

## GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA, EM SALVADOR – BA

*MANAGEMENT OF CONTAMINATED AREAS AT FUEL STATIONS AND ASSESSMENT OF RISK TO HUMAN HEALTH, IN SALVADOR – BA*

**Claudia Elvira GUSMÃO, Luiz Rogério Bastos LEAL**

Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. Rua Barão de Jeremoabo, s/n - Ondina, Salvador – BA.

E-mail: claudiagusmao77@hotmail.com; Irogerio@ufba.br

Introdução  
Área do estudo  
Materiais e métodos  
Resultados  
    Avaliação preliminar  
    Investigação confirmatória  
    Investigação detalhada  
Conclusões e considerações finais  
Agradecimentos  
Referências

**RESUMO** - Postos de combustíveis e serviços, grande parte a base de compostos hidrocarbonetos, podem contribuir para a contaminação do solo e águas subterrâneas gerando passivos ambientais e riscos à saúde humana, devido à natureza tóxica, mutagênica e carcinogênica destes. Em 2015 foi realizado uma avaliação ambiental, com o objetivo de mensurar os riscos de contaminação em dois postos localizados na Região Metropolitana de Salvador, Estado da Bahia. Nesse estudo, os resultados obtidos mostraram que apesar das duas áreas avaliadas (Posto 01 e Posto 02) apresentarem indícios da contaminação por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) e Mono-aromáticos (BTEX), apenas para o Posto 01 confirmou a contaminação por Etilbenzeno (2,58µg/L) e Naftaleno (17,632 µg/L) com resultados analíticos acima dos valores máximos permitidos (VMPs) da U. S. Environmental Protection Agency - EPA (06/2015), porém não atingiu os da Resolução nº420 do CONAMA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Por medida conservadora de proteção à saúde dos usuários do restaurante, foi recomendado interromper o uso das águas subterrâneas do poço de bombeamento (PB) do Posto 01 para fins de contato dérmico e abastecimento humano, em possível mitigação da fonte dispersora de contaminação e riscos à saúde humana. Culminando com o descomissionamento do restaurante em 2023.

**Palavras chave:** Águas subterrâneas. Hidroquímica. Análise de risco à saúde humana. Gerenciamento de áreas contaminadas. Hidrocarbonetos.

**ABSTRACT** – Gas stations and services, based on hydrocarbon compounds, can contribute to the contamination of soil and groundwater, giving environmental liabilities and risk to human health, due to their toxic, mutagenic and carcinogenic nature. In 2015, an environmental assessment was carried out, with the merit of measuring the risks of contamination at two gas stations located in the Metropolitan Region of Salvador-RMS, State of Bahia. In this research, the results showed that although the two areas (Gas Station 01 and Gas Station 02) showed signs of contamination by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) and Mono-aromatic Hydrocarbons (BTEX), although only Gas Station 01 confirmed the contamination by Ethylbenzene (2.58µg/L) and Naphthalene (17.632 µg/L) due to the analytical results above the maximum allowable values (VMPs) of the U.S. Environmental Protection Agency - EPA, but did not reach those levels in Resolution nº 420 CONAMA – National Environment Council. Conservative measure was applied to protect the health of restaurant users by recommendation to interrupt the use of underground water from the pumping well (PB) for dermal contact and human supply at Station 01, to mitigate the source of contamination and risks to human health. Culminating on the restaurant decommission in 2023.

**Keywords:** Groundwater. Hydrochemistry. Risk assessment to human health. Contaminated area management. Hydrocarbons.

### INTRODUÇÃO

No Brasil existem, atualmente 44.204 revendedores de combustíveis automotivos, ou postos de combustíveis, conforme dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2024). Estes postos são responsáveis pelo abastecimento de milhões de veículos automotores, o principal meio de transporte nacional. Foi estimado que cerca de 140.000 tanques subterrâneos estão instalados no solo brasileiro, sendo que cada posto de

combustível tem uma média de três a quatro tanques.

Estes serviços estão distribuídos em todas as regiões do país, e em maior proporção, nas regiões de maior densidade populacional.

De acordo Lorenzetti et al. (2011), as atividades com produtos derivados do petróleo são potencialmente poluidoras, podendo causar impactos ao meio ambiente e riscos à saúde humana.

Atualmente, no Estado da Bahia existem 3.364 postos de revenda de combustível automotivo (ANP, 2023). Estes postos de serviços podem apresentar em seus históricos, vazamentos em tanques ou nas tubulações, oriundos de procedimentos de recebimento, armazenamento e abastecimento. Tais vazamentos nem sempre são percebidos pela população de seus entornos e nem de ciência nos processos de fiscalização Ambiental.

Estes vazamentos são fontes reais de contaminação ambiental do solo e águas subterrâneas, e podem vir a contribuir para riscos à saúde humana. Dessa forma, tais passivos ambientais podem gerar problemas de saúde humana e a vida, devido à natureza tóxica, mutagênica e carcinogênica dos contaminantes (Corseuil & Marins, 1997; Corseuil & Chiaranda, 2005).

Vazamentos em tanques e tubulações, geralmente ocorrem com a gasolina ou óleo diesel, visto que seus compostos são mais corrosivos às estruturas em aço-carbono, utilizadas na década de setenta (Oliveira, 1992).

Estudos acadêmicos que objetivaram atestar a existência de passivos ambientais por vazamentos de hidrocarbonetos dos postos de combustíveis para o solo, águas subterrâneas e superficiais na Região Metropolitana de Salvador - RMS, do Estado da Bahia, foram poucos. Guerra & Nascimento (1999), realizaram um diagnóstico da contaminação por vazamentos em postos de gasolina no rio Camuruji; Nascimento (2008), efetuou um diagnóstico hidrogeológico, hidroquímico e da qualidade da água do aquífero de Salvador; Maranhão et al. (2007), promoveram um estudo dos procedimentos de investigação e avaliação da contaminação em postos de combustíveis; Gusmão (2010) realizou um estudo integrando a microbiota na degradação da contaminação com avaliações geofísicas; Bezerra (2011) contribuiu para estudos da contaminação de águas subterrâneas por BTEX no rio Lucaia; Oliveira (2013) pesquisou a contaminação de aquíferos por hidrocarbonetos; Marques (2014) testou a remediação de solo contaminado com óleo diesel; e Gusmão (2016) promoveu uma avaliação ambiental completa da contaminação por hidrocarbonetos com análise de risco à saúde humana, em postos de combustíveis na Região Metropolitana de Salvador - RMS.

Os métodos de avaliação da contaminação ambiental por postos de combustíveis e serviços comumente se baseiam na delimitação e quantificação de contaminantes lançados no meio físico, seja solo, águas superficiais e/ou águas subterrâneas.

Os dados gerados são comparados com padrões legais e utilizados para caracterizar a intensidade da poluição e direcionar a tomada de decisões. Neste contexto, a avaliação de risco à saúde humana é uma metodologia adicional que se baseia em modelos matemáticos eficazes para delimitar e quantificar contaminantes no ambiente, bem como as suas rotas de migração. O objetivo essencial é definir medidas corretas para remediação e mitigação de cada quadro ambiental (Maranhão et al., 2007).

No Brasil, as avaliações de risco à saúde humana são ainda timidamente realizadas. Dentre as metodologias utilizadas, as Ações Corretivas Baseada no Risco - ACBR, ganhou destaque. Internalizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, a partir do *software* Tool Kit for Chemical Releases versão 1.2., desenvolvido pela Sociedade Americana para testes e materiais - Groundwater Services Inc.

Em adição, a necessidade de aplicação da Análise de Risco à Saúde Humana, são requeridas etapas que estão descritas pela ABNT/NBR 15.515 de 2013.

É de fundamental importância a etapa da "Avaliação Preliminar" que abrange o conhecimento da área do estudo. Para isso é considerado o levantamento de todos os aspectos físicos e históricos de possíveis fontes de contaminação na área, sendo que a NBR 15.515 de 2013 apresenta um volume dedicado a tal etapa (Parte 1: Avaliação Preliminar).

A partir das informações obtidas nessa Avaliação Preliminar, foi elaborado um Modelo Conceitual inicial da Área (MCA 1), e planos de investigação, para confirmação da investigação do problema objetivando mitigar, e/ou conservar a qualidade ambiental, com um efetivo Gerenciamento de Área Contaminada (GAC).

Com isso é possível evitar que postos de combustíveis e outras fontes poluentes, atualmente submetidos a análises ambientais superficiais, venham a ser um problema de saúde pública para as atuais e futuras gerações.

A Resolução CONAMA nº 273 de 29 de novembro de 2000, estabelece instalações de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis liquefeitos, configurando como potencialmente poluidores ao meio ambiente, devido às características dos combustíveis e pelas suas nocividades à saúde humana.

Isto justifica os estudos ambientais realizados, por agregar valor social e científico, além de contribuir para o aprimoramento do licenciamento ambiental, na Região Metropolitana de Salvador (Gusmão, 2016).

## ÁREA DO ESTUDO

A área da pesquisa realizada englobou a Região Metropolitana de Salvador – RMS, porém neste artigo se apresenta apenas a área do Posto 01, que está localizado na cidade do Salvador, nas proximidades do rio Baixo Camurujipe (Figura 1). Em termos geológicos este se situa nas proximidades da Falha do Iguatemi, na sua porção leste, e apresenta no seu subsolo rochas cristalinas metamorfizadas e fraturadas, cobertas por camada de saprólitos e regolitos, localmente é recoberto por solo de empréstimo (aterro).

As sondagens de reconhecimento evidenciaram a presença de solo de alteração da rocha de origem metamórfica, composto por uma matriz argilosa vermelha, com matizes variadas (rosa, amarela e branca), presença de minerais micáceos e fragmentos de rocha quartzosa, sugerindo que foram formados a partir de uma rocha cristalina, que corrobora com LIMA (1995) e CPRM (2008), de rochas Neoarqueano Paleo Rhyaciano – Complexo granulítico – Kinzigito Ortogranulito. Abaixo segue a figura 1 com o mapa de localização da área do estudo – Posto 01.

Uma avaliação, análise, investigação ou diagnóstico ambiental, consiste basicamente na coleta de informações da área em estudo, por meio de entrevistas com o pessoal local, levantamentos bibliográficos, históricos e cartográficos. Em seguida coleta de dados físicos e químicos das zonas vadosa (solos) e saturada (águas subterrâneas e superficiais) para quantificações laboratoriais, e a elaboração de relatórios, pareceres e estudos técnicos, que subsidiarão tomadas de decisões com relação a medidas de gestão e remediação, a serem aplicadas em áreas compro-

O Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM, disponibilizou em sua plataforma georreferenciada de conteúdos geocientíficos - no quesito Gestão Territorial, em Geologia, Meio Ambiente e Saúde, e na Geologia Médica, compartilhando com a sociedade estudos de casos científicos relacionados aos riscos à saúde humana, que foram produzidos em institutos de pesquisa. A dissertação que originou este artigo, está disponível neste portal, como referência para a Cidade do Salvador, Estado da Bahia.

vadamente contaminadas ou impactadas. Para tanto devem ser aplicadas metodologias conhecidas e testadas pela comunidade científica.

No desenvolvimento desta pesquisa, foram aplicadas três etapas metodológicas de Avaliação Ambiental, descritas na NBR 15.515 - Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea. Etapas: Parte 1: Avaliação Preliminar; Parte 2: Investigação Confirmatória; e Parte 3: Investigação Detalhada.

Para cada etapa foram utilizados os fluxogramas de tomadas de decisão disponíveis nestas normas, embasadas nas informações iniciais coletadas a Parte 1 desta.

A Avaliação Preliminar deve conter um levantamento minucioso de todos os aspectos inerentes à área sob investigação:

- a) Documentações existentes sobre a área, obtidas a título de Licenciamentos Ambientais e seus históricos;
- b) Informações relativas ao histórico de ocupação da área e das atividades nela desenvolvidas, considerando os usos pregressos;
- c) Usos da água subterrânea, com localização dos poços de bombeamento de água, distribuídos num raio de influência de 500 m no entorno dos limites da área objeto da Avaliação Preliminar;
- d) Levantamentos aerofotogramétricos em tempos distintos visando caracterizar as alterações de uso e ocupação do solo na área e no seu entorno, considerando um raio de 500 m;
- e) Informações coletadas diretamente em inspeções técnicas de reconhecimento, com registros fotográficos;
- f) Informações coletadas em entrevistas com proprietários, funcionários e moradores do entorno da área;

- g) Informações da geologia, pedologia e hidrogeologia regionais;
- h) Informações da geologia e pedologia locais disponíveis na empresa, como aqueles resul-

- tantes de investigações geotécnicas; e
- i) Informações sobre eventuais investigações ou etapas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas realizadas na área.

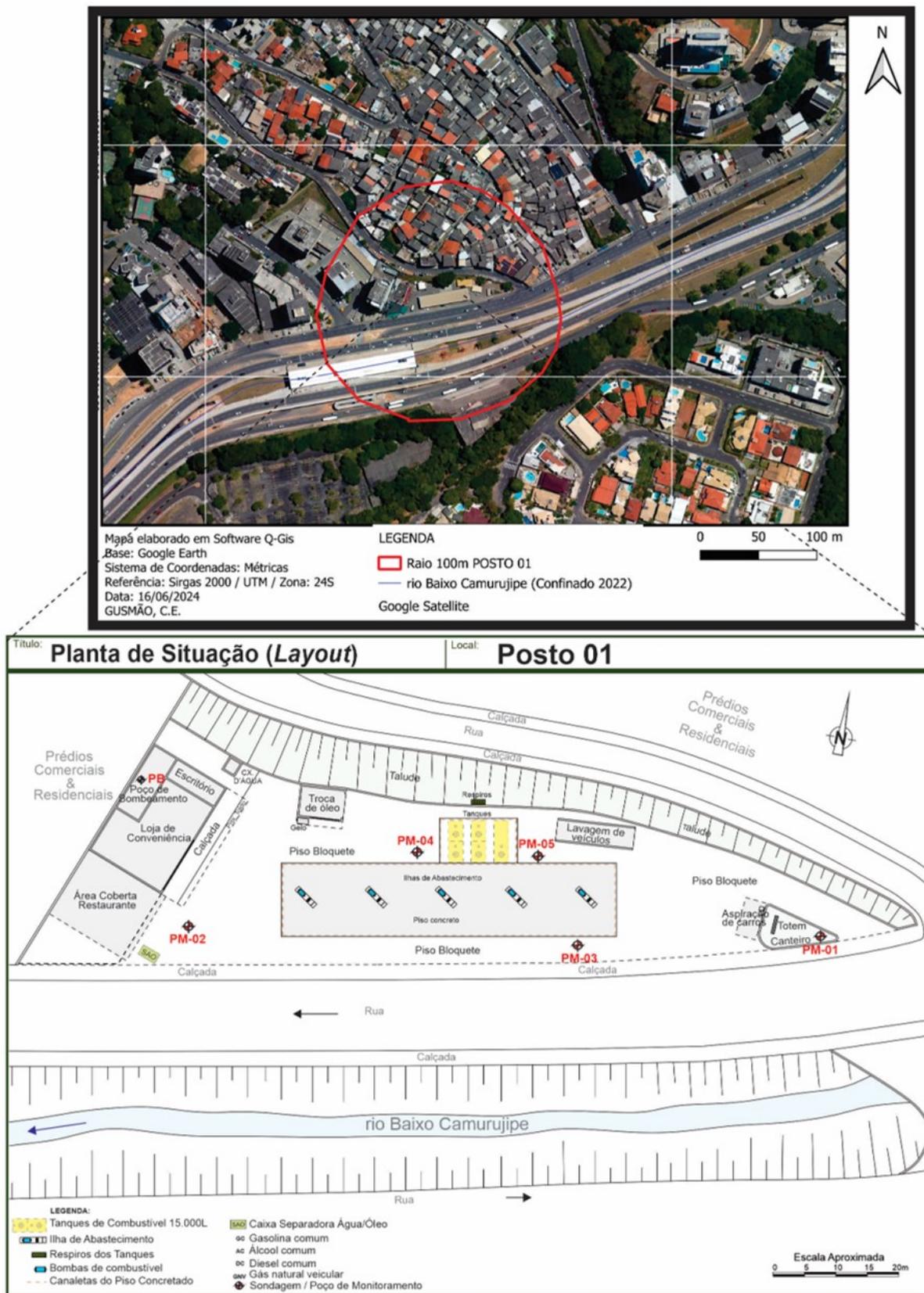


Figura 1 - Mapa de localização e planta de situação do Posto 1.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Com esta finalidade foram aplicados questionários direcionados aos funcionários de cada um dos postos de combustíveis (Posto 01 e Posto 02) e as informações obtidas foram compiladas no Modelo Conceitual Inicial (MCA 1) de cada área do estudo e os planos de investigações elaborados com o auxílio dos fluxogramas de tomada de decisão disponíveis na NBR 15.515 de 2013, que norteou as sucessivas etapas da pesquisa.

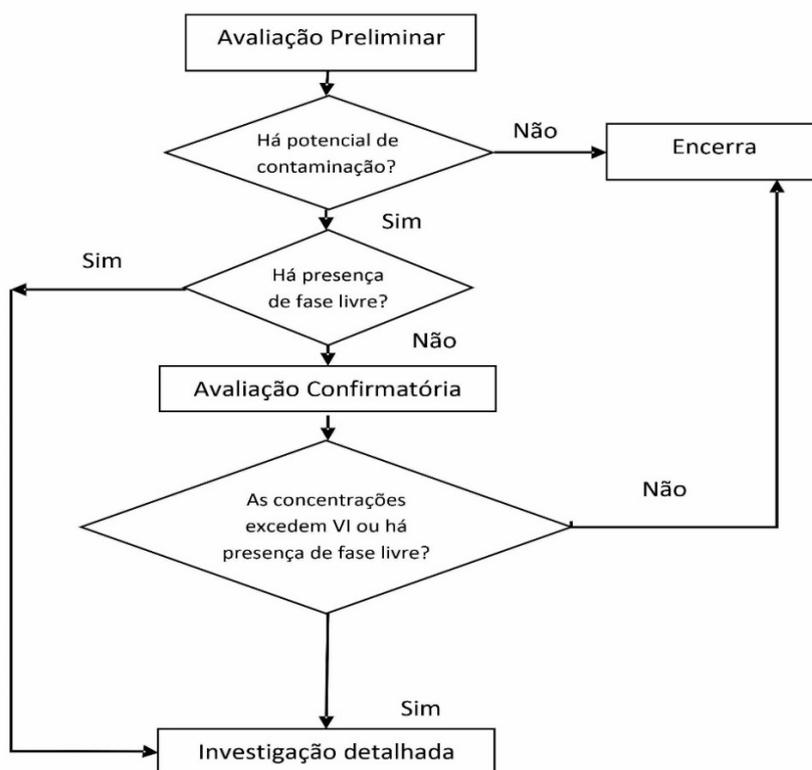
Conforme descrito a Avaliação Preliminar é de fundamental importância neste processo, bem como a coleta de amostras de solo e águas subterrâneas, no intuito de confirmar a existência de contaminações.

Com os indícios de contaminação apontados na Avaliação Preliminar, e Modelos Conceituais Iniciais (MCA 1), bem como as diretrizes do Fluxograma de tomada de decisões, da NBR 15.515 procedeu à etapa da Investigação Confirmatória para os dois postos de combustíveis (Posto 01 e Posto 02), seguindo

com o mapeamento semiquantitativo para compostos orgânicos voláteis (VOCs) em toda a área dos postos. Em sucessão, sondagens investigativas nos pontos de áreas foco da contaminação (*Hot Spots*), em cinco pontos para cada posto. Estas sondagens atingiram o nível estático da zona saturada e foram completados com poços de monitoramento em tubos PVC geomecânicos de duas polegadas de diâmetro e seguindo aos procedimentos de construção da NBR 15.495-1 de 2007.

Com os resultados analíticos das amostras de solo (20) e águas subterrâneas dos poços instalados (10) e poço de bombeamento (PB), e avaliadas as substâncias químicas de interesse (SQIs), foi possível confirmar a contaminação na área do Posto 01. Seguindo com a Investigação Detalhada e Avaliação de Risco à Saúde Humana.

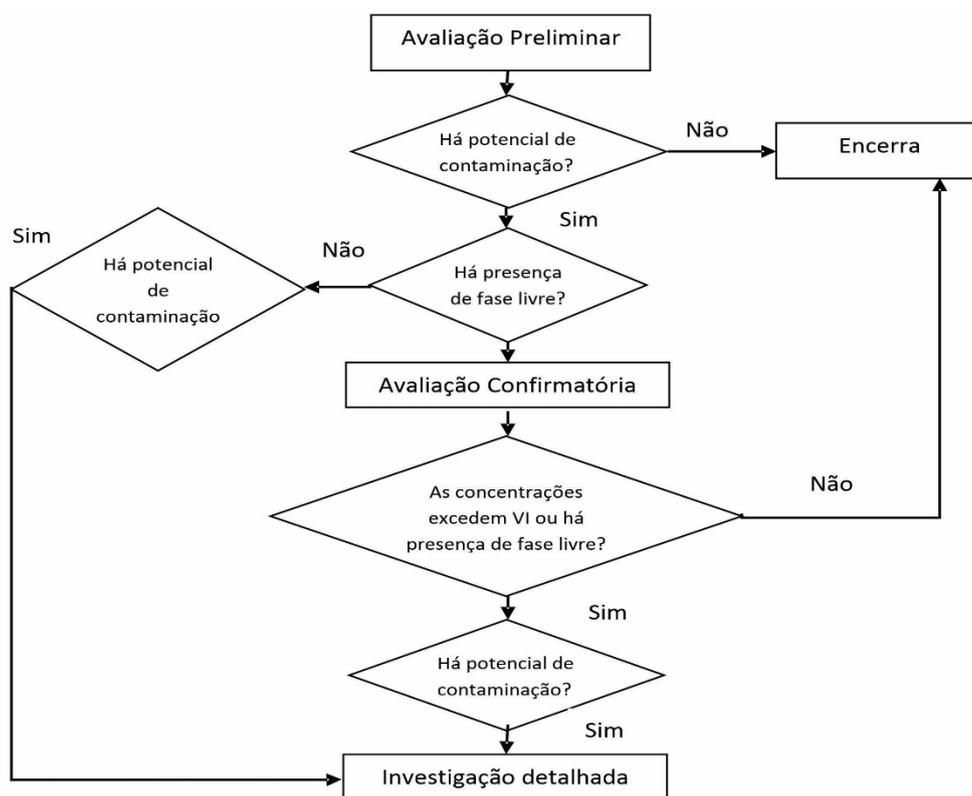
As etapas acima descritas ocorreram conforme os fluxogramas de tomada de decisão da NBR 15.515 Partes 2 e 3, abaixo apresentados.



**Figura 2** - Fluxograma de tomada de decisões, compilado da NBR 15.515 Parte 2: Investigação Confirmatória (2011).

As SQIs avaliadas na área do Posto 01, e que compõem a pluma de contaminação na área, foram: benzenos, toluenos, xilenos e etilbenzenos (BTXE), quantificados no laboratório

MERIEUX, e os parâmetros hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) no Laboratório de Estudos do Petróleo da UFBA (Lepetro), ambos certificados na ISO/IEC NBR 17.025.



**Figura 3** - Fluxograma de tomada de decisões, compilado da NBR 15.515 Parte 3: Investigação Detalhada (2013).

O propósito da Avaliação de Risco à Saúde Humana, está em subsidiar as tomadas de decisões, a partir dos cálculos de valores com índice de riscos e níveis alvo para remeter a uma remediação, sendo ainda um procedimento tecnicamente defensável por apresentar dados quantificados, e para tanto utilizadas as planilhas ACBR da CETESB (2000).

Como um dos dados de entrada nas planilhas da CETESB, a determinação da condutividade hidráulica, foi realizado por meio da análise do tempo de recarga do aquífero, com tratamento de dados em *software Aquifer Test for Windows*, versão 2.5 (Waterloo Hydrogeologic Inc.).

Em linhas gerais a etapa da análise de risco à saúde humana apresenta em seus resultados o modelo conceitual atualizado da área em estudo

para avaliar a ocorrência de efeitos adversos à saúde decorrentes da exposição humana à contaminação.

Neste contexto, por meio da modelagem de cenários de exposição versus receptores, com dados quantificados quimicamente, estudos do meio físico e elementos coletados na Avaliação Preliminar que integram o Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC), foi possível interpretar os resultados em planilhas e graficamente usando o software Corel Draw 10 para sintetizar os desenhos técnicos apresentados como resultados da pesquisa, bem como as curvas das plumas de isoconcentração, que foram traçadas pelo método de triangulação e as faixas de concentrações embasadas nas legislações utilizadas, de acordo com a Resolução CONAMA nº 420/2009 e EPA (06/2015).

## RESULTADOS

Após a aplicação da Avaliação Ambiental descrita na NBR 15.515 de 2013, foram obtidos seguintes resultados para o Posto 01, uma vez que não foi confirmada a existência de contaminação na área do Posto 02.

### Avaliação Preliminar

Os resultados da Avaliação Preliminar, a

partir das informações do questionário aplicado, embasaram a pesquisa bem como apontaram indícios de contaminação no Posto 01, que foi submetido à Investigação Confirmatória, além desses resultados subsidiarem as conclusões e recomendações para a continuidade da investigação na área.



## Investigação Confirmatória

Os resultados da Investigação Confirmatória conduzida na área do Posto 01, foram inicialmente obtidos pela varredura (“*screening*”) para compostos orgânicos no solo, que evidenciou e delimitou as áreas foco da contaminação (“*Hot Spots*”), e direcionou à alocação das cinco sondagens investigativas, seguidas da instalação de poços de monitoramento, com coletas de amostras de solo em duas profundidades distintas, e coleta de águas subterrâneas, cujo resultados foram compilados dos laudos analíticos, quantificados nos laboratórios MERIEUX e Laboratório de Estudos do Petróleo (LEPETRO) da UFBA, seguindo apresentados em Tabela 01.

As Figuras 6 e 7, apresentam graficamente a delimitação das plumas de contaminação em isoconcentrações das SQIs de confirmação (Etilbenzeno e Naftaleno), elaboradas a partir das medições do nível d’água dos poços de

monitoramento instalados no Posto 01, obtendo uma média de 5,40m de profundidade no período avaliado, também correlata à zona não saturada.

As substâncias químicas de interesse (SQIs) analisadas foram: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), e mono-aromáticos (BTEX) avaliados com relação aos valores máximos permitidos (VMPs) das legislações utilizadas: Resolução CONAMA n° 420/2009 e EPA-06/2015, sendo que apenas nas amostras de água subterrânea do poço PM-05 foram evidenciados contaminação por Etilbenzeno (2,58µg/L) e Naftaleno (17,632 µg/L), com valores acima dos padrões de referência (VMP) da EPA-06/2015 (Etilbenzeno: 1,5µg/L e Naftaleno 0,17µg/L).

Adicionalmente, foi verificada uma velocidade de fluxo subterrâneo de 71,11m/ano, e condutividade hidráulica de  $4,63 \times 10^{-6}$  cm/s, em direção ao corpo hídrico superficial local (rio Baixo Camurujipe).

**Tabela 1** - Resultados Analíticos das Amostras de Águas Subterrâneas - Posto 01 (Coleta em 11/07/15)

Parâmetro	Ponto Coleta	P01/PM-01	P01/PM-02	P01/PM-03	P01/PM-04	P01/PM-05	P01/PB	CONAMA n° 420 (2009) Investigaçao (µg/L)	EPA (06/2015) Tapwater (µg/L)
		Data	Data	Data	Data	Data	Data		
	Amostra	180742	180744	180746	180748	180749	180750		
	Unid.	0102/15-01	0102/15-02	0102/15-03	0102/15-04	0102/15-05	0102/15-06		
Benzeno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5	0,45
Tolueno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	700	110
Etilbenzeno	ug/L	ND	ND	ND	ND	<b>2,58</b>	ND	300	<b>1,5</b>
o-Xilenos	ug/L	ND	ND	ND	ND	1,75	ND	-	19
(m+p) Xilenos	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	19
Naftaleno	ug/L	ND	0,027	0,75	ND	<b>17,632</b>	ND	140	<b>0,17</b>
Acenaftileno	ug/L	ND	0,012	0,259	ND	0,015	ND	-	-
Acenafteno	ug/L	ND	0,057	0,114	ND	0,013	ND	-	530
Fluoreno	ug/L	ND	ND	1,362	ND	0,036	ND	-	29
Fenantreno	ug/L	ND	ND	3,272	0,019	0,079	ND	140	-
Antraceno	ug/L	ND	ND	0,357	ND	ND	ND	-	180
Fluoranteno	ug/L	ND	ND	0,026	0,013	ND	ND	-	80
Pireno	ug/L	ND	ND	0,235	0,013	ND	ND	-	12
Benzo(a)Antraceno	ug/L	ND	ND	0,124	ND	ND	ND	1,75	0,12
Criseno	ug/L	ND	ND	0,03	ND	ND	ND	-	3,4
Benzo(b)Fluoranteno	ug/L	ND	ND	0,021	ND	ND	ND	-	0,034
Benzo(k)Fluoranteno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,34
Benzo(a)pireno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,7	0,0034
Dibenzo(a,h)Antraceno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,18	0,0034
Indeno(1,2,3cd)Pireno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,17	0,034
Benzo(g,h,i)Perileno	ug/L	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-

Notes:

ND - Não detectado pelo método

CONAMA 420: Conselho Nacional do Meio Ambiente (2009)

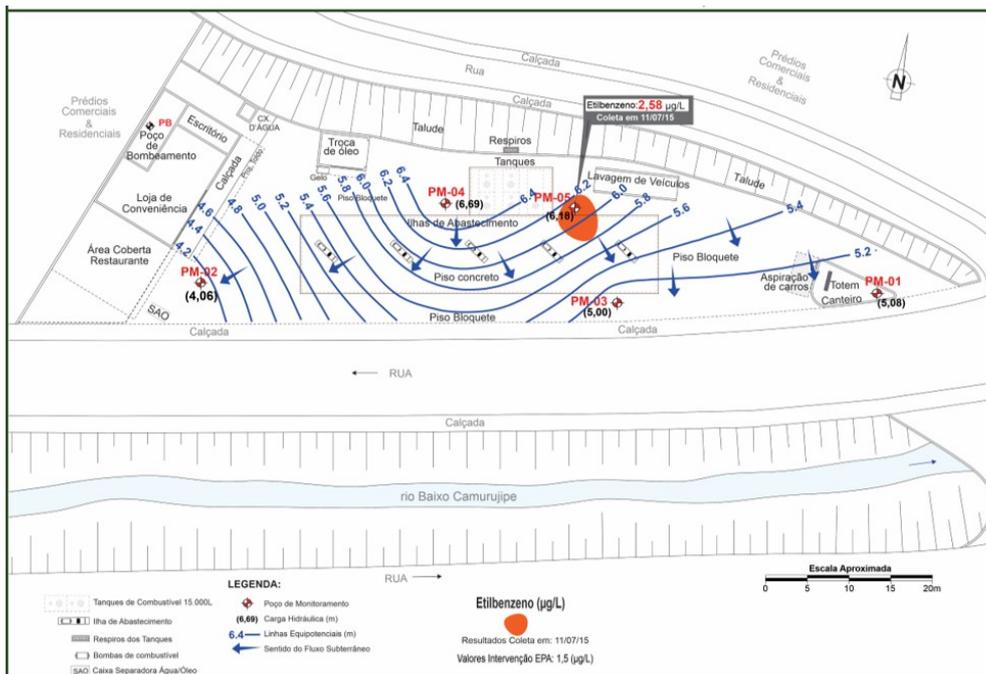
EPA RSL: Environmental Protection Agency Regional Screening Levels (junho/2015)

## Investigação Detalhada

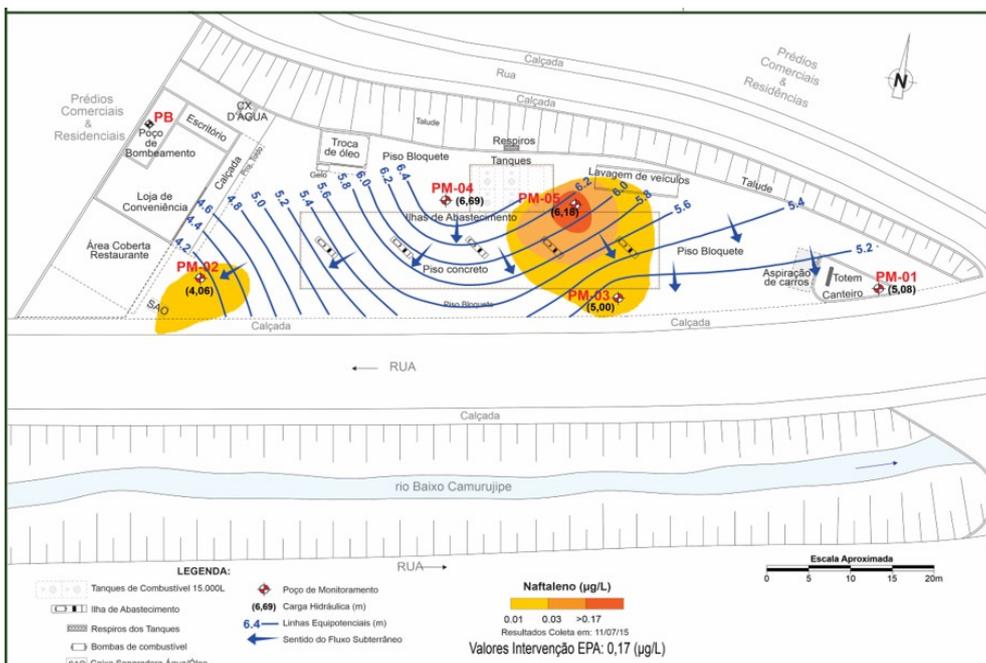
A partir do resultado positivo da etapa de Investigação Confirmatória realizada no Posto 01, foi procedida a Análise de Risco à Saúde Humana, como critério à etapa da Investigação

Detalhada, e conforme fluxogramas de tomada de decisão disponíveis na NBR 15.515.

Com base nas informações da Avaliação Preliminar, foram evidenciados os possíveis receptores da contaminação e inferidas as rotas



**Figura 6** - Pluma de contaminação na água subterrânea – isoconcentrações de Etilbenzeno, Posto 1.



**Figura 7** - Pluma de contaminação na água subterrânea (Naftaleno), Posto 1.

de migração desta na zona vadosa e saturada do subsolo, principalmente avaliadas as SQIs Etilbenzeno e Naftaleno, que estão acima dos VMP da EPA-06/2015, e por estas substâncias oferecerem riscos carcinogênicos a saúde humana confirmados por estudos epidemiológicos.

Foram calculadas as concentrações máximas aceitáveis (CMAs) e riscos possivelmente concentrados nas vias do solo superficial, subsuperficial e águas subterrâneas, pelo método ACBR CETESB (2000) para cada um dos três cenários

avaliados:

- Cenário 1: Fonte PM-01 x Receptores (Vizinhança);
- Cenário 2: Fonte PM-03 x Receptores (Escritório, Restaurante e Loja de Conveniência);
- Cenário 3: Fonte PM-05 x Receptores (Pista de Abastecimento).

Os resultados dos riscos calculados para a SQIs Etilbenzeno ( $2,58 \times 10^{-3} \text{mg/L}$ ), detectado no PM-05, tiveram relevância apenas no cenário 3, com evidência para o risco ao efeito carcinogênico acumulado na fonte de contaminação na

ordem de  $2,30 \times 10^{-5}$  mg/kg-dia para os receptores hipotético (trabalhadores comerciais), não apresentando risco para receptores fora da fonte de contaminação.

No entanto, a área avaliada não é um ambiente fechado. As concentrações máximas aceitáveis CMAs para solo superficial e subsuperficial, sendo

receptores os adultos que ingerirem a água subterrânea oriunda da lixiviação do solo, foi de  $7,19 \times 10^{-2}$  mg/kg-dia. Os cenários foram estabelecidos conforme modelo conceitual da área (MCA 2) elaborado da etapa de Investigação Confirmatória e segue apresentados como resultados da pesquisa nas Figuras 8 e 9.

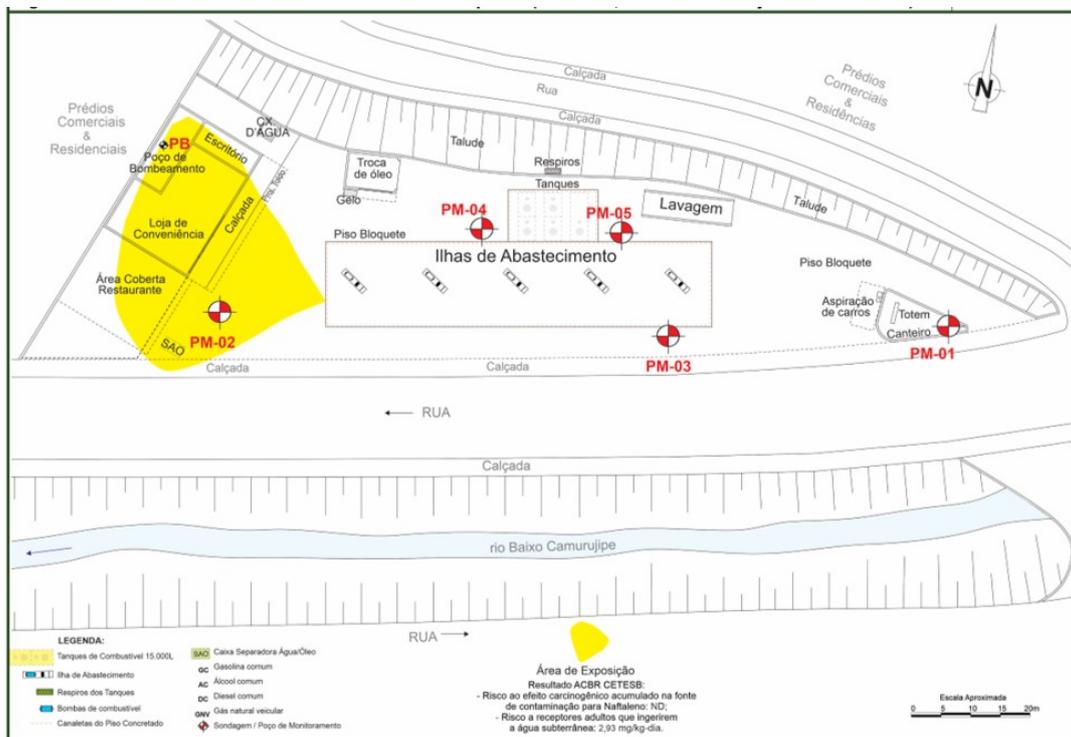


Figura 8 – Cenário 2: Fonte PM – 02 – Rico de Naftaleno X Receptores (Escritório, Restaurante e Loja de Conveniência - Posto 1).

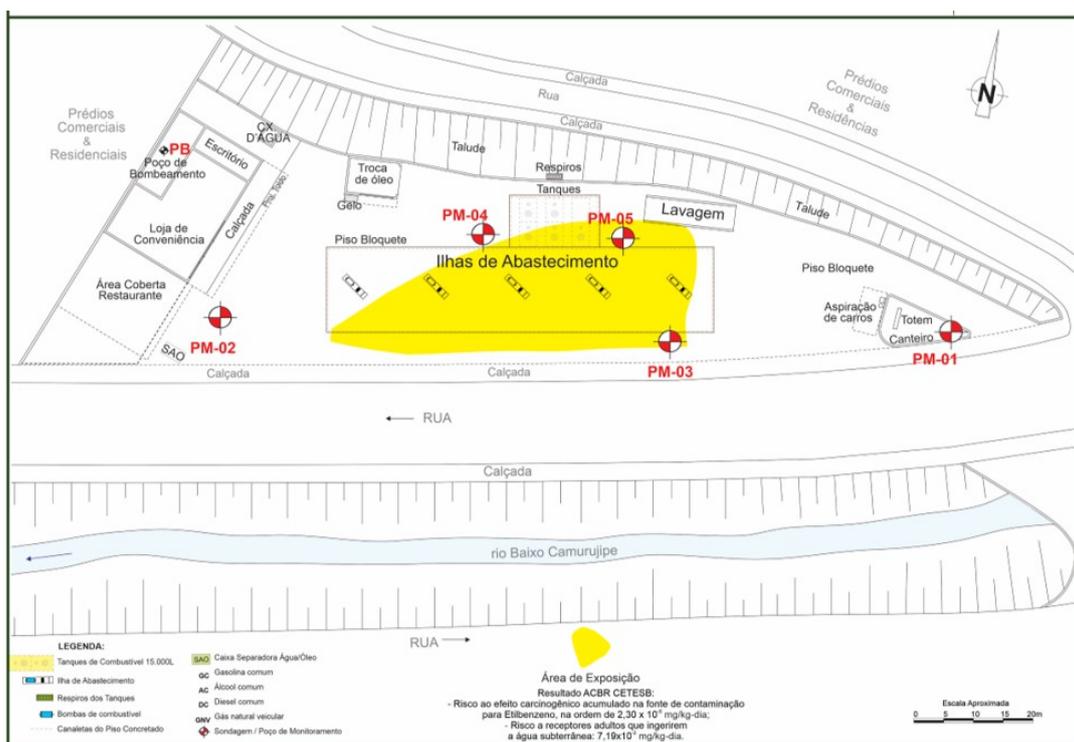


Figura 9 – Cenário 3: Fonte PM-05 – Risco Etilbenzeno X Receptores (Pista de Abastecimento – Posto 1)

## CONCLUSÕES

Os estudos apresentados foram essenciais no sentido de demonstrar a aplicabilidade do método ACBR da CETESB (2000) na Análise de Risco à Saúde Humana, assim como a utilização da NBR 15.515/2013 para o desenvolvimento de avaliações ambientais em postos de combustíveis. Também a utilização desses métodos permite promover olhares no âmbito municipal objetivando o atendimento das legislações ambientais nacionais e internacionais.

Neste contexto, ficou demonstrada a importância da Avaliação Preliminar onde se evidenciou a utilização de água subterrânea local como fonte complementar no abastecimento da companhia estadual de abastecimento público (EMBASA). Tal utilização servia para uso em banheiros, lavagem de veículos e restaurante do Posto 01.

Por medida conservadora de proteção à saúde dos usuários do restaurante, foi recomendado a interrupção do uso das águas subterrâneas locais para fins de abastecimento humano ou contato dérmico, uma vez que o método ACBR evidenciou riscos à saúde humana de receptores adultos com efeito carcinogênico acumulado se ingerirem a água subterrânea oriunda da lixiviação do solo.

Embora não tenham sido detectadas concentrações de substâncias químicas de interesse (SQIs) na água acima do VMPs, estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009 e EPA (06/2015), no poço de bombeamento (PB) que está localizado na porção noroeste da área do Posto 01, fora do raio da pluma de Etilbenzeno, porém está situado a uma distância de 20m do poço de monitoramento (PM-02), onde foi identificada a contaminação por Naftaleno.

Como diretriz ao Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) o acompanhamento aos casos de contaminação são fundamentais para o fechamento ou continuidade das avaliações ambientais.

Em referência aos resultados da investigação realizada em 2015, foi constatado que o restaurante localizado na área do Posto 01 enquadrado como potencial fonte dispersora de riscos à saúde humana, foi descomissionado em 2023.

Por tratar de empreendimento potencialmente poluidor com confirmação da contaminação nas águas subterrâneas, o contínuo Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) é indispensável.

## AGRADECIMENTOS

A autora agradece ao Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, e Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente NEHMA, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Ministério da Ciência e Tecnologia, pela bolsa de estudos. E, ao Serviço Geológico do Brasil – SGB por veicular a presente pesquisa em sua plataforma de referência para a geologia médica no país.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO - ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível** 2015. Tabela 3.17 Disp.: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 14 Set. 2016 e 02 Fev. 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15.515-1 – **Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 1: Avaliação Preliminar**, Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15.515-2 – **Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 2: Investigação Confirmatória**, Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 15.515-3 – **Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea – Parte 3: Investigação Detalhada**, Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.495-1: **Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares Parte 1: Projeto e Construção**. Rio de Janeiro, 2007, Versão corrigida 2, 2009.
- BEZERRA, P.G. **Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX na Bacia do Rio Lucaia – Salvador-Ba**. Salvador, 87 p., 2011. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia.
- CETESB - CÂMARA AMBIENTAL DO COMÉRCIO E DERIVADOS DE PETRÓLEO DO ESTADO DE SÃO PAULO - GRUPO DE AVALIAÇÃO DE RISCO. **Ações Corretivas Baseadas em Risco – ACBR, Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos Derivados de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos: Procedimentos**. São Paulo: [s.n.], 2000.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº273 de 29 de novembro de 2000. **Diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição**.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO

- AMBIENTE. Resolução nº420 de 30 de dezembro de 2009. **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 substâncias em decorrência de atividades antrópicas.**
- CORSEUIL, H.X. & CHIARANDA, H.S; Avaliação da Importância da Rota Inalação de Vapores em Locais Contaminados com Derivados de Petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, Campo Grande, 2005. **Anais...**Campo Grande: ABES, 2005.
- CORSEUIL, H.X. & MARINS, M.D.M. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave?. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 50-54, 1997.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - **Materiais de Construção Civil na Região Metropolitana de Salvador**, 2008.
- GUERRA, A.M. & NASCIMENTO, S.A.M. **Diagnóstico do grau de comprometimento das águas do aquífero freático de Salvador causado por vazamentos em postos de gasolina: área piloto da bacia do rio Camarujipe**: relatório final. Salvador: UFBA; EMBASA, 1999.
- GUSMÃO, C.E. **Papel da Microbiota Subterrânea na Degradação da Contaminação Orgânica: Avaliação Com Métodos Geofísicos**. Lauro de Freitas, 2010. 37 p. Monografia - UNIME.
- GUSMAO, C.E. **Avaliação da Contaminação por Hidrocarbonetos com Análise De Risco À Saúde Humana, em Postos de Combustíveis na Região Metropolitana de Salvador – RMS** Salvador, 2016. 314 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia.
- LIMA, O.A.L. **Condições geohidrológicas e geotécnicas na Região Metropolitana de Salvador, In: Planejamento Ambiental para Salvador - Documentos Preliminares**, Prefeitura Municipal de Salvador, 1995.
- LORENZETT, D.B.; ROSSATO, M.V.; NEUHAUS, M. Medidas de gestão ambiental adotadas em um posto de abastecimento de combustíveis. **Revista Gestão Industrial**, v. 7, n. 3. p. 01-21. Ponta Grossa, PR, 2011.
- MARANHÃO, D.; TEIXEIRA, C.A.; TEIXEIRA, T.M.A. **Procedimentos de Investigação e Avaliação da Contaminação em Postos de Combustíveis, Utilizando Metodologia de Análise de Risco: Aplicação da ACBR em Estudo de Caso na RMS**. Bahia, 2007. 121 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia.
- MARQUES, L.S. **Remediação de Solo Contaminado com Óleo Diesel Utilizando Co-Produtos da Produção do Biodiesel**. Salvador, 2014. 153 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia.
- NASCIMENTO, S.A.M. **Diagnóstico Hidrogeológico, Hidroquímico e da Qualidade da Água do Aquífero Freático Do Alto Cristalino de Salvador – Bahia**, Salvador, 2008. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia.
- OLIVEIRA, E. **Contaminação de Aquíferos por Hidrocarbonetos Provenientes de Tanques de Armazenamento Subterrâneos**. São Paulo, 1992. 112 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo - Instituto de Geociências.
- OLIVEIRA, J.L.B.F. **Investigação, Remediação e Monitoramento Ambiental: Estudo de Caso do Posto de Combustíveis Itinga (Lauro de Freitas-Ba)**. Salvador. 84p. 2013. Monografia, Universidade Federal da Bahia.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Rapid Assessment of Exposure to Particulate Emissions from Surface Contaminated Sites: Office of Health and Environmental Assessment**. EPA/600/8-85/002. EPA ORNL - OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY 1985, Region 6, 2015.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. **Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A)** EPA/540/1-89/002, 1989, Region 6, 2015.

*Submetido em 17 de maio de 2024*

*Aceito para publicação em 24 de junho de 2024*