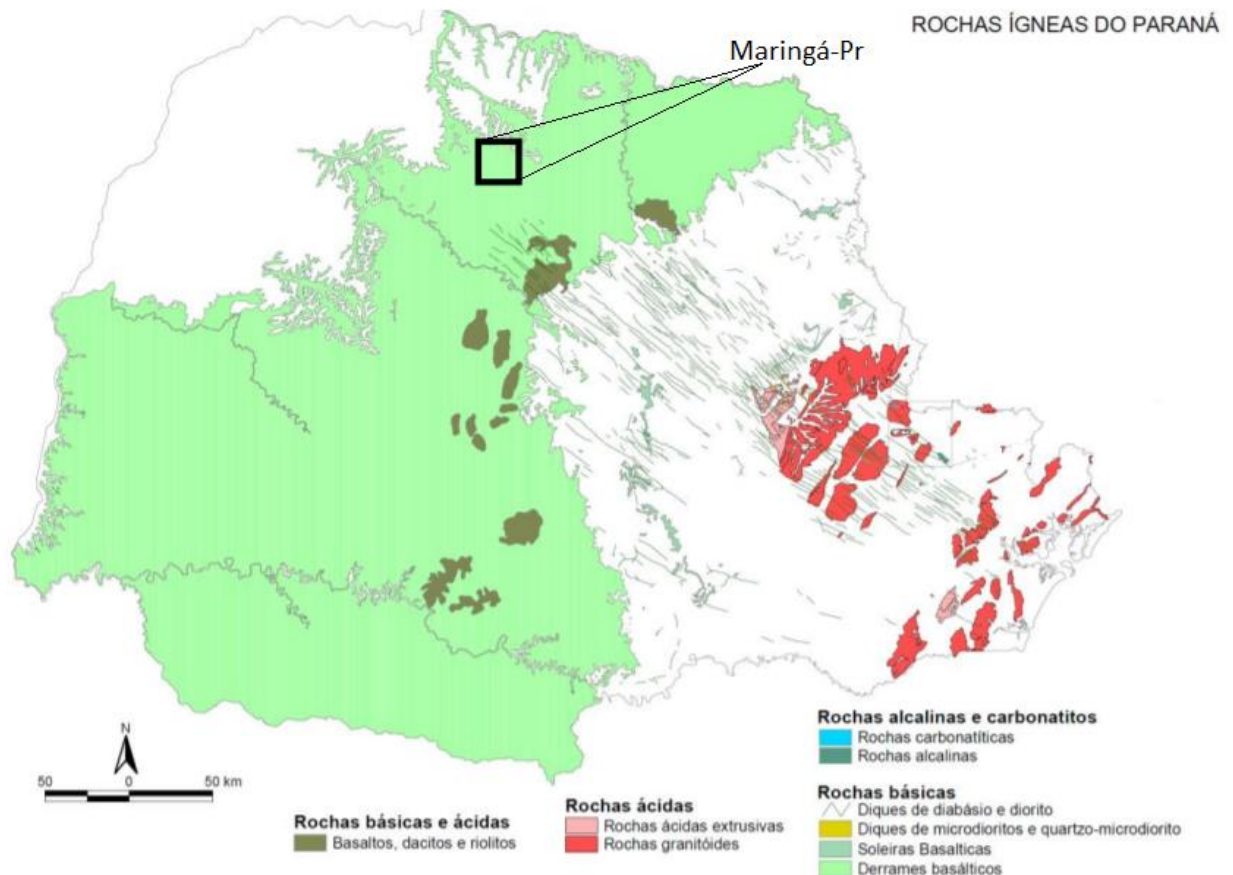
As extensas deformações estruturais, tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos. A consolidação e evolução final do embasamento da Bacia do Paraná ocorreram no Ciclo Tectônico-magmático Brasileiro, entre o Pré-Cambriano Superior e o EoPaleozóico. Sua evolução se deu por fases de subsidência e soerguimento com erosão associada, no transcorrer das quais a sedimentação se processou em sub-bacias. Na área da Bacia do Paraná podem ser individualizados três conjuntos litológicos (Figura 4):

- Paleozóico: diz respeito aos depósitos sedimentares paleozóicos, correspondentes à grande feição de sedimentação marinha e litorânea conhecida como Bacia do Paraná, que se estende por mais de 1.500.000 km² no sul e sudeste brasileiro e se manifesta geomorfologicamente no Segundo Planalto;
- Mesozóico: constituído por rochas sedimentares de origem continental, de idade triássica, e por rochas ígneas extrusivas de composição predominantemente básica de idade jurássica-cretácea (Figura 3.4), responsáveis pelas feições do Terceiro Planalto Paranaense. Os últimos eventos de grande expressão na coluna estratigráfica no final do Cretáceo são os depósitos sedimentares de ambiente continental árido representados pelos sedimentos arenosos do noroeste do Estado;
- Cenozóico: formado por sedimentos inconsolidados, de origem continental e marinha, que recobrem parcialmente as unidades acima descritas.

As últimas unidades geológicas a se formarem na região do Estado do Paraná são os sedimentos da Era Cenozóica. Os exemplos mais expressivos são:

- Os depósitos originados em clima semi-árido que recobrem boa parte dos municípios de Curitiba e Tijucas do Sul;
- Os depósitos sedimentares originados do intemperismo das rochas cristalinas da Serra do Mar que ocorrem na descida para o litoral;
- Os depósitos marinhos de areia da orla costeira e os inúmeros aluviões recentes dos rios que cortam o território paranaense.

Figura 5 – Conjuntos litológicos de rochas ígneas do estado do Paraná.



Fonte: MINEROPAR, 2001

3.1.2 Geologia do embasamento cristalino (escudo)

As rochas do embasamento cristalino constituem as porções mais antigas e elevadas do Estado, sendo formado por rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, da

Plataforma Sul-Americana, recoberto a oeste pelas rochas sedimentares paleozóicas da bacia. Conforme falado anteriormente a área do escudo pode ser dividida em quatro conjuntos litológicos: Arqueano e Proterozóico Inferior, Proterozóico Superior, Proterozóico Superior ao Paleozóico Inferior e Paleozóico

Conforme a MINEROPAR (2001), a evolução do Escudo é bastante longa e envolve muitos eventos tectônicos e magmáticos durante o Arqueano e o Proterozóico, formando bacias preenchidas por rochas vulcânicas e sedimentares. Os registros mais antigos são as rochas ígneas do Domínio Luís Alves, formadas durante o Arqueano e o Proterozóico Inferior. Já naquela época compunham um segmento continental, com bacias marinhas ao seu redor.

Durante o neoproterozóico ocorreram aberturas de oceanos com a formação de bacias vulcano-sedimentares, como a do Grupo Setuva (1,4 bilhão de anos) e a do Grupo Açungui (1,0 bilhão de ano), onde podem ser encontradas rochas de origem marinha, como calcários que hoje em dia se tornarão mármore, entre outras.

As sucessivas aberturas e fechamentos dos oceanos envolveram processos tectônicos complexos com formação e colisão dos continentes, originando estruturas complexas, dobramentos e falhamentos, além do extenso magmatismo granítico, que ocorreu no final do Proterozóico.

Ainda segundo a Mineropar (2001), no final do Proterozóico e início do Paleozóico, toda a área do Escudo foi palco de intenso magmatismo granítico, representado hoje por 42 corpos de granitos (ou granitóides), com dimensões variadas. Após a consolidação do Escudo, ocorreram intrusões de rochas básicas e alcalinas, relacionadas com os processos tectônicos associados aos eventos magmáticos mesozóicos da Bacia do Paraná.

A porção paranaense do Escudo aflora nas regiões do Litoral e Primeiro Planalto, sendo constituída pelas rochas mais antigas do Estado. Contém rochas ígneas e metamórficas, cujas idades variam do Arqueano (2,6 bilhões de anos) ao Paleozóico Inferior (450 milhões de anos).

As rochas mais antigas, de alto grau metamórfico (granulitos) situam-se na porção sudeste, próximo ao litoral. As rochas de baixo grau metamórfico ocorrem na porção noroeste do Escudo, correspondendo às rochas do Grupo Açungui (filitos, mármore, quartzitos, entre outras).

3.1.3 Geologia da bacia do Paraná

A Bacia do Paraná recobre toda a porção centro-oriental da América do Sul, e tem continuidade no oeste do Continente Africano até o noroeste da Namíbia. Estas áreas apresentam características geológicas semelhantes em ambos os continentes, sendo um dos argumentos utilizados como indicador da presença de um grande continente pré-abertura do Oceano Atlântico e da deriva continental, denominado Gondwana, cuja fragmentação ou separação teve início há aproximadamente 120 Ma (CPRM, 2004).

Testemunhos desta separação estão presentes tanto na Bacia do Paraná (Brasil) quanto na de Etendeka (Namíbia), relacionados aos episódios finais do preenchimento destas bacias e suas conexões com o rompimento de Gondwana, especialmente no que diz respeito ao deserto Botucatu e a Serra Geral.

A Bacia do Paraná corresponde à porção Sul-Americana desta grande entidade geológica, que recobre uma área de aproximadamente $1,6 \times 10^6$ km². A evolução desta bacia pode ser entendida em quatro grandes episódios (Almeida, 1981), sendo cada um característico de um ciclo tectono-sedimentar completo (Sloss, 1963). Os dois primeiros ciclos estão relacionados à sedimentação em uma bacia sinforme subsidente e os dois últimos correspondem às fases de soerguimento e extrusão de grande quantidade de lavas toleíticas, relacionadas ao intumescimento da crosta ocorrido ao redor de 135 - 120 Ma (Maringá, 2013)

Cerca de 730.000 km² da parcela brasileira desta bacia estão recobertos pela Formação Botucatu e pelos derrames relacionados ao Magmatismo Serra Geral, correspondentes às fases finais de preenchimento da bacia, porção que atinge cerca de 1.700 m de espessura junto ao seu depocentro, posicionado no oeste do Estado do Paraná.

A evolução da Bacia do Paraná, que durou mais de 350 milhões de anos, se fez em grandes ciclos geológicos, acompanhados de avanços e recuos da linha de costa de um antigo oceano que circundava o supercontinente Gondwana. Essas mudanças muito lentas, comparadas com a escala de tempo de eventos humanos, possibilitaram a formação de rochas de origens diversas como marinha, lacustre, fluvial, glacial, que compõem a sequência sedimentar paleozóica da Bacia do Paraná. Durante o Jurássico, esta extensa bacia transformou-se num imenso deserto (o deserto Botucatu) com mais de 1,5 milhões de km², que cobriu parte do que é hoje o sul do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. (Maringá, 2013)

A extensão da bacia do Paraná inserida no estado paranaense compreende o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense, recobrimdo a maior porção do Estado, sendo classificada como uma bacia sedimentar, intracratônica ou sinéclise, que evoluiu sobre a Plataforma Sul-Americana. Os primeiros registros de preenchimento datam do Período Devoniano, há cerca de 400 Ma, terminando no Cretáceo (MINEROPAR, 2001).

A persistente subsidência na área de formação da bacia, embora de caráter oscilatório, possibilitou a acumulação de grande espessura de sedimentos, lavas basálticas e sills de diabásio, ultrapassando 5.000 metros na porção mais profunda.

A forma da bacia é aproximadamente elíptica, aberta para sudoeste, com inclinação homoclinal em direção ao oeste, porção mais deprimida. Sua forma superficial côncava deve-se ao soergimento flexural, denominado Arqueamento de Ponta Grossa. As extensas deformações estruturais, tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos.

A consolidação e evolução final do embasamento da Bacia do Paraná ocorreu no Ciclo Tectono-magmático Brasileiro, entre o Pré-Cambriano Superior e o EoPaleozóico. Sua evolução se deu por fases de subsidência e soergimento com erosão associada, no transcorrer das quais a sedimentação se processou em subbacias (Maringá, 2013).

A Formação Botucatu representa um ciclo sedimentar final do preenchimento da Bacia do Paraná-Etendeka e iniciou-se como vasta superfície de deflação eólica que marcou o clímax da aridez desértica no interior desta bacia, caracterizando um prolongado episódio de interrupção da sedimentação que se desenvolvia, associado a fenômenos de rearranjo da sua morfologia.

No topo da seqüência estratigráfica da Bacia do Paraná, a Formação Serra Geral demarca o término do episódio magmático e o cretácico de preenchimento desta entidade geológica. A Formação Serra Geral corresponde a um dos maiores eventos de vulcanismo do planeta, o qual se encerra com a abertura do Atlântico Sul e a ruptura de Gondwana (Maringá,2013).

O contato entre as areias do antigo deserto Botucatu e os derrames de lavas da Formação Serra Geral configura desconformidade de ambientes geológicos, em função principalmente da natureza distinta dessas rochas. Entretanto, pode-se inferir uma relação transicional entre os campos de dunas eólicas e os derrames de lavas, visto que foi mantida uma alternância entre os ambientes durante certo intervalo de tempo. Esta transição estende-se até o total soterramento das areias pelas lavas, impedindo a manutenção e desenvolvimento do regime desértico após os primeiros eventos eruptivos (CPRM, 2004).

Em alguns pontos sob a Formação Serra Geral pode-se observar a morfologia das dunas ainda perfeitamente preservadas, sendo recobertas progressivamente por vários fluxos extrusivos, assim como a presença de corpos eólicos lenticulares intercalados nos derrames inferiores da seção Serra Geral, materializando esta interdigitação basalto/arenito, elemento ilustrativo da coexistência temporal de ambos os sistemas. Esses elementos também constituem um importante critério cronológico para o estabelecimento da idade mínima do deserto de Botucatu (138 Ma) (Maringá,2013). A Figura 6 ilustra a coluna litoestratigráfica da Bacia do Paraná.

Figura 6 – Coluna litoestratigráfica da bacia do Paraná

		LITOESTRATIGRAFIA						
Cronoes.		Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	São Paulo			
Quat.		Barreiras, Terraços Aluviões	Barreiras, Terraços Aluviões	Qha	Qha			
Terc.		Associação litológica primária	Associação litológica primária	TQi	TQi Fm. Rio Claro			
Cret.	Gr. Bauru				Fm. Marília			
Juro-Cretáceo	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral	Fm. Serra Geral			
		Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu	Fm. Botucatu			
Trias.		Mb. São Maria Fm. Rosário do Sul			Fm. Pirambóia			
Permiano	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado Mb. Serrinha	Fm. Corumbataí
		Fm. Teresina	Fm. Est. Nova	Fm. Teresina	Fm. Teresina	Fm. Teresina		
		Fm. Serra Alta		Fm. Serra Alta	Fm. Serra Alta			
		Fm. Irati		Mb. Assistência Mb. Taquaral				
Permiano	Gr. Guatá	Fm. Palermo	Fm. Palermo	Fm. Palermo				
		Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Rio Bonito	Mb. Paraguaçu Mb. Triunfo	Fm. Tatuí	Fm. Tietê	
Carb. Sup.	Gr. Itararé	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul	Fm. Rio do Sul			Fm. Aquidauana	
			Fm. Mafra	Fm. Mafra				
			Fm. Campo do Tenente	Fm. Campo do Tenente				
Devoniano	Gr. Paraná	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa	Fm. Ponta Grossa				
		Fm. Furnas	Fm. Furnas	Fm. Furnas			Fm. Furnas	
		Embasamento pré-Gonduânico						

Fonte: CPRM, 2002.

3.1.4 Formação Serra Geral

Segundo o ITCG (2013), entre dois derrames consecutivos da Formação Serra Geral há geralmente intercalações de material sedimentar – arenitos e siltitos – ditos

intratrapianos. Os derrames são representados por basalto amigdaloidal de base, basalto compacto, basalto vesicular e brecha basáltica e/ou sedimentar.

O derrame de lavas proveniente do vulcanismo de fissura continental originou, ao atingir a superfície através de grandes fendas que se abriram na crosta, uma sucessão de derrames tabuliformes além dos diques e sills de diabásio que ocorreram em toda a região. Cada derrame pode ser estruturado em quatro zonas distintas que refletem diferentes estágios de resfriamento: amidalóide vesicular, tabular, colunar e vítreo.

Estas rochas ocorrem na forma de derrames tabuliformes, cujas espessuras podem variar de cerca de 5 m a mais de 50 m. A sequência de derrames pode atingir em alguns locais mais de 1.000 m de espessura, representando o empilhamento de várias dezenas de derrames individuais (Maringá,2013).

Cada derrame é formado por uma sequência de litologias distintas. Nos derrames relativamente espessos, a sequência é constituída por basaltos maciços nos dois terços inferiores e por basalto vesículo-amigdalóide e brechas basálticas no terço superior. Nos derrames mais delgados, esta sequência pode diferir, sem a ocorrência de algumas litologias.

As rochas predominantes são as efusivas básicas de caráter toleítico, genericamente denominadas como baselevados, embora ocorram subordinadamente termos ácidos e intermediários. Tanto nas áreas de rochas efusivas ácidas como básicas ocorrem eventualmente brechas vulcânicas formadas por uma massa heterogênea de fragmentos quebrados de derrames anteriores, que foram cimentados pelo material da erupção subsequente.

A geologia dos derrames vulcânicos que constituem a Formação Serra Geral na região Centro Norte do Estado do Paraná é caracterizada pela presença de duas unidades litoestratigráficas distintas. As unidades individualizadas correspondem às rochas efusivas básicas e ácidas que, além das diferenças petrográficas e químicas, são caracterizadas por suas características macroscópicas, estruturais, morfológicas e de

intemperismo. Ocorrem ainda termos intermediários, normalmente em percentuais superiores ao das rochas efusivas ácidas (Maringá, 2013).

A unidade de conservação situa-se em meio ao sítio urbano do município de Maringá, caracterizado pela intensa alteração das condições superficiais naturais. As rochas da Formação Serra Geral encontram-se na área do município sobrepostas por camada de espessura variável composta por materiais produzidos pela ação dos agentes intempéricos e solos derivados, não se observando afloramentos rochosos no seu interior ou em suas adjacências.

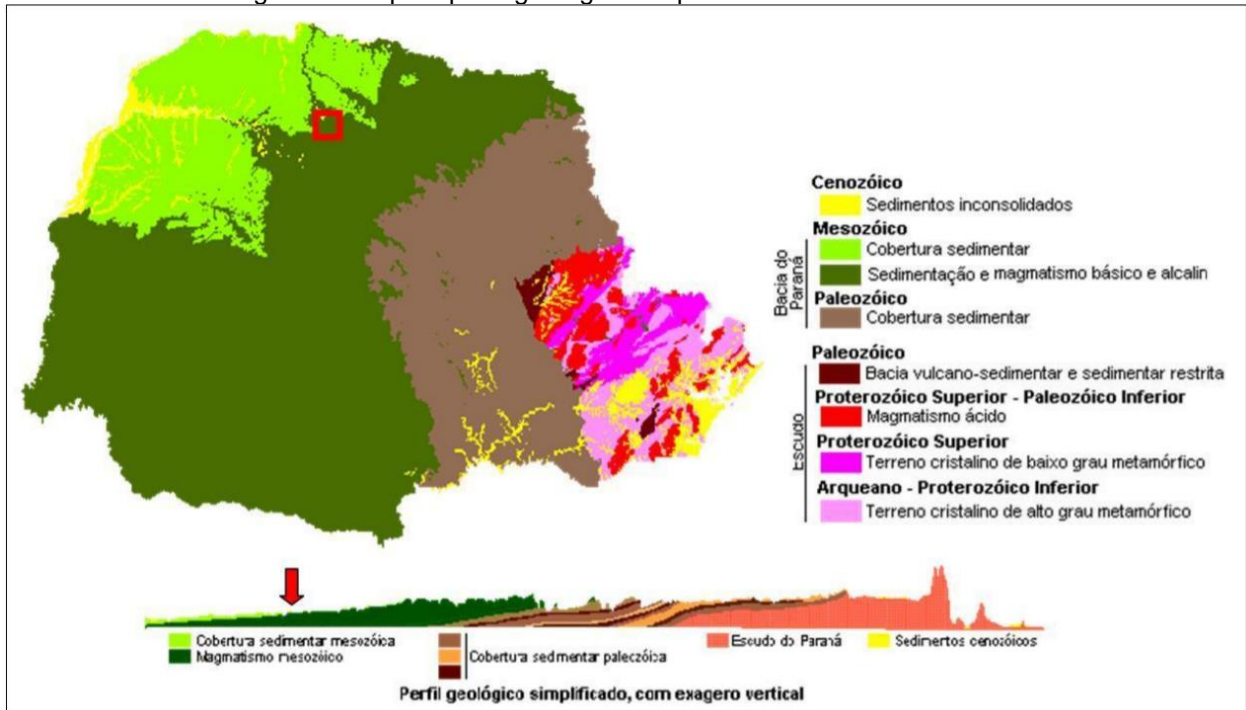
3.1.5 Geologia Local

A área de estudo está inserida no compartimento geológico Bacia do Paraná, que compreende, em seu conjunto, dois grandes grupos litológicos, com idades que variam de mesozóica e paleozóica, além de coberturas cenozóicas. Ocorrem na área de estudo rochas ígneas referentes a eventos de magmatismo do Mesozóico (Jurássico-Cretáceo) (Figura 7).

É mínima a diversidade litológica na área do município, com ocorrência exclusiva da unidade geológica Formação Serra Geral, do Grupo São Bento (MINEROPAR, 2013).

O Grupo São Bento inclui as Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, e está constituída por extensos derrames de rochas ígneas, predominando basaltos, de idade jurássica-cretácica.

Figura 7 - Mapa e perfil geológico simplificado do estado do Paraná



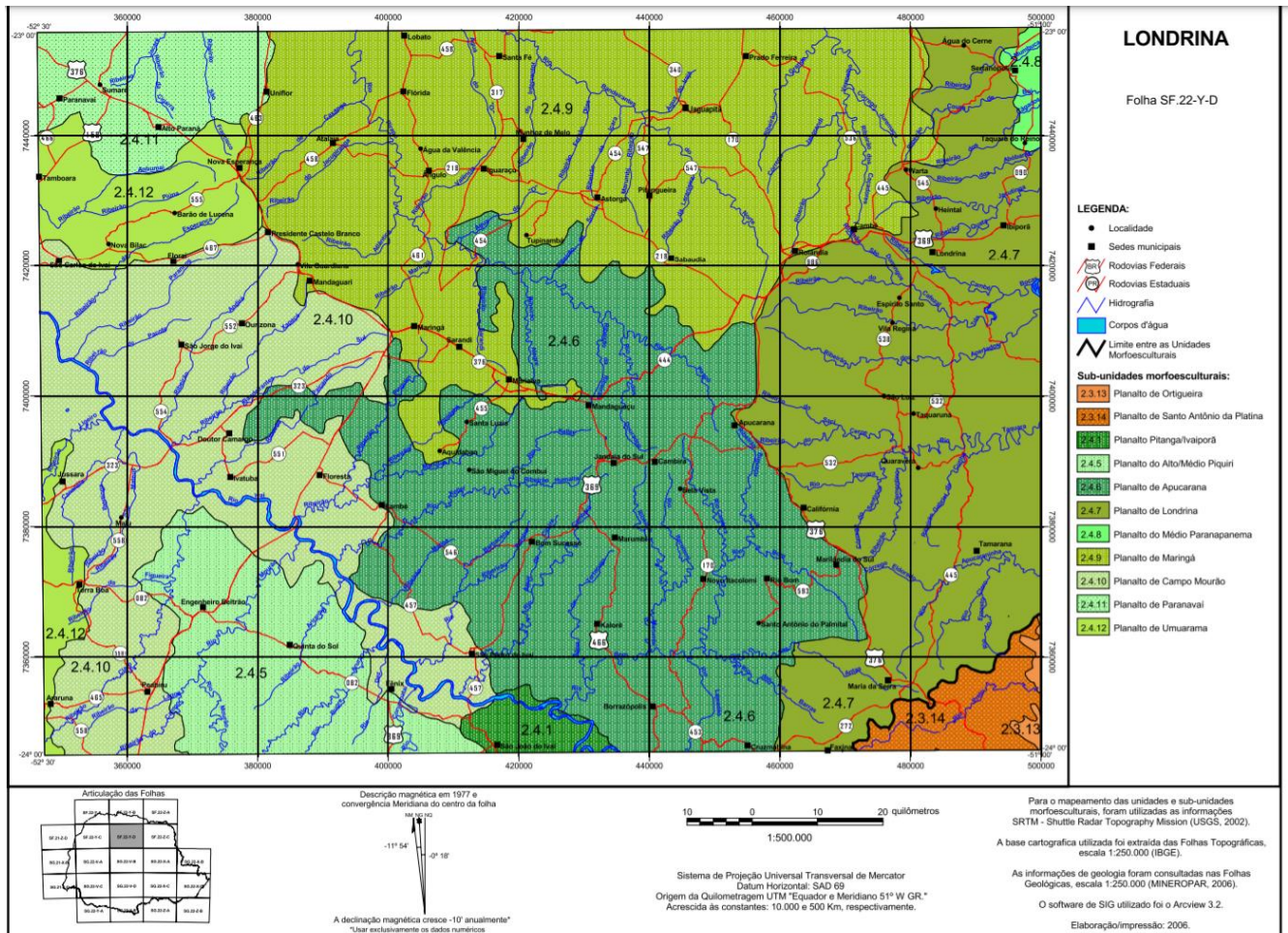
Fonte: MINEROPAR, 2013.

3.1.6 Morfometria e Fisiografia local

O mapeamento geomorfológico na escala 1:250.000, referente à folha Londrina, produzido pela MINEROPAR (2006), indica a ocorrência nesta região oeste do Estado do Paraná das seguintes unidades geomorfológicas (figura 8):

- Unidade morfoestrutural: Bacia Sedimentar do Paraná;
- Unidade morfoescultural: Terceiro Planalto Paranaense.

Figura 8 - Mapeamento geomorfológico do Paraná da folha Londrina.



Fonte: MINEROPAR, 2006

De acordo com o Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná (MINEROPAR, 2006), o município encontra-se integralmente inserido no contexto da Unidade Morfoescultural do Terceiro Planalto Paranaense, na sub-unidade morfoescultural Planalto de Maringá (2.4.9).

Segundo a MINEROPAR (2006), a sub-unidade morfoescultural número 2.4.9, denominada Planalto de Maringá, situada no Terceiro Planalto Paranaense, apresenta dissecação baixa e ocupa uma área de 4.125,23 km², que corresponde a 25% desta folha. A classe de declividade predominante é menor que 6% em uma área de 2.215,64 km². Em relação ao relevo, apresenta um gradiente de 400 metros com altitudes variando entre 340 m (mínima) e 740 m (máxima). As formas predominantes são topos alongados e

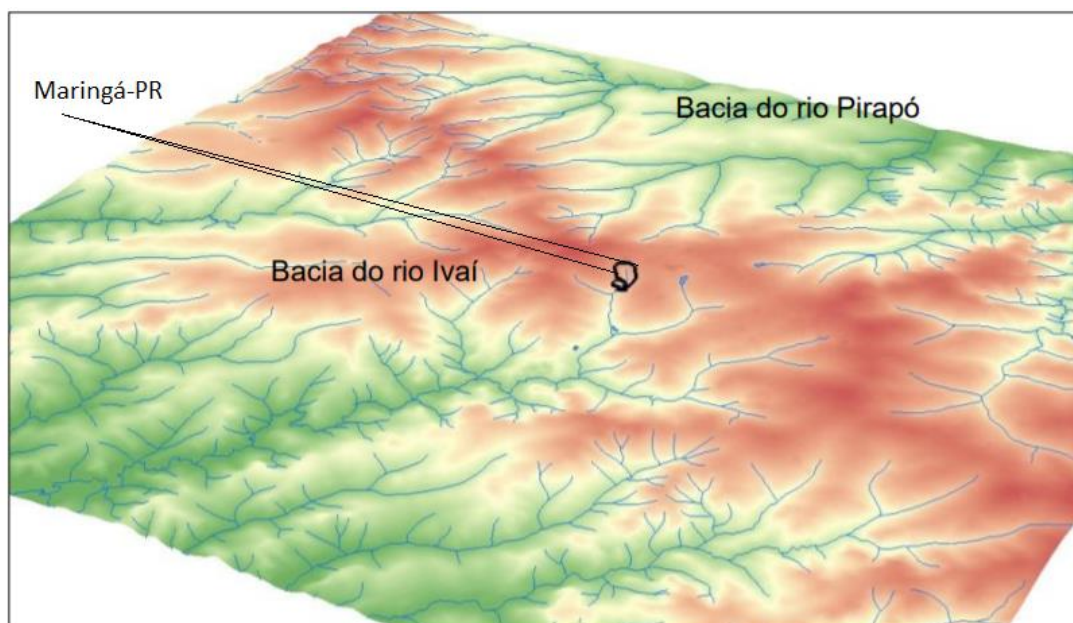
aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral.

No contexto regional, o município situa-se na parte borda noroeste de um amplo planalto dissecado, de relevo suave ondulado, com baixa amplitude topográfica e inclinado em direção à calha dos rios Paraná e Paranapanema. Predominam na região colinas baixas de topos convexas, com vertentes longas e retilinizadas, associadas a vales fluviais amplos, em geral retilinizados e com entalhe pouco profundo.

O município caracteriza-se por apresentar topografia suave em sua maior parte e apenas em determinadas áreas possui topografia pouco mais acidentada. A altimetria regional atinge cerca de 550 m acima do nível do mar.

No contexto hidrográfico local, os postos de combustíveis se localizam próximos a sub-bacia do córrego Cleópatra, afluente do ribeirão Pingüim, que por sua vez é afluente do rio Marialva, esse afluente do rio Ivaí por sua margem direita. Posiciona-se nas proximidades de um grande divisor de águas regional entre as bacias dos rios Pirapó, a norte, e Ivaí, a sul. O córrego Cleópatra pertence, assim, às áreas de cabeceiras deste trecho do rio Ivaí (figura 9).

Figura 9 - Localização em modelo 3D da unidade de conservação. Visada SE-NO



Fonte: Maringá, 2013.

De acordo com o informado por Zamuner et al. (2002), calcula-se que a bacia do córrego Cleópatra possua área total aproximada de 329,6 ha., dos quais 59,4 ha., correspondentes ao seu trecho máximo montante e de área de cabeceiras.

Segundo Zamuner et al. (2002) a bacia hidrográfica do córrego Cleópatra apresenta característica geométrica em forma de trapézio com vertentes curtas e convexas, localizadas nos setores norte/leste, mas com predomínio de vertentes longas e convexas, localizadas nos setores noroeste/oeste. As declividades verificadas são, em geral, fracas nas áreas compreendidas entre o topo e a média vertente (<7%), aumentando em direção a jusante da bacia.

A situação de cabeceira de drenagem do trecho montante do córrego Cleópatra encontra-se bastante descaracterizada, dada a intensa urbanização no seu entorno. A densidade de drenagem na área é muito baixa, sendo verificado *in loco* somente o curso do canal principal e alguns afluentes, todos de caráter temporário, inclusive o próprio córrego Cleópatra neste trecho montante.

3.1.7 Podologia Local

A Carta de Solos do Estado do Paraná, publicada pela EMBRAPA em 2008 na escala 1:250.000, constitui uma atualização para o SiBCS do Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná com base na Série Documentos nº 96 publicada pela EMBRAPA em 2006. Este constitui o único mapeamento de solos para o Estado do Paraná também oferecido em formato vetorial e que se encontra disponível no *site* do ITCG (2013).

Deste modo, o mapeamento em formato vetorial correspondente às folhas SF-22-YD indica para a unidade de conservação e seu entorno imediato a ocorrência de solos das ordens latossolos e nitossolos.

Quanto à distribuição dos solos no município, segundo o mapeamento disponibilizado pelo ITCG (2013) os latossolos constituem como a ocorrência predominante e se encontram distribuídos por toda sua área, ocorrendo como latossolos vermelhos distroféricos típicos.

No entorno norte da cidade, em certas porções de solo, ocorrem segundo o mapeamento do ITCG (2013), nitossolos vermelhos eutroféricos típicos.

Com relação às principais características apresentadas pela EMBRAPA (2006) quanto aos tipos de solos que ocorrem na área de estudo, os latossolos constituem solos muito evoluídos, em avançado estado de intemperização, destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo. Apresentam horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial.

São solos muito profundos, possuem boa drenagem e apresentam sequência de horizontes A, B, C com pouca diferenciação entre si e transições normalmente difusas ou graduais. O incremento de argila do horizonte A para o B é pouco expressivo. Constituem solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, típicos de regiões equatoriais e tropicais, ocorrendo também em zonas subtropicais distribuídos, sobretudo, por amplas e antigas superfícies de erosão, normalmente em relevo plano e suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

Segundo a EMBRAPA, os latossolos são formados pelo processo denominado latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , etc.), após transformação dos minerais primários constituintes. São definidas sete diferentes classes de latossolo, diferenciadas com base na combinação de características com teor de Fe_2O_3 , cor do solo e relação K_i ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$). As cores variam de vermelhas muito escuras a amareladas, geralmente escuras no A, vivas no B e mais claras no C.

A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade (Maringá, 2013).

Os latossolos apresentam tendência a formar crostas superficiais, possivelmente devido à flocculação das argilas que passam a comportar-se funcionalmente como silte e areia fina. A fração silte desempenha papel importante no encrostamento, o que pode ser evitado, mantendo-se o terreno com cobertura vegetal a maior parte do tempo.

São solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponíveis extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg/dm³. Em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade.

Os latossolos normalmente estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%. São profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil manejo. O caráter distrófico dos latossolos encontrados no município, confere a estes baixa fertilidade natural (Maringá,2013).

Os latossolos têm uma cor bastante avermelhada na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2006) (Figura 10).

Figura 10 - Perfil típico de latossolo vermelho



Fonte: Embrapa, 2006

Os nitossolos, segundo a EMBRAPA (2006), apresentam em geral horizonte B bem desenvolvido, estrutura em blocos ou prismática composta de blocos subangulares e angulares, por vezes com aspecto característico de fendilhamento quando em cortes de estradas, indicativo de alta expansão e contração pelo umedecimento e secagem do material, decorrente dos altos teores de argila. Caracterizam-se pela presença de horizonte B nítico, com avançada evolução pedogenética.

O horizonte nítico apresenta caráter não hidromórfico, textura argilosa ou muito argilosa, superfícies normalmente reluzentes dos agregados e transição gradual ou difusa entre os subhorizontes. Nitossolos são solos profundos, bem drenados, de coloração variando de vermelho a brunada (EMBRAPA, 2006).

Os nitossolos têm uma cor bastante avermelhada na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2006) (Figura 11)

Figura 11 - Perfil típico de nitossolo vermelho.



Fonte: Embrapa, 2006

Em síntese, a cobertura pedológica do município é marcada pela ocorrência de um tipo de solo principal, o latossolo vermelho, que, apesar de profundo, bem desenvolvido e de alta permeabilidade, apresenta-se altamente friável quando úmido. Por fim, deve-se destacar que tanto os latossolos como os nitossolos que ocorrem no entorno da cidade encontram-se em ambiente de intensa urbanização, desta forma não apresentando mais suas características e propriedades naturais.

3.1.8 Geotecnia Local

O solo local, derivado do intemperismo sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, apresenta elevada espessura. Nos locais onde os laboratórios realizaram as sondagens eles relatam ter encontrado a ocorrência de solo argiloso, avermelhado, compacto e de umidade baixa, desde a superfície. Nas sondagens realizadas, não foi detectada a zona saturada de água, pois a superfície do lençol freático se encontra a profundidades maiores que 22m. Não foi observado nenhum tipo de processo de instabilidade geotécnica nas edificações dos postos ou nas suas edificações vizinhas.

3.1.9 Hidrogeologia Local

Segundo o mapa hidrogeológico do Brasil folha Paranapanema (SF.22) da CPRM publicado em 2010 Maringá está inserida no Aquífero Serra Geral (figura 12), uma unidade aquífera fraturada, anisotrópica, com armazenamento da água relacionado a zonas de fraturas tectônicas e/ou de resfriamento, zonas vesiculares e “intertraps” de arenitos. Constitui-se predominantemente de basaltos, e menos comumente de soleiras e diques de diabásio. As produtividades baixas do aquífero (capacidade específica média de 0,97 m³/), estão relacionadas a ocorrências de basaltos pouco fraturados e com manto de intemperismo pouco desenvolvido. Essas áreas são observadas em segmentos isolados distribuídos numa faixa de direção NE que se estende desde o município de São Pedro do Ivaí, passando por Bandeirantes até o município de Ipuã mais a NE. Suas águas são de boa qualidade química, com baixo teor de sólidos totais dissolvidos, havendo restrição a possíveis contaminações de ferro e nitrato. Ocorre sobreposto ao aquífero Botucatu-Pirambóia de produção elevada. Segundo a carta essa região do aquífero é classificada como pouco produtiva com uma vazão que varia de 5 a 10m³/h.

De acordo com os laboratórios que fizeram a coleta de amostra dos aquíferos locais a superfície freática se encontra a profundidades maiores que 20,0m, fato comprovado por suas sondagens executadas que atingiram aquela profundidade sem interceptar a zona saturada do solo local. Os dados históricos de perfurações em toda a região de Maringá mostram que o lençol freático se encontra, em todo o município, a profundidades maiores que 22,0 metros. A elevada espessura da zona aerada, no subsolo dos postos estudados, garante ao lençol freático proteção natural bastante razoável, pois o longo caminho que contaminantes de superfície teriam de percorrer ao longo do solo torna-se suficiente para, através de reações físico-químicas, típicas daquela zona, depurar a maior parte dos contaminantes.

Figura 12 - Corte de uma seção da carta FOLHA PARANAPANEMA (SF.22) da CPRM

sob vácuo para que os íons formados não colidam com outras moléculas neutras que não foram ionizadas (SKOOG, 2009).

Os íons ao sair da câmara entram no analisador de massa, normalmente quadrupolar, onde são separados pela razão massa/carga (m/z), através de um campo eletromagnético (COLLINS et al., 2011). Os íons selecionados no espectrômetro são capturados pelo multiplicador de elétrons e detectados. O sinal analítico é processado na forma de um espectro de massas (HARRIS, 2012).

A espectrometria de massas acoplada à cromatografia gasosa é uma das técnicas mais sensíveis e versáteis para análise de compostos orgânicos voláteis e termicamente estáveis. Pode-se obter o espectro de massas de cada composto (modo SCAN ou de varredura) permitindo a sua identificação. Também se pode aumentar a sensibilidade e, assim, promover a quantificação e a seletividade do processo usando o método SIM (Single Íon Monitoring) ou monitoramento seletivo de íons no qual apenas alguns íons específicos de determinados compostos são monitorados, aumentando a detecção do equipamento (HARRIS, 2012).

3.2.2 PID

De maneira simplificada, podemos dizer que um detector tipo PID usa a alta energia de uma lâmpada Ultravioleta especial, para “quebrar” as moléculas de hidrocarbonetos gerando radicais. Estes radicais que têm carga elétrica se descarregam nos eletrodos de um medidor /condensador.

A corrente elétrica gerada por esta descarga é proporcional ao número de moléculas na amostra. Como o volume da amostra no instrumento é sempre o mesmo, pode-se facilmente calcular então a concentração dos VOCs na amostra.

A maioria dos monitores de VOCs opera com uma lâmpada de 10,6 eV. Porém existem disponíveis, para usos mais específicos ou especiais, lâmpadas de 10,0 eV e 11,8 eV. Em parágrafos posteriores explicaremos mais detalhadamente as vantagens e desvantagens de cada uma.

Como a maioria das moléculas de hidrocarbonetos passam pela câmara sem serem quebradas ou se recombina após sua exposição à forte luz ultravioleta, não ocorre nenhuma transformação material da amostra e podemos dizer, sem muitas restrições, que a análise é não destrutiva. A detecção PID, por ser um método óptico/físico, possui alta velocidade de resposta. Na verdade a maior contribuição para a demora na leitura será o tempo que a amostra leva até entrar no instrumento e passar pela câmara de detecção.

3.3 Contexto socioambiental

3.3.1 Condições econômicas do município de Maringá

Segundo dados do IBGE de 2018 PIB de Maringá é de R\$18.532.976,71, por habitante, o que coloca o município na segunda colocação estadual e 50ª nacional, a colocando como uma das maiores cidades do Brasil com um PIB per capita de R\$ 44.442,52, Maringá é a 2ª maior exportadora do Paraná e a 9ª do país.

O destaque econômico da cidade é o comércio e a prestação de serviços. No comércio, podemos destacar os cinco shoppings centers: Catuaí Maringá, Maringá Park, Mandacaru Boulevard, Avenida Center e Shopping Cidade. Além destes o forte comércio das principais avenidas da cidade movimentam a economia local, destacando-se as avenidas Brasil, São Paulo, Herval, Paraná, Morangueira, São Domingos, Tuiuti, Cerro Azul, Pedro Taques entre outras.

Quanto à distribuição do comércio lojista, destacamos os segmentos de autopeças, alimentos, armarinhos, papéis, vidros, tecidos, madeira e eletrodomésticos. Além destes, as indústrias no setor têxtil se destacam fruto da vocação regional para confecções – o que também impulsiona o comércio atacadista no setor do vestuário.

O agronegócio é um dos principais setores econômicos de Maringá, se deve principalmente a presença da empresa Cocamar que é uma das protagonistas do moderno agronegócio brasileiro - setor responsável por 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país - a Cocamar Cooperativa Agroindustrial faz parte do clube que reúne as 50

maiores e mais importantes corporações relacionadas à atividade em nível nacional, segundo avaliação da Forbes Brasil.

Acerca do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do município de Maringá, elaborado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), destacamos o excelente índice obtido quanto à educação, superando o índice de muitos Estados do país. Em geral, o IDH de Maringá é considerado como muito alto (0,808) sendo considerado acima da média latino americana e brasileira, e ocupa a segunda colocação do Paraná.

3.3.2 Condições sociológicas do município de Maringá

Em 2018, a população do município foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 417 010 habitantes, sendo o 3º município mais populoso do estado (atrás de Londrina e da capital paranaense) e o 63º do país, apresentando uma densidade populacional de 733,14 habitantes por quilômetro quadrado.

O município tinha uma população de 357.077 habitantes de acordo com o Censo 2010; destes 171.748 são homens e 185.369 são mulheres. Além disso, 349.120 são moradores da Zona Urbana e 7.997 moram na Zona Rural, sua taxa de urbanização é de 98,4%.

Maringá se destaca como a melhor cidade para se viver entre os municípios brasileiros. A colocação foi revelada pelo Ranking Macroplan 2021, que apresenta os Desafios da Gestão Municipal, foi a 3ª vez que a cidade recebeu o título, liderando o ranking antes em 2017 e 2018.

O índice leva em conta as áreas educação, saúde, segurança, saneamento básico e sustentabilidade e considera elementos importantes da economia em geral. O Índice é o mais seguro para avaliar a qualidade e eficiência da gestão municipal.

Maringá possui uma taxa de alfabetização de 95,1% e tem uma Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade de 98,4 %, apresenta uma população universitária estimada em mais de 18 mil pessoas sendo a Universidade Estadual de Maringá (UEM) é um dos principais centros de ensino universitário e de pesquisa científica do estado.

Na saúde o índice de mortalidade infantil de Maringá também caiu ao longo dos anos. Segundo dados da Secretaria Municipal da Saúde, o índice de mortes por mil nascidos vivos beirava 38 em 1980 e, desde 2003, tal coeficiente esteve sempre abaixo dos 11, chegando ao menor número da história em 2008, com 8,46 e, em 2017 atingiu 10,08 pontos na estatística.

Outro indicador importante quanto à saúde infantil é o de desnutrição: ao passo que em 2005 chegava aos 14,3% (com 75,6% das crianças bem nutridas), o índice regrediu a 1,97% em 2017, menor número da história – já que, na outra ponta, 90,89% das crianças estavam bem nutridas (conforme os dados fornecidos pela Secretaria Municipal da Saúde).

No saneamento a empresa Sanepar cobre 95% do esgoto da cidade com 125.394 unidades atendidas e 87.510 ligações, Maringá é a 7ª melhor do Brasil em relação ao tratamento do esgoto, sendo que todo o esgoto produzido pelos habitantes é coletado. O abastecimento de água é fomentada pela bacia do Rio Pirapó (responsável por 90% da água da cidade)

Na segurança, Maringá foi considerada a cidade mais segura do Brasil, segundo dados do Ipea de 2005, com índice de homicídio de 7,94 para cada 100 mil habitantes. Os índices de criminalidade dessa cidade foram comparáveis aos de Amsterdã, a capital da Holanda. de acordo com o relatório da Secretaria de Segurança Pública do Paraná, a taxa de homicídios de Maringá foi a menor do Paraná entre os municípios de maior porte, no primeiro semestre do ano de 2019. O índice de homicídios foi de 3,06 para cada 100 mil habitantes. Ao todo, foram 13 homicídios, sendo oito com intenção de matar, um latrocínio e quatro casos de lesão corporal que resultaram em morte. O município conta com efetivo do Exército Brasileiro (Tiro-de-Guerra 05-009), das Polícias Militar (4º BPM), Civil (9ª SDP), Federal, Rodoviária Federal, Rodoviária Estadual e da Guarda Municipal.

3.4 Contaminantes orgânicos

3.4.1 BTEX

Os hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX: benzeno, tolueno, etilbenzeno, o-xileno, m-xileno e p-xilenos) são compostos voláteis arranjados em um anel aromático condensado, constituídos por átomos de carbono e hidrogênio. Estes compostos orgânicos de alta mobilidade e toxicidade são encontrados em combustíveis líquidos derivados de petróleo. Devido a sua volatilidade e solubilidade, possuem uma elevada mobilidade no meio ambiente, podendo ser rapidamente transportados através do solo e da água subterrânea (COSTA et al., 2009). A mobilidade dos hidrocarbonetos monoaromáticos no solo, na água e no ar é definida em função das suas características físico-químicas como o peso molecular, a solubilidade, a polaridade, a densidade e os coeficientes de distribuição (SCHWARZENBACH et al., 2002), sendo o seu transporte também dependente das características do ambiente (principalmente da permeabilidade específica do meio físico).

Segundo CORSEUIL (2004) e COATES et al., (2002), os BTEX, geralmente, são os hidrocarbonetos monoaromáticos que mais avançam nas plumas dissolvidas de contaminação por hidrocarbonetos. Em ambiente de subsuperfície contaminado por gasolina e etanol, o benzeno tem sua solubilidade aumentada em cerca de 20 vezes do benzeno e, conseqüentemente, isso aumenta a solubilidade dos demais compostos aromáticos hidrofóbicos. Para Silva (2002) o principal fator que controla a extensão da pluma de compostos orgânicos é a disponibilidade de aceptores de elétron convenientes aos contaminantes, nestes casos a adição de aceptores fortes pode ser usada como meio de aumentar a degradação natural.

Nos seres humanos, os efeitos dos BTEX são rápidos e podem causar envenenamento grave. Os efeitos tóxicos causam no início euforia, a perda de inibição, alucinação, seguida pela letargia e outros efeitos depressores do sistema nervoso central. Doses altas podem conduzir a convulsões, asfixia, disfunções cardíacas, coma e morte (ALEGRETTI, 2004 e NETTO et al., 2000). Sua recepção pode ser realizada por meio de contato dermal, ingestão ou inalação.

3.4.2 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) representam uma família de compostos orgânicos semivoláteis arranjados por dois ou mais anéis aromáticos condensados, constituídos por átomos de carbono e hidrogênio. (NETTO et al., 2000). As fontes dos HPA podem ocorrer de forma natural (combustão acidental em florestas e etc) ou por ação humana. As fontes antropogênicas são divididas em duas (USEPA, 2003):

1. Fontes pirolíticas, que estão associados à queima incompleta de combustíveis fósseis e de biomassa, onde os HPA liberados para a atmosfera são transportados e sua introdução no solo e água ocorre por deposição atmosférica seca (precipitação direta de partículas em suspensão) e úmida (carreamento de gases e partículas pela precipitação chuvosa);
2. Fontes petrogênicas, que estão associados a fontes locais ou pontuais, como efluentes domésticos e industriais provenientes de refinarias e indústria de petróleo e a introdução direta de petróleo por meio de derrames acidentais ou vazamento de combustíveis líquidos derivados de petróleo, fonte de HPA estudado neste trabalho.

3.4.3 Doenças Humanas por HPA e BTEX

A exposição a tanto os BTEXs quanto aos HPAs podem ser extremamente tóxicas podendo causar impactos irreversíveis quando exposto a grandes quantidades, os BTEXs principalmente o benzeno tem um efeito tóxico mais frequentemente observado principalmente em humanos e animais. Ocorre a depressão da medula óssea, que leva à linfocitopenia, leucocitopenia, trombocitopenia, anemia e anemia aplástica (ATSDR, 2007). O benzeno pode causar leucemia mielóide aguda – LMA, e, portanto, o benzeno é classificado como uma substância cancerígena em concordância com a Agência Internacional para Pesquisas do Câncer – IARC e a EPA (ATSDR, 2007). Além dos efeitos carcinogênicos, o benzeno produz efeitos neurotóxicos em animais e seres humanos após a exposição a curto prazo a concentrações relativamente elevadas da substância. Os principais sintomas são tontura, dores de cabeça e vertigens, levando à

sonolência, tremores, delírio e perda de consciência. Estudos relataram que trabalhadores expostos ao benzeno se queixaram de dores de cabeça frequentes (geralmente no final da jornada), cansaço fácil, dificuldades para dormir, e perda de memória. Os níveis de exposição e concentração determinam os sintomas, indo desde sonolência, tontura, dores de cabeça até a morte (ATSDR, 2007).

Já o HPA estudos epidemiológicos envolvendo exposição pré-natal a misturas de HPAs indicam efeitos na reprodução como a diminuição da fertilidade e impactos no desenvolvimento, como diminuição do peso ao nascer e da circunferência da cabeça, danos na habilidade cognitiva, aumento de problemas de atenção, ansiedade e depressão e aumento de abortos espontâneos. A inalação do contaminante por longo prazo pode causar dor torácica, irritação e tosse, além de diminuição da função respiratória. O contato dérmico crônico leva a efeitos dermatológicos, como verrugas. Estudos com trabalhadores expostos a HPAs por inalação ou contato dérmico por longos períodos sugerem que os HPAs podem causar câncer de pulmão e de pele. A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o benzo(a)pireno como cancerígeno para o ser humano (Grupo 1); o dibenzo(a,h)antraceno como provável cancerígeno para ser humano (Grupo 2A); o benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(j)fluoranteno, criseno e o indeno(1,2,3-c,d)pireno entre outros como possíveis cancerígenos humanos (Grupo 2B); o acenafteno, antraceno, benzo(e)pireno, benzo(g,h,i)perileno, fluoranteno, fluoreno, fenantreno e o pireno, entre outros como não classificáveis quanto à sua carcinogenicidade para o ser humano (Grupo 3) (CETESB,2018)

3.4.4 Geologia médica

Segundo a CPRM a Geologia Médica é uma ciência interdisciplinar que estuda as variações regionais na distribuição dos elementos químicos, principalmente os metálicos, seus comportamentos geológico-geoquímicos, as contaminações naturais e antropogênicas e os possíveis danos à saúde humana, animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências de tais elementos. Tal especialidade desponta no cenário científico internacional como elo entre os profissionais das ciências médicas e os das geociências, em busca da qualidade de vida das populações.

Diante disso, foi instituído em 2003 o Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica - PGAGEM, sob a coordenação do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Com atuação multi-institucional e interdisciplinar e com resultados multiusos, o PGAGEM foi elaborado por pesquisadores da CPRM, da Universidade de Campinas - Unicamp, da Universidade do Estado de São Paulo - USP, da Universidade Federal do Estado do Pará - UFPA, da Universidade Estadual de Londrina - UEL, da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, do Serviço Geológico do Paraná - Mineropar, do Instituto Evandro Chagas, do Instituto Adolfo Lutz, da Escola Nacional de Saúde Pública - ENSP (Fiocruz) e da Empresa Brasileira de Agropecuária - Embrapa (Solos).

Quando esses elementos químicos são liberados da rocha sob a ação do intemperismo, eles serão incorporados a minerais recém-formados, absorvidos por argilominerais, incorporados a óxidos-hidróxidos de ferro e manganês e precipitados ou dissolvidos na forma de carbonatos ou postos em solução na água. Depois de se dissolverem, eles passam ao solo e são levados às águas de subsuperfície, ou são transportados pela drenagem. Humanos e animais são contaminados pelo contato com alimentos (as plantas absorvem os elementos químicos disponíveis no solo), água, ar e pele.

Exemplos de contaminação humana gerada por fatores ambientais podem ser encontrados em vários países do mundo: China (selênio), Bangladesh, Chile e Argentina (arsênio), Estados Unidos da América (iodo), dentre outros. No Brasil, há estudos em: Santo Amaro da Purificação (BA) – chumbo e cádmio; Vale do Ribeira (SP/PR) – chumbo; São Francisco (MG) – flúor; Quadrilátero Ferrífero (MG) – arsênio. Pesquisas em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica identificaram as seguintes anomalias: alumínio e nitrato em Parintins (AM); Relatório Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Parintins; chumbo, zinco, cobre, alumínio, boro, manganês e potássio no nordeste do Pará; alumínio, arsênio, boro, cádmio, chumbo, manganês e zinco no estado do Ceará; urânio, em Lagoa Real (BA); mercúrio, em Descoberto (MG).

A parte geológica nas pesquisas em Geologia Médica, em geral, objetiva, por meio da geoquímica, avaliar a dispersão dos elementos químicos no meio ambiente utilizando-se de coleta e análise química de amostras de sedimentos de corrente, solos, ar e águas (superficial, subterrânea e de consumo humano). Utiliza-se, também, de diversas disciplinas das Geociências, como: Litologia, Estrutural, Estratigrafia, Geofísica, Isótopos, Paleontologia etc.

A equipe médica se compromete a investigar possíveis danos à saúde humana por meio de estudo epidemiológico, coletando amostras biológicas (sangue, tecido, cabelo, unhas e urina) de pessoas em áreas determinadas pela geologia, como também em indivíduos da população não exposta, residentes fora da área em estudo que será utilizada como referência.

A geologia médica é o diagnóstico e a identificação da origem das doenças, principalmente para a prevenção de doenças. Quando enfoca o bem-estar social, é uma das mais importantes aplicações das ciências da terra.

3.5 Normas CONAMA e regulamentos CETESB

O gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil é estabelecido pela resolução CONAMA N.º 420/2009. Uma importante etapa desse processo é a avaliação de risco à saúde humana, que precede a fase de remediação. Além de caracterizar, avaliar e quantificar os riscos associados a uma contaminação, a avaliação de risco possibilita a definição de concentrações limites, para as quais o risco associado é considerado aceitável, com isso na resolução da CONAMA foi fornecido tabelas de valores para solos e águas subterrâneas (tabelas 1,2 e 3)

A CETESB criou os chamados valores orientadores para solo e água Subterrânea, estes são concentrações de substâncias químicas derivadas por meio de critérios numéricos e dados existentes na literatura científica internacional, para subsidiar ações de prevenção e controle da poluição, visando à proteção da qualidade dos solos e das águas subterrâneas e o gerenciamento de áreas contaminadas. Ela foi criada em sua

maior parte baseada nos valores da resolução CONAMA N.º 420/2009 e em 2016 a CETESB publicou estes valores em tabelas de fácil acesso (tabelas 4,5 e 6).

Vale ressaltar que em ambas as tabelas para valores de investigação de substâncias em solo é dividido em três categorias:

- Se o solo está em uma região que é de plantio agrícola;
- Se o solo está em uma região residencial
- Se o solo está em um setor industrial

Tabela 1 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas A

Substâncias	CAS n°	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Inorgânicos							
Alumínio	7429-90-5	E	-	-	-	-	3.500**
Antimônio	7440-36-0	E	2	5	10	25	5*
Arsênio	7440-38-2	E	15	35	55	150	10*
Bário	7440-39-3	E	150	300	500	750	700*
Boro	7440-42-8	E	-	-	-	-	500
Cádmio	7440-48-4	E	1,3	3	8	20	5*
Chumbo	7440-43-9	E	72	180	300	900	10*
Cobalto	7439-92-1	E	25	35	65	90	70
Cobre	7440-50-8	E	60	200	400	600	2.000*
Cromo	7440-47-3	E	75	150	300	400	50*
Ferro	7439-89-6	E	-	-	-	-	2.450**
Manganês	7439-96-5	E	-	-	-	-	400**
Mercúrio	7439-97-6	E	0,5	12	36	70	1*
Molibdênio	7439-98-7	E	30	50	100	120	70
Níquel	7440-02-0	E	30	70	100	130	20
Nitrato (como N)	797-55-08	E	-	-	-	-	10.000*
Prata	7440-22-4	E	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	E	5	-	-	-	10*
Vanádio	7440-62-2	E	-	-	-	1000	-
Zinco	7440-66-6	E	300	450	1.000	2.000	1.050**
Hidrocarbonetos aromáticos voláteis							
Benzeno	71-43-2	na	0,03	0,06	0,08	0,15	5*
Estireno	100-42-5	na	0,2	15	35	80	20*
Etilbenzeno	100-41-4	na	6,2	35	40	95	300**
Tolueno	108-88-3	na	0,14	30	30	75	700**
Xilenos	1330-20-7	na	0,13	25	30	70	500**
Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos							
Antraceno	07/12/20	na	0,039	-	-	-	-
Benzo(a)antraceno	56-55-3	na	0,025	9	20	65	1,75
Benzo(k)fluoranteno	207-06-9	na	0,38	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	na	0,57	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	na	0,052	0,4	1,5	3,5	0,7*
Criseno	218-01-9	na	8,1	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	na	0,08	0,15	0,6	1,3	0,18

Fonte: CONAMA N.º 420/2009

A tabela 1 apresenta segundo a CONAMA os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para substâncias inorgânicas, hidrocarbonetos aromáticos voláteis e HPAs

Tabela 2 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas B

Substâncias	CAS n°	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Fenantreno	85-01-8	na	3,3	15	40	95	140
Índeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	na	0,031	2	25	130	0,17
Naftaleno	91-20-3	na	0,12	30	60	90	140
Benzenos clorados							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	na	0,41	40	45	120	700**
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	na	0,73	150	200	400	1000
1,3-Diclorobenzeno	541-73-1	na	0,39	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	na	0,39	50	70	150	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	na	0,01	5	15	35	(a)*
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	na	0,011	7	20	40	(a)*
1,3,5-Triclorobenzeno	108-70-3	na	0,5	-	-	-	(a)*
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	634-66-2	na	0,16	-	-	-	-
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	634-90-2	na	0,01	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	na	0,01	-	-	-	-
Hexaclorobenzeno	118-74-1	na	0,003(3)	0,005	0,1	1	1*
Étanos clorados							
1,1-Dicloroetano	75-34-2	na	-	8,5	20	25	280
1,2-Dicloroetano	107-06-2	na	0,075	0,15	0,25	0,50	10*
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	na	-	11	11	25	280
Etenos clorados							
Cloroeto de vinila	75-01-4	na	0,003	0,005	0,003	0,008	5*
1,1-Dicloroetano	75-35-4	na	-	5	3	8	30*
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	na	-	1,5	2,5	4	(b)
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	na	-	4	8	11	(b)
Tricloroetano - TCE	79-01-6	na	0,0078	7	7	22	70*
Tetracloroetano - PCE	127-18-4	na	0,054	4	5	13	40*
Metanos clorados							
Cloroeto de Metileno	75-09-2	na	0,018	4,5	9	15	20*
Clorofórmio	67-66-3	na	1,75	3,5	5	8,5	200
Tetracloroeto de carbono	56-23-5	na	0,17	0,5	0,7	1,3	2*
Fenóis clorados							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	na	0,055	0,5	1,5	2	10,5
2,4-Diclorofenol	120-83-2	na	0,031	1,5	4	6	10,5
3,4-Diclorofenol	95-77-2	na	0,051	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	na	0,11	-	-	-	10,5
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	na	1,5	3	10	20	200*
2,3,4,5-Tetraclorofenol	4901-51-3	na	0,092	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	na	0,011	1	3,5	7,5	10,5
Pentaclorofenol (PCP)	58-90-2	na	0,16	0,35	1,3	3	9*

Fonte: CONAMA N.º 420/2009

A tabela 2 apresenta segundo a CONAMA os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para HPAs, benzenos clorados, etanos clorados, etenos clorados, metanos clorados e fenóis clorados.

Tabela 3 - Lista de valores orientadores para solos e águas subterrâneas C

Substâncias	CAS n°	Solo (mg.kg-1 de peso seco) (1)					Água Subterrânea (µg.L-1)
		Referência de qualidade de	Prevenção	Investigação			Investigação
				Agrícola APMax	Residencial	Industrial	
Fenóis não clorados							
Cresóis	-	na	0,16	6	14	19	175
Fenol	108-95-2	na	0,20	5	10	15	140
Ésteres ftálicos							
Dietilxil ftalato (DEHP)	117-81-7	na	0,6	1,2	4	10	8
Dimetil ftalato	131-11-3	na	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	na	0,7	-	-	-	-
Pesticidas organoclorados							
Aldrin	309-00-2	na	0,015	0,003	0,01	0,03	(d)*
Dieldrin	60-57-1	na	0,043	0,2	0,6	1,3	(d)*
Endrin	72-20-8	na	0,001	0,4	1,5	2,5	0,6*
DDT	50-29-3	na	0,010	0,55	2	5	(c)*
DDD	72-54-8	na	0,013	0,8	3	7	(c)*
DDE	72-55-9	na	0,021	0,3	1	3	(c)*
HCH beta	319-85-7	na	0,011	0,03	0,1	5	0,07
HCH – gama (Lindano)	58-89-9	na	0,001	0,02	0,07	1,5	2*
PCBs							
TOTAL	-	na	0,0003 (3)	0,01	0,03	0,12	3,5

Fonte: CONAMA N.º 420/2009

A tabela 3 apresenta segundo a CONAMA os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para fenóis não clorados, ésteres ftálicos e pesticidas organoclorados.

Tabela 4 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo A

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade	Valor de Prevenção	Valor de Intervenção (VI)			
		(VRQ)	(VP)	Agrícola	Residencial	Industrial	VI
INORGÂNICOS							
Antimônio ⁽¹⁾	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio ⁽¹⁾	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	120	500	1300	7300	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	2400
Cádmio	7440-43-9	<0,5	1,3	3,6	14	160	5
Chumbo	7439-92-1	17	72	150	240	4400	10
Cobalto ⁽¹⁾	7440-48-4	13	25	35	65	90	70
Cobre ⁽²⁾	7440-50-8	35	60	760	2100	10000 ^(a)	2000
Crômio total ⁽¹⁾	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Crômio hexavalente	18540-29-9	-	-	0,4	3,2	10	-
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	1,2	0,9	7	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	5	11	29	180	30
Níquel ⁽²⁾	7440-02-0	13	30	190	480	3800	70
Nitrato (como N)	14797-55-8	-	-	-	-	-	10000
Prata ⁽¹⁾	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	1,2	24	81	640	10
Zinco	7440-66-6	60	86	1900	7000	10000 ^(a)	1800
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS VOLÁTEIS							
Benzeno	71-43-2	-	0,002	0,02	0,08	0,2	5
Estireno	100-42-5	-	0,5	50	60	480	20
Etilbenzeno	100-41-4	-	0,03	0,2	0,6	1,4	300
Tolueno	108-88-3	-	0,9	5,6	14	80	700
Xilenos	1330-20-7	-	0,03	12	3,2	19	500
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS							
Antraceno	120-12-7	-	0,3	2300	4600	10000 ^(a)	900
Benzo(a)antraceno	56-55-3	-	0,2	1,6	7	22	0,4
benzo(b)fluoranteno	205-99-2	-	0,7	2	7,2	25	0,4
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	-	0,8	27	75	240	4,1
Benzo(g,h,i)perileno ⁽³⁾	191-24-2	-	0,5	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	-	0,1	0,2	0,8	2,7	0,7
Criseno	218-01-9	-	1,6	95	600	1600	41
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	-	0,2	0,3	0,8	2,9	0,04
Fenantreno ^(3,4)	85-01-8	-	3,6	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	-	0,4	3,4	8	30	0,4
Naftaleno	91-20-3	-	0,7	1,1	1,8	5,9	60

Fonte: CETESB 068/2016/E

A tabela 4 apresenta segundo a CETESB os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para substâncias inorgânicas, hidrocarbonetos aromáticos voláteis e HPAs

Tabela 5 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo B

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹) VI
		Valor de Referência Qualidade (VRQ)	Valor de Prevenção (VP)	Valor de Intervenção (VI)			
				Agrícola	Residencial	Industrial	
BENZENOS CLORADOS							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	-	0,3	1,6	1,3	8,3	120
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	-	0,7	9,2	11	84	1000
1,3-Diclorobenzeno ⁽³⁾	541-73-1	-	0,4	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	-	0,1	0,3	0,6	2,1	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	-	0,01	0,4	1,1	6,1	20 ^(b)
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	-	0,01	0,4	1	8,4	
1,3,5 Triclorobenzeno ⁽³⁾	108-70-3	-	0,5	-	-	-	
1,2,3,4- Tetraclorobenzeno ⁽³⁾	634-66-2	-	0,003	-	-	-	-
1,2,3,5- Tetraclorobenzeno ⁽³⁾	634-90-2	-	0,006	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	-	0,01	0,3	0,6	3,6	1,8
Hexaclorobenzeno	118-74-1	-	0,02	0,2	1,3	3,4	0,2
ETANOS CLORADOS							
1,1-Dicloroetano	75-34-3	-	0,02	0,1	0,6	1,7	53
1,2-Dicloroetano	107-06-2	-	0,001	0,01	0,03	0,09	10
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	-	0,2	140	120	690	2000
ETENOS CLORADOS							
Cloreto de vinila	75-01-4	-	0,0002	0,001	0,01	0,03	2
1,1-Dicloroetano	75-35-4	-	0,04	2,8	3,8	22	30
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	-	0,01	0,08	0,2	1,1	50 ^(b)
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	-	0,03	0,7	1	5,4	
Tricloroetano - TCE	79-01-6	-	0,004	0,03	0,04	0,2	20
Tetracloroetano - PCE	127-18-4	-	0,03	0,6	0,8	4,6	40
METANOS CLORADOS							
Cloreto de Metileno (diclorometano)	75-09-2	-	0,02	0,1	0,4	2,1	20
Clorofórmio	67-66-3	-	0,06	0,1	0,8	4,5	300
Tetracloro de carbono	56-23-5	-	0,004	0,03	0,1	0,4	4
FENÓIS CLORADOS							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	-	0,06	0,6	1,7	9,4	30
2,4-Diclorofenol	120-83-2	-	0,03	0,5	1,5	8,5	18
3,4 Diclorofenol ^(3,4)	95-77-2	-	0,05	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	-	0,1	68	170	960	600
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	-	0,1	0,6	1,6	9,6	200
2,3,4,5- Tetraclorofenol ^(3,4)	4901-51-3	-	0,09	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	-	0,01	34	85	480	180
Pentaclorofenol (PCP)	87-86-5	-	0,01	0,07	0,6	1,9	9
FENÓIS NÃO CLORADOS							
Cresóis totais	1319-77-3	-	0,2	14	33	190	600
Cresol-p	106-44-5	-	0,005	-	-	-	-
Fenol	108-95-2	-	0,2	24	65	370	900

Fonte: CETESB 068/2016/E

A tabela 5 apresenta segundo a CETESB os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para benzenos clorados, etanos clorados, etenos clorados, metanos clorados, fenóis clorados e fenóis não clorados.

Tabela 6 - Valores orientadores para solo e água subterrânea no estado de São Paulo C

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade	Valor de Prevenção	Valor de Intervenção (VI)			
		(VRQ)	(VP)	Agrícola	Residencial	Industrial	VI
ÉSTERES FTÁLICOS							
Dietilexil ftalato (DEHP)	117-81-7	-	1	36	250	730	8
Dietil ftalato	84-66-2	-	0,5	33	100	550	4,8
Dimetil ftalato ⁽¹⁾	131-11-3	-	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	-	0,1	44	140	850	600
PESTICIDAS							
Aldrin	309-00-2	-	0,02	0,4	0,8	6	0,03 ^(b)
Dieldrin	60-57-1	-	0,01	0,3	0,8	5,9	
Endrin	72-20-8	-	0,001	0,8	2,5	17	0,6
Carbofuran	1563-66-2	-	0,0001	0,3	0,7	3,8	7 (B)
Endossulfan	115-29-7	-	0,7	4,7	12	66	20 ^(c)
DDD	72-54-8	-	0,02	1	7,5	23	1 ^(b)
DDE	72-55-9	-	0,01	1,2	8,5	25	
DDT	50-29-3	-	0,01	5,5	22	82	
HCH alfa	319-84-6	-	0,0003	0,002	0,02	0,04	0,05
HCH beta	319-85-7	-	0,001	0,01	0,06	0,2	0,17
HCH – gama (Lindano)	58-89-9	-	0,001	0,008	0,06	0,2	2
OUTROS							
PCBs Indicadores ⁽⁵⁾	NA	-	0,0003	0,01	0,03	0,12	3,5
TBT e seus compostos ⁽⁶⁾	NA	-	0,24	16	1,7	270	0,09
Anilina	62-53-3	-	0,023	0,15	0,7	3,2	42
Dioxinas (PCDDs) e Furanos (PCDFs) ⁽⁷⁾ (ng TEQ WHO ₀₅ Kg ⁻¹ peso seco)	NA	-	2	7,5	37	140	-

Fonte: CETESB 068/2016/E

A tabela 6 apresenta segundo a CETESB os valores orientadores para prevenção e investigação em solo e água para ésteres ftálicos, pesticidas e outras substâncias

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para iniciar vale ressaltar que a proposta inicial deste trabalho seria a realização da coleta de amostra e análise química pelo autor do trabalho, mas devido a situação

extraordinária que o mundo se encontra no momento, a pandemia pela Covid-19, a Universidade Federal do Pampa por motivos de segurança não recomenda atividades práticas de campo. Sendo assim, foi um desafio, transformar esse trabalho em um processo totalmente remoto. Portanto, o autor contactou diferentes laboratórios e postos de combustíveis da região para adquirir seus dados de análise química de BTEX e HPA para verificação, conforme citado acima na seção área de estudo. Acordou-se, então, que os dados seriam utilizados para este trabalho mantendo o anonimato dos postos de gasolina assim como sua localização exata.

Para a retirada das amostras primeiramente os laboratórios elaboraram um plano de amostragem definido a fim de disciplinar de maneira lógica e sistemática a coleta de amostras de solo. O pressuposto principal foi o de que as amostras coletadas fossem as mais representativas possíveis da área investigada.

Com o propósito de representar a situação da área quanto à presença de plumas de hidrocarbonetos e sua relação com o entorno, foi desenvolvido um modelo conceitual para as áreas em questão. Foram considerados como fontes primárias de contaminação, os seguintes elementos:

- Linhas subterrâneas de combustível,
- unidades de abastecimento (bombas),
- tanques subterrâneos,
- sistema de filtragem de diesel,
- troca de óleo,
- caixa separadora.

Tabela 7 - Planilha resumo para o modelo conceitual inicial

Identificação da área	Fontes Primárias	Mecanismos Primários de Liberação	Fontes Secundárias	Mecanismos Secundários de Liberação	Caminho de Transporte dos Contaminantes	Receptores
AP-01	Pátio de manobras e estacionamento	Infiltração no solo proveniente de manobras e estacionamento de veículos ao longo do tempo	Suspeita de solo e águas do lençol freático contaminado	Evaporação, infiltração e migração dos hidrocarbonetos através da movimentação do lençol freático	Solo e Águas subterrâneas do lençol freático	Solo e Água subterrânea
AP-02	Ilha de bombas, tanques e linhas subterrâneas, e o filtro de diesel	Infiltração no solo, resultado de operações na ilha de bombas que contém o filtro e a bomba de diesel	Suspeita de solo e águas do lençol freático contaminado	Evaporação, infiltração e migração dos hidrocarbonetos através da movimentação do lençol freático	Solo e Águas subterrâneas do lençol freático	Solo e Água subterrânea
AP-03	C.S.A.O. e troca de óleo	Infiltração no solo, resultado de operações da C.S.A.O. e troca de óleo	Suspeita de solo e águas do lençol freático contaminado	Infiltração e migração dos hidrocarbonetos através da movimentação do lençol freático	Solo e Águas subterrâneas do lençol freático	Solo e Água subterrânea

Legenda: AS – Área suspeita; AP – Área potencial.

Fonte: Estudo fornecido pelo laboratório Água & Minério Sondagens de Solo Ltda

O planejamento das sondagens foi realizado considerando-se a localização das áreas de risco ambiental, as características do relevo, como o desnível da superfície que forneceu o sentido de fluxo inferido do lençol freático e os resultados da malha de compostos orgânicos voláteis (VOC). Áreas de risco ambiental identificadas foram:

- Área dos tanques subterrâneos;
- Área da pista de abastecimento (ilhas de bombas);
- Área dos filtros de diesel;
- Área da caixa separadora água-óleo (C.S.A.O.);
- Área da troca de óleo;

A coleta das amostras de solo foi realizada nas sondagens escavadas na profundidade em que se observou algum valor de voláteis ou na maior profundidade atingida. Obedecendo-se rotinas para se evitar fenômenos de contaminação cruzada entre amostras, utilizaram luvas descartáveis, sacos plásticos descartáveis e frascos de vidro de boca larga, fornecidos e inertizados pelo laboratório contratado. As amostras

foram destinadas a ensaios de BTEX e HPA. Os frascos com as amostras foram enviados para os laboratórios para análise usando o método de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Foram realizadas análise para presença de gases no solo utilizando um detector de oxidação catalítica com eliminação de metano, (PID Tiger SV®) para Avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) através da execução de uma malha regular de pontos de amostragem no terreno, cujos primeiros nós se situavam na menor distância possível das áreas de risco e 5,0m entre cada nó subsequente. Em cada ponto da malha foi realizada uma leitura de gás a 1,0m de profundidade. Para obtenção de amostras de gás foi utilizada uma perfuratriz elétrica, cujos orifícios foram depois, preenchidas com cimento. Perfis das sondagens ao longo de cada sondagem foram realizadas medidas de VOC em solo, a cada metro perfurado, até a maior profundidade atingida.

Para o mapeamento das plumas de contaminantes os compostos químicos de interesse (CQI) desta investigação são determinados a partir do conhecimento dos produtos químicos utilizados pelo estabelecimento. No posto, os produtos químicos relevantes em termos de contaminação ambiental são: etanol, gasolina comum, gasolina aditivada, diesel S500 e diesel S10. Desta forma, as CQI's de interesse são os grupos dos elementos químicos denominados BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) e HPA's (naftaleno, fenantreno, antraceno, acenafteno, acenaftileno, fluoranteno, fluoreno, pireno, benzo(a)antraceno, benzo (b)fluoranteno, criseno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno). São realizadas análises químicas para BTEX, PAH em solo e em água subterrânea.

Depois de realizada a análise química, emitiu-se o relatório de qualidade de água e solo. Solicitou-se, então, o relatório de qualidade de água e solo de cinco postos de combustíveis e por meio dos softwares Microsoft Word e Microsoft Excel gerou-se os gráficos e as tabelas que serão apresentados e discutidos no item a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste estudo, os dados adquiridos foram de análises que tiveram como intuito a necessidade da renovação da licença ambiental, sem ter existido qualquer registro de acidente ambiental. Os resultados foram adquiridos de dois laboratório diferentes, sendo os postos A, B, C e E referentes ao laboratório Água & Minério Sondagens de Solo Ltda. de Curitiba-PR e o posto D foi analisado pelo laboratório Labsam Laboratório Ambiental de Maringá-PR.

De acordo com a CETESB é orientado que quando os valores estejam acima de um certo limite é sugerido uma intervenção e pesquisa pois é possível ter ocorrido algum problema e a quantidade de um certo composto químico pode ser tóxica ao ambiente ou a o ser humano, esses valores variam dependendo de que ambiente o solo se encontra, tendo a delimitação para solo em região agrícola, residencial e industrial, sendo os valores aceitáveis para solos agrícolas os menores e os de solo industrial os maiores.

Devido aos cinco postos de combustíveis se localizarem em bairros residenciais da cidade de Maringá, os valores adquiridos são comparados aos valores orientados de solo da CETESB 068/2016/E para regiões residenciais.

Utilizando os dados adquiridos de BTEX destes postos eles foram organizados nas Tabelas de 8 e 9 sendo nelas apresentados os valores de cada um dos compostos químicos dos cinco postos sendo eles comparados com os valores permitidos pela norma CETESB 068/2016/E. As tabelas são referentes respectivamente aos dados de análise química de solo por BTEX (tabela 8), análise química de água por BTEX (tabela 9). Precisa-se notar que os parâmetros o-xileno e m,p-xileno, não foram fornecidos pelo posto D, apenas seu valor de xileno total.

Tabela 8 - Resultados de análises químicas em solo por BTEX nos postos de combustíveis

Parâmetro BTEX	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	CETESB 068/2016/E
Benzeno µg/Kg	<5	<2	<5	<6	<3	80
Tolueno µg/Kg	<5	<5	<5	<7	<5	14000
Etilbenzeno µg/Kg	<5	<5	<5	<7	<5	600
o-Xileno µg/Kg	<5	<5	<5	-	<5	-
m,p-Xileno µg/Kg	<10	<10	<10	-	<10	-
Xileno Total µg/Kg	<15	<15	<15	<7	<15	3200

Fonte: Autor

Tabela 9 - Resultados de análises químicas em água por BTEX nos postos de combustíveis.

Parâmetro BTEX	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	CETESB 068/2016/E
Benzeno µg/L	<1	<1	<1	<2	<1	5
Tolueno µg/L	<2	<1	<1	<5	<1	700
Etilbenzeno µg/L	<1	<1	<2	<5	<1	300
o-Xileno µg/L	<1	<1	<1	-	<1	-
m,p-Xileno µg/L	<2	<2	<2	-	<3	-
Xileno Total µg/L	<3	<3	<3	<6	<4	500

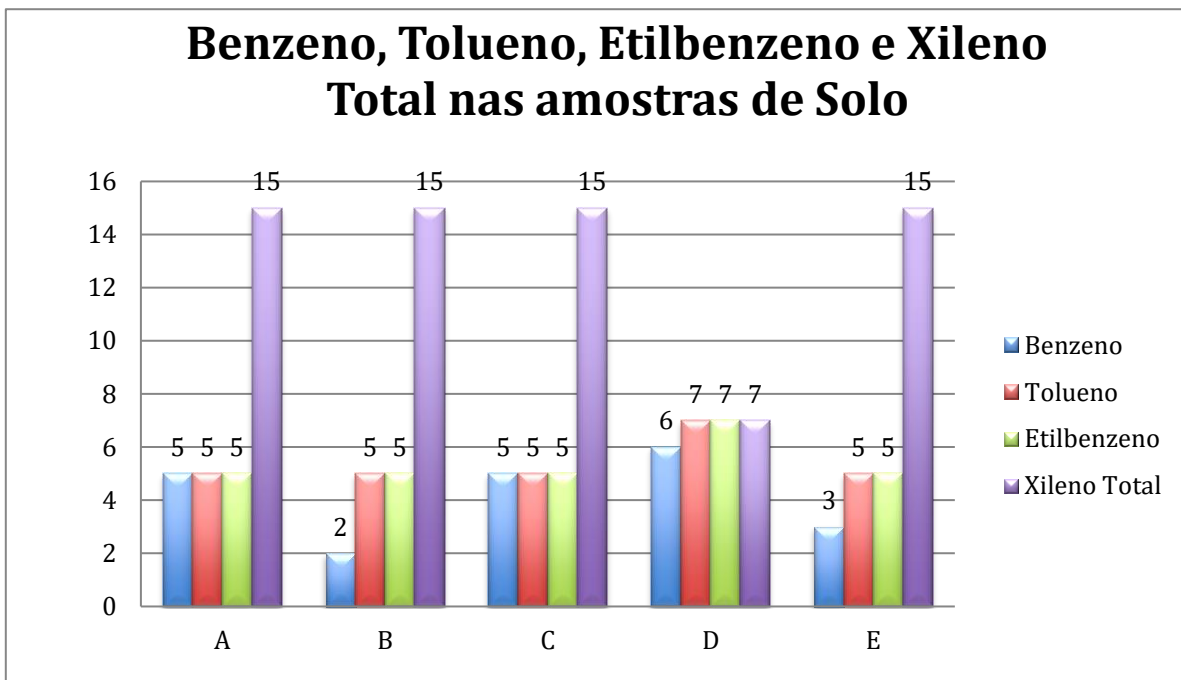
Fonte: Autor

Com os dados da tabela 8 foram gerados gráficos de sumário estatístico para os valores absolutos de BTEX dos cinco postos nas análises químicas em solo para melhor visualização (Figura 13), e em seguida foi criado um gráfico com os valores orientadores

da CETESB para poder ser feita a comparação (figura 14) os valores estão em microgramas ou $\mu\text{g}/\text{Kg}$.

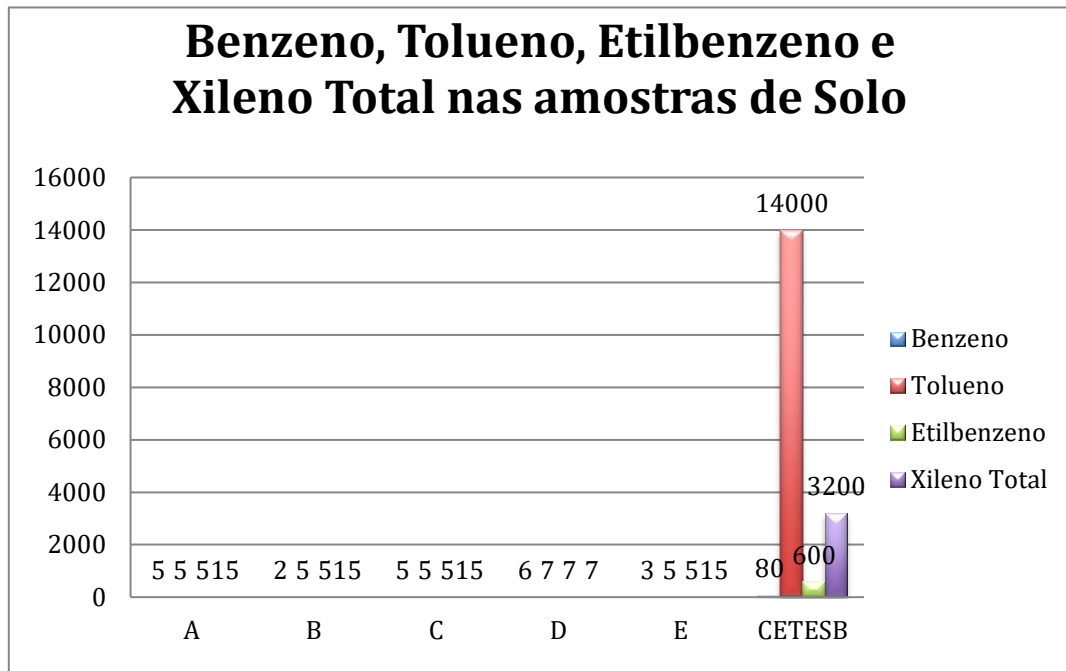
Nas análises de solo (figura 13) o posto B apresentou as menores concentrações de benzeno, enquanto que o posto D apresentou os maiores valores de Benzeno Tolueno e Etilbenzeno, mas os menores de Xileno Total. Os parâmetros em geral apresentam pequena variação com os parâmetros das análises de solo variando entre $2\mu\text{g}/\text{Kg}$ e $15\mu\text{g}/\text{Kg}$ sendo os valores de $15\mu\text{g}/\text{Kg}$ encontrados apenas no Xileno Total, ao compará-los com as normas da CETESB (figura 14) pode se verificar que os valores estão muito abaixo do permitido para qualquer ação interventiva.

Figura 13 - Gráfico de valores em análises de solo



Fonte: Autor

Figure 14 - Gráfico de valores em análises de solo, comparados a norma CETESB 2016

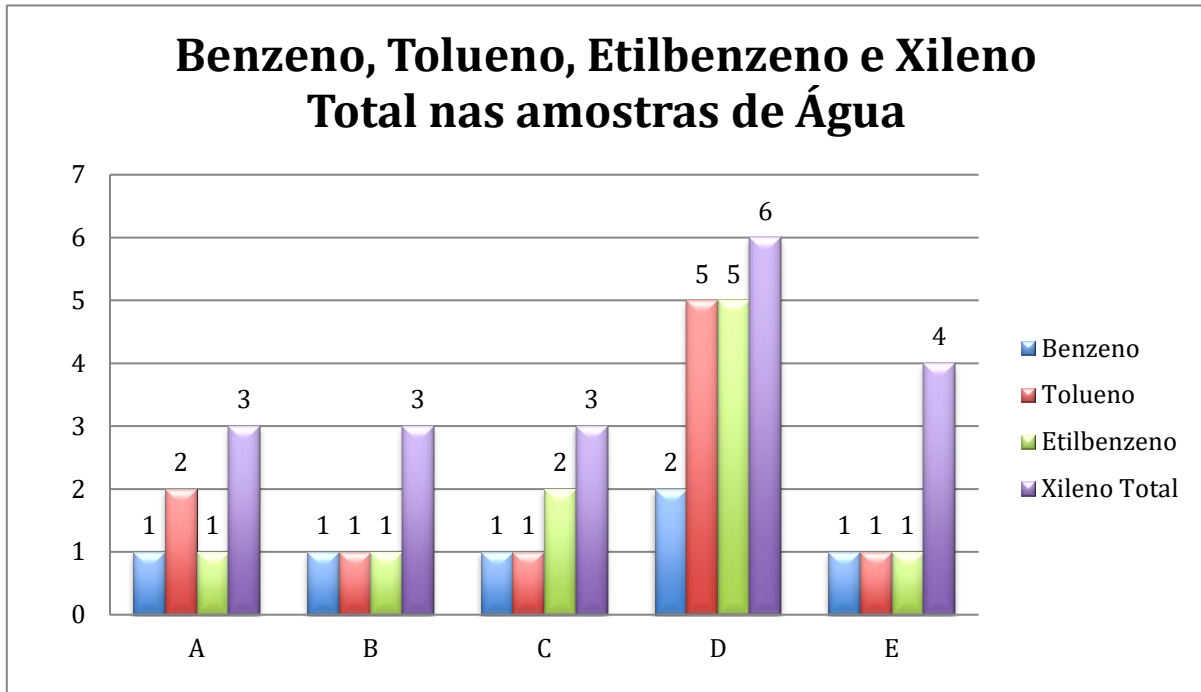


Fonte: Autor

Em seguida com os dados da tabela 9 foram gerados gráficos de sumário estatístico para os valores absolutos de BTEX dos cinco postos nas análises químicas em água para melhor visualização (Figura 15), e em seguida foi criado um gráfico com os valores orientadores da CETESB para poder ser feita a comparação (figura 16) os valores estão em microgramas por litro ou $\mu\text{g/L}$.

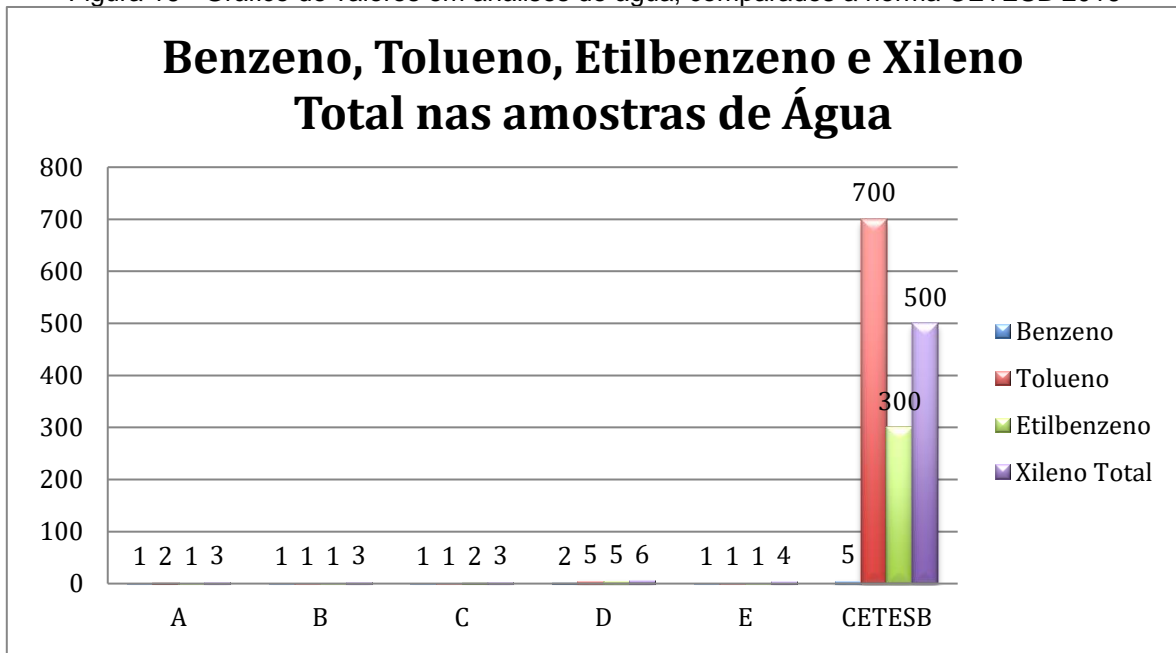
Nas análises de água (figura 15) o posto A, B, C, e E tem valores similares, com o posto B possuindo valores totais ligeiramente inferiores que os outros postos, em contrapartida o posto D tem valores maiores que o dobro em todos os parâmetros, mas como esses parâmetros estão em microgramas a diferença entre eles é minúscula. Os valores dos postos A,B,C e E variam entre $1\mu\text{g/Kg}$ a $4\mu\text{g/Kg}$ enquanto que os do posto D variam entre $4\mu\text{g/Kg}$ e $6\mu\text{g/Kg}$. Ao compará-los com as normas da CETESB(figura 16) pode se identificar que como no solo todos os valores demonstram não ter necessidade de ação interventiva.

Figura 15 - Gráfico de valores em análises de água.



Fonte: Autor

Figura 16 - Gráfico de valores em análises de água, comparados a norma CETESB 2016

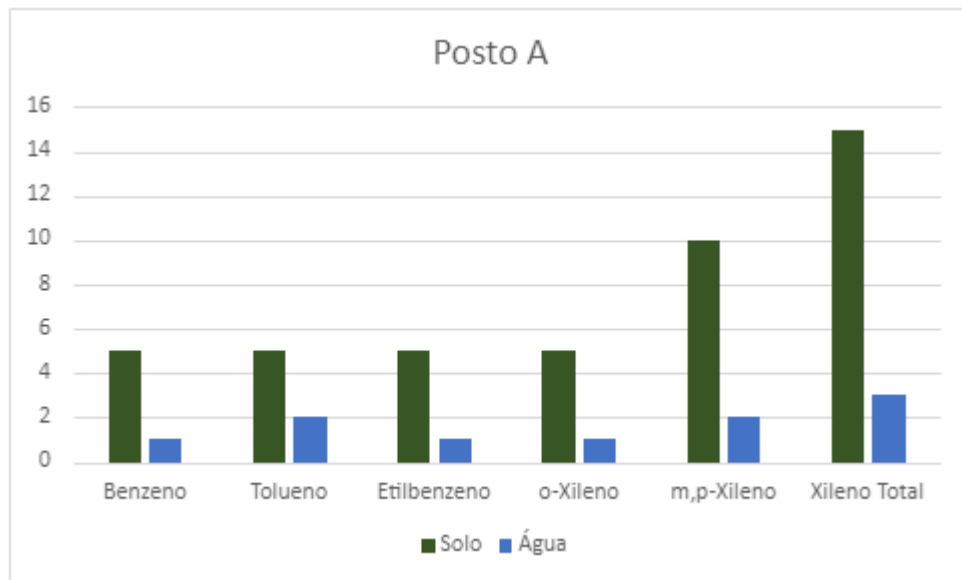


Fonte: Autor

Em seguida foi gráficos para cada um dos postos correlacionando os valores de seus parâmetros de BTEX das análises de solo e de água facilitando a sua comparação gerando assim os cinco gráficos a seguir (figura 17,18,19,20,21)

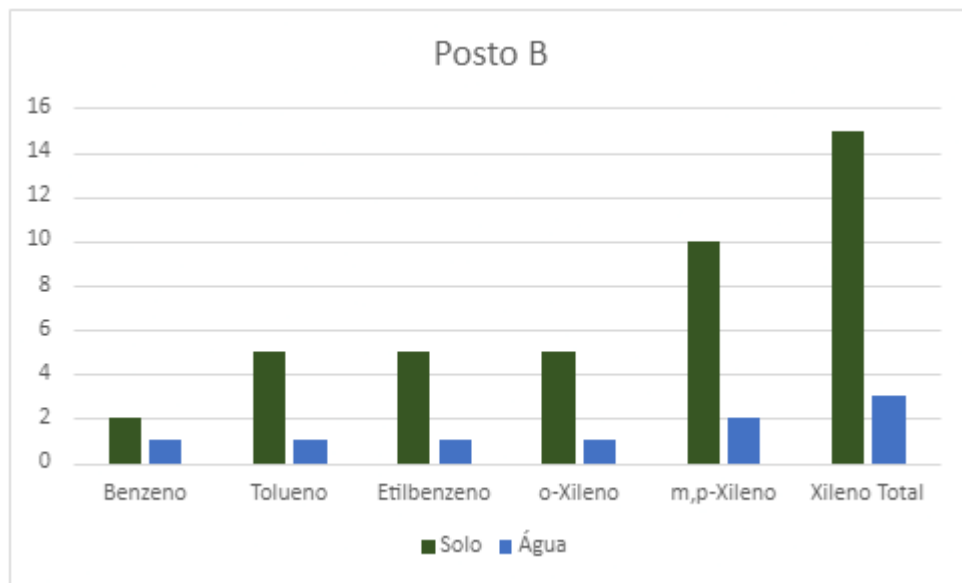
Ao observar esses gráficos percebe-se que os valores obtidos de BTEX nas análises de solo são um pouco maiores que os valores das análises de água(figura 16,17,18,19 e 20), isso se deve ao fato que é natural na ocasião de alguma substância química contaminar o latossolo ela teria que percorrer todo o percurso até chegar ao lençol freático, assim espalhando seu contaminante no solo até chegar a água causando com que o nível de contaminação do solo seja maior.

Figura 17 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo dos parâmetros de BTEX do posto A



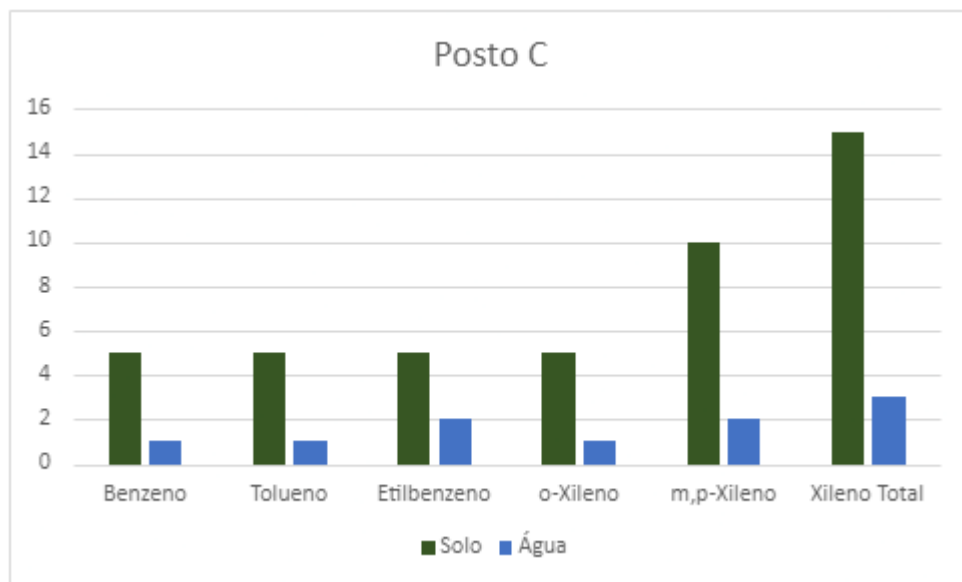
Fonte: Autor

Figure 18 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo dos parâmetros de BTEX do posto B



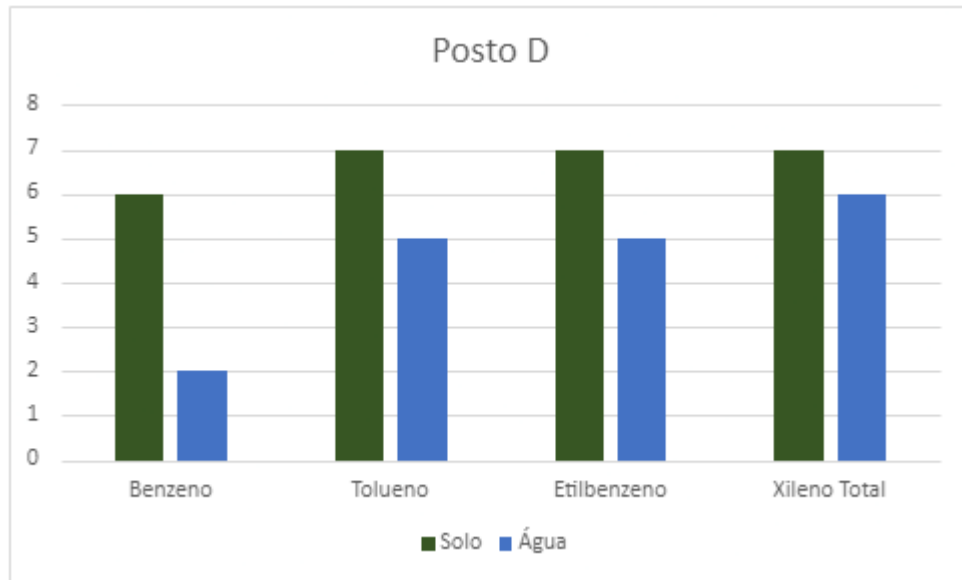
Fonte: Autor

Figura 19 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo dos parâmetros de BTEX do posto C



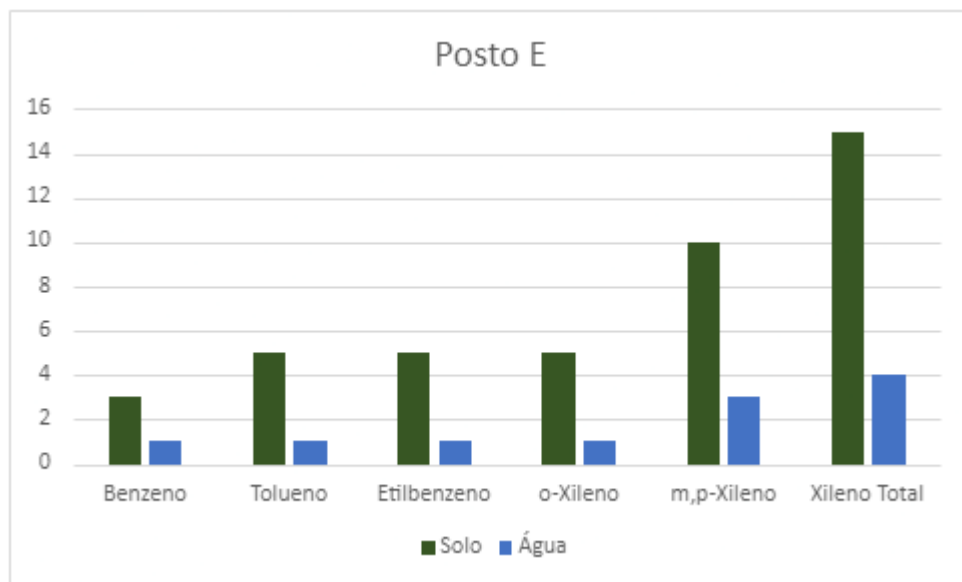
Fonte: Autor

Figura 20 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo dos parâmetros de BTEX do posto D



Fonte: Autor

Figura 21 - Gráfico correlacionando valores das análises de água e solo dos parâmetros de BTEX do posto E



Fonte: Autor

Agora utilizando os dados adquiridos de HPA destes postos eles foram organizados nas Tabelas de 10 e 11 sendo nelas apresentados os valores de cada um

dos compostos químicos dos cinco postos sendo eles comparados com os valores permitidos pela norma CETESB 068/2016/E. As tabelas são referentes respectivamente aos dados de análise química de solo por HPA (tabela 10) e análise química de água por HPA (tabela 11).

Ao analisar as tabelas 10 e 11 de análises de HPA todos os postos apresentaram valores basicamente idênticos, tendo apenas uma pequena variação no posto D com valores um pouco menores de concentração de HPA em análises de solo (tabela 10) com uma variação de apenas 1µg/Kg em todos os parâmetros enquanto que nas análises de água (tabela 11) todos os postos têm valores iguais em todos os parâmetros sendo de 0,01µg/Kg.

Tabela 10 - Resultados de análises químicas em solo por HPA nos postos de combustíveis

Parâmetro HPA	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	CETESB 068/2016/E
Naftaleno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	1800
Acenaftileno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-
Acenafteno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-
Fluoreno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-
Fenantreno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	40000
Antraceno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	4600000
Fluoranteno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-
Pireno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-
Benzo (a) Antraceno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	7000
Criseno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	600000

Benzo (b) Fluoranteno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	7200
Benzo (k) Fluoranteno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	75000
Benzo (a) Pireno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	800
Indeno (1,2,3) Pireno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	8000
Dibenzo (a,h) Antraceno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	800
Benzo (g,h,i) Perileno µg/Kg	<3	<3	<3	<2	<3	-

Fonte: Autor

Tabela 11 - Resultados de análises químicas em água por HPA nos postos de combustíveis

Parâmetro HPA	Posto A	Posto B	Posto C	Posto D	Posto E	CETESB 068/2016/E
Naftaleno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	60
Acenaftileno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Acenafteno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fluoreno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Fenantreno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	140
Antraceno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	900
Fluoranteno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-

Pireno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Benzo (a) Antraceno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,4
Criseno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	41
Benzo (b) Fluoranteno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,4
Benzo (k) Fluoranteno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	4,1
Benzo (a) Pireno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,7
Indeno (1,2,3) Pireno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,4
Dibenzo (a,h) Antraceno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
Benzo (g,h,i) Perileno µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-

Fonte: Autor

Os resultados da avaliação ambiental, dos postos de combustíveis, apresentaram concentrações de BTEX e HPA dentro dos valores preconizados pela legislação brasileira e pelos valores orientadores da CETESB 068/2016/E

De forma geral os valores apresentados pelos postos se demonstram quase idênticos com o posto D se mostrando o que tem os valores mais diferenciados dos demais, isso se deve talvez não a uma diferença de composição química da água e solo entre os postos, mas sim de por ser o único posto com seus dados analisados por um laboratório diferente. Sendo assim a sensibilidade dos aparelhos, o uso de aparelhos diferentes ou até mesmo pequenas diferenças no tratamento de dados entre os

laboratórios possa ter causado essa diferenciação entre os resultados, outra diferença também como dito anteriormente o laboratório Labsam só divulga o valor do Xileno total sem fornecer os valores de o-Xileno e m,p-Xileno.

Considerando que os postos estão localizados muito próximos, sendo todos eles da mesma cidade dentro de um raio de 10km é talvez outro motivo pelo qual os parâmetros químicos tanto da água quanto do solo sejam semelhantes.

Contudo os valores quase idênticos entre os postos e extremamente menores comparado aos permitidos pelos valores orientadores da CETESB, é um ótimo indicativo que até o momento nenhum desses estabelecimentos possui algum tipo de vazamento demonstrando que estão seguindo as leis ambientais corretamente, e as empresas estão usando métodos de proteção ambiental adequados e boas práticas de segurança como a boa qualidade da impermeabilização da pista e construções realizadas em total conformidade com as normas de proteção ambiental conforme citado pelos próprios laboratórios.

Sendo a cidade de Maringá localizada acima de solos derivados do intemperismo sobre rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, é condizente a quase que total inexistência de hidrocarbonetos e seus derivados na sua composição encontrada na análise de solo, e se tratando da água conforme abordado anteriormente o solo vulcânico tem uma elevada espessura da zona aerada o que lhe dá uma ótima proteção natural ao lençol freático onde na ocasião de uma contaminação o longo caminho que contaminantes de superfície teriam de percorrer ao longo do solo torna-se suficiente para através de reações físico-químicas, típicas daquela zona, depurar a maior parte dos contaminantes, sendo assim também é condizente a inexistência de derivados de hidrocarbonetos no lençol freático.

Tendo em vista a realidade da região da cidade Maringá, de sua geologia e hidrogeologia local, é extremamente atípico a existência de hidrocarbonetos tanto em solo quanto na água subterrânea, sendo a única forma de algum tipo de ocorrência desses compostos acontecer, ser devido a algum tipo de interferência humana. A cidade de Maringá tem um histórico também de rigidez para que suas construções,

principalmente as de grande porte ou com impacto ambiental, estejam construídas adequadamente seguindo todas as normas ambientais e civis.

Os dados gerados foram adquiridos em 2019, o mesmo ano que aconteceu a contaminação principalmente por combustível do lago do parque do Japão, mas os resultados indicam que apesar de estarem em raio próximo do lago (cerca de 10 Km o posto A e E) não tiveram qualquer tipo de envolvimento com a contaminação.

Todos os postos apresentam uma ausência de histórico de vazamentos, a impermeabilização em bom estado de conservação em todo o terreno, a idade muito jovem dos estabelecimentos, o uso de equipamentos adequados de proteção ambiental e o emprego de práticas adequadas de proteção ambiental pelos estabelecimentos e a inexistência de uma pluma de contaminação, justificam os resultados encontrados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a contextualização geológica hidrográfica, pedológica e hidrogeológica do município de maringá e ao comparar os valores dos parâmetros na análise dos postos com os valores orientadores os resultados da verificação comprova que até a data da realização dos serviços de campo aqui apresentados, o subsolo investigado se encontra livre de concentrações de hidrocarbonetos em solo que necessitem de intervenção e que não houve qualquer tipo de vazamento decorrente dos cinco postos de combustíveis

Sendo assim, felizmente não é necessário propor medidas mitigatórias, compensatórias, reparatórias ou indenizatórias por não haver nenhum indício de contaminação quando comparado a qualidade da água com os valores estabelecidos em norma

REFERÊNCIAS

ALEGRETTI, A. P.; THIESEN, F. V.; MACIEL, G. P. **Analytical method for evaluation of exposure to benzene, toluene, xylene in blood by gas chromatography preceded by solid phase microextraction.** *Journal of Chromatography B*, v. 809, p. 183–187, 2004.

ALMEIDA, F. F. M. **Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná.** Em: Simpósio Regional de Geologia, 3, 198, São Paulo. Atas do... São Paulo: SBG, v. 1, p.1-20, 1981.

ASTDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for benzene.** Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007.

Brasil. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.** Resolução no 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre prevenção e controle da poluição em postos de combustíveis e serviços, 2000.

Brasil. **Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.** Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009 [internet]. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Brasília, DF: Diário Oficial [da] União Nº 249, Dezembro 2009, p. 81-84. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 06 de jul. de 2016.

COATES, J. D.; CHAKRABORTY, R.; MCINERNEY, M. J. **Anaerobic benzene biodegradation—a new era.** *Research in Microbiology*, v.153, p. 621– 628, 2002.

COLLINS, C. H; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia.** Campinas: Editora Unicamp, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Decisão de Diretoria nº 256/2016/E, de 22 de novembro de 2016.** Dispõe sobre a aprovação dos “Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo - 2016 e dá outras providências. *Diário Oficial*, São Paulo, Seção I, v. 126, n. 219, p. 55-56, 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **HPAs - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos.** Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2018/07/HPAs->

[Hidrocarbonetos-Polic%C3%ADclicos-Arom%C3%A1ticos.pdf](#)>. Acesso em: 21 de mar. de 2021.

CONEGERO, Lethícia. **Relatório da UniCesumar confirma contaminação por produtos químicos nos lagos do Parque do Japão**. Maringa post. Maringá, 12 de julho de 2019

Disponível em: <<https://maringapost.com.br/cidade/2019/07/12/relatorio-da-unicesumar-confirma-que-produtos-quimicos-causaram-a-morte-de-quase-600-carpas-no-parque-do-japao/>>. Acesso em: 25 de abr. De 2021.

CORSEUIL, H. X., KAIPPER, B. I.; FERNANDES, M. **Cosolvency effect in subsurface systems contaminated with petroleum hydrocarbons and ethanol**. Water Research, v.38, p. 1449–1456, 2014.

COSTA, A.H.R., NUNES, C.C; CORSEUIL, H. X. **Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato**. Eng. Sanit. Ambient., v.14 n.2, p 265-274, 2009.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Excursão virtual aos Aparados da Serra RS/SC: Aspectos geológicos e turísticos dos Cânions do Itaimbezinho e Fortaleza**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/Aparados/index.htm>. Acesso em: jan. de 2021.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Folha Paranapanema (SF.22)**. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/10975/1/mapa.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. de 2021.

EDUVIRGEM, Renan Valério. **Dispersão da espécie exótica *Achatina fulica* a partir de um foco no município de Maringá, Paraná**. In: III ENCONTRO REGIONAL DE GEOGRAFIA XXV SEMANA DE GEOGRAFIA DESASTRES NATURAIS - EDUCAÇÃO, PESQUISA E PLANEJAMENTO, Maringá, Anais, Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 306p, 2016.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Escala 1:600.000, 2008.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 8.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

ITCG – Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Material cartográfico**. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/>. Acesso em: jan. de 2021.

MARINGÁ, Prefeitura Municipal de. Secretaria municipal de Meio Ambiente. **Plano de manejo do parque florestal dos pioneiros (Bosque II)**. Maringá, 2013.

MILANI, E. J. 1997. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com ageodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. Porto Alegre. 225p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Atlas Geológico do Estado do Paraná**. Curitiba, Mineropar, 116p, 2001.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**. Curitiba, Mineropar, 63p, 2006.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Avaliação geotécnica de vertentes na área urbana de Antonina**. RELATÓRIO TÉCNICO. Vol. 1 e 2, 440p. 2013.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O.; ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. **Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e seus derivados nitrados (NHPA): Uma revisão metodológica**. Química. Nova, v.6, p.765 – 773, 2000.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 434p., 1988.

RAMUS, M. M. **DIAGNOSTICO DE ÁREA CONTAMINADA POR COMBUSTIVEL (HIDROCARBONETOS) INVESTIGAÇÃO DETALHADA E CONFIRMATÓRIA**. Maringá, CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, Unicesumar Maringá 2017

SANTOS, D.A.R. **Análise do Monitoramento Ambiental e da delimitação das plumas de contaminantes provenientes de vazamentos em postos de combustíveis: estudos de caso no médio Vale do Paraíba**. Guaratinguetá.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 127 p., 2009.

SCHWARZENBACH, R. P.; GSCHWEND, P. M.; IMBODEN, D. M. **Environmental Organic Chemistry**. 2nd ed. Wiley-Interscience, 2002.

SILVA, R. L. B. **Contaminação de poços rasos no bairro Brisamar, Ítaquai, RJ, por derramamento de gasolina: concentração de BTEX e avaliação da qualidade da água consumida pela população.** Tese (Doutorado em Ciências na área de Saúde Pública), Departamento de Saneamento Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, 2002.

SKOOG, D. A. et al. **Princípios de Análise Instrumental.** ed. 6, Porto Alegre:Bookman, 2009.

SLOSS, L. L. **Sequences in the Cratonic Interior of North America.** Geological Society of America Bulletin, v. 74, p. 93-114., 1963.

TIBURTIUS, E. R. L.; PERALTA-ZAMORA, P. P.; LEAL, E. S. **Contaminação de águas por BTXS e processos utilizados na remediação de sítios contaminados.** Química Nova, v. 27, n. 3, p. 441-446, 2004.

ZAMUNER, L.D., NOBREGA, M.T., MARTONI, A.M. **A urbanização e o desencadeamento de processos erosivos em área de preservação ambiental na cidade de Maringá, Estado do Paraná.** Universidade estadual de Maringá, Maringá, 2002.