



Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Mapeamento de regiões de susceptibilidade de contaminação por hidrocarbonetos provenientes de postos de revenda de combustíveis em João Pessoa - Paraíba.

Mapping of regions susceptible to contamination by hydrocarbons from gas resale stations in João Pessoa – Paraíba.

Bruno José de Macedo Silva Leite¹; Aline Flávia Nunes Remígio Antunes² ✉

¹Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.

²Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba.

✉ brunomac97@gmail.com, eng.remigiogmail.com.

Resumo

Palavras-chave:

Posto de revenda de combustível.
Susceptibilidade de contaminação.
LNAPL.

Keywords

Gas resale station.
Susceptibility to the contamination.
LNAPL.

É evidente que os postos de combustíveis apresentam riscos de possível contaminação de água e solo, sendo assim de interesse público o mapeamento e estudo desses estabelecimentos para garantir a prevenção contra contaminação de poços de abastecimento e mananciais, principalmente. 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 combustíveis 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 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 moderada e crítica. Portanto, o geoprocessamento apresentou-se como uma ferramenta muito eficiente no tratamento desses dados, enaltecendo sua grande contribuição na área de estudos e monitoramentos ambientais.

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 springs, 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 moderate 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.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i1.30036>

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, devido à complexidade do seu comportamento, complexação da sua estrutura e intensidade de 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 compõem os LNAPL (CETEM, 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, 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 (FONSECA; ANTUNES, 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 à 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) 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. MATERIAL 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 (AESA, 2006).

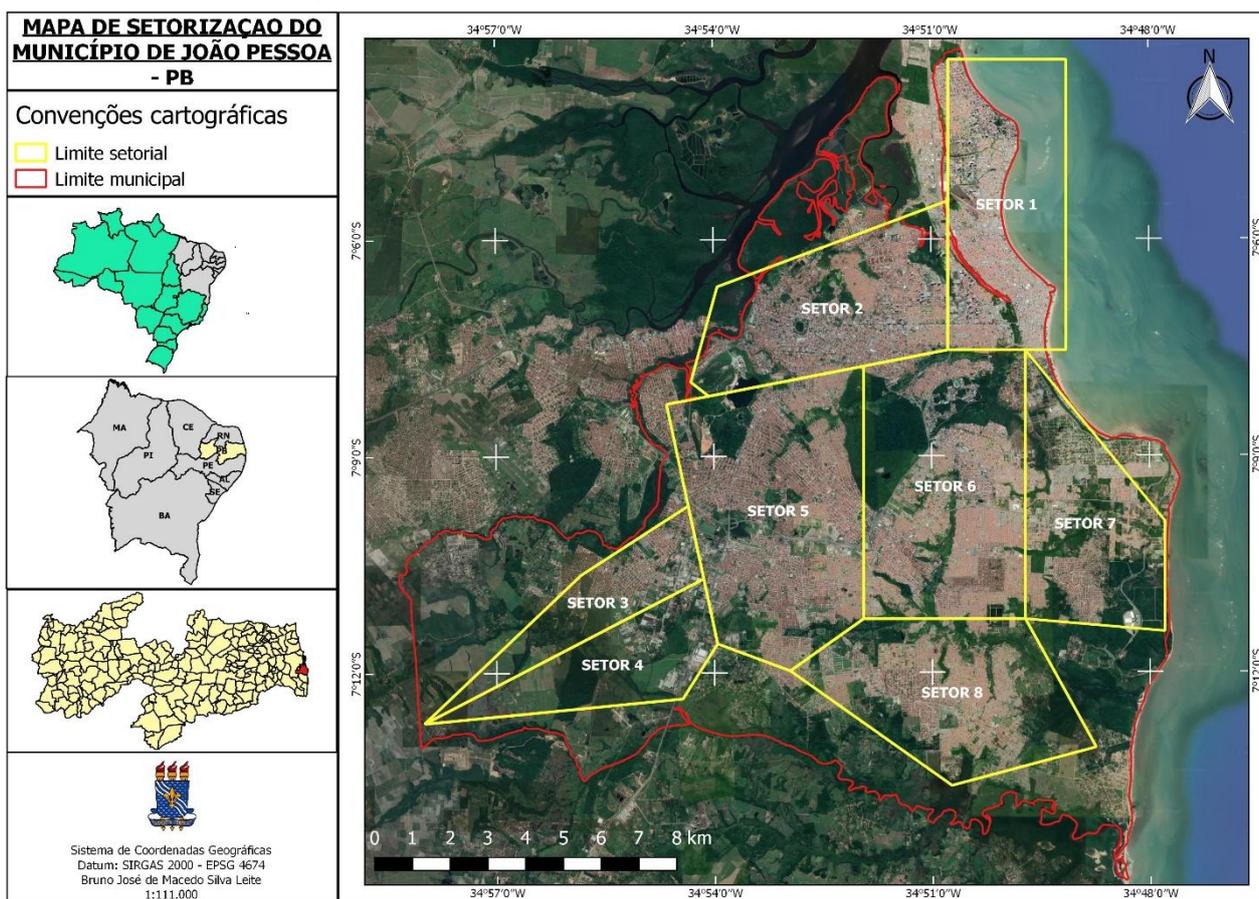
Além disso, apresenta vestígios do bioma mata atlântica concentrado principalmente no Jardim Botânico Benjamin Maranhão (também comumente conhecido como Mata do Buraquinho) e uma ampla rede hidrográfica dentro do limite municipal.

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: Os autores (2020).



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, 2004.

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 (AESA, 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. CRUZAMENTO DE DADOS

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

Para a aplicação de modelos mais concretos para a análise de susceptibilidade de contaminação por LNAPL, o critério para enquadramento nas classes de áreas de susceptibilidade de possível contaminação por LNAPL foi determinado com base na correlação arbitrária de relevância entre as informações pedológicas, hidrogeológicas e de declividade extraídas das fontes anteriormente citadas.

Procurou-se levantar interpretações das informações 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 com o objetivo de presumir a exposição dos aquíferos a possível contaminação e facilidade ou dificuldade dos LNAPL adentrar pelo substrato litológico; e, por fim, a declividade, extraída do Modelo Digital de Elevação – MDE e em seguida reclassificada com base descrita por PEREIRA (2004), 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 n° 11.600/2009 artigo 5° inciso V inserindo os 1.500 m de distancia que cada posto de revenda de combustível deve ter em relação aos demais e a Lei federal n° 12.651/2012 artigo 4° 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 mais ou menos susceptíveis pela sua litologia.

O cruzamento dos dados e geração dos mapas demonstraram 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 dos setores que serviu de chave de classificação das regiões resultando na inserção da classe de susceptibilidade referente a combinação das características de declividade, pedológicas e hidrogeológicas observadas em cada setor, as quais são mostradas na Tabela 1:

Tabela 1 – Ocorrência das classes de declividade, pedologia e hidrogeologia nos setores. Fonte: Os autores (2020).

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 Espodossolos 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)

Nessa visão, 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 n° 11.600/2009 artigo 5° inciso V, todos postos de revenda de combustível dos setores 1, 2, 5, 6, 7 e 8 não respeitam a distancia de 1.500 m preconizada pela lei.

Ademais, o setor 3 apresentou 1 poço de abastecimento longe da área de influencia do posto de revenda de combustível, o setor 4 apresentou 4 poços, o setor 7 aprentou 7 poços e o setor 8 apenas 1. Isso mostra que deve-se 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 n° 12.651/2012 artigo 4° inciso I.

Especificamente, o setor 1 e 2 apresentaram expressivamente regiões de susceptibilidade crítica, onde em sua pedologia foi observada argissolos vermelho-amarelos distróficos com latossolos amarelos distróficos e espodossolos humilúvicos hidromórficos que, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2018), expressam-se, características de argilas, material mineral e argilo-arenosos com presença de matéria orgânica e material húmico o que pode-se 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 (AESAs, 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.

Figura 2 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 1). Fonte: Os autores (2020).

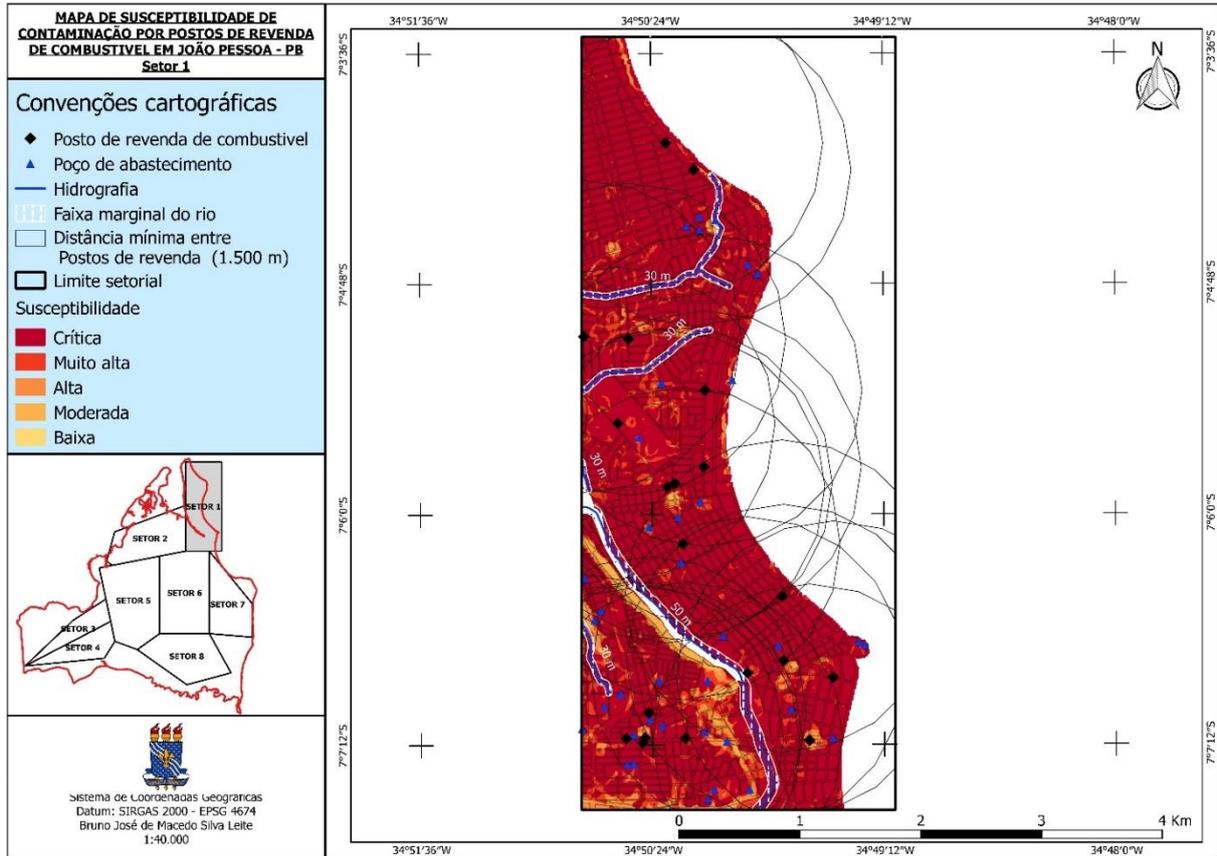
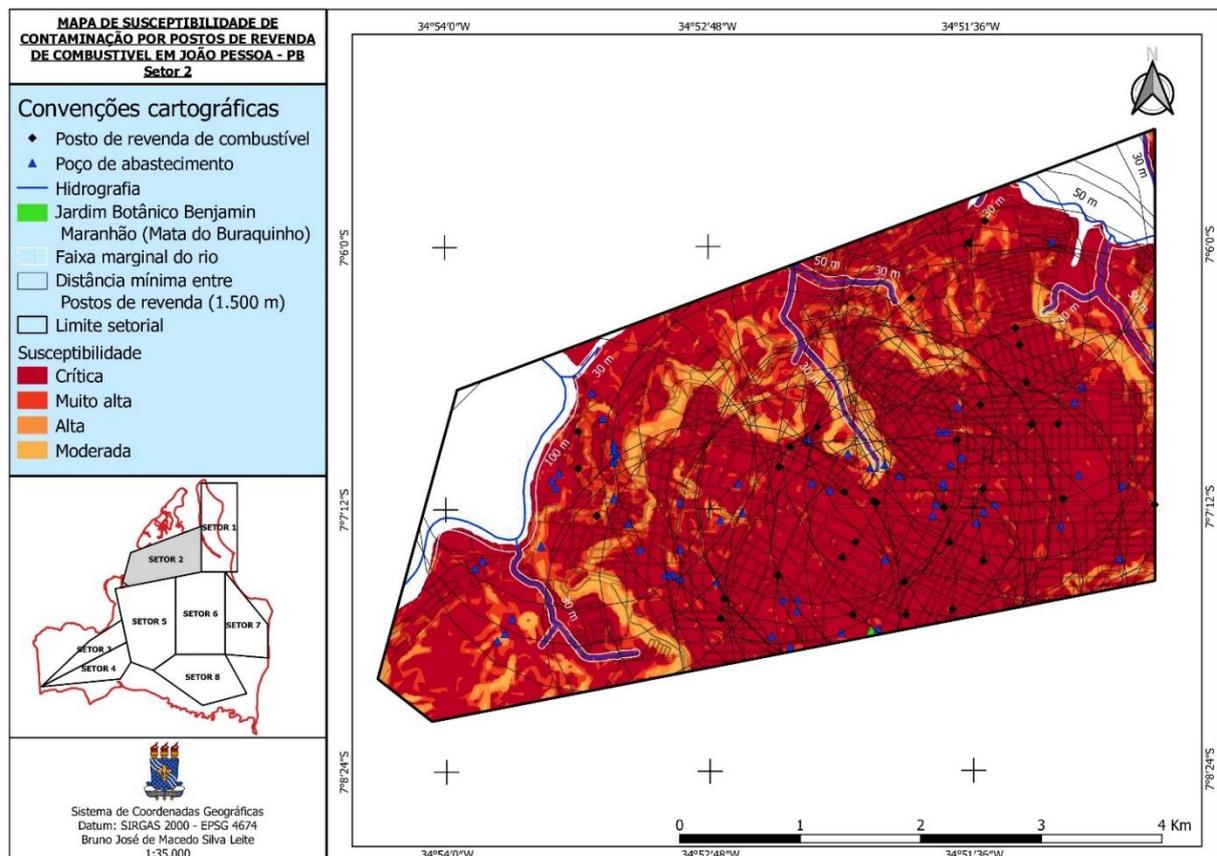


Figura 3 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 2). Fonte: Os autores (2020).



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 acizentados distróficos que, no geral, apresentam materiais minerais, argilosos e areno-argilosos com teóres 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) de 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.

Figura 4 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 3). Fonte: Os autores (2020).

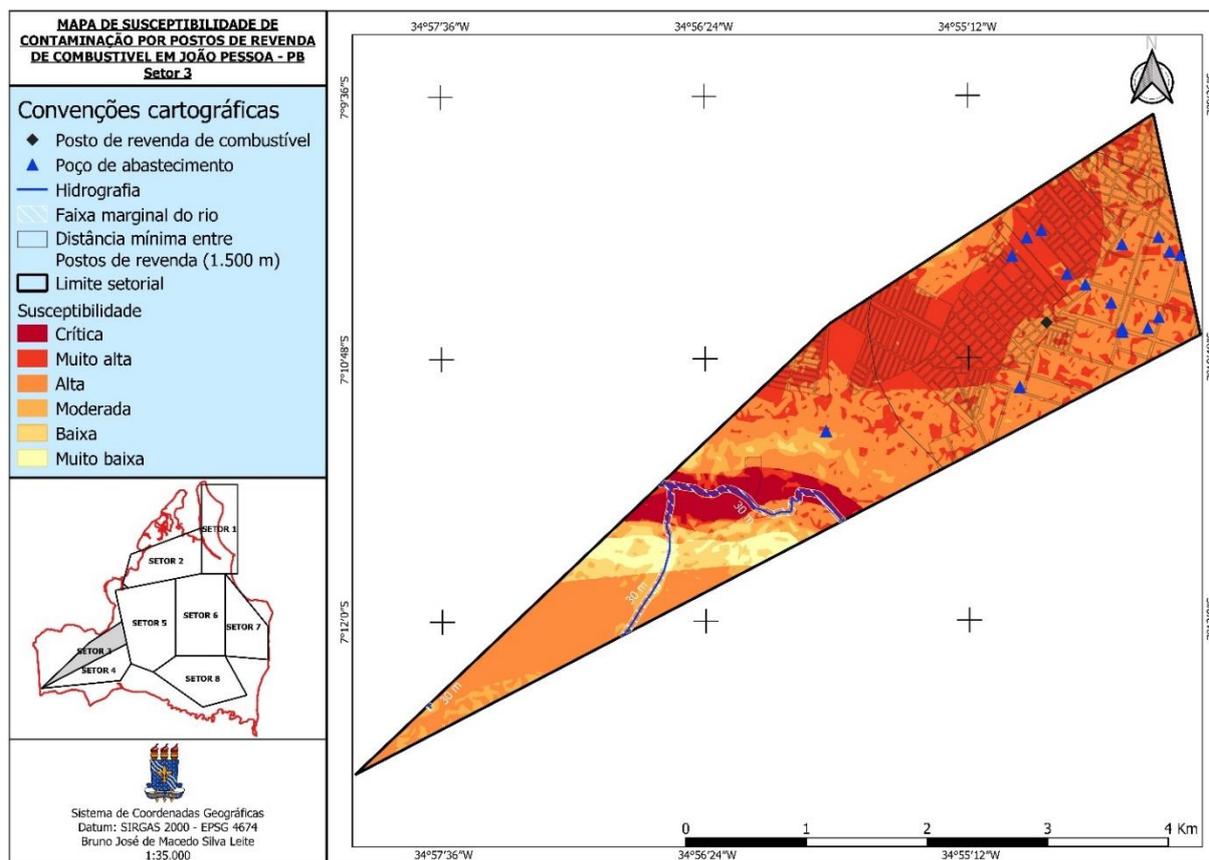
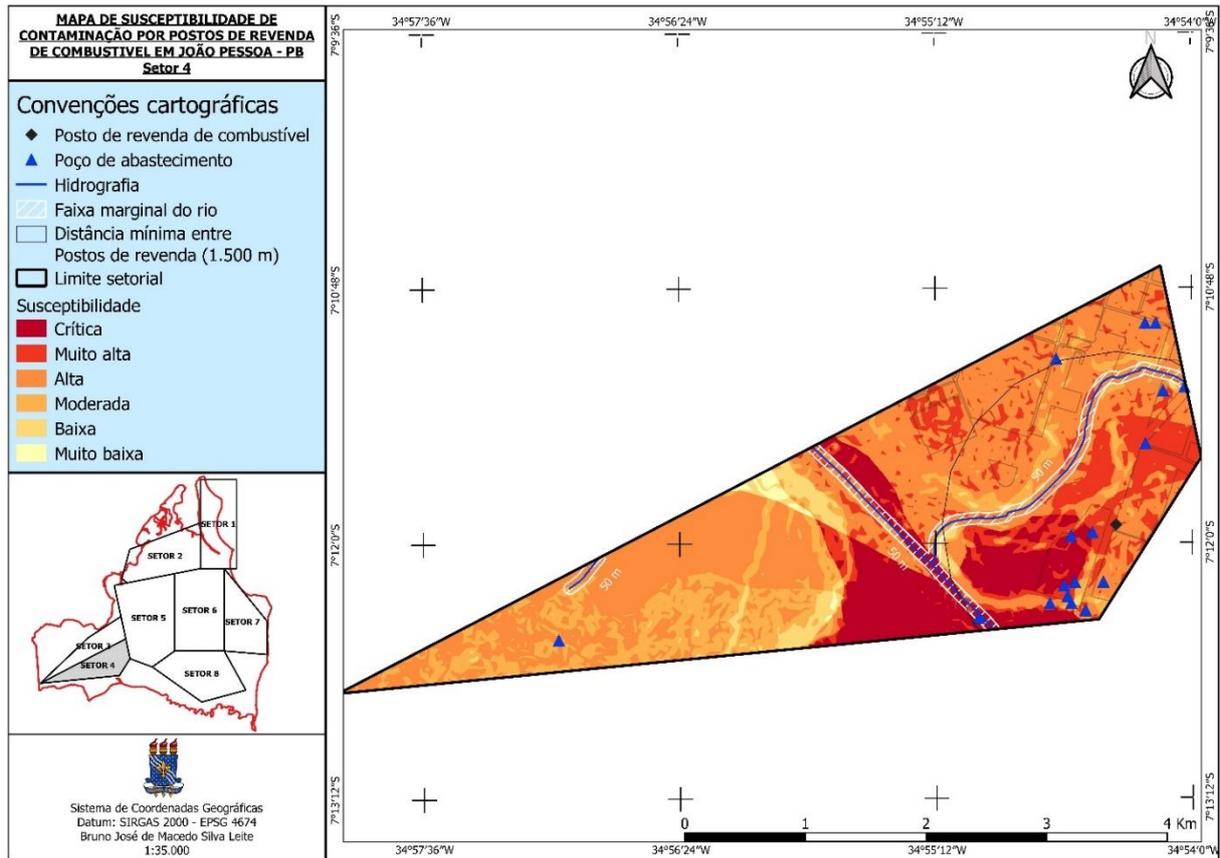


Figura 5 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 4). Fonte: Os autores (2020).



Observando os setores 5 e 6, ambos apresentam uma grande quantidade de postos de revenda de combustível com 29 e 24 e 41 e 36 poços, respectivamente. Possuem solos do tipo Argisolos 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 somado 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, ambos os setores apresentam, em sua maioria, susceptibilidade muito alta e alta, como pode ser observada nas Figuras 6 e 7.

Por fim, os setores 7 e 8 apresentam poucas unidades de postos de revenda de combustível, sendo 2 e 4 identificados, e 16 e 12 poços, respectivamente; pedologia argilosos 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.

Figura 6 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 5). Fonte: Os autores (2020).

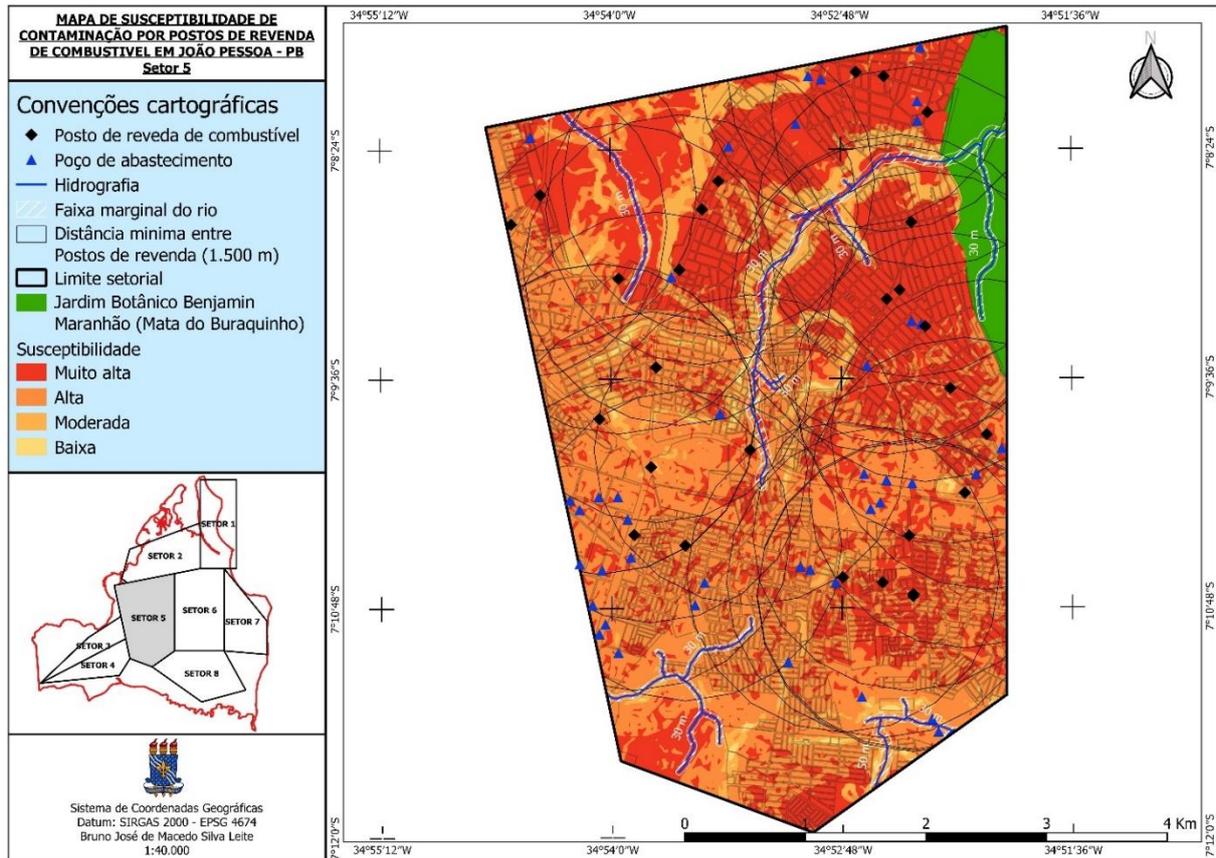


Figura 7 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 6). Fonte: Os autores (2020).

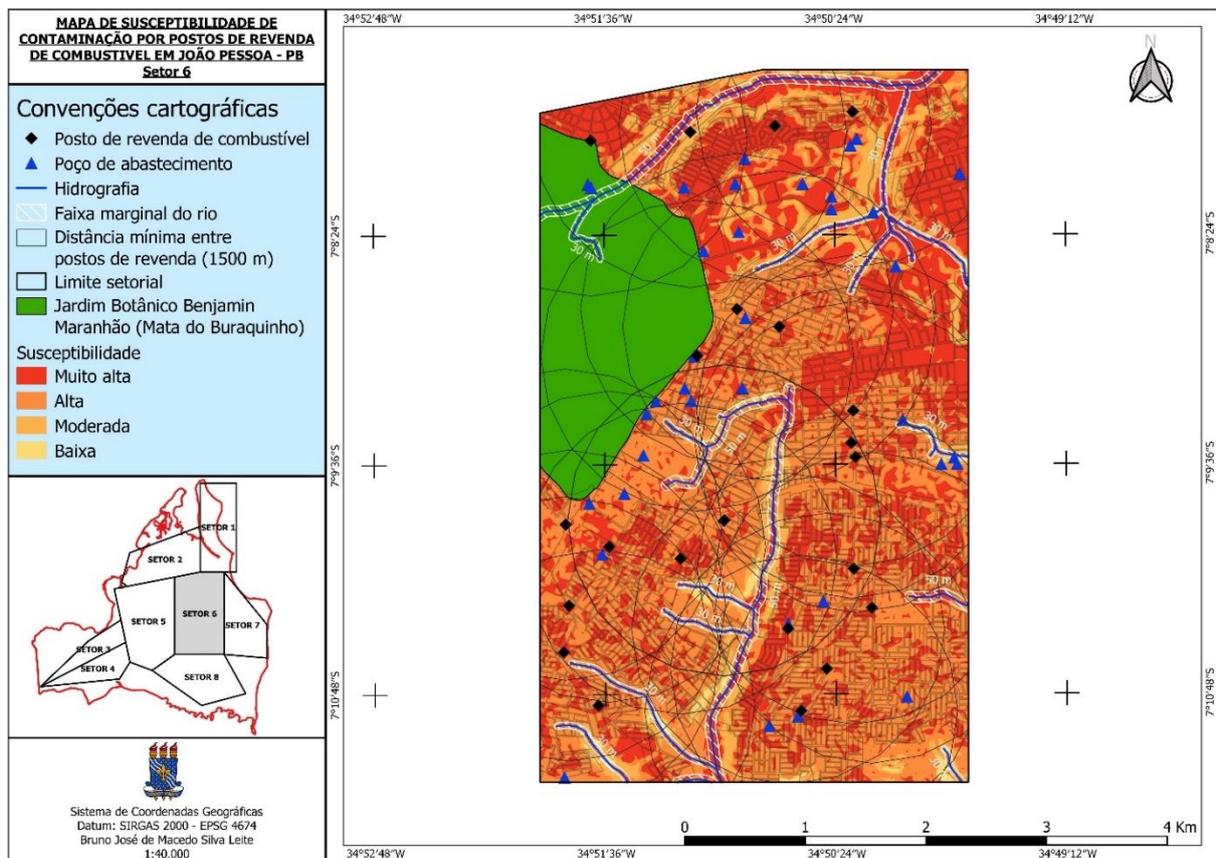


Figura 8 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 7). Fonte: Os autores (2020).

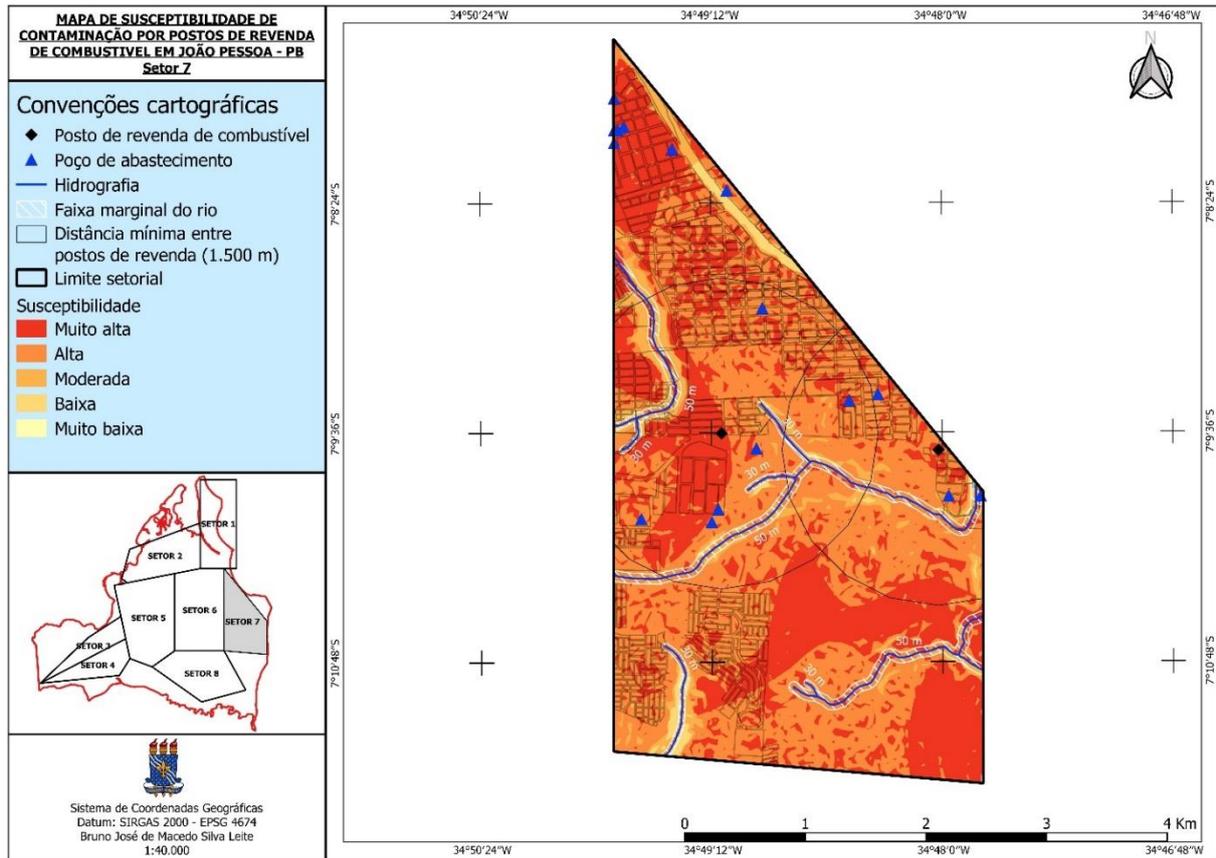
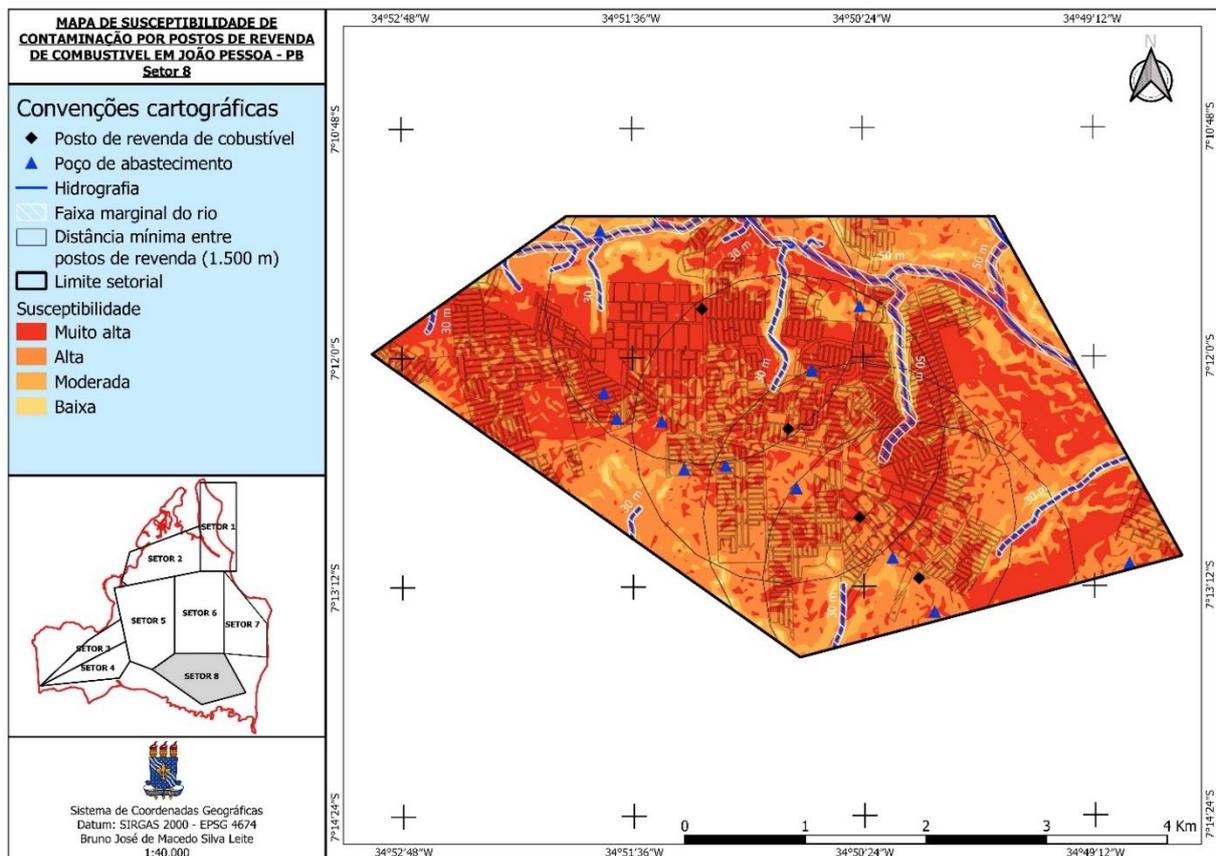


Figura 9 – Mapa de susceptibilidade de contaminação por postos de revenda de combustível em João Pessoa (Setor 8). Fonte: Os autores (2020).



4. CONCLUSÕES

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

O geoprocessamento é uma ferramenta essencial para os estudos de impactos ambientais, gerando informações e análises interessantes a respeito das características do local e apresentando uma boa aproximação do perfil de susceptibilidade de contaminação comparando as referências.

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

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

BRASIL. Lei n° 12.651, de 15 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis n°s 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 n°s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF.

BRASIL. Lei n° 11.600, de 21 de janeiro de 2009. Acrescente os incisos V, VI, e VII e o parágrafo único ao artigo 5° a Lei n° 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, n° 4, 1-14. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. 2019. DOI. 10.14295/ras.v33i4.29600.

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

ENTEZARI, M., YAMANI, M., AGHDAM, M. J. Evaluation of intrinsic vulnerability, hazard and risk mapping for karst aquifers, Khorein aquifer, Kermanshah province: 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.

PEREIRA, L. C.. Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

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.