

AVALIAÇÃO DE RISCO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A PARTIR DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS¹

RISK ASSESSMENT OF GROUNDWATER FROM GAS STATIONS

Cristian José Simões Costa² - IFAL
Nataly Albuquerque dos Santos³ - UFPB
Raoni Batista dos Anjos⁴ - UFRN

RESUMO

O artigo tem como objetivo mostrar os resultados de uma avaliação de risco das águas subterrâneas a partir dos postos de combustíveis da cidade de João Pessoa PB. Utilizando-se da metodologia indicada pelo Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas estabelecida pela CETESB foram definidas as áreas de interesse através de um levantamento documental sobre o perfil dos postos de combustíveis da cidade. Foram selecionados e analisados sete principais critérios utilizados para investigação da contaminação da água subterrânea por hidrocarbonetos de petróleo (tipo de poço, profundidade e distância em relação aos SASCs, perfil de elevação, vulnerabilidade dos aquíferos, classificação do entorno do posto de combustível e histórico de acidente) em cada posto da cidade. Os resultados identificados através de mapas de cada zona da cidade mostram médias abaixo do cenário de risco de contaminação para a maioria das áreas investigadas.

PALAVRAS CHAVES: Água subterrânea; Avaliação de risco; Postos de combustíveis; Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The article aims to show the results of a risk assessment of groundwater from gas stations in the city of João Pessoa PB. Using the methodology indicated by the Contaminated Areas Management Manual established by CETESB the areas of interest were defined through a documentary survey on the profile of the city's gas stations. Seven main criteria used to investigate groundwater contamination by petroleum hydrocarbons were selected and analyzed (type of well, depth and distance from the SASCs, elevation profile, vulnerability of aquifers, classification of the surroundings of the gas station and history of accident) at each gas station in the city. The results were identified through maps of each zone of the city and show averages below the contamination risk scenario for most of the investigated areas.

KEYWORDS: Groundwater; Risk assessment; Fuel stations; Sustainable development.

DOI: 10.21920/recei72023929222240
<http://dx.doi.org/10.21920/recei72023929222240>

¹Este artigo integra a pesquisa de doutorado intitulada **Diagnóstico socioambiental da contaminação por hidrocarbonetos de petróleo em água subterrânea na cidade de João Pessoa-PB**, conduzida pelo autor, vinculada ao PRODEMA-UFPB e ao laboratório NUPPRAR-UFRN.

²Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela UFPB. Docente do Instituto Federal de Alagoas IFAL. E-mail: cristiancost@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4404-1109>.

³Doutora em Química. Coordenadora do Laboratório de Tecnologia de Biocombustíveis do IDEP-UFPB. E-mail: natalyjp@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0001-5192>.

⁴Doutor em Ciência e Engenharia de Petróleo (UFRN). Pesquisador na Fundação Norte Riograndense de Pesquisa e Cultura - FUNPEC. E-mail: raonianjos@gmail.com / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4612-0855>.

INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais provocados pela contaminação química da água subterrânea causada por micropoluentes de petróleo é um dos temas de grande preocupação e destaque no mundo. Chamamos a atenção neste artigo para a situação dos postos de combustíveis da cidade de João Pessoa, PB e sua relação com a água subterrânea, por ser uma problemática complexa e dinâmica, que envolve cenários de exploração de recursos naturais, comércio, avaliação de risco e proteção ao meio ambiente.

Fazendo uso de alguns dos critérios mais importantes para a avaliação da água subterrânea, encontrados na literatura, é possível realizar uma avaliação de risco dos postos de combustíveis da cidade. Essa avaliação precede os ensaios de laboratório no sentido de economizar recursos com ensaios desnecessários.

Inicialmente direcionamos a discursão sobre o crescimento populacional, o aumento do consumo e a sua relação com o automóvel em um contexto de modificações que ocorreram no ambiente e proporcionaram adaptações ao cenário mundial de crescimento econômico, gerando impactos ambientais neste setor.

Neste mesmo sentido, o artigo procurou identificar os caminhos encontrados na legislação ambiental e no discurso do desenvolvimento sustentável para o enfrentamento dos impactos que até pouco tempo não eram externalizados e contabilizados.

A história tem alertado sobre os eventos do passado que causaram prejuízos ambientais e sociais ao longo do tempo, mostrando que o trabalho de investigação, mesmo que ainda incipiente, dado o universo das questões ambientais, tem sido fundamental para a prevenção dos cenários críticos de contaminação.

IMPACTOS AMBIENTAIS, POSSÍVEIS CAUSAS E O DESENVOLVIMENTO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

O crescimento populacional tem sido uma das causas do aumento da poluição no mundo, consequência do número de atividades com elevado potencial poluidor (CARDOSO; LODI; BARROS, 2017). Destaca-se a poluição química, por possuir uma forte relação com a industrialização, o uso de novas tecnologias e com o aumento do consumo de bens e produtos dependentes do petróleo, o que fez a humanidade criar novas necessidades individuais, não apenas para garantir o bem-estar material, mas também o social, sendo o automóvel, atualmente, um dos maiores símbolos do consumo, status e distinção social (VEBLEN, 1974; LIMONCIC, 1997; CAMPBELL, 2001; FERREIRA, 2016).

No Brasil o aumento do número de veículos entre as décadas de 1950 a 1960 (VIANINI, 2016) foi responsável por diversas modificações ocorridas no mercado e na nossa sociedade. Isso ocorreu principalmente pela dimensão da cadeia que envolve as atividades desta área.

Na década de 1970 muitas cidades começaram a apresentar grandes mudanças na sua paisagem e na arquitetura de suas residências para se adaptarem aos automóveis: ruas perderam suas árvores, foram alargadas e jardins residenciais foram transformados em garagem (DUARTE, 2011). Neste sentido, a história tem mostrado os sucessivos danos ambientais, resultado muitas vezes de um crescimento econômico desordenado associado à ausência de avaliações de risco.

Desta forma, com a construção de um paradigma para o desenvolvimento econômico identificado pela capacidade de suporte, resiliência dos ecossistemas e pelo desenvolvimento

sustentável (SACHS, 2007; VEIGA; SACHS, 2008), enfatiza-se a necessidade de uma ampla investigação e monitoramento dos recursos naturais para a obtenção de uma resposta social e econômica orientada através dos objetivos e metas do desenvolvimento sustentável (FERNANDES, 2016; AQUINO, 2017).

Dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU-Agenda 2030, destacamos dois que norteiam o artigo: o de número 6 “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”, e o de número 11 “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, com destaque para a redução dos impactos negativos *per capita* das cidades.

Para dar suporte à investigação de impactos ambientais destaca-se, no Brasil, a recomendação do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, através da Resolução Nº 420 do CONAMA 2009, que tornou possível a identificação e o gerenciamento de áreas contaminadas para que possam ser tomadas decisões visando a necessidade de prevenção da contaminação das águas subterrâneas que são bens públicos e reservas estratégicas.

No Brasil apenas os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo apresentam uma lista de áreas contaminadas, divulgada pelo Banco de Dados Nacional de Áreas Contaminadas (BDNAC) (IBAMA, 2020). Nestes Estados os dados apontam a atividade de revenda de combustíveis com um índice de contaminação superior às outras atividades.

Na Paraíba, apesar de 21 anos da publicação da Resolução nº 273 do CONAMA e de 13 anos da Resolução nº 420 do CONAMA, que estabelecem diretrizes para o licenciamento e gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, o estado não apresenta informações sobre áreas contaminadas pela atividade de revenda de combustíveis.

A operação de revenda de combustíveis controlada pela Resolução nº 273 do CONAMA de 2000, é uma atividade urbana presente na vida das pessoas, que movimenta uma grande variedade de produtos químicos de natureza tóxica e de difícil detecção, o que representa uma grande vulnerabilidade socioambiental que o serviço fornece (FINOTTI et al., 2001).

Estatísticas internacionais mostram que os Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASCs) com idade superior a vinte anos apresentam grande possibilidade de vazamento (COLE, 1994; BLACKMAN, 1996 apud LOUREIRO, 2002; USEPA, 2021). Através desses vazamentos as substâncias podem causar incêndios, explosões, contaminar o ar, o solo e os reservatórios de água subterrânea (MACIEL; FREITAS, 2014; FOGAÇA, 2015), causando sérios prejuízos econômicos e socioambientais, uma vez que o processo de remediação de áreas contaminadas demanda tempo e elevados investimentos (CETESB, 2013; VALENTINO; CARNIETO; SOUZA 2018).

Os produtos derivados do petróleo apresentam, na sua composição química, elementos que podem causar problemas ambientais e sérios riscos à saúde, dentre eles alguns casos de câncer e redução da atividade do sistema nervoso central (WATTS et al., 2000; LORENZETT, et al. 2011, AMARAL, 2017).

Neste sentido o artigo mostra o resultado de uma avaliação de risco na cidade de João Pessoa PB. Esta avaliação é utilizada como uma das etapas no processo de investigação, exigida pela Resolução CONAMA 420/2009 e que tem como objetivo fortalecer as metas do desenvolvimento sustentável (VEIGA, 2008; SÁNCHEZ, 2011).

ALGUNS DOS ASPECTOS LEGAIS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS

O caminho adotado pela legislação brasileira para enfrentar os problemas dos impactos ambientais produzidos pela sociedade pode ser interpretado como resultado de mobilizações social na qual muitas vezes os custos do progresso econômico têm comprometido o bem-estar e a qualidade de vida criando, na visão do sociólogo Ulrich Beck⁵ (2012), uma “sociedade de risco”.

Partindo desse olhar, podemos afirmar que alguns dos princípios fundamentais do Direito Ambiental que norteiam os estudos sobre investigação e controle dos impactos ambientais se baseiam nos cenários de risco e incerteza descritos, como os Princípio da Prevenção, da Precaução, do Poluidor Pagador, a Lei Federal de Crimes Ambientais, a Lei Federal de Ação Civil Pública, além da restrição ao crédito financeiro para financiamento e de danos à saúde das pessoas (FIESP, 2011).

Esses princípios foram ancorados por leis e resoluções com o objetivo de evitar problemas para a saúde humana, ambiental e de reduzir custos com trabalhos de recuperação em áreas degradadas, representando um dos alicerces para o trabalho de investigação ambiental adotado pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 1982 (SÁNCHEZ, 2013; BÜHRING, 2020). Se os riscos são conhecidos e avaliados, podem e devem ser mitigados, implicando em medidas cautelares para evitar a continuidade de eventuais atividades lesivas ao meio ambiente ou à população (MACHADO, 2015; BÜHRING, 2020).

Levando em consideração a água subterrânea, o termo vulnerabilidade dos aquíferos é definido como a facilidade ao risco da introdução e propagação de contaminantes, desde a superfície do terreno até o aquífero (ALBINET & MARGAT, 1970; PEIXOTO, 2019). Segundo Foster (1988) a ideia de risco de contaminação de água subterrânea se apresenta na interação entre vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante aplicada no solo ou no subsolo. Desta forma pode-se configurar um cenário de alta vulnerabilidade, porém sem risco de poluição pela inexistência de carga poluente significativa ou vice-versa. Nestes termos, devido à fragilidade do ambiente, o risco é potencializado pela interferência da sociedade no sistema natural (PEIXOTO, RODRIGUES e ALBUQUERQUE, 2019). Portanto, em postos de combustíveis, os riscos e vulnerabilidades dos sistemas de armazenamento subterrâneos de combustíveis (SASCs) de contaminar a água subterrânea precisam ser conhecidos, avaliados e mitigados.

Considerando-se a ideia da alta vulnerabilidade e risco e considerando também que a prevenção não foi eficiente para um determinado empreendimento que causou externalidades negativas, o Princípio do Poluidor Pagador (Lei 10.165, de 27 de dezembro 2000), baseado no art. 225 da Constituição Federal, exige a recuperação ou indenização dos danos causados (BECHARA, 2017; FIORILO, 2019).

Neste sentido a Lei Federal nº 7.347/1985, de Ação Civil Pública e a Lei Federal nº 9.605/1998, de Crimes Ambientais contribuem com a ação de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente em benefício da coletividade, apontando para as penas atribuídas das atividades lesivas ao meio ambiente e suas consequências para a saúde pública que incluem desde a suspensão das atividades até a execução de obras de recuperação de áreas degradadas identificadas causadas pela contaminação.

⁵ No livro *Sociedade de risco*, 2012, o autor Ulrich Beck, sociólogo germânico, utiliza a expressão “sociedade de risco” para mostrar uma fase no desenvolvimento da sociedade moderna, na qual os riscos sociopolíticos e econômicos se rendem à sociedade industrial (BECK 2012).

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) estima um crescente consumo da água subterrânea através da quantidade de perfuração de poços por ano no país. Cerca de 2.200 municípios brasileiros são abastecidos por águas subterrâneas (TRATABRASIL, 2019; FUNDAJ, 2020; ANA, 2021). Finotti et al. (2001), advertiu que a presença dos postos espalhados pela cidade e a falta de monitoramento das águas subterrâneas constituem motivos para o comprometimento ambiental e que a gestão da qualidade das águas subterrâneas prevista na Lei Federal 9.433/1997 deve ter como uma das suas etapas o controle das fontes poluidoras.

Em João Pessoa, algumas dessas áreas demonstram ter uma maior vulnerabilidade ambiental⁶ devido à suscetibilidade dos contaminantes hidrocarbonetos de petróleo (LEITE, 2021). A contaminação por derivados de petróleo advindos de SASCs de postos de combustíveis se constitui em uma das principais inquietações dos órgãos ambientais (FERREIRA; LOFRANO; MORITA, 2020) e por esse motivo estes devem ser investigados.

Sendo assim os poços de monitoramento (PM), da água subterrânea e os poços abastecimento, contribuem no diagnóstico de possíveis contaminantes do lençol freático (RIYIS, 2011) contribuindo na investigação de passivo ambiental. A quantidade de PM a serem instalados geralmente é determinada pelo órgão ambiental estadual e deve ser definida de modo a assegurar a detecção de vazamento em qualquer tanque subterrâneo do posto.

Na Paraíba a SUDEMA não tem uma norma específica sobre o assunto.

A Classificação do posto de combustível conforme o ambiente do entorno também pode ser utilizada na delimitação das áreas mais preocupantes e contribui no processo de investigação. A norma ABNT NBR 13786:2005 classifica o posto de combustível em classes que variam de 0 a 3, de acordo com ambiente do entorno (tabela 01).

Tabela 01 - Classificação do posto de combustível conforme o ambiente do entorno

Classe 0	Não possuir nenhum dos fatores de agravamento das classes seguintes.
Classe 1	Rede de drenagem de águas pluviais Rede subterrânea de serviços (água, esgoto, telefone, energia elétrica etc.) Fossa em áreas urbanas Edifício multifamiliar, até quatro andares.
Classe 2	Identifica poço de água, artesiano ou não, para consumo doméstico e presença de escola e hospital.
Classe 3	Identifica a preocupação com a água do subsolo utilizada para abastecimento público da cidade (independentemente do perímetro de 100 m), corpos naturais superficiais de água destinados a abastecimento doméstico, proteção das comunidades aquáticas, presença de edificação residencial, comercial ou industrial.

Fonte: ABNT 3786: 2005, adaptado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

O município de João Pessoa, capital da Paraíba - PB Longitude -34,87338° e Latitude -7,14938°, está situado no Bioma Mata Atlântica, com uma área de 211 km², uma população

⁶- “A vulnerabilidade ambiental trata do risco ao qual o meio ambiente está exposto, podendo ser natural, como a presença de uma falha geológica responsável por um terremoto ou a presença de um vulcão ativo, ou ainda pode ser causado por fatores externos, neste contexto abordamos a ação antrópica sobre o meio ambiente” (ALVES, 2006; SANTOS, 2007; FIGUEIREDO, 2010; AQUINO, 2017).

estimada em 2021, de 825.796 mil habitantes e densidade populacional de 3.791,08 hab./km². Sua população está distribuída em 04 zonas: Zona Sul, Norte, Oeste e Leste, totalizando 59 bairros com alto índice de urbanização (SPOSATI, 2010; IBGE 2021).

Na primeira etapa da pesquisa foi utilizada a metodologia indicada pelo Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (ACs), estabelecida pela CETESB (2001) e que tem como objetivo definir a existência e a localização das áreas contaminadas. A definição da área de interesse foi determinada através de um levantamento documental (OLIVEIRA, 2010) sobre o perfil dos postos de combustíveis de João Pessoa: histórico de acidentes, vazamentos, remediações e licenças, utilizando como fonte inicial informações fornecidas pelo Sindicato dos Postos de Combustíveis da Paraíba (SINDIPETRO), Prefeitura, através da Secretaria do Meio Ambiente (SEMAM), Conselho de Proteção Ambiental (COPAM), e Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), para serem confrontadas posteriormente as inspeções de campo.

Para o levantamento de dados (número de postos, infrações e licenças), foram realizadas consultas nas páginas oficiais da ANP, Secretaria Municipal de Proteção e Defesa do Consumidor de João Pessoa (PROCONJP), SUDEMA e no SINDIPETRO.

Para realização da avaliação de risco foram selecionados e analisados sete principais critérios utilizados para investigação da contaminação da água subterrânea por hidrocarbonetos de petróleo (tipo de poço, profundidade e distância em relação aos SASCs, perfil de elevação, vulnerabilidade dos aquíferos, classificação do entorno do posto de combustível e histórico de acidente).

Inicialmente foi realizada a identificação e o georreferenciamento de todos os postos de combustíveis da cidade e poços selecionados com base no cadastro oficial da CAGEPA, CPRM e AESA. Em outra etapa foram selecionados os poços que estavam dentro de um raio de 100 metros do posto de combustível. No trabalho de campo foi realizada a visita aos 120 postos de João Pessoa, onde foi possível a identificação de outros poços que não estavam no registro dos órgãos oficiais.

Com a ajuda da ferramenta do *Google Earth*, foi traçado um perfil de elevação entre o posto de combustível e os poços. Foram escolhidos apenas os que estavam à jusante dos SASCs dos postos de combustíveis, por oferecerem maiores riscos de contaminação.

Em um segundo momento, foram coletados dados sobre a profundidade média dos poços, a avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos superiores em João Pessoa (TOSCANO, 2012; MENEZES, 2016; LEITE, 2021), a classificação do entorno do empreendimento (NBR 13786:2005) e o histórico de acidentes do posto de combustível.

Em outra etapa foram atribuídas notas para cada critério, identificadas pelas letras A, B, C, D, E, F e G, que poderiam ser valores entre 00 e 08, de acordo com o grau de importância para a avaliação de risco identificadas na tabela 02.

Apesar de ser subjetivo, foi necessária a adoção de um peso diferente para alguns dos critérios pela menor influência ou impossibilidade de conseguir dados completos sobre o critério em questão.

O valor do peso utilizado no critério D - Profundidade média do poço subterrâneo, por exemplo, foi menor por não ser possível conseguir a informação da profundidade de todos os poços analisados. Com relação ao critério E - Vulnerabilidade dos aquíferos superiores, o valor do peso foi reduzido por não ter sido realizada a vulnerabilidade exata do poço analisado e sim a utilização do registro da vulnerabilidade da região onde estava localizado o poço em questão. Com relação ao critério F - Perfil de elevação (SASC - Poço) foi analisado apenas o perfil de elevação e não o sentido da água subterrânea, desta forma a apresentação dos dados é

uma tentativa de diminuir o grau de subjetividade dos critérios analisados para obter uma avaliação mais próxima da realidade.

O conjunto de notas foi utilizado para a realização do cálculo da média ponderada de cada posto da cidade, em que as maiores médias $\geq 3,5$ representam o conjunto para um cenário de maior risco de contaminação da água subterrânea e as médias $\leq 3,5$ representam um cenário de menor risco de contaminação da água subterrânea.

O cálculo da média ponderada é baseado na seguinte fórmula:

$$M_p = \frac{[(N1 \times P1) + (N2 \times P2) + (N3 \times P3) + (N4 \times P4) + (N4 \times P5) + (N6 \times P6) + (N6 \times P7)]}{(P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7)}$$

Sendo que:

M_p é a média ponderada

N é cada valor do conjunto

P é o peso correspondente de cada valor do conjunto.

$$\frac{10+20+40+24+16+4+0}{26} = 4,38$$

Desta forma, os resultados das avaliações são apresentados da seguinte maneira:

Média $\geq 3,5$ (cenário de maior risco de contaminação da água subterrânea)

Média $\leq 3,5$ (cenário de menor de risco de contaminação da água subterrânea)

Tabela 02 - Tabela utilizada para avaliação de risco da água subterrânea nos postos de combustíveis de João Pessoa PB

A		B	
Fonte de água subterrânea		Proximidade do poço aos SASC	
Tipo	Valores	Distância média	Valores
Não possui	0	Acima de 100 m	0
Poço Comercial	2	Entre 21 e 100 m	2
Poço Múltiplo	4	Até 20 m	4
Poço Residencial	6	Fora da área de abastecimento	6
Monitoramento	8	Na área do abastecimento	8

C		D	
Classificação do entorno do empreendimento		Profundidade média do poço subterrâneo	
Fator de agravamento do posto	Valores	Profundidade	Valores
Classe 0	0	Não verificado	0
Classe 1	4	51 à 100	2
Classe 2	6	31 à 50	4

Classe 3	8
----------	---

16 à 30	6
Até 15 metros	8

E Vulnerabilidade dos aquíferos superiores em João Pessoa

Tipo de solo	Valores
Baixa	0
Moderada	4
Elevada	6
Muito elevada	8

F Perfil de elevação (SASC – Poço)

Tipo de solo	Valores
Positivo	0
Neutro	4
Negativo	8

G Histórico de acidentes do posto

	Valores
Sem acidentes	0
Área remediada	2
Em processo de remediação	4
Área contaminada	8

Fonte: O autor, 2023.

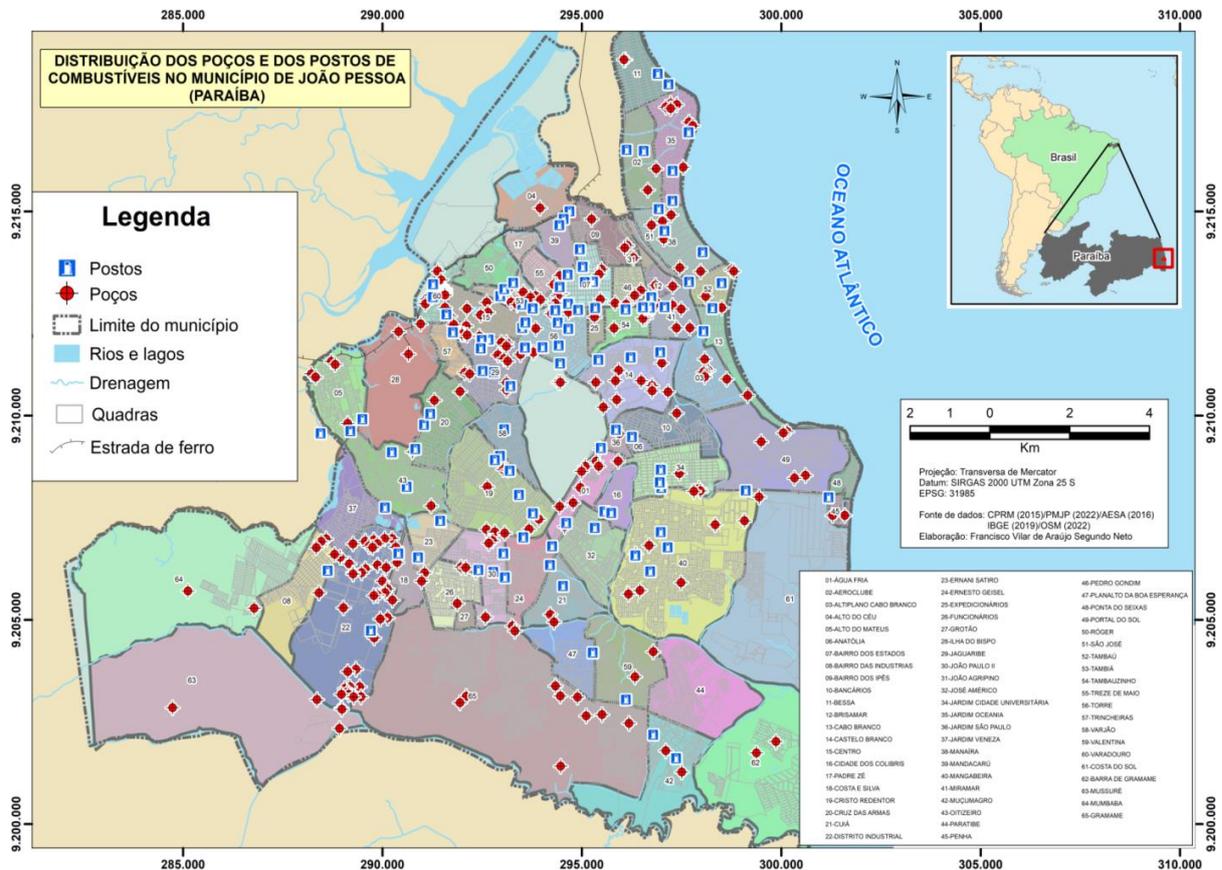
Exemplo: Posto “x”

Critérios	Peso	Valor atribuído	Média Ponderada
A	5	2	4,38
B	5	4	
C	5	8	
D	3	8	
E	2	8	
F	1	4	
G	5	0	

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa a seguir foi elaborado para identificar a localização de todos os postos de combustíveis e poços cadastrados pelos órgãos oficiais localizados na região de João Pessoa. Esse mapa ajudou na seleção dos poços oficiais encontrados dentro do raio de 100 metros da área do posto de combustível e contribuiu no trabalho de campo para a identificação de outros poços próximos aos postos de combustíveis da cidade.

Figura: 01 - Distribuição dos poços e postos de combustíveis no município de João Pessoa PB



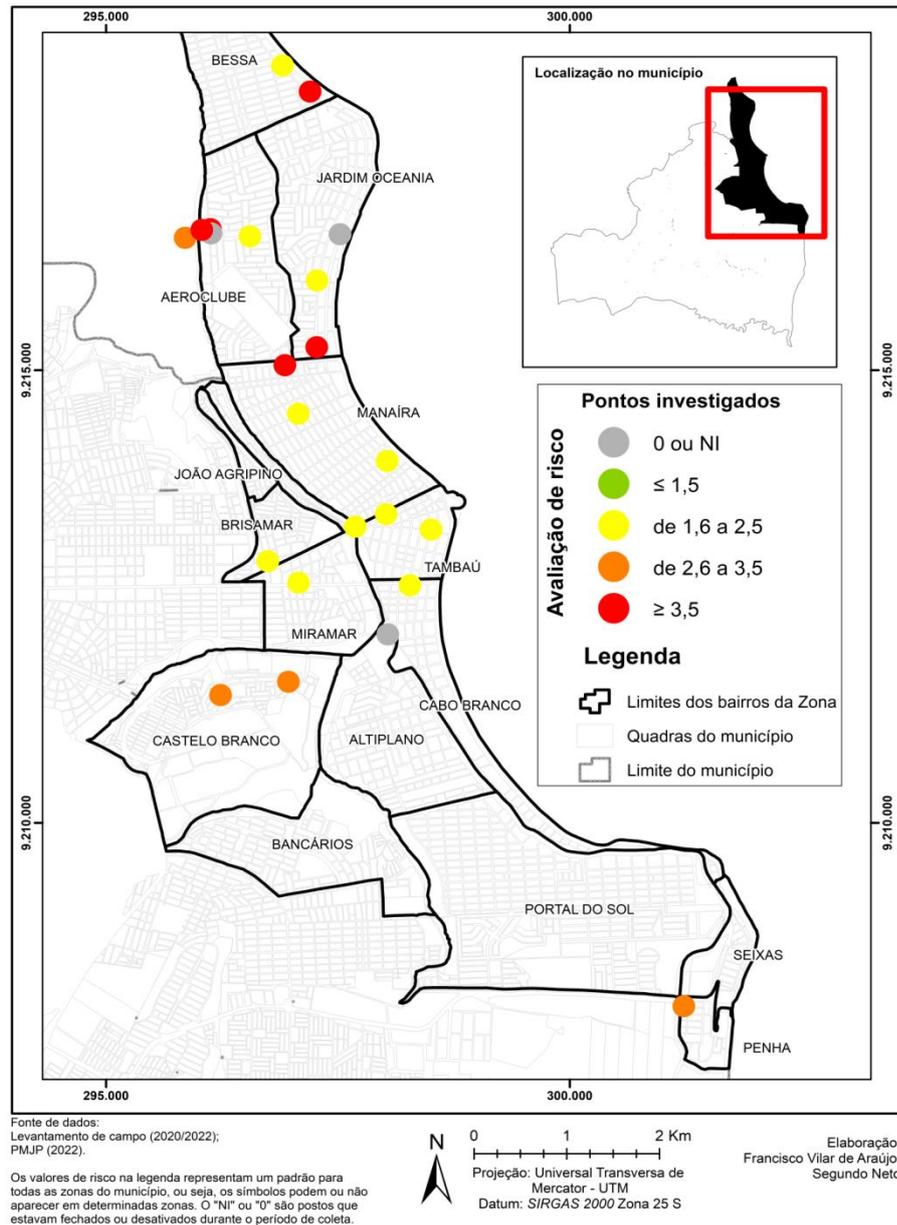
Na avaliação realizada na Zona Leste foram identificados 27 postos de combustíveis, sendo que cinco não existiam ou estavam fechados. Os bairros onde se concentram o maior número de postos de combustíveis são: Bessa, Jardim Oceania, Aeroclube, Manaíra, Tambaú, Tambauzinho, Cabo Branco, Ponta de seixas e Penha.

A investigação da zona Leste foi baseada no trabalho de Menezes (2016) que enfatiza essa região por ter um elevado índice de vulnerabilidade à contaminação devido às características geográficas: localização na planície marinha com nível de água dos aquíferos próximo da superfície e uma maior condutividade hidráulica do solo. Ainda é uma região com grande expansão imobiliária e com consequente consumo de água subterrânea.

Os resultados da avaliação de risco mostram 08 postos com notas $\geq 3,5$, indicando um cenário de maior risco à contaminação da água subterrânea nessas áreas.

Figura 02:

RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE RISCO - ZONA LESTE DE JOÃO PESSOA



Resultados Zona Sul

A inspeção de campo e a avaliação de risco na Zona Sul caracterizam-se por ser a área mais densamente povoada da cidade, com 38,5% da população e por possuir a maior concentração de postos de combustíveis (38 postos), distribuídos nos bairros de Água Fria, Bancários, Cidade Universitária, Mangabeira, José Américo, Valentina Figueiredo, Funcionários, Bairro Industrial, Castelo Branco, Ernesto Geisel, Paratibe e Muçumagro.

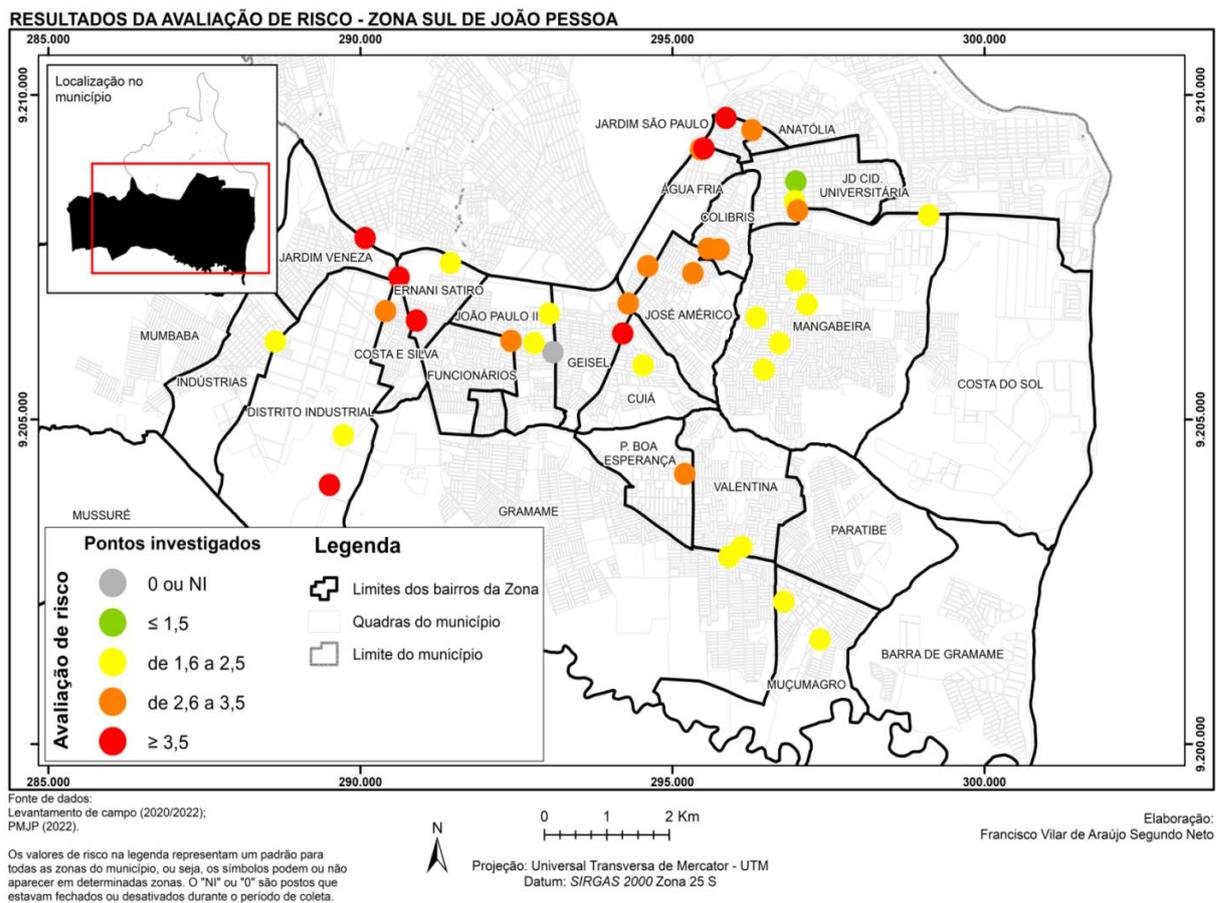
Na avaliação individual de cada posto foi identificada uma média de 07 pontos com notas $\geq 3,5$, indicando uma tendência para um cenário de risco de contaminação.

Nesta zona, 05 postos apresentavam problemas visíveis em algumas das estruturas de segurança: bomba de óleo com sinais de vazamento, canaleta de escoamento entupida, piso de

descarga não impermeabilizado e tampas de tanques de combustíveis fechadas com borrachas com sinais de vazamentos, itens importantes na prevenção de vazamentos de combustíveis e lubrificantes, sendo, portanto, indicadores de áreas potenciais de contaminação.

Na figura 03 estão identificados todos os pontos investigados na avaliação de risco e suas respectivas escalas de notas. Os pontos em vermelho com notas $\geq 3,5$ indicam as áreas mais favoráveis para o risco de contaminação. Esse cenário mostra a necessidade de um monitoramento, com a realização de ensaios da água subterrânea para confirmar ou não a presença de hidrocarbonetos.

Figura 03:

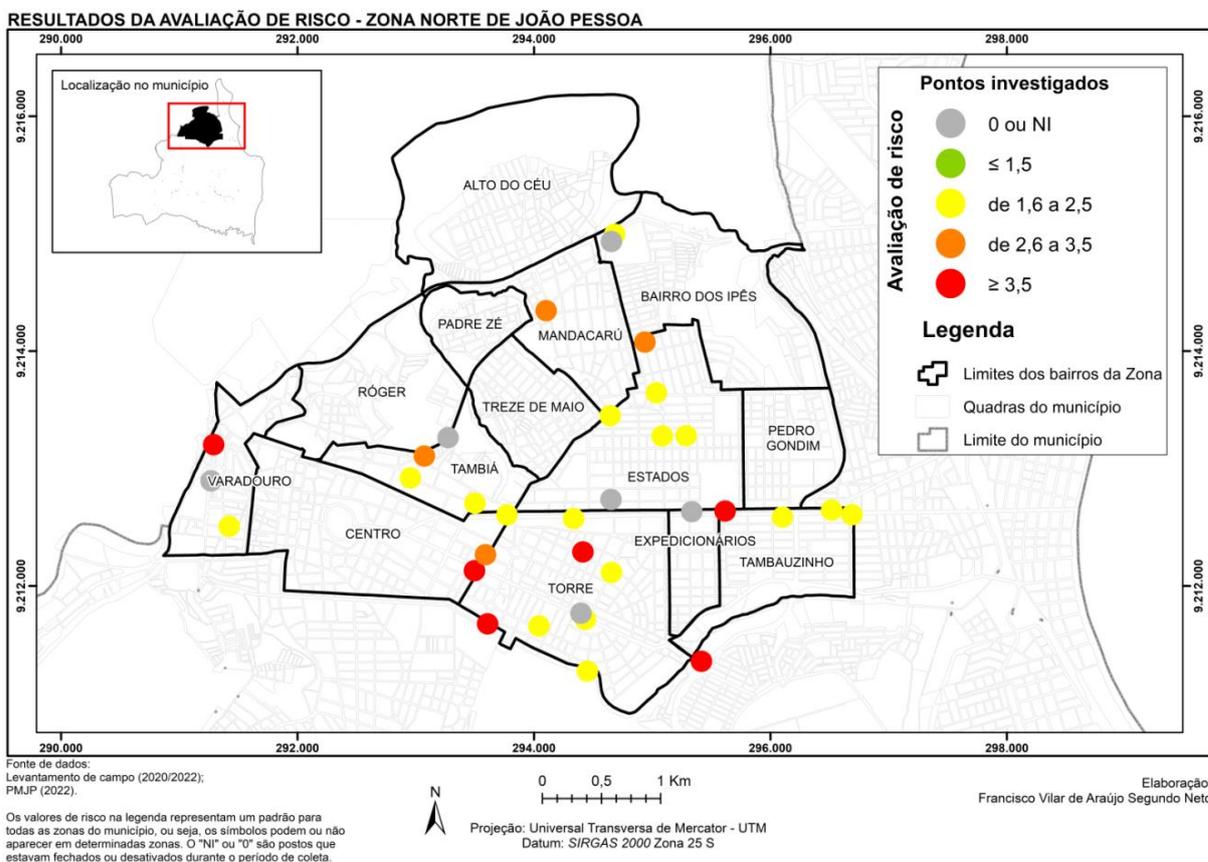


Resultados Zona Norte

A inspeção de campo na Zona Norte apresentou 32 postos distribuídos em 14 bairros, porém 08 se encontravam fechados. Os habitantes dessa região representam 17,8% da população de João Pessoa e estão distribuídos nos bairros de Tambiá, Treze de Maio, Torre, Varadouro, Centro, Bairro dos Estados, Expedicionários, Bairro dos Ipês, Mandacaru, Padre Zé, Pedro Gondim e Roger.

A média geral da avaliação de risco desta região foi de 2,52, porém 08 postos apresentaram notas $\geq 3,5$, indicando um cenário de risco à contaminação, identificados na figura 04.

Figura 04:

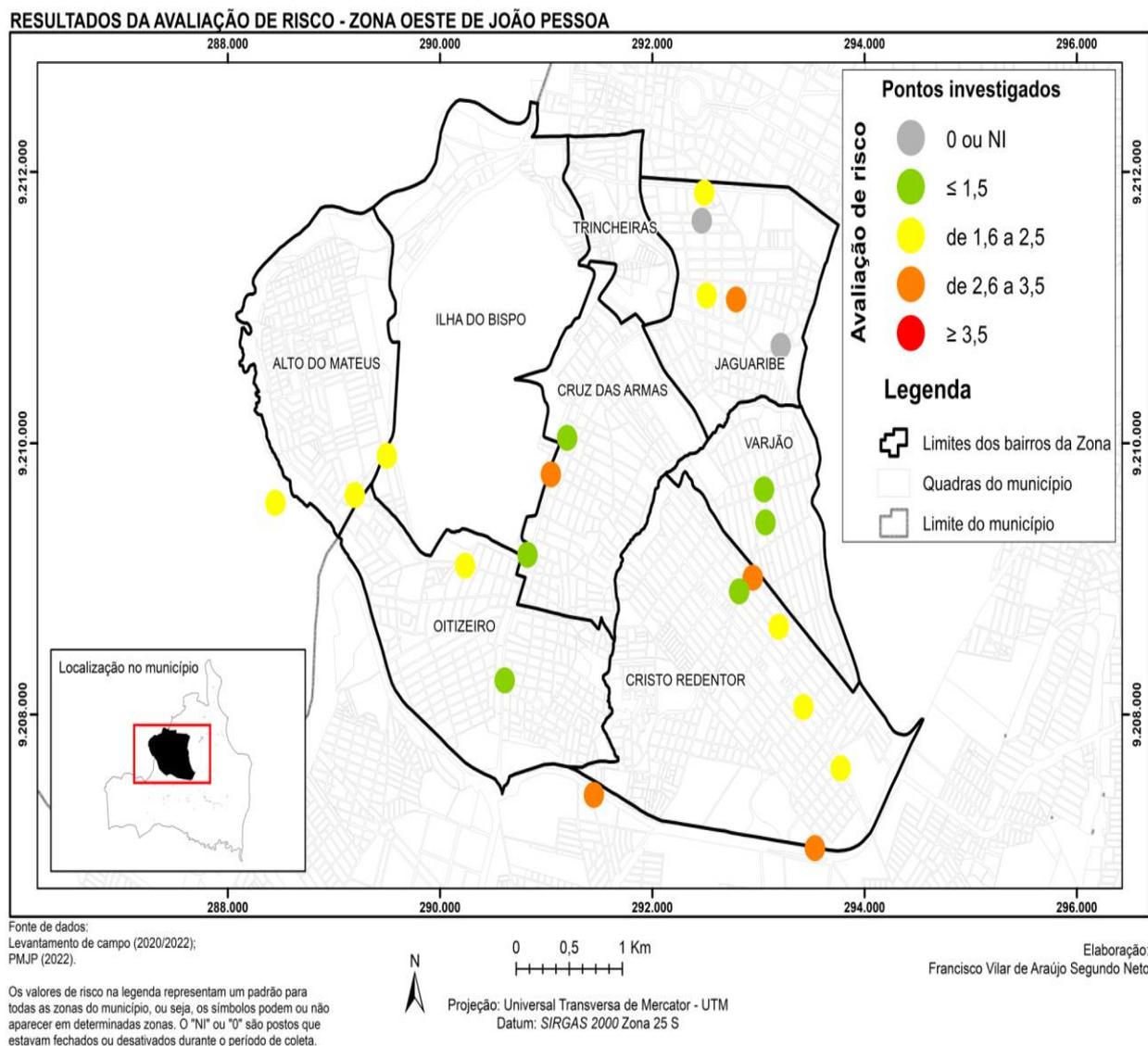


Resultados Zona Oeste

As médias da investigação na Zona Oeste podem ser visualizadas na figura 05. Essa área abrange 26 postos de combustíveis, distribuídos em 08 bairros: Alto do Mateus, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Ilha do Bispo, Jaguaribe, Oitizeiro, Trincheiras e Varjão, representando 26,7% da população.

Essa área foi considerada a mais difícil para a obtenção de informações sobre a presença de poços de monitoramento e outros poços na área do posto de combustível. A ausência desses dados reflete no resultado da avaliação de risco, porém essa dificuldade em fornecer informações por parte de alguns estabelecimentos pode refletir problemas na gestão do posto de combustível e, como esses problemas podem interferir na qualidade socioambiental, esses devem ser investigados pelas autoridades competentes.

Figura 05:



As médias dos resultados da avaliação de risco de cada zona da cidade de João Pessoa foram de 2,82 na Zona Leste, 2,52 na Zona Norte, 2,55 na Zona Sul e 1,81 Zona Oeste, ou seja, uma média abaixo do cenário de risco de contaminação que seria maior do que 3,5. Porém, é necessário entender que esse resultado é referente a informações coletadas no período entre 2021 e 2022.

Como o cenário que representa a atividade de revenda de combustível é dinâmico e vulnerável, torna-se necessário um contínuo acompanhamento das variáveis apresentadas a fim de evitar possíveis riscos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizar um diagnóstico ambiental consiste numa tarefa complexa e detalhada. Neste sentido, a compreensão, no inconsciente coletivo, do ambiente ecologicamente equilibrado e suas relações com a qualidade da vida ainda é um tema não internalizado para a maioria das pessoas.

A ideia sobre o tripé da sustentabilidade, discutida e disseminada no mundo acadêmico, acaba não refletindo sobre todas as camadas da população. Desta forma, temas fundamentais para saúde, como o tratamento preventivo, acabam de fato se apresentando como temas secundários, camuflados e não provocados como deveriam ser debatidos nas diversas esferas da sociedade. Muitas vezes prevalece o imediato, em que as variáveis econômicas se sobrepõem às questões socioambientais, reforçando mais uma vez a ideia de uma sociedade de risco.

Os resultados da avaliação de risco da água subterrânea na cidade de João Pessoa reforçam a necessidade de uma abordagem mais ampla e urgente no processo de investigação, cumprimento das leis ambientais e para o caminho de um diálogo entre todos os setores envolvidos em prol da resolução das questões ambientais, realidade também de outras cidades que não realizaram uma avaliação de risco das águas subterrâneas.

Um trabalho de investigação periódico em regiões estratégicas, associado ao trabalho de educação ambiental e à aplicação da legislação facilitará os novos estudos sobre monitoramento e gestão da água subterrânea na cidade de João Pessoa. Através de trabalhos como este, a academia tem participado na geração de estudos e dados que promovem a ampliação do conhecimento com o objetivo do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 13786:** Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis - Seleção dos componentes do combustível (SASC) e sistema de armazenamento subterrâneo de óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC). Rio de Janeiro: ABNT, 2019. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?Q=08E5DA3D6AF50F49CA01C1F90723A655DCA63BAAF715B9E86EADE7817C845DF3>. Acesso em 05/06/2020.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepop/a/6LBPFTkP3J5BGsdGLmQRsBg/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22/03/2021.

ALBINET, M; MARGAT, J. Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des napes d'eau souterraine. **Bull BRGM 2me Series**. Paris, v 3, n 4, pg 13-22, 1970.

AMARAL, I. C. C. et al. Avaliação ambiental de BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) e biomarcadores de genotoxicidade em trabalhadores de postos de combustíveis. **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, [s.l.], vol.42, 2017, [s.p.], Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbso/v42s1/2317-6369-rbso-42-e8s.pdf>. Acesso em 03/04/2018.

AQUINO, A. R. et al. **Vulnerabilidade ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.

BECHARA, Erika. Princípio do poluidor pagador. **Enciclopédia jurídica da PUC-SP**. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/334/edicao-1/principio-do-poluidor-pagador>. Acesso em 28/10/2020.

BECK, Ulrich. **Sociedade de Risco**. Rumo a uma outra modernidade. 2ªEd. São Paulo: Editora 34, 2012.

BLACKMAN, William C., Jr. **Basic Hazardous Waste Management**. 2 ed. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers, 1996.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC)**. Disponível em: <http://ibama.gov.br/residuos/areas-contaminadas/banco-de-dados-nacional-sobre-areas-contaminadas-bdnac>. 2020. Acesso em 18/08/2020.

BRASIL. Agência Nacional das Águas (ANA). **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprtew/2/2-ANA.Swf>. Acesso em: 09/06/2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/pesquisa/38/0?ano=2010-2018>. Acesso em 08/06/2021.

BRASIL. **Lei 7.347**, de 24 de julho 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e a qualquer outro interesse difuso ou coletivo e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17347orig.htm. Acesso em 19/10/2020.

BRASIL. **Lei 10.165**, de 27 de dezembro 2000. Altera a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formação e aplicação, e dá outras providências. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/110165.htm. Acesso em 06/09/2021.

BÜHRING, M. A. Alguns aspectos do princípio da precaução no âmbito internacional e interno e as suas (re)definições na incerteza e no risco. **Revista de Direito Ambiental e Socioambientalismo**. ISSN: 2525-9628. Encontro Virtual, v. 6, n. 2, p. 53 - 74, Jul/Dez. 2020.

CAMPBELL, Colin. **A ética romântica e o espírito do consumismo moderno**. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

COLE, G. Mattney. **Assesment and Remediation of Petroleum Contaminated Sites**. Boca Raton, FL, USA: Lewis Publishers, 1994.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 273**, 29 de novembro, 2000. Estabelece critérios para instalação e conservação de tanques de combustível. Brasília-DF: CONAMA, 2000. Diário Oficial da União de 08/11/2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 420**, 30 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. Brasília-DF: CONAMA, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em 10/09/2015.

DUARTE, R. H. **O mundo em um jardim**. Memórias que viram histórias. São Paulo: Folha de São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ilustrissima/il2003201109.htm>. Acesso em 12/05/2020.

FERREIRA, R. M.; LOFRANO, F. C.; MORITA, D. M. Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s.l.], v.25, n.1, p.115-125, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522020168968>.

FERNANDES, L. O., NUMES, J. A., PORTO, M. F. S., Contaminação química: respostas das instituições responsáveis e ações das populações atingidas no Brasil e em Portugal. **Saúde e Sociedade**.

FERREIRA L. S. Elementos para uma sociologia do consumo: O automóvel como símbolo de distinção social. **Teoria e Cultura** Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais - UFJF, v. 11 n. 1 p. 127-137 jan/junh., 2016 ISSN 2318-101x (on-line) ISSN 1809-5968.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental brasileiro**. 19ª edição. São Paulo. Saraiva, 2019.

FINOTTI, A. R., CAICEDO, N. O. L., RODRIGUEZ, M. T. R., Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados de Petróleo: Toxicidade e a Legislação Brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)** v. 6, n.2, p. 29-46, Abr/Jun 2001.

FIGUEIREDO, M.C.B. (org.) Análise da vulnerabilidade ambiental. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/877885>. Acesso em: 31/08/2021.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). Departamento de Meio Ambiente. **Informações básicas sobre áreas contaminadas**. São Paulo: FIESP, 2011. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo>. Acesso em: 22/04/2022.

FOGAÇA, P. H. D. C. **Contaminação do lençol freático por hidrocarbonetos na região de**

Avaré - SP. Bauru-SP: Universidade Estadual Paulista, 2015.

FOSTER et al. **Determinación Del riesgo de contaminación de aguas subterráneas:** una metodología basada en dados existentes. Biblioteca Virtual em Saúde, CEPIS/OPS. 1988. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-86305>. Acesso em 23/02/2022.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO - FUNDAJ. **Águas Subterráneas:** O que é e qual a importância. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/revitalizacao-de-bacias/aguas-subterraneas-o-que-e-e-qual-a-importancia>. 2020. Acesso em 19/06/2022.

LEITE, B.J.M.S. et al. - Mapeamento de regiões de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos provenientes de postos de revenda de combustíveis em João Pessoa - Paraíba. **Revista Águas Subterráneas.** Associação Brasileira de Águas Subterráneas - ABAS. Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, v. 35, n. 1, [s.p.], 2021.

LIMONCIC, Flávio. **A civilização do automóvel:** a instalação da indústria automobilística no Brasil e a via brasileira para uma improvável modernidade fordista - 1956-1961. 1997. Tese (Doutorado em Sociologia) Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

LORENZETT, D.B.; ROSSATO, M.V.; NEUHAUS, M. Medidas de gestão ambiental adotadas em um posto de abastecimento de combustíveis. **Revista Gestão Industrial,** Ponta Grossa, PR v. 7, n. 3. p. 01-21., 2011.

LOUREIRO, C. de O.; OLIVEIRA, L. I.; RODRIGUES, O. de O. A.; COSTA, W. D. Postos distribuidores de combustíveis e o problema ambiental em Belo Horizonte, MG. **Águas Subterráneas,** [S. l.], n. 1, 2002. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22452>. Acesso em: 22 jan. 2023.

MACHADO, P A. L., **Direito Ambiental Brasileiro.** 23ª ed. São Paulo: Malheiros, 2015.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Utilização do método FMEA na identificação e análise dos impactos ambientais causados pelos postos de combustíveis: Um estudo de caso. **Revista de Administração da UFSM,** Santa Maria, v.7, n.4, p.570-589, Dez. 2014.

MENEZES L. F. et al. Elaboração de mapa de vulnerabilidade dos aquíferos superiores no município de João Pessoa - PB, através de técnicas de geoprocessamento. **Revista Tecnologia,** Fortaleza, v.30, n.1, p. 123-132, jun. 2016.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 3ª Ed. Petrópolis: Vozes, 2010.

PEIXOTO, F. S.; RODRIGUES, J. P. B.; ALBUQUERQUE, P. I. M. Gestão integrada dos recursos hídricos e a problemática das inundações urbanas. **Geografia,** Londrina, v. 28, n. 1. p. 187 - 206, 2019.

PEIXOTO, F. da S.; CAVALCANTE, I. N. Vulnerabilidade aquífera e risco de contaminação da água subterrânea em meio urbano. *Geologia USP. Série Científica*, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 29-40, 2019.

RIYIS, M. T.; RIYIS, M. T. Considerações sobre a Norma Brasileira 15.495-1: poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - parte 1: projeto e construção. *Águas Subterrâneas*, 2011. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28105>. Acesso em: 1 set. 2021.

SACHS, Ignacy. **Rumo à ecossocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento**. São Paulo: Cortez, 2007.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.

SANTOS, R. F. (org.) **Vulnerabilidade Ambiental desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Investigação para remediação**. São Paulo, 2013. Disponível em: http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/Capitulo_X.pdf. Acesso em 12/04/2016.

SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. 10/2001. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/0010.pdf. Acesso em 21/07/2017.

SPOSATI, A. et al. **Topografia social da cidade de João Pessoa**. João Pessoa PB: Editora Universitária da UFPB, 2010. 172p. Disponível em: http://www.cchla.ufpb.br/nepps/wp-content/uploads/2017/05/TOPOGRAFIA_SOCIAL-JP.pdf. Acesso em 23/03/2020.

TRATABRASIL. **Águas Subterrâneas**. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/agua/>. 2019. Acesso em 20/03/2022.

USA. United States Environmental Protection Agency (USEPA). **Semiannual Report Of UST Performance Measures Mid Fiscal Year 2021** (October 1, 2020 - March 31, 2021). Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-05/documents/ca-21-12.pdf>. Acesso em: 13/10/2021.

VALENTINO, C. H., CARNIETO, F., SOUZA, A. D. G. Susceptibilidade de poluição do solo e da água relacionados aos postos de combustíveis em área urbana. **Caderno de geografia (PUCMG)**. DOI. 10.5752. p.2318-2962. [s.l.], v28, n55, 2018. p936 936.

VEBLEN, Thorstein. **A teoria da classe ociosa**: um estudo econômico das instituições. São Paulo: Ática, 1974.

VEIGA, José Eli da. **Desenvolvimento sustentável**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

VIANINI F M N O estabelecimento das plantas montadoras de veículos no Brasil e na China: o GEIA e os Planos Quinquenais. Temporalidades **Revista de História**, ISSN 1984-6150, Edição 21, [s.l.],v. 8, n. 2 , maio/agosto 2016.

WATTS, R.J.; HALLER, D.R.; JONES, A.P. & TEEL, A.L. A foundation for the risk-based treatment of gasoline contaminated soils using modified Fenton's reactions. **J. Hazard. Mater.** v.76, n.1, p. 73-89, ago/ 2000.

Submetido em: janeiro de 2023

Aprovado em: abril de 2023