

O risco ambiental relacionado à presença de postos revendedores de combustíveis próximos a corpos hídricos no estado de Goiás

Environmental risk related to the presence of fuel stations near water bodies in the state of Goiás

Riesgo ambiental relacionado con la presencia de estaciones de combustible cerca de cuerpos de agua en el estado de Goiás

DOI: 10.54033/cadpedv22n11-057

Originals received: 8/1/2025

Acceptance for publication: 8/25/2025

Valéria Menezes de Souza

Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: valeria24souza@gmail.com

Nora Katia Saavedra del Aguila Hoffmann

Doutora em Hidráulica e Saneamento
Instituição: Universidade Federal de Goiás
Endereço: Goiânia, Goiás, Brasil
E-mail: kasaavedra@ufg.br

RESUMO

Postos revendedores de combustíveis são atividades potencialmente poluidoras, as quais reúnem extensas áreas com presença de passivos ambientais provenientes desta atividade. Na ocorrência de processos de não-estanqueidade nos equipamentos que compõem os postos revendedores de combustíveis, há a inserção no ambiente de compostos como o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) além dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Estas substâncias químicas são conhecidas pelos efeitos carcinogênicos, mutagênico e teratogênicos causados aos seres humanos e alta toxicidade que impõe aos seres vivos expostos a eles. Portanto, o objetivo deste estudo foi evidenciar os potenciais riscos da existência destes empreendimentos próximos a cursos de água superficial e os danos que a população residente nas cercanias destes estabelecimentos podem estar expostas ao captar águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos. Para tanto, foram avaliados a localização geográfica de 150 postos revendedores de combustíveis distribuídos em 37 municípios goianos, a partir de dados provenientes de uma consultoria ambiental especializada nas respectiva atividade e na base de informações da Agência

Municipal de Meio Ambiente – AMMA de Goiânia, um dos municípios avaliados, onde se caracterizou o entorno dos postos revendedores de combustíveis. Os resultados demonstraram que em um universo de 150 postos revendedores de combustíveis 8 (5,3% do total) possuíam corpos hídricos a uma distância de até 200 m e 2 (1,3%) destes apresentavam contaminação ambiental. Também, notou-se no entorno (200 m) de 45 (30%) estabelecimentos havia a presença de poços de exploração de água subsuperficial e que destes 1 (0,7) e 7 (4,7%) destes empreendimentos apresentaram contaminação por BTEX e/ou PAH em solo e água subterrânea, respectivamente. A deterioração das matrizes ambientais, a partir da inserção de substâncias químicas provenientes de petróleo, causa danos significativos tanto para a população que se utiliza das águas subterrâneas quanto aos organismos que são expostos aos poluentes.

Palavras-chave: Contaminação Ambiental. Combustíveis. BTEX. PAH.

ABSTRACT

Fuel stations are potentially polluting activities, encompassing extensive areas with environmental liabilities resulting from this activity. When leaks occur in the equipment at fuel stations, compounds such as benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX) and polycyclic aromatic hydrocarbons are released into the environment. These chemicals are known for their carcinogenic, mutagenic, and teratogenic effects on humans and their high toxicity to living beings exposed to them. Therefore, the objective of this study was to highlight the potential risks of these establishments located near surface watercourses and the harm that residents living near these establishments may be exposed to when tapping groundwater contaminated by hydrocarbons. To this end, the geographic location of 150 fuel stations distributed across 37 municipalities in Goiás was evaluated. Data from an environmental consultancy specialized in the respective activities and the database of the Municipal Environmental Agency (AMMA) of Goiânia, one of the municipalities evaluated, characterized the surroundings of the fuel stations. The results showed that, of a universe of 150 fuel stations, 8 (5.3% of the total) had water bodies within 200 m of them, and 2 (1.3%) of these stations presented environmental contamination. Furthermore, it was noted that subsurface water wells were located within 200 m of 45 (30%) establishments, and of these, 1 (0.7%) and 7 (4.7%) of these establishments presented contamination by BTEX and/or PAH in soil and groundwater, respectively. The deterioration of environmental matrices, resulting from the introduction of chemical substances from petroleum, causes significant damage both to the population that uses groundwater and to organisms that are exposed to pollutants.

Keywords: Environmental Contamination. Fuel. BTEX. PAH.

RESUMEN

Las gasolineras son actividades potencialmente contaminantes que abarcan extensas áreas con responsabilidades ambientales derivadas de esta actividad. Cuando se producen fugas en los equipos de las gasolineras, se liberan al medio ambiente compuestos como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX), así

como hidrocarburos aromáticos policíclicos. Estas sustancias químicas son conocidas por sus efectos cancerígenos, mutagénicos y teratogénicos en los seres humanos, así como por su alta toxicidad para los seres vivos expuestos a ellas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue destacar los riesgos potenciales de estos establecimientos ubicados cerca de cursos de agua superficiales y los daños a los que pueden estar expuestos los residentes que viven cerca de estos establecimientos al extraer agua subterránea contaminada con hidrocarburos. Para este fin, se evaluó la ubicación geográfica de 150 estaciones de servicio distribuidas en 37 municipios de Goiás, con base en datos de una consultoría ambiental especializada en la respectiva actividad y la base de datos de la Agencia Municipal de Medio Ambiente (AMMA) de Goiânia, uno de los municipios evaluados, que caracterizó el entorno de las estaciones de servicio. Los resultados mostraron que en un universo de 150 estaciones de servicio, 8 (5,3% del total) tenían cuerpos de agua a menos de 200 m de ellas, y 2 (1,3%) de estas presentaron contaminación ambiental. Además, se observó que en las proximidades (200 m) de 45 (30%) establecimientos había pozos de agua subterráneos, y de estos, 1 (0,7%) y 7 (4,7%) de estos establecimientos presentaron contaminación por BTEX y/o HAP en el suelo y las aguas subterráneas, respectivamente. El deterioro de las matrices ambientales, resultante de la introducción de sustancias químicas derivadas del petróleo, causa daños significativos tanto a la población que utiliza las aguas subterráneas como a los organismos expuestos a los contaminantes.

Palabras clave: Contaminación Ambiental. Combustible. BTEX. PAH.

1 INTRODUÇÃO

Postos revendedores de combustíveis são atividades consideradas potencialmente poluidoras, dado seu alto risco de inserção de substâncias químicas nas matrizes ambientais, capazes de alterar as características naturais do solo e água subterrânea. Ao serem inseridos nos distintos compartimentos ambientais, os combustíveis podem ser sorvidos ou percolar no solo, onde, o destino destes produtos dependerá da capacidade de retenção da zona vadosa, a viscosidade do fluido e o volume de combustíveis inseridos no meio ambiente (ANJOS, 2012).

Uma vez no ambiente, os combustíveis liberam, em solo quanto em água subsuperficial, compostos nocivos como o grupo formado pelo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) e pelos Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH). O grupo dos BTEX apresentam características tóxicas, sendo o benzeno

um composto conhecidamente cancerígeno para os seres humanos, segundo a International Agency for Research on Cancer - IARC (2018). De acordo com Pugas (2015), o tolueno é um depressor do sistema nervoso central mesmo que em baixas concentrações, o etilbenzeno pode provocar tonturas, delírios, dor de cabeça e danos ao fígado, já os isômeros de xilenos podem induzir danos ao sistema nervoso central, irritação em pele, olhos, nariz e disfunção do pulmão.

Os PAHs são formados por um grupo de poluentes que apresentam características cancerígenas, teratogênicas e mutagênicas para os seres humanos. Além disso, são poluentes orgânicos persistentes e semi-voláteis, que são inseridos no meio ambientes através de atividades antrópicas e naturais (ALEGBELEYE; OPEOLU; JACKSON, 2017).

Dá-se relevo que, atualmente, processos de não-estanqueidade dos SASCs de postos revendedores de combustíveis é uma das preocupações incessantes de órgãos e agências ambientais (ROSALES et al., 2014) dado a atribuição ao setor de possuir extensas áreas contaminadas no globo terrestres (TEIXEIRA et al., 2016), fortemente identificados em países como Alemanha, Inglaterra, Japão, Estados Unidos e Canadá.

A poluição das águas subterrâneas por hidrocarbonetos causa séria preocupação aos órgãos ambientais brasileiros, em decorrência da ampla utilização deste recurso no país. No Brasil em 2015, o volume de captação pressuposto foi de 17.580 Mm³/ano, colocando a nação entre os grandes utilizadores das águas subterrâneas do mundo (HIRATA et al., 2020). Fitts (2015) verificou que as águas subterrâneas com pulsos de poluentes podem aflorar em nascentes e alcançar corpos hídricos superficiais através do fluxo natural das mesmas.

A literatura ilustra que a população que utiliza poços de captação de água, as quais estejam contaminadas por compostos de BTEX e PAH podem propiciar danos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos aos seus usuários, sob esta vertente, o estudo de López, Schuhmacher e Domingo (2008), demonstraram que o benzeno, tolueno e xilenos apresentaram o maior risco à saúde humana relacionada a ingestão oral (89%, 95% e 87%, respectivamente), seguidos pela inalação (11%, 5% e 14%, respectivamente) e absorção dérmica (0,0%, 0,1% e

0,1%, respectivamente). O composto etilbenzeno, apresentou o maior risco à saúde da população atrelada a inalação (88%), seguida de ingestão (12%) e exposição cutânea (0,6%).

No Estado de Goiás, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMAm nº 29 (2018), estabelece que postos revendedores de combustíveis devem estar a uma distância mínima de 200 m de cursos de água superficiais, buscando assim, a segurança hídrica em face a supramencionada atividade. Sob esta vertente, observou-se na pesquisa de Freire, Trannin e Simões (2014), medidas de contenção para se evitar que os poluentes oriundos dos hidrocarbonetos adentrassem no corpo d'água superficial, presente a jusante do posto revendedor de combustíveis, visto o potencial impacto ambiental que a introdução destas substâncias químicas pode proporcionar ao meio ambiente.

Pesquisas indicaram que, os BTEX em ambientes aquáticos comprometem a saúde de microrganismos. Peng et al. (2015), estudaram os efeitos do benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em água contendo a alga unicelular *Euglena gracilis*, os resultados mostraram que houve inibição do crescimento, redução da fotossíntese, alterações morfológicas, e formação de corpos marrons anormais neste microrganismo. Akinsanya et al. (2020), coletaram peixes da espécie *Heterotis niloticus* na Lagoa dos Lagos, situado na Nigéria, e detectaram concentrações de BTEX iguais a $33,75 \pm 10,09$ e $40,16 \pm 9,64$ µg/g, no fígado e no intestino, respectivamente, sendo as concentrações maiores identificadas de etilbenzeno, seguido pelo benzeno. Conforme os autores supracitados, os BTEX em organismos aquáticos podem causar perturbações biológicas, que podem ameaçar a existência destes organismos no ambiente.

No litoral do Rio de Janeiro, especificamente na Baía de Guanabara, Baía da Ilha Grande e na Baía de Sepetiba, as concentrações de PAH, causaram danos histopatológicos significativos em bagres (FREIRE et al., 2020). Amat et al. (2006), evidenciaram danos genotóxicos no fígado de peixes existentes em uma área afetada pelo derramamento de óleo combustível. Maisano et al. (2017),

evidenciaram alterações nas brânquias de mexilhões marinhos (*Mytilus galloprovincialis*) após a exposição de contaminantes petroquímicos.

Os hidrocarbonetos são compostos cientificamente causadores de danos aos seres humanos e aos organismos aquáticos, desta forma, a presente pesquisa buscou identificar, em um universo de 150 postos revendedores de combustíveis, os potenciais riscos da existência destes empreendimentos próximos a cursos de água superficial e os danos que a população pode estar exposta ao captar águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

Em sua totalidade, os empreendimentos avaliados estiveram inclusos no território do estado de Goiás. A supracitada unidade federativa está situada no centro-leste do Brasil, sob uma altitude igual a 552 metros (CIDADE-BRASIL, 2020), além disso, abrange uma área equivalente a 340.106 km² e contempla 246 municípios (Figura 1).

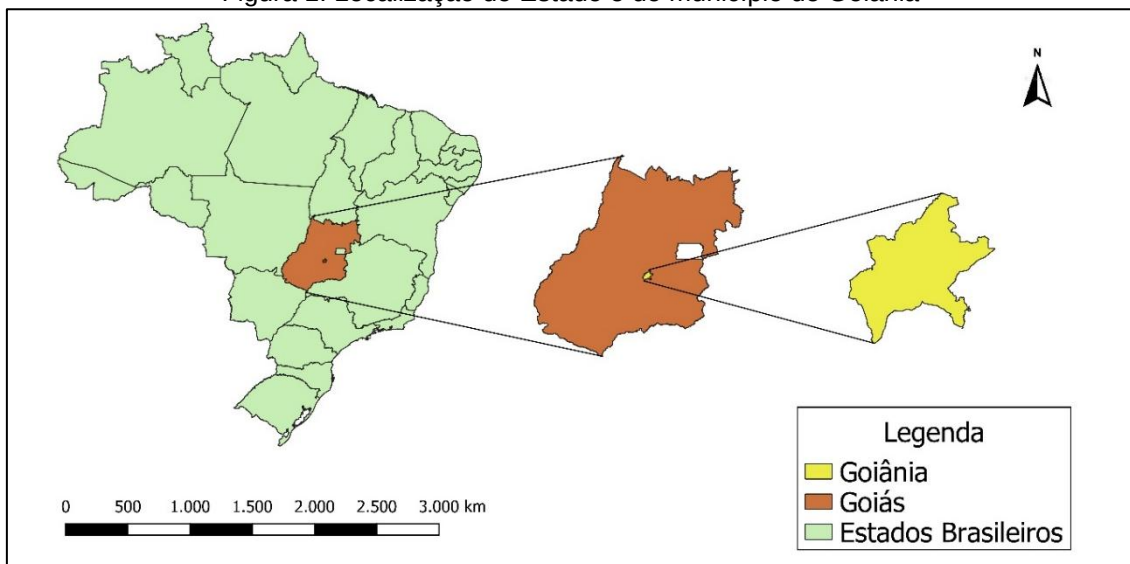
Goiânia, capital do Estado de Goiás, está situada na Mesorregião Centro-Goiano, foi a cidade com o maior número de postos revendedores de combustíveis avaliados. No ano de 2020 o município possuía uma população estimada de 1.536.097 habitantes e abrange uma área territorial de 728,841 km² (IBGE, 2020). A capital faz fronteira com as seguintes cidades: Goianira, Nerópolis, Goianápolis, Santo Antônio de Goiás, Aparecida de Goiânia, Abadia de Goiás, Senador Canedo, Bonfinópolis e Goianira (ALMEIDA et al., 2019).

O processo de licenciamento de Goiânia é realizado pela Agência Municipal de Meio Ambiente – AMMA, a qual, constitui uma autoridade com autonomia administrativa, financeira e patrimonial que apresenta a responsabilidade de formular, implementar e executar a Política Municipal do Meio Ambiente (SILVA et al. 2020).

Em 2019, o número de postos revendedores de combustíveis estimado foi de 1661, de acordo com a Agência Nacional de Petróleo (ANP, 2020),

contudo, o número de empreendimentos desta natureza cresce a cada dia, aumentando o risco ambiental de contaminação por produtos oriundos de petróleo.

Figura 1. Localização do Estado e do município de Goiânia



Fonte: Bing (2021).

2.2 SELEÇÃO DE POSTOS REVENDADORES DE COMBUSTÍVEIS)

Os municípios foram escolhidos de forma aleatória, sendo que os dados de localização e condições ambientais foram coletados a partir da base de dados de uma consultoria ambiental especializada em postos revendedores de combustíveis, além da consulta aos arquivos da Agência Municipal de Meio Ambiente de Goiânia – AMMA, um dos municípios avaliados.

Objetivando apresentar informações que representem o contexto mais recente possível dos postos revendedores de combustíveis, optou-se em avaliar os processos de licenciamento em um espaço temporal de cinco anos, ou seja, foram analisados estudos ambientais compreendidos entre o período de 2015 a 2020.

Para a concepção desta pesquisa, foram analisados postos revendedores de combustíveis que apresentavam Estudos de Investigação de Passivo Ambiental Confirmatória e Investigação Ambiental Detalhada de Passivo Ambiental. Os respectivos estudos são etapas fundamentais no GAC, porque

caracterizam as condições ambientais de solo e água subterrânea através de análises de solo e água subsuperficial (Figura 2).

A partir destes foi possível identificar a situação ambiental dos empreendimentos revendedores de combustíveis. Contudo, para preservar a identidade destes empreendimentos, não foram identificados a localização exata dos mesmos, tampouco seus respectivos nomes, CNPJ ou qualquer outra informação que possa caracterizá-los.

Figura 2. Localização dos postos revendedores de combustíveis no Estado de Goiás



Fonte: Google Earth (2021).

2.3 IDENTIFICAÇÃO DE CORPOS HÍDRICOS E POÇOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NAS CERCANIAS DOS POSTOS REVENDEDORES DE COMBUSTÍVEIS AVALIADOS

Para identificar o entorno dos postos revendedores de combustíveis, foram criados *shapefiles* com a sua localização, utilizando para isto o Google Earth Pro. Foram criados também *buffers* com raio de 200 metros a partir da área dos empreendimentos, para identificar a existência de corpos hídricos nas cercanias dos estabelecimentos avaliados.

A identificação da existência de poços de captação de água subterrânea foi realizada a partir do banco de dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2020), o qual possibilita a obtenção da localização de tais fontes de exploração de aquíferos a partir de arquivos em KML.

3 RESULTADOS

Em sua totalidade, a água que flui em cursos de água tem sua origem na precipitação pluviométrica, entretanto, tal recurso pode tomar várias rotas até a sua chegada em aquíferos superficiais. Algumas se infiltram no solo e fluem horizontalmente através dos poros para à superfície de canais (interflúvio), outras são infiltradas profundamente para se tornar a recarga e posteriormente migram na zona saturada para depois descarregar novamente à superfície por intermédio de nascentes, lago ou canal de curso d'água. A parte do curso que é atribuída a essa última via é denominada como fluxo de base (FITTS, 2015).

As águas subterrâneas, contaminadas pela atividade de revenda de combustíveis, que fluem em direção aos aquíferos superficiais podem conter altas cargas de poluentes oriundos de hidrocarbonetos. E estas ao adentrarem nos corpos hídricos podem causar distintos índices de contaminação ambiental, incitando a degradação do meio. Além disso, existe também a possibilidade de captação desta água pela população residente desavisada que acaba por fim, utilizando água poluída com compostos tóxicos e cancerígenos.

Poços de exploração de água do tipo cacimba, que estão no perímetro de influência de postos revendedores de combustíveis, podem sofrer degradação de sua qualidade. Neste sentido, Libânio (2016) destaca o vazamento em tanques de armazenamento de combustíveis como um dos principais caminhos de poluição das coleções hídricas subterrâneas nos Estados Unidos. O Quadro 1 aduz maiores informações sobre a localização dos postos revendedores de combustíveis em face aos recursos hídricos.

Dentre os 150 (cento e cinquenta) postos revendedores de combustíveis avaliados, 8 (5,3% do total) encontram-se situados a menos de 200 m de rios ou córregos, destes, 2 (1,3%) apresentavam contaminação em água subterrânea por combustíveis.

Quadro 1. Fontes de água detectados próximos aos postos revendedores de combustíveis

Localização	Nº de postos revendedores de combustíveis detectados (%)	Nº de postos revendedores de combustíveis que apresentam contaminação em solo (%)	Nº de postos revendedores de combustíveis que apresentam contaminação em água subterrânea (%)
Raio de 200 m de rios e córregos	8 (5,3%)	-	2 (1,3)
Raio de 200 m de poços de captação de água	45 (30%)	1(0,7)	7 (4,7)

Fonte: Autores (2021).

4 DISCUSSÕES

Conforme apresentado no Quadro 1, se evidenciou que 45 (30%) postos revendedores de combustíveis estão localizados em áreas onde existem poços de captação de água em um raio de 200 m, segundo observado no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2020). Dentre os 45 empreendimentos citados anteriormente, 1 (0,7%) apresentou contaminação no solo por hidrocarbonetos e em 7 (4,7%) postos revendedores de combustíveis, identificou-se a presença de hidrocarbonetos nas águas subterrâneas.

Atualmente, a base de dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (2020) contempla cerca de 332.312 poços cadastrados, destes, 6.143 estão situados no Estado de Goiás. No entanto, existe a

possibilidade de haver explorações de águas subterrâneas de forma clandestina próximos aos postos revendedores de combustíveis, evento bastante abordado na literatura brasileira.

A respeito da ilegalidade de poços de captação de água subterrânea, Conicelli e Hirata (2016) atribuem esta ausência de regularização dos poços de captação aos seus usuários, os quais não têm a percepção do problema causado pela falta de cumprimento dos dispositivos legais. Ainda de acordo com os autores supracitados, a ilegalidade dos poços de exploração ocorre em virtude da população acreditar que o processo de outorga é um procedimento moroso, dispendioso e com retorno duvidoso.

O número de postos revendedores de combustíveis que contemplam poços de captação de água subterrânea em um raio de 200 m é de 30% do total estudado. No entanto, este número pode ser muito maior, em decorrência da possível existência de poços clandestinos. Sob este viés, Rodrigues (2015) alerta para os perigos que podem estar expostas as pessoas que utilizam poços de água, regulares ou clandestinos, nas proximidades de áreas contaminadas por estabelecimentos revendedores de combustíveis, dado os efeitos carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos dos compostos BTEX e PAH, que podem estar presentes nas águas subterrâneas utilizadas pela população (PUGAS, 2015; RENGARAJAN et al., 2015; MALETIC et al., 2019).

Dependendo do grau de poluição das áreas próximas aos corpos hídricos, deve-se agir com rapidez para que este compartimento ambiental não seja impactado, como demonstrado no estudo realizado por Freire, Trannin e Simões (2014), que aduziram um caso em que um posto revendedor de combustíveis, situado próximo a um rio, apresentou fase livre e fase dissolvida. Tal empreendimento precisou instalar um sistema de bombeamento e tratamento a fim de evitar que a pluma de contaminação atingisse o curso d'água em questão.

Além da referência supracitada, a bibliografia disponível evidencia a presença de tolueno e xilenos em águas do Ribeirão João Leite, o qual fornece água para a região metropolitana de Goiânia, conforme apresentado por Keller (2015). Não diferente, extensos rios do bioma amazônico também sofrem com a

antropização próximo a eles, como apresenta Rodrigues (2015), o qual ilustra traços dos compostos de PAH na Baía de Guajará, no Rio Guamá e no Rio Aurá.

A presença de hidrocarbonetos em meio aquático coloca em xeque o equilíbrio ambiental das comunidades existentes em cursos hídricos, sendo estas doces ou salinas. Estudos anteriores, foi avaliado o peixe dourado *Carassius auratus* ao ser exposto à água contaminada por gasolina e analisaram a toxicidade dos compostos BTEX e PAH. Os resultados demonstraram que tal exposição afetou a capacidade de captação de oxigênio do peixe, resultando em alterações metabólicas, aumento da excreção de ureia-N e acúmulo de lactato plasmático (DAL PONT et al., 2019).

Quando expostos ao meio ambiente, frações dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos são facilmente absorvidos pelos peixes, através de suas brânquias, conforme apresentado por Delunardo et al. (2019), que observaram concentrações de PAH na bile do cavalo-marinho (*Hippocampus reidi*) após a sua exposição a óleo diesel.

Algas unicelulares, bactérias ou plantas superiores podem acumular PAH em vez de sintetizá-las (MAGI et al., 2002), fato relevante, levando em consideração que os compostos dos PAH podem entrar na cadeia alimentar de várias espécies, dentre elas a do ser humano.

5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos concluiu-se que existe a necessidade de adoção de medidas mais rigorosas para o gerenciamento de áreas contaminadas por postos revendedores de combustíveis em todo o território do Estado de Goiás, não somente priorizando as áreas metropolitanas. Desta forma, as ações do GAC devem ser aplicadas de modo sistêmico para que as áreas que apresentem passivos ambientais possam ser consideradas e saneadas para enfim, serem novamente aderidas ao tecido urbano, retomando a sua função social e atendendo aos anseios da sociedade sem causar prejuízos à saúde humana.

A deterioração das matrizes ambientais, a partir da inserção de substâncias químicas provenientes de petróleo, causa danos significativos tanto para a população que se utiliza das águas subterrâneas quanto aos organismos que são expostos aos poluentes.

O acompanhamento e monitoramento periódico da qualidade das águas subterrâneas, em áreas que contemplam postos revendedores de combustíveis, é fundamental para a correta gestão deste recurso hídrico e proteção da população que utiliza as galerias subterrâneas para abastecimento.

Além disso, o Estado deve incentivar o cadastramento de poços de captação de água subsuperficial em seu território, tendo visto que esta matriz ambiental pode ser amplamente utilizada em períodos de estiagens e a identificação de quantidade e qualidade da mesma é uma informação que auxilia os órgãos responsáveis na tomada de decisão.

No tangente ao distanciamento de postos revendedores de combustíveis dos corpos hídricos, este deve ser implantado a uma distância segura dos aquíferos superficiais, o que pode ser acompanhado a partir dos projetos de implantação nas fases iniciais do empreendimento.

A presente pesquisa traz como contribuição a elaboração do panorama ambiental de postos revendedores de combustíveis instalados no Estado de Goiás. Através da explanação da situação de atuação dos mesmos e de como encontram-se as matrizes ambientais próximas a estes estabelecimentos é possível tomar decisões mais seguras no campo do gerenciamento de áreas contaminadas, baseadas em dados atuais.

A nível social observou-se que existe uma deficiência de acompanhamento da qualidade ambiental de poços de captação de água localizado próximo a áreas contaminadas, portanto, nota-se a necessidade de atuação mais forte do Estado, que deve promover campanhas que incentivem à população a cadastrar seus poços de exploração de água subterrâneas, por inúmeros motivos, dentre eles, para que as autarquias competentes tenham condições de mapear e monitorar os pontos de exploração de água que possam ter sua qualidade comprometida por hidrocarbonetos.

Observou-se uma carência de estudos capazes de detectar compostos de BTEX e PAH em regiões agrícolas no Estado de Goiás, especialmente em áreas próximas de postos revendedores de combustíveis contaminados, sendo assim, este poderia ser um campo de pesquisa para estudos a serem elaborados futuramente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO - ANP. Gasolina. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivados/155-combustiveis/1855-gasolina> >. Acesso em 29 de jan. 2021.
- AKINSANYA, B.; AYANDA, I. O.; ONWUKA, B.; SALIU, J. K. Bioaccumulation of BTEX and PAHs in *Heterotis niloticus* (Actinopterygii) from the Epe Lagoon, Lagos, Nigeria. *Heliyon*, v. 6, 2020.
- ALEGBELEYE, O. O.; OPEOLU, B. O.; JACKSON, V. A. Polycyclic aromatic hydrocarbons: a critical review of environmental occurrence and bioremediation. *Environmental Management*, v. 60, p. 758-783, 2017.
- ALMEIDA, F. T.; LEMOS, G. M. C.; SILVA, A. B.; BARROS, R. G.; BARBARA, V. F. Áreas contaminadas por postos de combustíveis: uma abordagem gerencial. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Ambiental e Sanitária, 30, 2019, Natal. Anais... Rio de Janeiro/RJ: ABES, 2019.
- AMAT, A.; BURGEOT, T.; CASTEGNARO, M.; PFOHL-LESZKOWICZ, A. DNA adducts in fish following an oil spill exposure. *Environ Chem Lett*, v. 4, p. 93–99, 2006.
- ANJOS, R. B dos. Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: Estudo de caso na cidade de Natal - RN. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- CIDADE-BRASIL. Município de Goiás. Disponível em: < <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-goias.html> >. Acesso em: 28 de jun. de 2021.
- CONICELLI, B. P.; HIRATA, R. Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 19, 2016. Anais... Campinas/SP: ABAS, 2015.
- DAL PONT G.; BASTOSA, L. R. S.; GIACOMINC, M.; DOLATTOD, R. G.; BAIKAD, L. M.; GRASSID, M. T.; OSTRENSKYA, A.; WOODC, C. M. Acute exposure to the water-soluble fraction of gasoline (WSFG) affects oxygen consumption, nitrogenous-waste and Mg excretion, and activates anaerobic metabolism in the goldfish *Carassius auratus*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, v. 226, 2019.
- DELUNARDO, F. A. C.; HENRIQUE, H. S.; VAL, V. M. F. A.; VAL, A. L.; GOMES, A. R. C. Effects of water-accommodated fraction of diesel fuel on seahorse (*Hippocampus reidi*) biomarkers. *Aquatic Toxicology*, v. 217, 2019.
- FREIRE, M. M.; AMORIM, L. M. F.; BUCH, A. C.; GONÇALVES, A. D.; SELLA, S. M.; CASSELLA, R. J.; MOREIRA, J. C.; FILHO, E. V. S. Polycyclic aromatic

hydrocarbons in bays of the Rio de Janeiro state coast, SE - Brazil: Effects on catfishes. *Environmental Research*, v. 181, 2020.

FREIRE, P. A. C.; TRANNIN, I. C. B.; SIMÕES, S. J. C. Bombeamento e tratamento da fase livre em Aquífero Litorâneo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19 n. 4, 2014.

GOIÁS. Conselho Estadual de Meio Ambiente - CEMAM. Resolução Nº 29, de 10 de dezembro de 2018. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos ao licenciamento ambiental de Ponto de Abastecimento, Posto Revendedor e Instalação de Sistema Retalhista de Combustíveis no Estado de Goiás. Goiás, 2018.

HIRATA, R.; SUHOGUSOOF, A. V.; MARCELLINI, S. S.; VILLAR, P. C.; MARCELLINI, L. A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. Instituto Trata Brasil. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/aguas-subterraneas-e-saneamento-basico/Estudo_aguas_subterraneas_FINAL.pdf> Acesso em: 02 de abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Goiás. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>>. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

INSTITUTO MAURO BORGES - IMG. Sistema Estadual de Geoinformação. Disponível em: <https://www.imb.go.gov.br/>. Acesso em: 28 de mai de 2020.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. Benzene, v. 120, 2018. Disponível em <<http://publications.iarc.fr/576>>. Acesso em 07 de set. de 2019.

KELLER, P. P. R. Diagnóstico do estresse hídrico na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite. 2015. 235 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

LIBÂNIO, M. Fundamento de qualidade e tratamento de água. 4º ed. Campinas/SP: Editora Átomo, 2016.

LÓPEZ, E.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L. Human health risks of petroleum-contaminated groundwater. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 15, p. 278–288, 2008.

MAISANO, M.; CAPPELLO, T.; NATALOTTO, A.; VITALE, V.; PARRINO, V.; GIANNETTO, A.; OLIVA, S.; MANCINI, G.; CAPPELLO, S.; MAUCERI, A.; FASULO, S. Effects of petrochemical contamination on caged marine mussels using a multi-biomarker approach: Histological changes, neurotoxicity and hypoxic stress. *Marine Environmental Research*, v. 128, p. 114-123, 2017.

MAGI, E.; BIANCO, R.; IANNI, C.; DI CARRO, M. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of the Adriatic Sea. *Environmental Pollution*, v. 119, p. 91-98, 2002.

MALETIĆ, S. P.; BELJIN, J. M.; RONČEVIĆ, S. D.; GRGIĆ, M. G.; DALMACIJA, B. D. State of the art and future challenges for polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments: sources, fate, bioavailability and remediation techniques. *Journal of Hazardous Materials*, v. 365, p. 467 - 482, 2019.

OLIVEIRA, E. *Hidrogeologia Ambiental: Contaminação de Solo e Águas Subterrâneas*. 2º ed. São Paulo/SP: 2016.

PENG, C.; LEE, J. W.; SICHANI, H. T.; NG, J. C. Toxic effects of individual and combined effects of BTEX on *Euglena gracilis*. *Journal of Hazardous Materials*, v. 284, p. 10-18, 2015.

PUGAS, M. S. Efeitos secundários resultantes da aplicação de métodos oxidativos para degradação de contaminantes orgânicos em solo. 2015, 125 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

RENGARAJAN, T.; RAJENDRAN, P.; NANDAKUMAR, N.; LOKESHKUMAR, B.; RAJENDRAN, P.; NISHIGAKI, I. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on câncer. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, v. 5, p. 182-189, 2015.

RODRIGUES, G. M. A. Atividade de armazenamento e distribuição de combustíveis nos centros urbanos: os postos de combustíveis e a saúde pública. 2015. 88f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

ROSALES, R. M.; MARTÍNEZ-PAGÁN, P.; FAZ, A.; BECH, J. Study of subsoil in former petrol stations in SE of Spain: physicochemical characterization and hydrocarbon contamination assessment. *Journal of Geochemical Exploration*. v. 147. p. 306-320, 2014.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS. Disponível em < <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em 19 de dez. de 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS. Disponível em < <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>> . Acesso em 16 de nov. de 2021.

SILVA, A. B.; VALVERDE, F. T. A.; LEMOS, G. M. C.; FERNANDES, J. M.; BARROS, R. G.; BÁRBARA, V. F. Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de serviços em Goiânia/GO. *Nature and Conservation*, v. 13, n.3, p.66-79, 2020.

TEIXEIRA, C. E.; MOTTA, F. G.; MORAES, S. L. Panorama GAC: mapeamento da cadeia de gerenciamento de áreas contaminadas. São Paulo: IPT, 2016.