

## **VI-066 - CONTAMINAÇÃO DO SOLO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS COM HIDROCARBONETOS DERIVADOS DO PETRÓLEO**

**Karina Patrícia Vieira da Cunha<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

**Carla Virgínia Lopes Araújo<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário - Lagoa Nova - Natal - RN - CEP: 59072-970 - Brasil - Tel: (84) 99669-9012 - e-mail: [cunhakpv@yahoo.com.br](mailto:cunhakpv@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

O aumento da revenda de combustíveis, decorrente do uso diário e cada vez mais crescente deles, influenciaram fortemente na expansão desse tipo de atividade. As exigências em relação aos postos de gasolina aumentaram, quando esses foram incluídos na lista dos potenciais poluidores pela legislação vigente. Dentre os principais componentes dos combustíveis fósseis, os compostos aromáticos se destacam os BTEX. O trabalho foi desenvolvido na cidade de Mossoró, que se situa na região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Foram coletadas amostras de solo de seis postos de combustíveis próximo aos tanques e as bombas. Na área ocupada pelos postos admitiu-se a subdivisão de áreas de armazenagem de combustíveis denominadas de tanques; e unidades de abastecimento denominadas de bombas. De cada posto foram coletadas seis amostras de solo, sendo três amostras próximas aos tanques e três próximas às bombas. Para a investigação da contaminação do solo foram analisados os hidrocarbonetos aromáticos BTEX e HPA. A análise quantitativa de BTEX e HPA no solo foi feita por cromatografia gasosa. Os resultados das análises permitiram identificar a contaminação em todos os postos. A análise dos dados com relação à presença dos compostos aromáticos no solo mostra que se faz necessária uma ação cada vez mais efetiva das agências de regulação ambiental para uma maior fiscalização acerca desses estabelecimentos que têm como principal produto o combustível derivado de petróleo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação do solo, hidrocarbonetos aromáticos, BTEX.

### **INTRODUÇÃO**

As exigências em relação aos postos de gasolina aumentaram, quando esses foram incluídos na lista dos potenciais poluidores, na Lei de Crime Ambiental nº 9605 promulgada em 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998). E ficaram ainda mais em evidência com a edição da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 273, de novembro de 2000 (CONAMA, 2000). Essa lei é considerada uma das mais importantes em procedimentos de segurança para estabelecimentos proprietários de tanques enterrados de armazenamento de combustíveis. Ela trata do licenciamento prévio para localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação desses estabelecimentos (SANDRES, 2004).

Neste tipo de empreendimento, destacam-se os tanques subterrâneos, que armazenam combustíveis, e as unidades de abastecimento, conhecidas como bombas. Os tanques subterrâneos estão sujeitos à corrosão interna e externa, podendo originar perfurações em sua estrutura metálica e consequente vazamento que atinge de início do solo e dali alcança os corpos d'água subterrâneos. Isso é ainda mais alarmante quando se leva em consideração que um número significativo de postos de combustível foi construído na década de 1970, e como a média de vida útil dos tanques subterrâneos é de 25 anos, supõe-se que estejam comprometidos (SUGIMOTO, 2004).

Ao correr vazamentos de combustível, uma das maiores preocupações é a contaminação do solo que se estende aos aquíferos utilizados como fonte de abastecimento de água para consumo da população. Um sério agravante para esse tipo de contaminação é que o vazamento nem sempre é detectado prontamente. A maioria dos vazamentos pode ser detectada por alguma evidência visual ou pelo odor da substância vazada. De qualquer forma, a maioria é detectada apenas quando centenas de litros foram lançados no solo (DUARTE, 2003). Mesmo

um vazamento pequeno e lento pode causar a mais complexa forma de poluição, pois apesar do volume de infiltração diária ser pequeno, a acumulação por um longo período pode ser bastante (DUARTE, 2003).

O solo contaminado pelas substâncias derivadas de hidrocarboneto é considerado um dos maiores potenciais de risco para a qualidade das águas dos aquíferos, devido à formação das várias fases desse produto, quando em contato com o solo (SANDRES, 2004). Isso ocorre por ser o solo um sistema aberto, que mesmo detentor da capacidade de tamponamento ambiental, a depender de fatores como textura, pH, porosidade e condutividade hidráulica, não deixa de funcionar como um componente de particionamento de substâncias e elementos químicos tóxicos com a bacia hidrográfica.

O aumento dos veículos automotivos em todo o mundo influenciou fortemente o crescimento da produção e revenda de combustíveis. Em 2014, segundo dados da Agência Nacional de Petróleo (ANP), no Brasil, existiam 39.763 postos revendedores de combustíveis automotivos registrados, sendo 579 instalados no Rio Grande do Norte (ANP, 2014). Na cidade de Mossoró (RN) existem 92 postos revendedores autorizados pela agência (ANP, 2015).

Dentre os principais componentes dos combustíveis fósseis, os compostos aromáticos se destacam, pois possuem grande estabilidade em suas ligações químicas, além do potencial cancerígeno. Os BTEX são os mais solúveis e mais tóxicos entre os demais compostos aromáticos presentes, agindo como poderosos depressores do sistema nervoso central e apresentando toxicidade crônica, mesmo em pequenas concentrações (da ordem de ppb – parte por bilhão). Significa dizer que os vazamentos de combustível provocado pelos Tanques Subterrâneos de Combustíveis – TSC pode tornar inviável a exploração dos aquíferos (SUGIMOTO, 2004).

Nos vazamentos de gasolina, os compostos BTEX serão os mais perigosos. O benzeno, que é um composto BTEX, é o mais perigoso devido às suas características cancerígenas e tóxicas, de forma que os regulamentos internacionais limitam sua concentração no solo em no máximo 5 ppb (USEPA, 2011). Etilbenzeno e Tolueno apesar de não serem consideradas substâncias cancerígenas, o potencial de toxicidade é elevado (ROSALLES, 2014). Porém, os combustíveis são peças fundamentais no atual modelo de desenvolvimento econômico mundial, mas são detentores de complexas questões sociais, econômicas e ambientais. O que se procura cada vez mais é aliar os interesses econômicos e sociais às questões ambientais, a fim de se alcançar a continuidade do desenvolvimento mais de forma sustentável.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo identificar e caracterizar a contaminação do solo por hidrocarbonetos derivados de petróleo em áreas onde estão instalados postos revendedores de combustíveis automotivos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As amostras de solos analisadas foram coletadas em postos revendedores de combustíveis localizados no Município de Mossoró, que se situa na região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Sua sede administrativa possui coordenadas 05°11'16,8" de latitude S e 37°20'38,4" de longitude O, e segundo dados do IBGE (2010), Mossoró possui 2.099,369 km<sup>2</sup> de área territorial e população para 2015 estimada em 288.162 habitantes.

O município possui clima tipo "BSh" (Kottek et al 2006), caracterizado por possuir clima seco e quente, com precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm e temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C. A precipitação média é de 788 milímetros anuais.

O município de Mossoró encontra-se inserido na Província Borborema, sendo constituído pelos sedimentos da Formação Jandaíra, do Grupo Barreiras, depósitos Colúvios-eluviais, Flúvio-lagunares e depósitos Aluvionares. Abrange ainda diferentes classes de solo como: Latossolos, Argissolos, Vertissolos, Chernossolos, Gleissolos e Nossolos (EMBRAPA 1971; EMBRAPA, 2013). Na sede do município, o solo é classificado como Gleissolo Sáfico estabelecendo limites próximos a Cambissolo Eutrófico, Vertissolo Hidromórfico e Chernossolo Rêndzico.

O estudo foi realizado em cinco postos de combustíveis localizados na região metropolitana de Mossoró. Os postos de combustíveis selecionados para o estudo abrangem três diferentes classes de solo (Tabela 1) e se enquadram em diferentes classes de empreendimento (EMBRAPA, 2006; EMBRAPA 2013; ABNT, 2005).

Vale ressaltar que a classificação do empreendimento é obtida a partir da análise do seu ambiente de entorno, num raio de 100m (ABNT, 2005), o que é fundamental para a seleção dos equipamentos e sistemas a serem utilizados para o Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis (SASC). As informações referentes ao nome do empreendimento bem como sua localização geográfica foram suprimidas para garantir a imparcialidade dos dados.

**Tabela 1: Identificação do posto avaliado, classe de solo e classificação do empreendimento.**

POSTO	CLASSE DE SOLO	CLASSE DO EMPREENDIMENTO
Posto 1	Cambissolo Eutrófico	3
Posto 2	Cambissolo Eutrófico	2
Posto 3	Vertissolo	1
Posto 4	Cambissolo Eutrófico	2
Posto 5	Argissolo Vermelho Amarelo	1

Fonte: Classificação com base em EMBRAPA 2006, EMBRAPA, 2013 e NBR 13.786/05

Para a investigação da contaminação do solo foram analisados os hidrocarbonetos aromáticos benzeno, etilbenzeno, tolueno e xileno (BTEX). O método de extração para BTEX no solo seguiu o protocolo da USEPA 8021B para voláteis aromáticos e halogenados por cromatografia gasosa usando fotoionização e/ou detectores de condutividade eletrolítica. A análise quantitativa de BTEX no solo foi feita por cromatografia gasosa. A detecção de BTEX foi realizada com detector de fotoionização em série com detector de ionização por chama. Os solventes e reagentes utilizados para o experimento foram: acetona, n-hexano, diclorometano, acetato de etila, ácido sulfúrico e sulfato de sódio anidro, todos grau PA e água ultrapura. As análises foram conduzidas em cumprimento ao que determina a Resolução CONAMA n° 420/2009 e ainda em atendimento ao que preconiza os órgãos ambientais municipais e/ou estaduais de licenciamento.

Procedeu-se então a análise estatística descritiva dos dados das concentrações de BTEX no solo dos postos de combustíveis selecionados para o estudo. Os valores médios encontrados para cada uma das substâncias analisadas foram comparados aos Valores de Referência determinados pela Resolução CONAMA 420 de dezembro de 2009, e classificados quanto a qualidade do solo de acordo com o preconizado no artigo 13° (BRASIL, 2009). O cenário padrão foi o residencial uma vez que se tratam de postos que estão inseridos próximo à residências e a pequenos comércios.

## RESULTADOS OBTIDOS

A contaminação do solo foi identificada em todos os postos estudados (Tabela 1). Isso porque a detecção de contaminantes orgânicos no solo evidencia a contaminação, uma vez que o valor de referência de qualidade do solo para tais substâncias é a sua ausência no ambiente (BRASIL, 2009). Foram encontrados teores de Benzeno acima dos valores de intervenção para os postos 1 e 4 e valor acima do de prevenção para o posto 5. Estudos mostram que eles são extremamente tóxicos à saúde humana, apresentando toxicidade crônica mesmo em pequenas concentrações, podendo levar a lesões do sistema nervoso central (BRITO et al., 2005).

**Tabela 1. Teores de BTEX em solos de postos de combustíveis no município de Mossoró/RN**

AREA	BENZENO	ETILBENZENO	TOLUENO	XILENOS
		$mg\ kg^{-1}$		
POSTO 1	8,439 ± 14,616 (0-25,316)	19,119±31,267 (0-55,201)	8,951±15,383 (0-26,714)	29,991±44,059 (0-80,576)
POSTO 2	<LD	<LD	0,004 ± 0,007 (0-0,012)	0,045 ± 0,050 (0-0,098)
POSTO 3	<LD	4,325 ± 0,118 (4,189-4,404)	1,018 ± 0,451 (0,566-1,469)	62,579 ± 5,417 (56,679-67,328)
POSTO 4	0,696 ± 0,649 (0,064-1,059)	1,539 ± 2,419 (0-4,327)	2,265 ± 2,620 (0,099-5,177)	4,589 ± 3,752 (0,421-7,697)
POSTO 5	0,003 ± 0,005 (0-0,009)	4,302 ± 5,381 (0,826-10,500)	1,826 ± 2,735 (0-4,970)	32,763 ± 39,852 (5,500-78,500)

n=15. Média±Desvio padrão(mínimo-máximo)

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A área de estudo dos cinco postos possui clima quente e os dados encontrados na literatura demonstram que o benzeno apesar de ter um tempo de vida longo, sofre degradação mediante altas temperaturas. Nos estudos que foram realizados nos meses de verão foram observadas concentrações menores que o período de inverno, pois o benzeno sofre degradação química (HOQUE et al, 2008).

Para o composto Etilbenzeno apenas o posto 1 apresentou valor acima do de prevenção. O Tolueno apresentou valores acima do valor de prevenção nos postos 1, 3, 4 e 5. Em relação ao Xileno, foram encontrados valores acima do de prevenção para os postos 1, 2, 4 e 5.

A substância Xileno destaca-se por apresentar menor toxicidade em relação aos demais compostos da família BTEX. Entretanto, embora seja entendido que o tolueno e xileno tem um nível de toxicidade mais baixa do que a de benzeno, quando expostos as reações fotoquímicas na atmosfera eles também podem reagir para formar novos compostos que podem resultar em efeitos adversos para a saúde. O fato do solo do posto 5 ser um Argissolo é um ponto positivo no que diz respeito à dispersão dos contaminantes no solo, pois a presença de argila, característica destes solos, influencia na retenção desses poluentes no solo. Alto teor de areia facilita a infiltração de hidrocarbonetos através do subsolo e o que torna os hidrocarbonetos possíveis a serem biodegradados, enquanto altos teores de argila facilitam a adsorção de hidrocarbonetos (ROSALES, 2014).

Com base nesses resultados, levando em consideração as concentrações dos BTEX, os postos 2, 4 e 5 são classificados como classe 4 para pelo menos uma substância analisada, necessitando de intervenção no sentido de remediação do solo. Os postos 1 e 3, são classificados como classe 3.

É importante ressaltar que os estudos citados foram feitos em regiões em que o lençol freático é mais raso, ao contrário da região estudada, que possui clima quente e uma maior distância entre o solo e lençol freático. Dessa forma, como há escassez de estudos em regiões que possuam as mesmas condições climáticas e de solo, se faz necessário o monitoramento contínuo, tornando cada vez mais importante à ação fiscalizadora das Agências Estaduais e Federais no monitoramento e fiscalização dos postos de distribuição de combustíveis a fim de garantir a integridade do meio ambiente.

Próximo aos tanques foram detectados, predominantemente, concentrações acima do Valor de Intervenção. Isto alerta a importância da fiscalização no sentido da exigência da permuta de tanques mais antigos (constituídos basicamente de aço, muito propensos a corrosão) por tanques de parede dupla, com sistema de monitoramento intersticial.

## **CONCLUSÕES**

Os solos de quatro postos foram englobados na Classe IV de qualidade do solo, uma vez que as concentrações de pelo menos um dos hidrocarbonetos do grupo BTEX alcançaram valores de Intervenção para BTEX.

Tais resultados evidenciam a necessidade de ações imediatas no sentido de remediação e recuperação das áreas degradadas, além do incentivo a estudos sobre tais ações, por se tratar ainda de uma área pouco desenvolvida. Além da contaminação do solo, as substâncias encontradas comprometem outros componentes da bacia hidrográfica, pois, mesmo que essas estejam no solo, deve-se lembrar que o solo é um sistema aberto, a assim contaminação gera riscos à saúde humana.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 fev 1998.
2. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução n.º 420, de 28 de dezembro de 2009. 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. Publicado no Diário Oficial da União (DOU) n.º 249, de 30/12/2009, p.81-84.

3. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000: Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Disponível em < [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2000\\_273.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2000_273.pdf)>.
4. SANDRES, G. C. Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocadas por vazamento de Gasolina nos Postos de combustíveis, devido à corrosão em tanques enterrados. *Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Fluminense* – 2004. Disponível em: < <http://www.uff.com.br> >. Acesso em 10 de Setembro de 2015.
5. SUGIMOTO, L. Sensores detectam e monitoram contaminação de águas subterrâneas. *Jornal da Unicamp*, ed. 274, 24 de novembro a 5 de dezembro, 2004. Disponível em: [http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/jornalPDF/ju274pag11.pdf](http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju274pag11.pdf)
6. DUARTE, K.S. (2003). Avaliação do Risco Relacionado à Contaminação dos Solos por Hidrocarbonetos no Distrito Federal. *Teses de Doutorado*, Publicação G.TD-012A/03, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 259 p
7. ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível – ANP. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015. Disponível: < [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em 10 de setembro de 2015.
8. ROSALES, R. M.; PAGÁN, P. M. ; FAZ, A. ; BECH, J. Study of subsoil in former petrol. Stations in SE os Spain: *Physicochemical characterization and hydrocarbon*
9. KOTTEK, M. et al. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, Germany, 2006, pp. 259-263
10. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.
11. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Levantamento Exploratório-Reconhecimento dos solos do Rio Grande do Norte. Recife: Convênio de Mapeamento de Solos MA/DNPEA-SUDENE/DRN, 1971. 536p.
12. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Microwave Extraction: Method 3546, available at: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3546.pdf>>, 1995.
13. USEPA, 2011. US Environmental Protection Agency (US EPA), 2011. Basic Information about Regulated Drinking Water Contaminants and Indicators. Disponível em: <<http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation>>. Acesso em 15 de novembro de 2015.
14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 13786: Seleção de equipamentos e sistemas para instalações subterrâneas de combustíveis em postos de serviço. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2005.
15. BRITO, F. et al. Estudo da Contaminação de Águas Subterrâneas por BTEX oriundas de postos de distribuição no Brasil. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005, Salvador.
16. CARUSO, M. S. F., ALABURDA, J.. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - benzo(a)pireno: uma revisão. *Rev. Inst. Adolfo Lutz* (Impr.) v.67 n.1 São Paulo abr. 2008
17. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 420 de 28 de dezembro de 2009: 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. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>.
18. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 273 de 29 de novembro de 2000: Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição. Disponível em < [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2000\\_273.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2000_273.pdf)>.
19. HOQUE, R.R., KHILLARE, P.S., AGARWAL, T., SHRIDHAR, V., BALACHANDRAN, S., 2008. Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India. *Sci. Total Environ.* 392, 30–40