

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra

2

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

 **Atena**
Editora
Ano 2022

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra

2

Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Geociências: a história da terra 2

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: a história da terra 2 / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0017-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.172223003>

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: a história da Terra 2”, que apresenta uma série de seis artigos com diferentes abordagens e metodologias que dão prosseguimento as discussões do livro anterior.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes metodologias, desde análises de qualidade de água, passando pela importância de fontes de energias renováveis, além do planejamento ambiental e suas diferentes aplicações para o meio ambiente.






Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no Brasil e no exterior, além das experiências voltadas a consolidação do ensino de geociências a nível nacional, como é abordado ao longo do livro.

Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos em diferentes escalas e com a qualidade a nível Brasil, mesmo com os percalços e desafios da pesquisa cotidiana.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir o novo volume para essa coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DETERIORATION OF WATER QUALITY IN THE NHARTANDA VALLEY AQUIFER, CITY OF TETE – MOZAMBIQUE	
Ameno Délcio João Paulino Bande Isabel Margarida Horta Ribeiro Antunes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230031	
CAPÍTULO 2	12
ESTIMACIÓN DE LA PLATAFORMA ENERGÉTICA SOLAR DISPONIBLE EN LA REGIÓN DE LOS LLANOS DE VENEZUELA	
Uxmal Amezquita Julio Alvares Yesika Hurtado Carlos Ulloa María Varela	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230032	
CAPÍTULO 3	23
MAPEAMENTO DE REGIÕES DE SUSCEPTIBILIDADE DE CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS PROVENIENTES DE POSTOS DE REVENDA DE COMBUSTÍVEIS EM JOÃO PESSOA - PARAÍBA	
Bruno José de Macedo Silva Leite Aline Flávia Nunes Remígio Antunes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230033	
CAPÍTULO 4	39
PAISAGEM E PLANEJAMENTO DA ORLA URBANA DE SALINÓPOLIS - PA	
Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior Adriane Karina Amin de Azevedo	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230034	
CAPÍTULO 5	51
TEORIA DE AMOSTRAGEM DE PIERRE GY APLICADA À ÁGUAS MINERAIS ENVASADAS	
Thays de Souza João Luiz Vlândia Cristina Gonçalves Souza Andson Pereira Ferreira Gustavo Leandro Tomazi	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230035	
CAPÍTULO 6	61
USO DA VARIÂNCIA DE EXTENSÃO NO MONITORAMENTO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS EM ÁGUAS MINERAIS ENVASADAS	
Thays de Souza João Luiz	

Vlândia Cristina Gonçalves Souza

Andson Pereira Ferreira

Gustavo Leandro Tomazi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1722230036>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	73
ÍNDICE REMISSIVO	74

MAPEAMENTO DE REGIÕES DE SUSCEPTIBILIDADE DE CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS PROVENIENTES DE POSTOS DE REVENDA DE COMBUSTÍVEIS EM JOÃO PESSOA - PARAÍBA

Data de aceite: 01/02/2022

Data de submissão: 18/02/2022

Bruno José de Macedo Silva Leite

Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/7973614376206391>

Aline Flávia Nunes Remígio Antunes

Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa – Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5165041028391825>

RESUMO: É evidente que os postos de combustível apresentam riscos de possível contaminação da água e do solo. Sendo assim, é de interesse público, o mapeamento e estudo desses estabelecimentos para garantir a prevenção contra a contaminação, principalmente, de poços de abastecimento e mananciais. Ademais, a legislação municipal, os critérios e as exigências para obtenção de licenças ambientais, devem estar em consonância com as características físicas locais. Nesta visão, o presente trabalho teve como objetivo estudar a susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos provenientes de postos de combustível no município de João Pessoa e assim gerar mapas de susceptibilidade elencando as áreas de maior potencial de contaminação e proximidade de postos de combustível de áreas limítrofes de rios. Através, de cruzamento de dados espaciais e bibliográficos de pedologia, hidrogeologia

e declividade. Além, de analisar esses pontos com base na legislação vigente. A partir desses resultados, foi possível, de maneira geral, observar e inferir que a maioria dos postos não respeita a distância mínima entre as unidades descritas pela legislação e que a susceptibilidade de João Pessoa varia, em sua maioria territorial, entre alta e crítica. Portanto, o geoprocessamento apresentou-se como uma ferramenta muito eficiente no tratamento desses dados, enaltecendo sua grande contribuição na área de estudos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Posto de revenda de combustível. Susceptibilidade de contaminação. LNAPL.

MAPPING OF REGIONS SUSCEPTIBLE TO CONTAMINATION BY HYDROCARBONS FROM GAS RESALE STATIONS IN JOÃO PESSOA – PARAÍBA

ABSTRACT: It is evident that the gas stations present risks of possible contamination of water and soil, being therefore of public interest the mapping and study of these establishments to guarantee the prevention against contamination of supply wells and reservoirs, mainly. In addition, the municipal legislation, the criteria and requirements for obtaining environmental licenses must be in line with the local physical characteristics. In this view, the present work aimed to study the susceptibility of contamination by hydrocarbons from gas stations in the city of João Pessoa and thus generate susceptibility maps listing the areas of greatest potential for contamination and proximity to gas stations in

areas bordering on rivers, by crossing spatial and bibliographic data on pedology, hydrogeology and slope. In addition to analyzing these points based on current legislation. From these results, it was possible, in general, to observe that most posts do not respect the minimum distance between the units described by the legislation and that João Pessoa's susceptibility varies, mostly territorial, between high and critical. Therefore, geoprocessing was presented as a very efficient tool in the treatment of these data, highlighting its great contribution in the area of environmental studies and monitoring.

KEYWORDS: Gas resale station. Susceptibility to the contamination. LNAPL.

1 | INTRODUÇÃO

A proteção dos recursos naturais de fontes de contaminação proveniente das atividades antrópicas, tem enfrentado diversos desafios com relação à remoção de certos produtos, que são dispostos de maneira irregular no ambiente e que, devido à complexidade do seu comportamento, complexação da sua estrutura e intensidade, podem mudar as características do meio em que incide.

Um dos meios mais afetados é o solo, o qual é bastante susceptível e sofre graves alterações devido ao contato, muitas vezes, direto com os contaminantes. Ademais, o solo serve como caminho para que esses contaminantes atinjam e degradem outros recursos, em especial, as águas subterrâneas que são muito vulneráveis e cuja descontaminação é muito complexa e onerosa.

Nos centros urbanos, o vazamento de Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustível (SASC), presentes nos postos de revenda de combustível, tem sido de grande preocupação quanto aos hidrocarbonetos apresentarem risco associados à saúde humana e ao meio ambiente, uma vez que contaminam poços de abastecimento público, mananciais e solos, além da ameaça de incêndio e explosão (Valentino; Carnieto; Souza 2018).

Estes contaminantes, apresentam solubilidade muito baixa em água e são denominados contaminantes orgânicos imiscíveis em água (NAPL – Non-Aqueous Phase Liquids), os quais são subdivididos em mais densos do que a água (DNAPL – Dense Non-Aqueous Phase Liquids) e menos densos (leves) do que a água (LNAPL –Light Non-Aqueous Phase Liquids). Dentro desta classificação, os contaminantes mais frequentes nas áreas de atividade de revenda de combustíveis são os hidrocarbonetos, juntamente com os solventes aromáticos, combustíveis líquidos e metais, os quais compõe os LNAPL (Rocha et al., 2016).

Os LNAPL, por definição, já expressam sua imiscibilidade em água, no entanto, dentro deste grupo, a gasolina e o óleo diesel apresentam em sua composição os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) que são os constituintes com maior solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes com maior potencial de poluir o lençol freático nas cidades (Marques; Guerra, 2008).

De acordo com Capalonga (2019), a avaliação de contaminação dos aquíferos é uma ferramenta que auxilia na alocação e gestão de novos empreendimentos, que, no caso, deve ser aplicada para a instalação dos postos de revenda de combustível.

Iritani et al. (2017), complementa que o mapeamento do perigo de contaminação dos aquíferos contribui para a caracterização do uso e ocupação do solo, além de indicar áreas mais propícias para as atividades antrópicas e perfuração de poços.

Com isso, trabalhos como os de Entezari, Yamani e Aghdam (2016) que aplicaram o método COP para mapeamento em SIG de vulnerabilidade do aquífero Khorein (Irã); Jakada et al. (2018) que aplicaram o método EPIK (Epikarst, Protective cover, Infiltration condition, Karst network) para gerar o mapa de vulnerabilidade intrínseca (IVM) no aquífero no condado de Condado de Xingshan (China); Lisboa, Mendes e Bello (2016) que utilizaram o método GOD para mapear a vulnerabilidade intrínseca e desenvolveram e aplicaram um modelo multi-criterial fuzzy-AHP para gerar o grau de periculosidade e Li et al. (2018) que utilizaram o método AHP para mapear a vulnerabilidade em um aquífero em Suzhou City (China) à poluentes orgânicos e modelos de mapeamento de vulnerabilidade do aquífero como o DRASTIC desenvolvido por Aller et al. (1987) que utiliza seis parâmetros hidrogeológicos ponderados em uma equação que retorna um índice global adimensional podendo ser usado para comparar a vulnerabilidade de diferentes regiões, além de muitos outros, contribuem para um levantamento informativo das características dos aquíferos e assim gerir de maneira sustentável o crescimento urbano e o uso dos corpos hídricos subterrâneos.

Voltando o olhar, para o município de João Pessoa, localizado no litoral do estado da Paraíba, a frota veicular apresenta em sua malha urbana cerca de 115 postos de revenda de combustível, sendo 6 estando em inatividade (Remígio & Fonseca, 2018), além de um crescimento anual da frota veicular de 4,51% totalizando, no ano de 2019, 406.905 veículos (DETRAN, 2020) o que expressa um fomento ao crescimento do comércio de revenda de combustíveis.

Devido a isto, torna-se de grande preocupação a disposição desses estabelecimentos, visto que as características hidrogeológicas, pedológicas e de declividade do município de João Pessoa, podem contribuir para a percolação de LNAPL provenientes dos postos de revenda de combustível.

Por fim, os softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs's) podem ser de grande ajuda para identificar e correlacionar informações a respeito da hidrogeologia, pedologia e declividade da cidade de João Pessoa em face à disposição dos postos de revenda de combustível e, assim, o objetivo desse trabalho busca utilizar software SIG no estudo de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos provenientes de postos de revenda de combustível no município de João Pessoa e, assim, gerar mapas de susceptibilidade elencando, as áreas de maior potencial de contaminação e proximidade de postos de revenda de combustível de áreas limítrofes de rios.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

O município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, localiza-se no litoral do Estado e está inserido na Bacia Hidrográfica do Paraíba.

João Pessoa, está alocada no setor geomorfológico oriental úmido e subúmido que apresenta planícies flúvio-marinhas, com tabuleiros costeiros com formatos tabulares e terrenos planos constituídos por sedimentos recentes que, por ação dos rios e do mar durante o Quaternário, deram origem às praias (AESAs, 2006).

Além disso, apresenta vestígios do bioma mata atlântica concentrado principalmente no Jardim Botânico Benjamin Maranhão (também comumente conhecido como Mata do Buraquinho) e uma ampla rede hidrográfica dentro do limite municipal.

2.1 Setorização

Para uma melhor visualização dos locais de susceptibilidade de contaminação por LNAPL, o município de João Pessoa foi dividido em oito setores em formato poligonal, com distância máxima entre os vértices de oito quilômetros, de forma a abranger o máximo da malha urbana e dos postos de revenda de combustível levantados.

Esta divisão, proporciona uma melhor interpretação e revelação das características individuais da área de estudo, como mostrada na Figura 1.

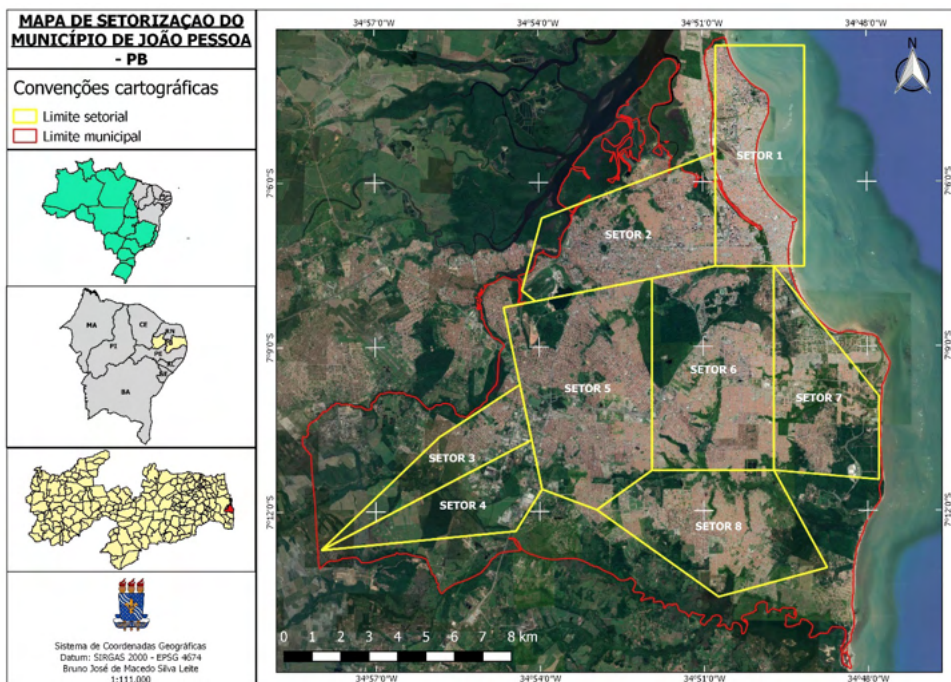


Figura 1. Setorização proposta da cidade de João Pessoa.

Fonte: Autor, 2021.

2.2 Banco de dados

Devido às limitações de equipamentos, é importante salientar que a aquisição de dados foi feita de forma secundária, consultando bancos de dados de órgãos federais e municipais que apresentassem informações espaciais a respeito do município de João Pessoa onde extraiu-se arquivos do tipo shapefile e raster para a composição dos mapas de suscetibilidade de contaminação por LNAPL.

A declividade, foi gerada através do modelo digital de elevação do satélite Alos Palsar com 12,5 metros de resolução e classificada com base na EMBRAPA, 1979.

A pedologia, foi obtida a partir de arquivo shapefile do IBGE do mapa de solos Folha SB.25 – Natal e analisada junto as informações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) da EMBRAPA de 2018.

Os dados hidrogeológicos, obtidos no repositório virtual do IBGE, aliados com a ajuda do Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (AESAs, 2006) e com shapefile de poços obtidos pelo repositório SIAGAS do CPRM, ajudaram a obter uma noção geral das condições e composições dos sistemas hidrogeológicos principais dos quais servirão para interpretar a susceptibilidade à contaminação.

Com isso utilizou-se o software QGIS versão 2.18.12, para cruzamento e manipulação dos dados espaciais utilizando o datum SIRGAS 2000.

Vale ressaltar que devido às diferenças entre as escalas de mapeamento dos shapefiles, pode haver problemas relacionados à incompatibilidade das mesmas, fazendo com que os resultados sejam gerais para a região. Porém, podem servir de orientação para levantamento de dados primários e aplicação de métodos de mapeamento de vulnerabilidade intrínseca mais precisos além de indicações de norteamento de possíveis áreas de estudo e construção para postos de revenda de combustível.

2.3 Análise de dados

As classes de suscetibilidade de contaminação por LNAPL foram divididas em seis, denominadas: Crítica, Muito alta, Alta, Média, Baixa e Muito baixa.

Por falta de dados para aplicação de modelos mais concretos para a análise de suscetibilidade de contaminação por LNAPL, foram enquadrados os dados de declividade, pedologia e hidrogeologia nas classes, através de análise interpretativa das referências bibliográficas consultadas e na ocorrência com base nos mapas e arquivos shapefile e raster.

Procurou-se, depreender informações dentro das fontes pesquisadas como: Características do solo como textura, composição e classificação pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (EMBRAPA, 2018) para depreender de maneira indireta e qualitativa a porosidade, a permeabilidade (condutividade hidráulica) e a matéria orgânica de forma a concluir se será favorável ou não para a remobilização da fase residual,

percolação e deslocamento dos LNAPL. Características hidrogeológicas, como tipo de aquífero que ocorre na região (livre ou confinado) e litologia, foram obtidas com o objetivo de presumir a exposição dos aquíferos a possível contaminação e facilidade ou dificuldade dos LNAPL adentrar pelo substrato litológico. Por fim, a declividade, extraída do Modelo Digital de Elevação – MDE e em seguida reclassificada com base descrita pela EMBRAPA (1979), que servirá para análise da tendência de percolação ou de escoamento superficial por parte dos LNAPL (Schmidt, 2011 apud Valentino, Carnieto & Souza 2018).

Por fim, aplicou-se a Lei do município de João Pessoa nº 11.600/2009, artigo 5º, inciso V, inserindo os 1.500 m de distância que cada posto de revenda de combustível deve ter em relação aos demais e a Lei federal nº 12.651/2012, artigo 4º, inciso I, para delimitação da faixa marginal dos cursos d'água para, assim, gerar os mapas de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos provenientes dos postos de revenda de combustível.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A setorização do município de João Pessoa mostrou-se adequada, pois conseguiu abranger a maioria da malha urbana e todos os 115 postos de revenda de combustível levantados junto com 241 poços de abastecimento, segundo a consulta à plataforma SIAGAS do CPRM.

Vale salientar, que a hidrogeologia se mostrou como fator mais relevante em relação a característica dos aquíferos serem medianamente susceptíveis pela sua litologia, conforme apontou as referências bibliográficas consultadas.

A análise interpretativa, dos dados secundários e a geração dos mapas, demonstrou que o município de João Pessoa apresenta grandes áreas de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos que variam da alta até crítica principalmente nas áreas próximas à faixa litorânea que apresentam classificação de susceptibilidade de alta a crítica, pois são regiões onde a declividade é muito baixa, com solos arenosos e com um sistema de aquífero freático. Ademais, os setores no interior da cidade apresentam, também, baixa declividade e solos do tipo latossolos amarelo distróficos que tem por característica, a ocorrência de materiais argilosos e argilo-arenosos que pode causar uma retenção dos LNAPL a primeiro momento, mas são coesos com boa retenção de umidade e boa permeabilidade facilitando uma mobilização ou remobilização do contaminante, e, como mencionado, a notória rede hidrográfica intermunicipal, presença de aquíferos aluviais que confere, juntamente, considerável susceptibilidade aos corpos hídricos superficiais.

Como resultado do levantamento dos dados, gerou-se uma tabela de ocorrência das características físicas nos setores que serviu para a classificação das regiões de susceptibilidade referente a combinação e análise bibliográfica de declividade, pedologia e hidrogeologia observadas em cada setor, as quais são mostradas na Tabela 1:

Declividade	Classificação	Setor identificado
0-3%	Plano	(Setor 1) (Setor 2) (Setor 3) (Setor 4) (Setor 5) (Setor 6) (Setor 7) (Setor 8)
3-8%	Suave ondulado	
8-13%	Moderadamente ondulado	
13-20%	Ondulado	
20-45%	Fortemente ondulado	
>45%	Montanhoso e escarpado	

Pedologia	Setor identificado
Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos com Latossolos Amarelos Distróficos e Espodosolos Humilúvicos Hidromórficos	(Setor 1) (Setor 2)
Gleissolos Melânicos Ta Eutróficos	(Setor 3) (Setor 4)
Argissolos Acizentados Distróficos	(Setor 3) (Setor 4)
Argissolos Amarelo Distróficos	(Setor 3) (Setor 4) (Setor 5) (Setor 6) (Setor 7) (Setor 8)

Hidrogeologia	Setor identificado
Sistema Paraíba - Pernambuco Sub-sistema livre	(Setor 3) (Setor 4) (Setor 5) (Setor 6) (Setor 7) (Setor 8)
Sistema Paraíba - Pernambuco Sub-sistema confinado	(Setor 3) (Setor 4)
Sistema Aquífero Aluvial	(Setor 1) (Setor 2) (Setor 3) (Setor 4) (Setor 5) (Setor 6) (Setor 7) (Setor 8)

Tabela 1 Ocorrência das classes de declividade, pedologia e hidrogeologia nos setores.

Fonte: Autor, 2021.

Nessa visão, é possível inferir, através da análise interpretativa dos dados, que o setor 1 e 2 apresentaram, regiões com susceptibilidade a contaminação crítica e os setores de 3 a 8 apresentaram dominância de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos de moderada a alta devido, principalmente, a presença de aquífero aluvial e Sistema Paraíba - Pernambuco sub-sistema livre.

Em um panorama geral, as características pedológicas podem causar um retardamento dos LNAPL proveniente da presença de argilas e matéria orgânica, para as classes de solos observadas, mas a existência de matérias arenosos e permeabilidade podem mudar isso. Ademais, as feições hidrogeológicas porosas, livres e próximas aos rios conferem um cenário de atenção e cuidado.

Com relação a aplicação da Lei do município de João Pessoa nº 11.600/2009 artigo 5º inciso V, todos postos de revenda de combustível dos setores 1, 2, 5, 6, 7 e 8 não respeitam a distância de 1.500 m preconizada pela lei.

Ademais, o setor 3 apresentou 1 poço de abastecimento longe da área de influência do posto de revenda de combustível, o setor 4 apresentou 4 poços, o setor 7 apresentou 7

poços e o setor 8 apenas 1. Isso mostra, que devesse ter uma maior atenção com relação à segurança dos corpos hídricos subterrâneos que residem nesses setores.

Por fim, nenhum posto de revenda adentrou a faixa marginal dos rios como preconiza a Lei federal nº 12.651/2012 artigo 4º inciso I.

Especificamente, os setores 1 e 2 apresentaram expressivamente regiões de susceptibilidade crítica (9,7 e 11,7 km², respectivamente), onde em sua pedologia foi observada argissolos vermelho-amarelos distróficos com latossolos amarelos distróficos e espodosolos humilúvicos hidromórficos que, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2018), expressam características de argilas, material mineral e argilo-arenosos com presença de matéria orgânica e material húmico, o que se pode inferir retenção do contaminante. Porém, ao analisar a hidrogeologia notamos sistema de aquíferos aluviais que são do tipo livre com depósitos de sedimento extremamente porosos e francamente permeáveis (AESA, 2006), o que confere uma região de alta susceptibilidade, além de, também, conter o sistema Paraíba-Pernambuco subsistema livre que também apresentam sedimentos porosos. Por fim, expõe 20 postos de gasolina e 37 poços para o setor 1 e 34 postos e 66 poços para o setor 2, como pode ser observado nas Figuras 2 e 3.

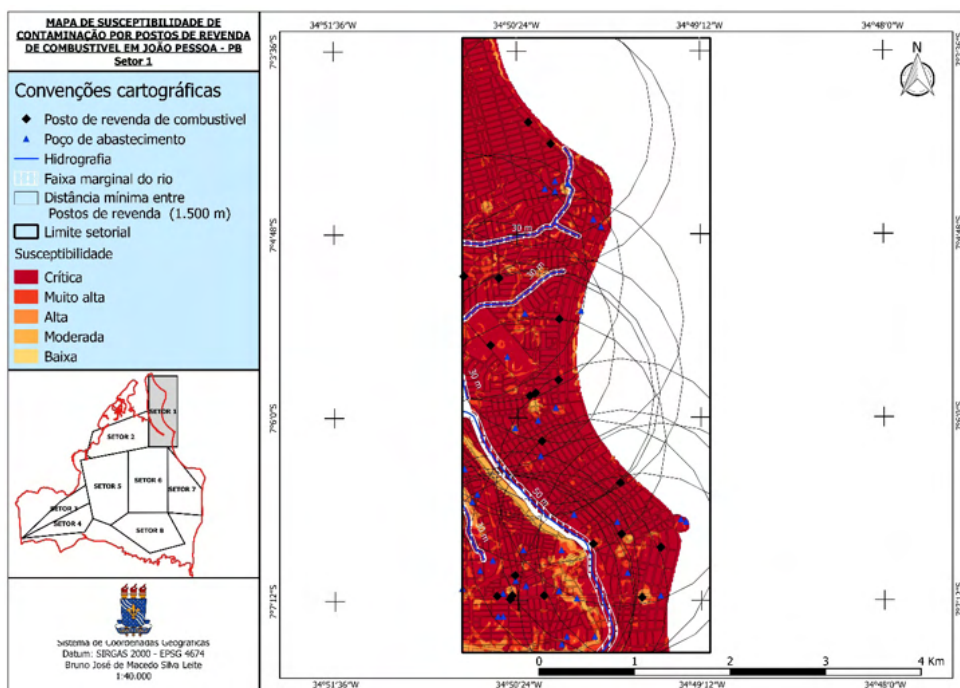


Tabela 2 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 1).

Fonte: Autor, 2021.

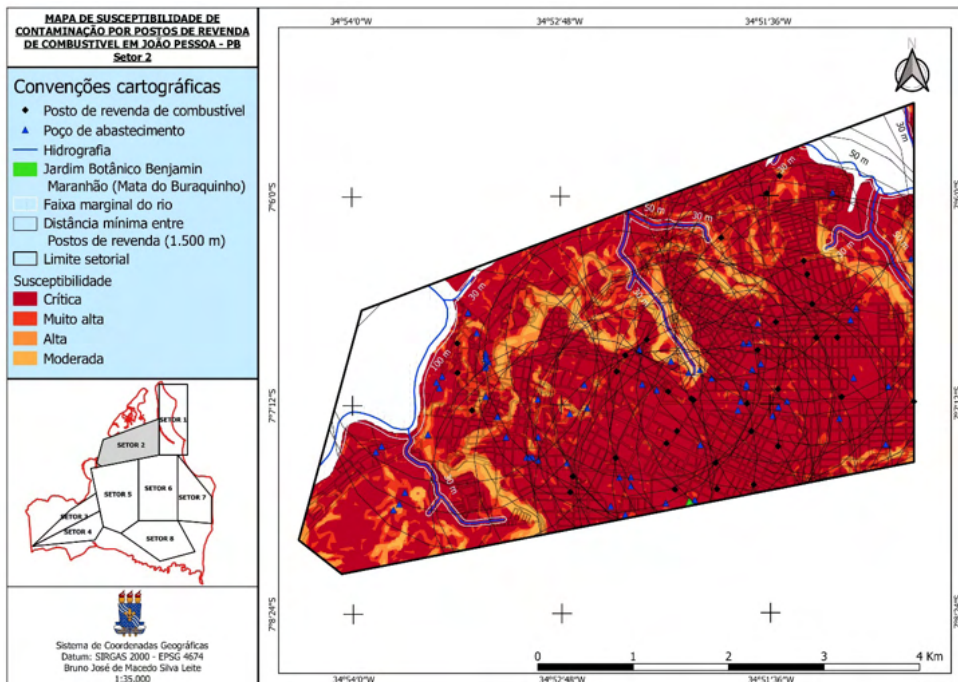


Tabela 3 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 2).

Fonte: Autor, 2021.

Em relação aos setores 3 e 4, ambos apresentaram perfis muito semelhantes com apenas um posto de combustível, porém com muitos poços de abastecimento em seu domínio (16 e 17 poços, ao total, no setor 3 e 4, respectivamente). Somado a isso, apresentam regiões de solos do tipo Gleissolos melânicos Ta eutróficos, Argissolos amarelo distróficos e Argissolos acidentados distróficos que, no geral, apresentam materiais minerais, argilosos e areno-argilosos com teores de matéria orgânica e retenção de umidade (EMBRAPA, 2018), além de uma hidrogeologia com presença do sistema de aquífero Paraíba-Pernambuco subsistema livre e confinado o que confere possíveis regiões de muito alta e alta (para o setor 3) e crítica a alta (para o setor 4) susceptibilidade por propor retenção do contaminante, em sua maioria, sendo crítica apenas nas regiões próximas aos rios, os quais estão bem distantes dos postos, devido a presença do sistema de aquíferos aluviais, como pode-se observar nas Figuras 4 e 5.

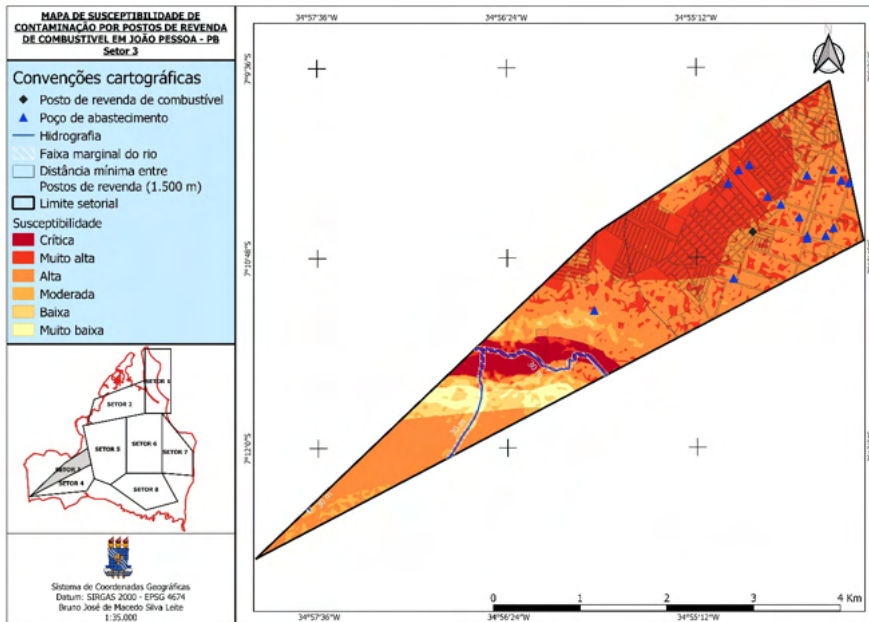


Tabela 4 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 3).

Fonte: Autor, 2021.

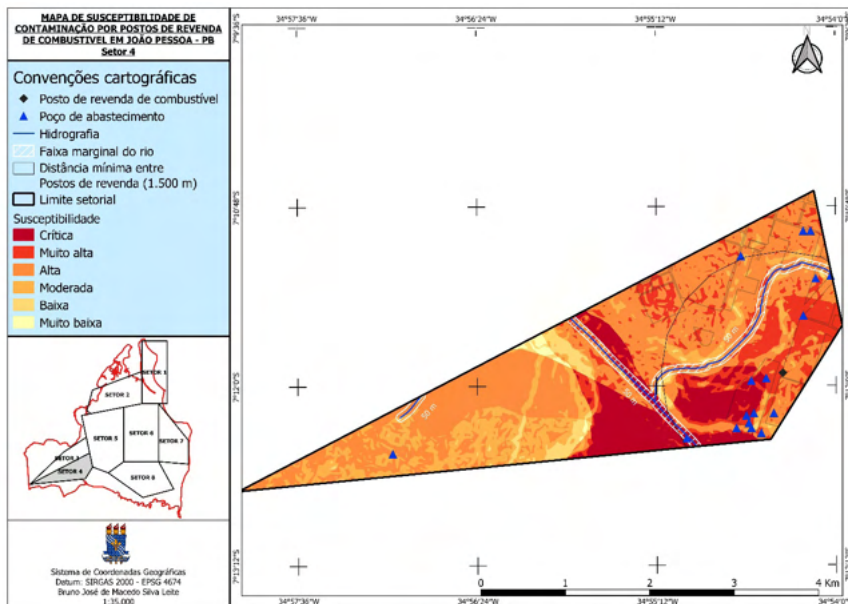


Tabela 5 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 4).

Fonte: Autor, 2021.

Observando os setores 5 e 6, ambos apresentam uma grande quantidade de postos de revenda de combustível com 29 e 24 postos e 41 e 36 poços, respectivamente. Possuem solos do tipo Argissolos amarelo distrófico os quais são constituídos por materiais argilosos e areno-argilosos com boa permeabilidade (solos coesos) (EMBRAPA, 2018) e presença do sistema de aquífero Paraíba-Pernambuco subsistema livre e aquífero aluvial, devido a expressiva quantidade de rios nesses setores somados a presença e proximidade de postos ao Jardim Botânico Benjamin Maranhão fragmento pertencente ao bioma Mata Atlântica. Apesar desses fatores, os postos de revenda de combustível dos dois setores não se encontram dentro da faixa marginal dos rios, mas os rios estão contidos nos limites de 1.500 m dos postos sendo necessário atenção. Por fim, devido as características pedológicas e hidrogeológicas, de ambos os setores apresentam, em sua maioria, susceptibilidade muito alta (13,9 e 11,4 km², respectivamente, para os setores 5 e 6) e alta (18,7 e 13 km², respectivamente, para os setores 5 e 6), como pode ser observada nas Figuras 5 e 6.

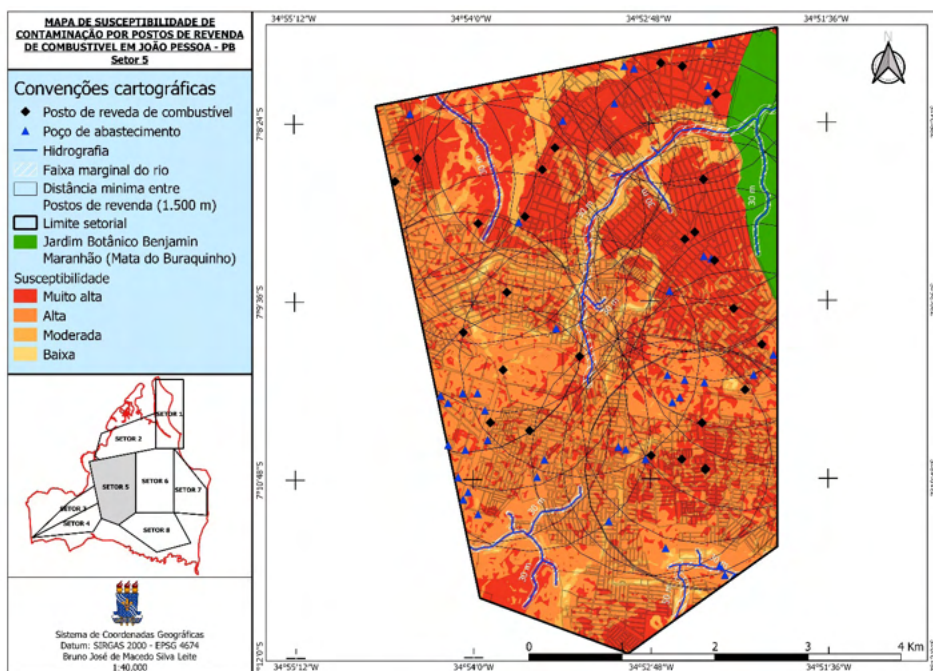


Tabela 6 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 5).

Fonte: Autor, 2021.

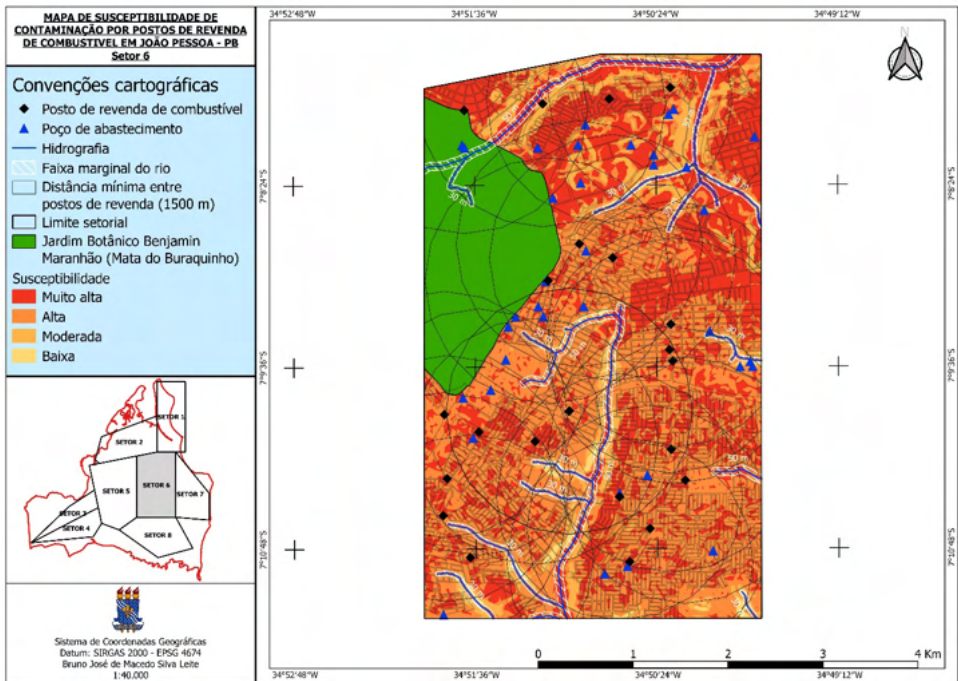


Tabela 7 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 6).

Fonte: Autor, 2021.

Por fim, os setores 7 e 8 apresentam poucas unidades de postos de revenda de combustível, sendo 2 e 4 postos identificados, e 16 e 12 poços, respectivamente; pedologia argissolos amarelos distróficos e hidrogeologia do sistema de aquífero Paraíba-Pernambuco subsistema livre e aquífero aluvial, apresentando em sua maioria susceptibilidade muito alta e alta, como identificado nas Figuras 8 e 9.

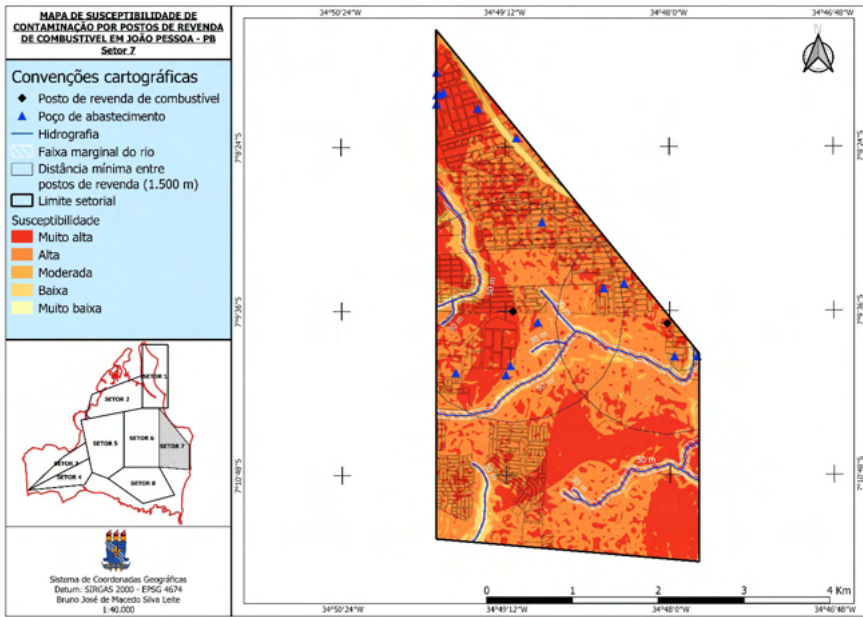


Tabela 8 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 7).

Fonte: Autor, 2021.

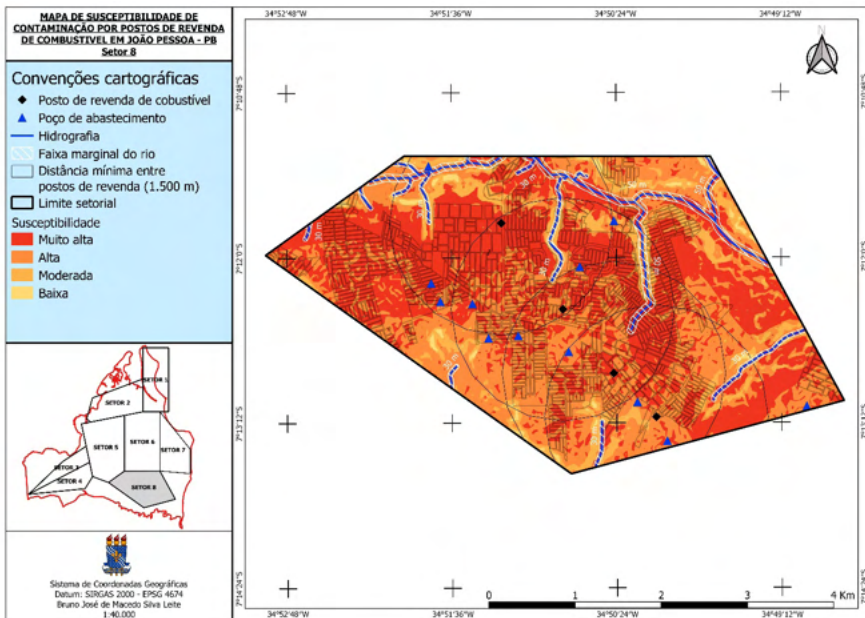


Tabela 9 Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 8).

Fonte: Autor, 2021.

Desta forma, depreendesse dos resultados gerados que a região de estudo apresenta, respectivamente, maioria alta, muito alta e crítica (40,1%, 35,1% e 15,6%), expressando, assim, declividades baixas (característico da geomorfologia de tabuleiro costeiro com formatos tabulares), hidrogeologia porosa, sedimentar e freática do Sistema Paraíba - Pernambuco sub-sistema livre e aquíferos aluviais com níveis baixos por estarem próximos a rios ou a região litorânea e pedologia com argissolos vermelho-amarelos distróficos e argissolo amarelo distrófico, que apresentam nessa região, segundo a bibliografia, boa coesão. A ocorrência espacial das classes de susceptibilidade pode ser visualizada na Tabela 2:

	Crítica		Muito alta		Alta		Moderada		Baixa		Muito baixa	
	Área Km ²	%	Área Km ²	%	Área Km ²	%	Área Km ²	%	Área Km ²	%	Área Km ²	%
Setor 1	9,7	6,5	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,003	0,002	0	0
Setor 2	11,7	7,8	3,0	2,0	1,4	1,0	0,6	0,4	0	0	0	0
Setor 3	0,4	0,3	2,9	1,9	4,0	2,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2
Setor 4	1,4	1,0	1,8	1,2	5,5	3,7	1,7	1,1	0,4	0,3	0,1	0,05
Setor 5	0	0	13,9	9,4	18,7	12,6	2,9	2,0	0,2	0,1	0	0
Setor 6	0	0	11,4	7,6	13,0	8,7	2,7	1,8	0,2	0,1	0	0
Setor 7	0	0	6,8	4,6	8,2	5,5	1,1	0,7	0,3	0,2	0,001	0,001
Setor 8	0	0	11,0	7,4	8,4	5,6	1,9	1,3	0,2	0,2	0	0
Total parcial	23,3	15,6	52,3	35,1	59,7	40,1	11,7	7,9	1,6	1,1	0,3	0,2
Total (Área, %)	148,9						100					

Tabela 2 Quantificação das classes de susceptibilidade de contaminação nos setores.

Fonte: Autor, 2021.

4 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- O geoprocessamento nos softwares SIG é uma ferramenta essencial para os estudos de impactos ambientais, gerando informações e análises interessantes a respeito das características do local e apresentando uma eficiente agilidade para manipulação dos dados.
- Segundo os dados analisados, infere-se que o município de João Pessoa apresenta feições muito susceptíveis à contaminação, o que requer rigorosa fiscalização pelos órgãos ambientais e prudência dos empreendedores ao construir estabelecimentos

de venda de combustíveis.

- É fundamental salientar que, devido à escassez de dados espaciais do município de João Pessoa e desigualdade da escala dos arquivos espaciais, este estudo apresenta uma visão geral da susceptibilidade de contaminação do solo por hidrocarbonetos provenientes de postos de revenda de combustível, fazendo com que seja essencial uma coleta de campo para confrontar os dados, gerar mapas mais precisos e fazer inferências mais concretas.
- O mapeamento de susceptibilidade de contaminação é um estudo imprescindível no que tange o ordenamento urbano e proteção ambiental, sendo as informações obtidas muito importantes para a correta alocação, no caso, dos postos de revenda de combustível e/ou monitoramento para aqueles vigentes, podendo ser aplicado para outros tipos de empreendimentos que apresente significativo potencial poluidor.
- Este trabalho não teve como intuito expressar inviabilidade de construção de postos de revenda de combustível, mas auxiliar em quais cuidados e medidas corretivas adotar para prevenir e atenuar impactos ao meio ambiente e a saúde pública.

REFERÊNCIAS

AESA - AGENCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Paraíba. AESA, 2006.

Aller, L., T. Bennett, J. H. Lehr, R. J. Petty, E G. Hackett. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. Environmental Protection Agency Report 600/2-87-035. Washington, D.C. 1987.

Brasil. Lei nº 12.651, de 15 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF.

Brasil. Lei nº 11.600, de 21 de janeiro de 2009. Acrescente os incisos V, VI, e VII e o parágrafo único ao artigo 5º a Lei nº 9904/2003. João Pessoa, PB, n. 1149, 24 jan. 2009. p. 1.

Capalonga, S. Avaliação do perigo de contaminação das águas subterrâneas por fontes pontuais nos municípios do Vale do Taquari – RS. Revista Águas Subterrâneas, Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, v 33, nº 4, 1-14. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 2019. DOI. 10.14295/ras.v33i4.29600.

DETRAN - DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO. Frota geral de veículos – Paraíba, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10, 1979, Rio de Janeiro. Súmula..Rio de Janeiro, 1979.

Entezari, M., Yamani, M., Aghdam, M. J. Evaluation of intrinsic vulnerability, hazard and risk mapping for karst aquifers, Khorein aquifer, Kermanshah prov-ince: a case study. *Environmental Earth Sciences*, v. 75, n. 435, 2016. DOI. 10.1007/s12665-016-5258-5.

Iritani, A., Rossini-penteado, D., Ezaki, S.; Oda, G. H. Perigo de contaminação da água subterrânea na região de Indaiatuba a Capivari. *Revista do instituto geológico*, v. 38, n. 1, p. 1-16, 2017. DOI. 10.5935/0100-929X.20170001.

Jakada, H., Chen, Z., Luo, Z. et al. Coupling Intrinsic Vulnerability Mapping and Tracer Test for Source Vulnerability and Risk Assessment in a Karst Catchment Based on EPIK Method: A Case Study for the Xingshan County, Southern China. *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 44, p. 377-389, 2019. DOI. 10.1007/s13369-018-3392-y.

Lisboa, E. G.; Mendes, R. L. R.; Bello, L. A. L. Mapeamento do risco de contaminação das águas subterrâneas em zonas urbanas: proposta de um índice de perigo fuzzy-AHP. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*. Universidade Vale do Rio Verde, v. 14, n°. 2, p 238-252, 2016, DOI 10.5892/ruvrd.v14i2.3282.

Li, H., Yu, X., Zhang, W., Huan, Y., Yu, J., Zhang, Y. Risk Assessment of Groundwater Organic Pollution Using Hazard, Intrinsic Vulnerability, and Groundwater Value, Suzhou City in China. *Exposure and Health*, v. 10, p. 99-115, 2018. DOI. 10.1007/s12403-017-0248-8.

Marques. E.M. ; Guerra, A. J. T. . Solos Contaminados por Hidrocarbonetos de Petróleo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - SINAGEO, 7., 2008, Belo Horizonte. Dinâmica e Diversidade de Paisagens. São Paulo: TECART., v. 7. p. 1-13.

Remigio, A. F. N.; Fonseca, A. C. ; Souza, G. F. ; Cunha, M. ; Duarte, D. . Mapeamento e Investigação da Contaminação do Solo e Águas Subterrâneas devido à presença de Postos de Distribuição de Combustíveis no Município de João Pessoa-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA GEOTECNIA E DESENVOLVIMENTO URBANO COBRAMSEG, 19., Salvador. 2018.

Rocha, D. L. Da [et al.]. Remediação e biorremediação de solos multicontaminados com hidrocarbonetos e metais com ênfase na aplicação de surfatantes e biossurfatantes. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2016.

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)*, v. 28, n. 55, p. 936-958, 2018. DOI. 10.5752/p.2318-2962.2018v28n55p936 936.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 39, 40, 47, 48, 49

Águas minerais 3, 11, 51, 52, 53, 58, 59, 60, 61, 62, 66, 71

Análisis energético 12

Aquíferos 1, 25, 28, 30, 31, 36

B

Bactérias heterotróficas 3, 61, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

Biological parameters 1, 2, 6, 8

C

Combustíveis líquidos 24

Conexões 40

D

Deterioration 3, 1, 4, 10

E

Energía solar 13

Estacion meteorologica 16, 17

Estações climáticas 63, 65, 67, 71

Evaporation 8

F

Fontes de águas minerais 51, 52, 53, 59, 61, 62

Frequência de amostragem 51, 53, 57, 58, 59, 61, 62, 65, 70

G

Geoestatística 51, 53, 54, 58, 59, 61, 62, 63

Geografia física 41, 49, 50, 73

Groundwater 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 37, 38

H

Hidrocarbonetos 3, 23, 24, 25, 28, 29, 37, 38

I

Índice global 25

L

Laboratory 5, 6, 7

Litoral norte brasileiro 42

M

Manguezal 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49

Modelo 16, 21, 25, 27, 28, 53, 63

Multiparametric 5

N

Nhartanda Valley 3, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

P

Paisagem 3, 39, 40, 41, 44, 46, 48, 49, 50

Parâmetros químicos 1, 51, 53

Perspectiva integrada 41

Phanerozoic sedimentary 3

Posto de revenda de combustível 23, 28, 29

Q

Quaternário 26

R

Radiación difusa 12, 21

Radiación global 12, 21, 22

Region 2, 3, 12, 14, 17, 21

Rios 23, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 36, 42

S

Substances 1, 7, 10

Susceptibilidade de contaminação 3, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

T

Teoria de amostragem de pierre gy 3, 51, 53, 58, 59

Teoria Geral dos Sistemas 39, 40, 41

Tete and Mozambique 1

V

Variaciones 21


Variância de extensão 3, 51, 53, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 71


Vegetación 13

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 


[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 


www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


GEOCIÊNCIAS:

A história da terra

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 