



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

TRANSFORMAÇÕES NO USO DO SOLO E RISCOS À CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM ESTUDO EM CAMPINA GRANDE

JOÃO PESSOA – PB

2024

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

TRANSFORMAÇÕES NO USO DO SOLO E RISCOS À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS: UM ESTUDO EM CAMPINA GRANDE

Trabalho de dissertação apresentado ao curso de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Engenharia Urbana.
Linha de pesquisa: Planejamento e Engenharia Urbana: Interações.

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva

JOÃO PESSOA – PB

2024

EMANUEL SANTOS DE OLIVEIRA

**TRANSFORMAÇÕES NO USO DO SOLO E RISCOS À CONTAMINAÇÃO DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: UM ESTUDO EM CAMPINA GRANDE**

Trabalho de dissertação defendido em 18/04/2024, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **RICHARDE MARQUES DA SILVA**
Data: 18/04/2024 21:44:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO RODRIGUES VIANA DE LIMA**
Data: 19/04/2024 16:35:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima (Membro interno)
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Documento assinado digitalmente
 **LANUSSE SALIM ROCHA TUMA**
Data: 23/04/2024 17:48:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Lanusse Salim Rocha Tuma (Membro externo)
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

048t Oliveira, Emanuel Santos de.

Transformações no uso do solo e riscos à
contaminação das águas subterrâneas : um estudo em
Campina Grande / Emanuel Santos de Oliveira. - João
Pessoa, 2024.

119 f. : il.

Orientação: Richarde Marques da Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Pesquisa do solo. 2. Águas subsuperficiais. 3.
Método GOD. 4. Método POSH. 5. Vulnerabilidade - Solo.
I. Silva, Richarde Marques da. II. Título.

UFPB/BC

CDU 631.4(043)

“A água é-nos ensinada pela sede.”

Emily Dickinson

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS, que é fonte de inspiração e sabedoria, sem a sua presença não seria possível finalizar esta etapa.

Encerrando mais um ciclo acadêmico, quero ressaltar a importância de algumas pessoas que contribuíram de forma direta e indireta na caminhada percorrida até o presente momento.

Agradeço à minha família, de modo especial à minha esposa Daniele Santos, que é a minha principal incentivadora, me aconselhando e me transmitindo boas energias. Ainda, quero agradecer aos meus pais Humberto e Raimunda pelo cuidado e pelas palavras de motivação. Agradeço também às minhas irmãs Edlany e Elielma e minha sogra Marineide por expressarem gestos de carinho.

Às minhas avós que partiram para a vida eterna, mas que seus ensinamentos estão presentes comigo cotidianamente.

Agradeço à turma de Mestrado de Geografia pela jornada acadêmica vivenciada e pelo conhecimento e amizade compartilhada com cada um. Também ao colega de turma e companheiro de publicações de trabalhos científicos Michel pela parceria.

Ao estimado Prof. Dr. Richarde Marques pela confiança depositada no meu trabalho desde as etapas de ingresso ao PPGG, e pelos conselhos e críticas construtivas, afim de colaborar com o meu crescimento.

Ao Prof. Dr. Lanusse Tuma pela longa parceria, desde os tempos de graduação, tendo grande importância na minha vida acadêmica. Não poderia esquecer de agradecer, também, ao Prof. Dr. Celso Santos pelas valiosas observações que auxiliaram na construção deste estudo.

Ao Prof. Dr. Eduardo Rodrigues pela disponibilidade em participar dessa última fase de avaliação deste trabalho, assim como pelas valiosas observações e contribuições para o melhoramento dessa pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e incentivo à realização desta pesquisa.

Enfim, a todos (as) que de alguma maneira fizeram parte dessa caminhada e construção desse trabalho.

RESUMO

As águas subterrâneas em Campina Grande são suscetíveis à contaminação devido à incompatibilidade entre as atividades urbanas e as áreas que deveriam ser protegidas. As transformações no uso e ocupação do solo exacerbam este risco. Assim, este estudo tem como objetivo geral avaliar as transformações no uso e ocupação do solo e os riscos à contaminação das águas subterrâneas de Campina Grande. Como objetivos específicos, esta pesquisa busca: (a) analisar a distribuição espaço-temporal de poços no município de Campina Grande entre 1995 a 2022, (b) analisar a evolução recente do uso e ocupação do solo no município de Campina Grande entre 1995 a 2022, e (c) avaliar a vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas de Campina Grande. A metodologia foi conduzida em várias etapas, incluindo a: (a) localização e análise temporal dos poços, mediante a coleta de dados em órgãos públicos, (b) avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas com o auxílio do método GOD, (c) análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo utilizando o Google Earth Engine, (d) identificação das fontes pontuais de contaminação e avaliação do risco potencial de contaminação da área de estudo empregando o método POSH, e (e) mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas com o uso do QGIS. Os resultados apontam para um aumento na captação de águas subsuperficiais a partir da década de 1990, especificamente entre 1995 a 2000, revelando a procura acentuada por perfurações de poços, havendo, em grande parte, forte relação com períodos de estiagens. Indica, ainda, que a área de estudo apresenta três classes distintas de vulnerabilidade natural (baixa, média e alta). Verificou-se que as áreas urbanas podem ter se expandido ainda mais a partir de 1995, e mudanças nos padrões de ocupação do solo podem ser percebidas. A influência de fatores como o aumento populacional, o desenvolvimento econômico e as políticas de planejamento urbano podem ter contribuído para essas transformações. Esses fatores têm relação com as fontes de poluição identificadas, ou seja, que estão incluídas na dinâmica da cidade, como indústrias, postos de gasolina e oficinas mecânicas, que foram categorizadas com riscos baixo, moderado e médio. Logo, o estudo destaca a necessidade de uma gestão eficaz do uso do solo e fornece *insights* valiosos para a conservação dos mananciais hídricos subterrâneos, contribuindo para a compreensão e mitigação dos riscos associados à contaminação das águas subterrâneas.

Palavras-chave: Águas subsuperficiais. Método GOD. Método POSH. Vulnerabilidade.

ABSTRACT

Groundwater in Campina Grande is susceptible to contamination due to the incompatibility between urban activities and the areas that should be protected. Changes in land use and occupation exacerbate this risk. The general aim of this study is therefore to assess changes in land use and occupation and the risks of groundwater contamination in Campina Grande. As specific objectives, this research seeks to: (a) analyze the spatio-temporal distribution of wells in the municipality of Campina Grande between 1995 and 2022, (b) analyze the recent evolution of land use and occupation in the municipality of Campina Grande between 1995 and 2022, and (c) evaluate the natural vulnerability to groundwater contamination in Campina Grande. The methodology was conducted in several stages, including: (a) location and temporal analysis of the wells by collecting data from public agencies, (b) assessment of natural vulnerability to groundwater contamination using the GOD method, (c) spatio-temporal analysis of land use and occupation using Google Earth Engine, (d) identification of point sources of contamination and assessment of the potential risk of contamination of the study area using the POSH method, and (e) mapping of vulnerability and risk of groundwater contamination using QGIS. The results point to an increase in the abstraction of subsurface water from the 1990s onwards, specifically between 1995 and 2000, revealing a strong demand for drilling wells, most of which is strongly related to periods of drought. It also indicates that the study area has three distinct classes of natural vulnerability (low, medium and high). It was found that urban areas may have expanded even more since 1995, and changes in land use patterns can be seen. The influence of factors such as population growth, economic development and urban planning policies may have contributed to these transformations. These factors are related to the sources of pollution identified, i.e. those that are included in the city's dynamics, such as industries, petrol stations and mechanic workshops, which were categorized as low, moderate and medium risks. The study therefore highlights the need for effective land use management and provides valuable insights for the conservation of groundwater sources, contributing to understanding and mitigating the risks associated with groundwater contamination.

Keywords: Subsurface water. GOD method. POSH method. Vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de aquíferos em relação à porosidade	18
Figura 2. Tipos de aquíferos quanto à pressão hidráulica	19
Figura 3. Papel desempenhado pelas fontes hídricas subterrâneas	21
Figura 4. Atividades humanas que podem contaminar os aquíferos	26
Figura 5. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica	32
Figura 6. Mapa de localização do município de Campina Grande.....	36
Figura 7. Sistemas Hidrogeológicos da Paraíba	40
Figura 8. Dioritos a oeste de Galante	42
Figura 9. Migmatito em Campina Grande.....	42
Figura 10. Poços tubulares da Várzea do Ipê (localizada a sudeste da cidade de Campina Grande)	43
Figura 11. Mapa dos poços selecionados para a execução do método GOD	47
Figura 12. Esquema de execução do método GOD.....	48
Figura 13. Modelo de ficha técnica de um poço cadastrado no SIAGAS/SGB com os respectivos parâmetros avaliados no método GOD e exemplo da sua execução	49
Figura 14. Classificação das fontes pontuais de contaminação segundo o método POSH	52
Figura 15. Poços explorados no período compreendido: a) 1995 – 1999 e b) 1995 – 1999 e 2000 – 2009	54
Figura 16. Poços explorados no período compreendido entre 1995 – 2022	55
Figura 17. Intervalos dos períodos de captação de água em subsuperfície da área de estudo	56
Figura 18. Mapa do parâmetro G – grau de confinamento da água subterrânea.....	58
Figura 19. Mapa do parâmetro O – litologia e grau de consolidação da zona vadosa ou camadas confinantes.....	59
Figura 20. Mapa litológico simplificado do município de Campina Grande, baseado nas informações contidas nos relatórios dos poços cadastrados no SIAGAS e no mapa geológico da Província Borborema	60

Figura 21. Mapa do parâmetro D – distância até o lençol freático ou o teto do aquífero confinado.	61
Figura 22. Mapa dos níveis estáticos dos poços selecionados para o método GOD.....	62
Figura 23. Mapa da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação com base no índice GOD	63
Figura 24. Quantidade de dados associados ao grau de vulnerabilidade das águas subterrâneas da área de estudo	64
Figura 25. Usos do solo de Campina Grande para os anos (a) 1995, (b) 2005, (c) 2015, e (d) 2022	68
Figura 26. Grau do risco de contaminação ligadas às atividades pontuais identificadas.	70
Figura 27. Mapa das fontes pontuais de contaminação no município de Campina Grande.....	71
Figura 28. Visão aérea do distrito industrial de Campina Grande	72
Figura 29. Visão aérea do distrito dos mecânicos em Campina Grande.	73
Figura 30. Vista parcial da (a) indústria de fabricação de papéis, (b) fábrica de sabões e detergentes, (c) imagem do Google Earth em 2023, e (d) indústria têxtil.....	74
Figura 31. Vista aérea do aterro sanitário Eco Solo Gestão Ambiental de Resíduos LTDA em Campina Grande.	75
Figura 32. Posto de combustível em Campina Grande	76
Figura 33. Cemitério Nossa Senhora do Carmo – Campina Grande.....	77
Figura 34. Serviço de lava jato em Campina Grande	78
Figura 35. Indústria de fabricação de alimentos.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área dos principais sistemas hidrogeológicos da Paraíba	40
Tabela 2. Definição prática das classes de vulnerabilidade do aquífero	50
Tabela 3. Histórico de captações de águas subterrâneas por meio de poços em Campina Grande	56
Tabela 4. Resumo do grau de confinamento dos poços e de seus respectivos índices.....	58
Tabela 5. Solos e litologia associados aos poços e seus respectivos índices correspondentes ao método GOD.....	59
Tabela 6. Estatística descritiva dos níveis estáticos dos poços investigados.....	62
Tabela 7. Usos do solo existentes na área de estudo para os anos analisados e valores de K e S.....	66
Tabela 8. Atividades potencialmente poluentes identificadas no município de Campina Grande.....	69

SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional de Águas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DRMH	Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia da Paraíba
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIEP	Federação das Indústrias do Estado da Paraíba
GOD	Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Ponderação pelo Inverso da Distância
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco
POSH	Pollutant Origin, Surchage Hydraulically
SESUMA	Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente
SGB	Serviço Geológico do Brasil
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivos.....	14
1.1.1 Geral	14
1.1.2 Específicos.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Mudanças no uso do solo.....	15
2.2 Reservatórios subterrâneos	17
2.3 Aquíferos fraturados/fissurais	22
2.4 Vulnerabilidade e risco de contaminação de aquíferos.....	24
2.5 Instrumentos legais de proteção e gestão dos recursos hídricos	27
2.6 Mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas ...	31
2.7 Panorama do abastecimento de água em Campina Grande.....	32
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
3.1 Localização geográfica	36
3.2 Aspectos fisiográficos	37
3.3 Contexto Geológico e Hidrogeológico	38
3.3.1 Geologia da Paraíba.....	38
3.3.2 Hidrogeologia da Paraíba	39
3.3.3 Geologia e as águas subterrâneas de Campina Grande	41
3.3.4 Principais fatores que influenciam nos reservatórios hídricos subterrâneos da área de estudo	43
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	46
4.1 Localização geográfica e análise temporal dos poços.....	46
4.2 Avaliação da vulnerabilidade	46
4.3 Transformações no uso e ocupação do solo de Campina Grande	50

4.3.1 Análise da dinâmica das mudanças de uso e ocupação do solo	51
4.4 Identificação das fontes pontuais de contaminação e avaliação do risco potencial de contaminação	51
4.5 Mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas...	53
5. RESULTADOS	54
5.1 Análise espaço-temporal dos poços de Campina Grande	54
5.2 Avaliação da vulnerabilidade	57
5.2.1 Parâmetro G	57
5.2.2 Parâmetro O	58
5.2.3 Parâmetro D	61
5.2.4 Índice GOD	63
5.3 Análise recente do uso e ocupação do solo de Campina Grande.....	65
5.4 Avaliação do risco de contaminação	69
5.4.1 Fontes pontuais	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICES	93
ANEXOS	109

1. INTRODUÇÃO

A crescente exploração das águas subterrâneas expõe um quadro preocupante para a sociedade no tocante à contaminação. Um dos elementos que podem comprovar esse processo está associado à instabilidade hídrica no aproveitamento de águas superficiais.

Diante desse panorama, no Brasil, ocorrem problemas ligados à distribuição desigual da água em escalas intra e inter-regional, que se relacionam à escassez e abundância, além da degradação originada pela poluição doméstica e industrial. O cenário de escassez é revelado, essencialmente, na região Nordeste, na porção semiárida do seu território (Cirilo, 2015). Observa-se também, que no intervalo compreendido entre 5 e 10 anos, períodos de estiagem são registrados no Brasil, resultando em crises de abastecimento, sendo a última em 2021, considerada a mais severa dos últimos 91 anos (Soares e Costa, 2023).

A Agência Nacional de Águas (ANA) realizou um estudo recente acerca dos cenários que indicam aumentos e redução nas vazões dos principais trechos de rios das regiões hidrográficas do Brasil. Um dos cenários preocupantes refere-se às regiões Norte, Nordeste e parte do Centro-Oeste do país, projetando inclusive que já em 2040 poderá haver uma diminuição de 40% de disponibilidade hídrica e o aumento do número de rios intermitentes (Brasil, 2024).

Sob essa ótica, Lima *et al.* (2014) enfatizam que o município de Campina Grande, historicamente, teve de conviver com problemas ligados à disponibilidade hídrica, e algumas iniciativas, além de práticas de racionamento foram fundamentais para minimizar os impactos causados por períodos de estiagem.

A construção de reservatórios hídricos em Campina Grande (Açude Velho em 1828 e Açude Novo em 1830) no início do século XIX contribuiu de alguma forma para que houvesse suporte para os períodos de secas intensas da época (Lima *et al.*, 2014). Contudo, o município continuava a crescer demograficamente, aumentando assim a demanda por água. Diante desse quadro, mais um projeto foi criado para solucionar tal problema, a construção do reservatório de Bodocongó, com inauguração em 1917 (Silva Filho, 2005). Entretanto, as águas desse reservatório eram consideradas impróprias para consumo humano, devido ao alto teor de sais. Posteriormente, outra iniciativa merece destaque em relação à atenuação da crise hídrica nesse território, a implantação do açude Epitácio Pessoa em 1958, no município de Boqueirão, que abasteceria Campina Grande e outros municípios (Galvão *et al.*, 2017).

Conforme Brito (2013), o risco de um colapso no abastecimento de água em Campina Grande entre os anos de 1998 e 1999, foi um dos motivos para a inserção do município no Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Nesse período, o açude Eptácio Pessoa enfrentava uma enorme insegurança hídrica, que ameaçava o abastecimento urbano dos municípios dependentes desse reservatório.

Nessa circunstância, parte dos problemas referentes ao déficit de água em Campina Grande foram resolvidos com a implantação do PISF, tendo a obra do trecho leste como responsável pelo abastecimento, por intermédio do reservatório Eptácio Pessoa.

De acordo com Rêgo *et al.* (2018) o município em questão entre 2014 e 2017, período em que conviveu com a maior instabilidade hídrica da sua história, recorreu a uma alternativa de fornecimento paralelo, a água subterrânea.

Todavia, nota-se que essa temática só é considerada como pauta pela mídia e gestores, de modo especial, quando os déficits hídricos se tornam alarmantes. Essa afirmação é refletida no baixo investimento em estudos, monitoramento e fiscalização dessas fontes naturais no Brasil. Neste sentido, ressalta-se a importância de um gerenciamento eficiente para a execução de práticas de proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

Ainda, no Brasil, tal como em outros países, as águas subterrâneas representam segurança hídrica, sobretudo em um contexto de mudanças climáticas globais. Entretanto, apesar da sua função para o abastecimento urbano, irrigação e indústria, constata-se que a precariedade em gerenciar tais fontes hídricas é recorrente, além da ausência de dados acerca do seu uso ou sobre os impactos ligados a uma infraestrutura de saneamento deficitária (Hirata *et al.*, 2019).

Nessa conjuntura, a gestão do uso e ocupação do solo são determinantes para a conservação dos mananciais subterrâneos. Porém, a interferência humana na ocupação e transformação dos espaços urbanos e rurais, desconsiderando os parâmetros de conservação dessas fontes, modifica a dinâmica natural de distribuição da água, uma vez que a impermeabilização do solo, por exemplo, interfere na infiltração e conseqüentemente na estocagem de água subterrânea. Além desse fator, o risco de poluição dos recursos hídricos em subsuperfície acentua-se devido às atividades desenvolvidas na superfície, podendo comprometer a sua qualidade.

Assim, reconhecer as mudanças no uso e ocupação do solo e as vulnerabilidades à contaminação das águas no subsolo, diante do contexto exposto, é fundamental para um aproveitamento mais coerente. Portanto, o desenvolvimento deste estudo poderá contribuir para o

avanço das políticas públicas, dos instrumentos legais de uso das águas, de uma base de dados e para um gerenciamento adequado em recursos hídricos.

Logo, a temática abordada possui relevância, principalmente nos estudos geográficos, visto que as práticas observadas demonstram que há duas características que se articulam: as dimensões natural e social.

1.1. Objetivos

1.1.1 Geral

Avaliar as transformações no uso e ocupação do solo e os riscos à contaminação das águas subterrâneas de Campina Grande.

1.1.2 Específicos

- Analisar a distribuição espaço-temporal de poços no município de Campina Grande entre 1995 a 2022.
- Analisar a evolução recente do uso e ocupação do solo no município de Campina Grande entre 1995 a 2022.
- Avaliar a vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas de Campina Grande.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O arcabouço teórico em torno das fontes hídricas subterrâneas envolve diversos elementos, como os aspectos naturais, os fatos históricos que podem retratar os dias atuais, assim como a interferência antrópica em vários cenários de exploração e contaminação.

2.1 Mudanças no uso do solo

A expansão da área urbana e as transformações na cobertura do solo, evidenciadas pela conversão de áreas anteriormente não ocupadas em superfícies impermeáveis, constituem, indiscutivelmente, a principal origem das alterações microclimáticas nos ambientes urbanos (Deilami *et al.*, 2018). Isso ocorre devido à predominância de materiais impermeáveis nas zonas urbanas, restringindo assim a disponibilidade de umidade para dissipar o calor solar. Materiais como asfalto, vidro e concreto retêm mais calor solar durante o dia em comparação com coberturas vegetais (Lacerda *et al.*, 2021). As propriedades distintas desses materiais, combinadas ao crescimento desordenado e desprovido de planejamento, comprometem significativamente a qualidade ambiental nos centros urbanos (Fabiani *et al.*, 2019).

Com a expansão urbana, as áreas naturais são transformadas em lotes urbanos e ruas, delineando assim o layout urbano. Nesse processo, a cobertura natural cede lugar a um sistema de vias e outras redes de infraestrutura, resultando na impermeabilização do solo e desencadeando alterações nas condições preexistentes (Da Silva *et al.*, 2010). Tais transformações no uso e cobertura do solo não apenas impactam as variáveis do ciclo hidrológico, como também podem acarretar complicações na drenagem urbana, propiciando o aumento de inundações. Adicionalmente, ocorre a redução da evapotranspiração devido à diminuição da vegetação, uma queda na infiltração decorrente da impermeabilização, um aumento da poluição das águas superficiais e subterrâneas, e modificações nos padrões de vegetação em ambientes urbanos (Du *et al.*, 2010).

No Brasil, as cidades de médio porte apresentaram um aumento bastante acentuado da população a partir das décadas de 90-2000. Esse aumento da população, nessas cidades, ocorre em virtude do movimento de migração da população da zona rural para áreas urbanas, que vem ocorrendo desde a década de 1970 (De Sousa *et al.*, 2023).

É necessário enfatizar que há diferenças e relações entre cidades de porte médio e cidades médias, deste modo:

Embora não haja consenso sobre a utilização dessas duas noções e seus parâmetros, no Brasil, o que se denomina como “cidades de porte médio” são aquelas que têm entre 50 mil e 500 mil habitantes. Entretanto, nem todas as “cidades de porte médio” são, de fato, cidades médias, pois para serem assim conceituadas há que se verificar mais elementos que os indicadores demográficos e se analisar a magnitude e diversidade dos papéis desempenhados por uma cidade no conjunto da rede urbana. Assim, atribui-se a denominação “cidades médias” àquelas que desempenham papéis regionais ou de intermediação no âmbito de uma rede urbana, considerando-se, no período atual, as relações internacionais e nacionais que têm influência na conformação de um sistema urbano (Sposito, 2006, p. 175).

Os números revelam, no último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que dos mais de 12 milhões de habitantes acrescentados, entre 2010 a 2022, no Brasil, 8,3 milhões foram contabilizados nas cidades médias (Farias e Bischoff, 2023). Um dos motivos que podem justificar esses números está relacionado ao agronegócio, que impulsionou o crescimento de cidades do Mato Grosso (Rondonópolis, Sinop e Sorriso) no Centro-Oeste e as capitais Rio Branco e Porto Velho na região Norte. Já em algumas cidades do Piauí, Maranhão, Tocantins, Bahia e Goiás, a produção agrícola merece destaque no tocante ao aumento da população (Sette, 2023).

No município de Campina Grande, por exemplo, verificou-se um crescimento populacional de 9% no censo de 2022 em comparação com o censo de 2010, de acordo com os dados do censo do IBGE. Dessa forma, o município continua ocupando o 2º lugar no estado da Paraíba, o 12º lugar no Nordeste e a 55ª posição no Brasil (todas essas posições referem-se ao número de habitantes). Nesse aspecto, Campina Grande pode ser classificada como cidade média, tanto pela importância populacional, como também pelas atividades econômicas (indústria, comércio, etc.) e pelos serviços existentes (educação em todos os níveis, saúde, transporte, etc.). Além disso, é uma região de influência para muitos municípios da Paraíba, tornando-se referência no estado.

No entanto, essa constatação (do município de Campina Grande), expõe as fragilidades da ocupação, refletidas pelas moradias irregulares, crescimento das periferias, verticalização urbana, impermeabilização do solo, dentre outras. Assim, para avaliar os impactos das alterações na paisagem decorrentes do crescimento populacional, uma variedade de produtos e técnicas das geotecnologias e modelos matemáticos têm sido usados com o propósito de monitorar e identificar a expansão urbana, bem como as transformações no uso e cobertura do solo (Du *et al.*, 2010; Tian *et al.*, 2005; Wu *et al.*, 2016).

Além disso, análises baseadas em dados geoespaciais multitemporais estão sendo conduzidas para examinar as mudanças no uso e cobertura do solo e seu impacto na dinâmica do crescimento urbano (Dadashpoor *et al.*, 2019). Essas análises se consolidaram como ferramentas que proporcionam critérios científicos essenciais para embasar a tomada de decisões, planejamento macroeconômico, regulamentação e gestão urbana (Wu *et al.*, 2016).

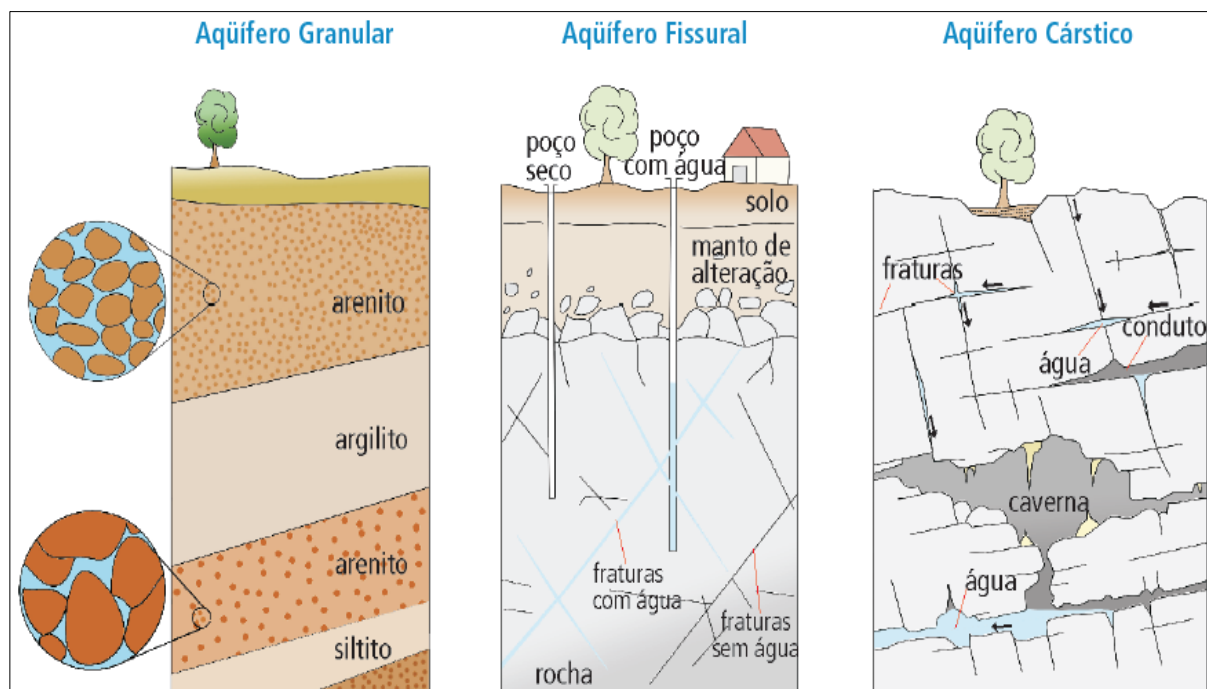
2.2 Reservatórios subterrâneos

A água que se encontra em subsuperfície circula de forma invisível, desaguando nos rios no período não chuvoso, que é equivalente a 13.000 km³, representando a contribuição do manancial hídrico subterrâneo. Ela provém, especialmente, do resultado da infiltração nos solos onde as bacias hidrográficas foram esculpidas e/ou moldadas, a partir da precipitação das águas da atmosfera na forma de chuva, neve ou neblina (Rebouças, 2008).

As águas subterrâneas estão localizadas sob a superfície terrestre, preenchendo inteiramente os poros das rochas e dos sedimentos, formando assim os aquíferos (Hirata *et al.*, 2019). Dessa maneira, os aquíferos são formações geológicas do subsolo, constituídas por rochas que possuem permeabilidade e que são capazes de armazenar água em suas fraturas ou poros. Outra definição sobre aquífero, aponta como sendo, apenas, o material geológico que serve de depósito e que permite a transmissão da água armazenada nesse ambiente. Sendo assim, uma litologia será uma formação aquífera, desde que apresente os poros saturados de água e que facilite o transporte de água subterrânea (Borghetti *et al.*, 2011).

Para compreender os aquíferos é necessário classificá-los segundo suas características físicas, tanto relacionadas à porosidade quanto à pressão. Nesse aspecto, os atributos encontrados nas rochas onde os reservatórios hídricos subterrâneos estão inseridos, determinam o tipo de formação aquífera. Os aquíferos classificam-se, quanto à porosidade, em: granular, fissural e cárstico (Figura 1).

Figura 1. Tipos de aquíferos em relação à porosidade.

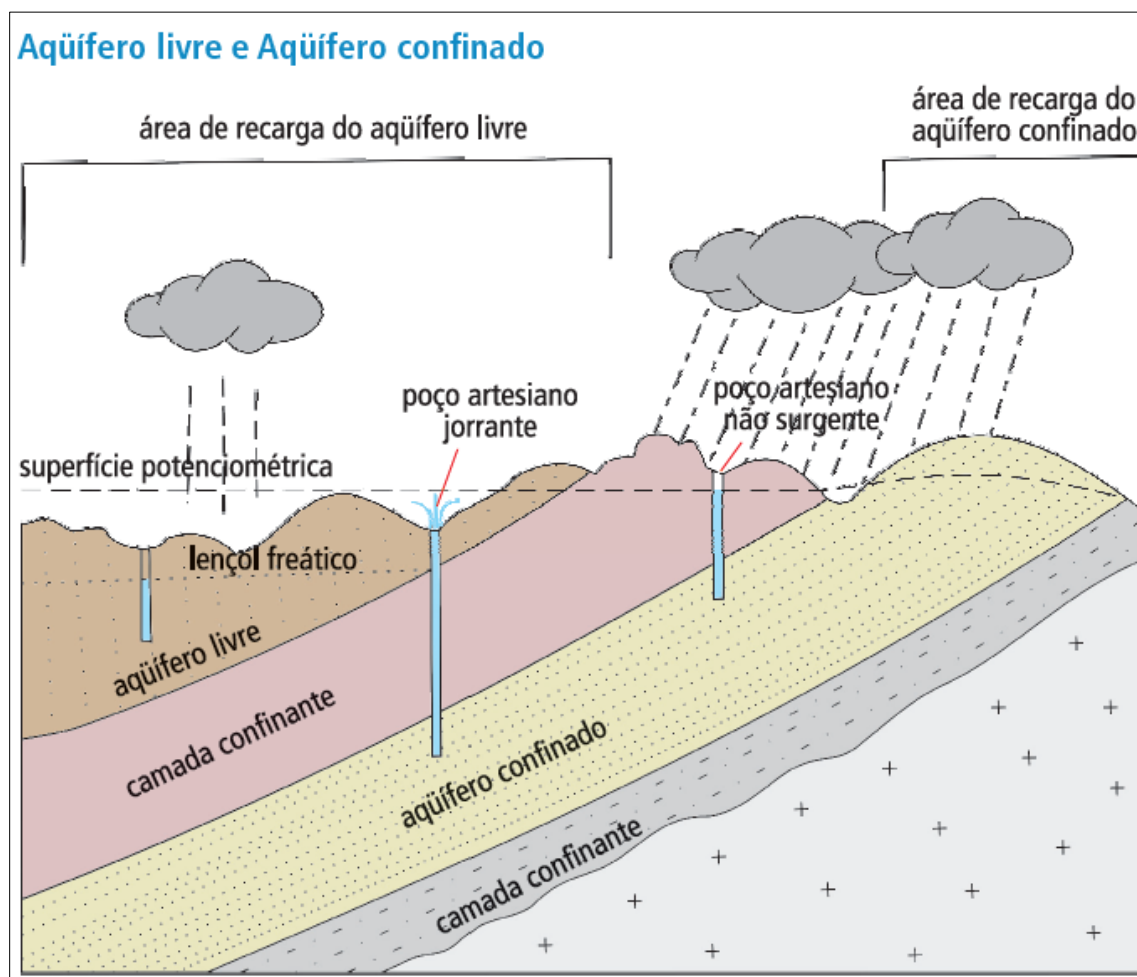


Fonte: Iritani e Ezaki (2009).

Nas rochas sedimentares (arenitos, siltitos, etc.) e nos sedimentos não consolidados (areias, cascalhos, etc.), a água percola, temporariamente, armazenada nos espaços vazios entre os grãos, ou seja, a porosidade nessa circunstância é granular ou sedimentar (aquífero granular). No caso da ocorrência de rochas compactas e maciças, que não dispõem de espaços vazios (granitos e gnaisses), o aquífero é classificado como fissural ou fraturado. Nas rochas carbonáticas (calcários), mediante o lento processo de dissolução por meio do contato direto com águas ácidas que se infiltram entre as fraturas do ambiente rochoso, formam as cavidades, que podem gerar galerias de cavernas e de rios subterrâneos, nesse caso, o aquífero é classificado como cárstico (Iritani e Ezaki, 2008).

Para determinar o grau de confinamento de um aquífero é necessário reconhecer as camadas que limitam a ocorrência das águas subterrâneas, assim como o grau de transmissão das águas por essas camadas. Logo, os aquíferos podem ser categorizados conforme suas características hidráulicas, considerando a pressão submetida a esses, em dois tipos de formação aquíferas: livres ou confinados (Figura 2).

Figura 2. Tipos de aquíferos quanto à pressão hidráulica.



Fonte: Iritani e Ezaki (2009).

O aquífero livre, também conhecido como freático, localiza-se próximo à superfície, tendo contato direto entre as zonas saturadas e não saturadas, estando submetido à pressão atmosférica. No aquífero confinado, há uma limitação no topo e na base por camadas de rochas que apresentam baixa permeabilidade, como argila, folhelho, rocha ígnea, etc. Nesse caso, o aquífero encontra-se sob uma maior pressão atmosférica, em virtude da existência de uma camada confinante acima, que também está saturada de água (Iritani e Ezaki, 2009).

In loco, os aquíferos têm potencial de serem reabastecidos, de maneira mais rápida, pela precipitação direta da chuva sob a superfície do solo sobrejacente. Em outras circunstâncias, os cursos d'água e lagos abastecem os mananciais hídricos subsuperficiais quando o nível desses reservatórios for mais elevado do que a superfície do aquífero, uma vez que o leito do rio ou o fundo do lago sejam permeáveis. A recarga dos aquíferos são dependentes do regime

pluviométrico, do fluxo dos cursos d'água, além do escoamento superficial. Há uma variação, ainda, pelas características do solo onde a água tem que penetrar para alcançar a zona saturada (Freitas, 1998).

Os reservatórios subterrâneos configuram-se como essenciais para a manutenção do equilíbrio natural e por fornecerem recursos para as diversas atividades humanas. Desse modo, conhecer as funções dos aquíferos é fundamental para a conservação das reservas hídricas subterrâneas.

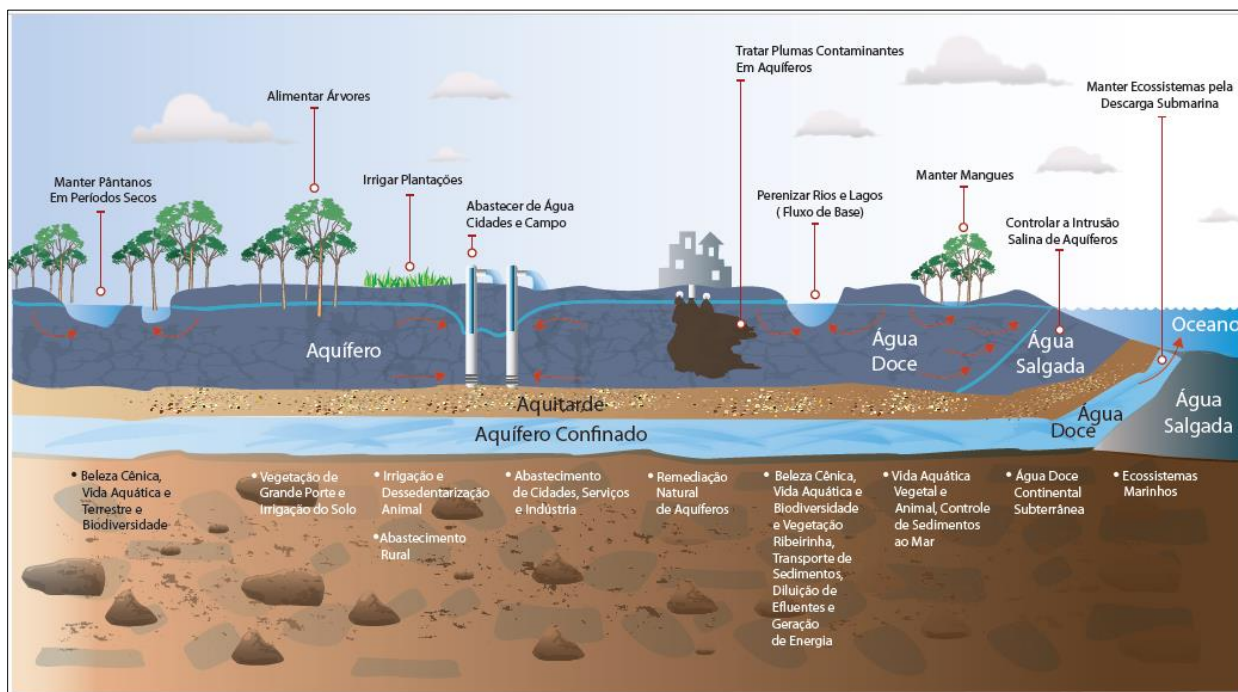
As águas subterrâneas são exploradas ou captadas através de poços ou nascentes. As nascentes são locais de descarga natural dos aquíferos que interceptam a superfície de um terreno, dando, posteriormente, origem a pontos de águas superficiais por meio de lagos ou rios. Já os poços (que é uma obra de captação de água subterrânea realizada com o auxílio da escavação ou perfuratriz) podem ser classificados em: poços tubulares (conhecidos como artesianos) e poços escavados (nomeado de várias formas conforme a região do Brasil) (Hirata *et al.*, 2019).

Nesse contexto, os registros que revelam a utilização das águas subterrâneas remontam à Pérsia e ao Egito, túneis e poços foram construídos para exploração e aproveitamento da água pelo homem, indicando assim que desde a idade antiga (800 a.C.) já haviam formas de captação dessas fontes (Tolman, 1937).

Conforme a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS), para compreender melhor a importância das águas em subsuperfície, é preciso notar que essa fonte é cem vezes mais abundante comparada com a que aflora na superfície, através de lagos e rios. Além disso, há uma estimativa de que o volume total desses reservatórios hídricos subterrâneos no planeta todo, supere 5 milhões de km³. Dessa forma, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), essas águas abastecem ao menos metade da população mundial (Giraldi, 2013).

Nesse contexto, as águas subterrâneas não são apenas cruciais para áreas urbanas ou rurais, mas desempenham um papel fundamental na sustentação dos ecossistemas naturais. Já os corpos d'água superficiais são vitais para o fluxo hídrico e a preservação da vida aquática e da vegetação ribeirinha, exercendo influência significativa no transporte de sedimentos e contribuindo, conseqüentemente, para a diluição dos resíduos lançados em seu curso (Hirata *et al.*, 2019) (Figura 3).

Figura 3. Papel desempenhado pelas fontes hídricas subterrâneas.



Fonte: Hirata *et al.* (2019).

Considerando esse cenário, destaca-se que a disponibilidade de água superficial de qualidade tem sido progressivamente reduzida, uma tendência fortemente associada à contaminação de origem humana. Por outro lado, as águas subterrâneas emergem como uma alternativa viável, uma vez que exibem qualidade adequada para uma variedade de usos, resultado de processos naturais de filtração através do perfil do solo ou das rochas. Portanto, constituem-se como um método natural de purificação (Medeiros *et al.*, 2009).

Reforçando a afirmação anterior, é necessário salientar que as águas em subsuperfície se revelam como um reservatório estratégico, por contar, também, com uma menor possibilidade de contaminação, por não estarem propensas à evaporação direta, e por ser uma importante fonte natural para períodos de estiagem, tendo um custo reduzido para captação (Lousada e Campos, 2005).

Evidencia-se que os frequentes problemas de abastecimento, cada vez mais longos, podem significar que as reservas hídricas subterrâneas possuem um valor significativo, indicando assim a necessidade de se pensar em métodos de planejamento, aproveitamento e armazenamento eficientes dessas fontes.

Todavia, há uma tendência de exploração acentuada para atender às necessidades de um mundo cada vez mais populoso, considerando que as fontes superficiais de abastecimento de água doce se apresentam, gradativamente, mais contaminadas (Giraldi, 2013).

De acordo com UNESCO (2022), as mudanças climáticas atingem de maneira direta a reposição das águas subterrâneas. Ainda, nota-se que as projeções globais indicam para uma enorme incerteza em relação aos impactos das mudanças climáticas na recarga das fontes hídricas subterrâneas. Ressalta, também, que apesar desse quadro, uma das maiores vantagens das águas subterrâneas é sua resiliência às variações climáticas, pois essa reserva hídrica não é dependente das chuvas constantes dos últimos 1-2 anos, já que faz parte do regime pluviométrico de anos e décadas.

Diferente das águas superficiais, as águas encontradas no subsolo não se mostram com facilidade aos olhos, isso implica numa maior dificuldade de gestão. Esse fato encobre a importância social, econômica e ambiental desse recurso hídrico subterrâneo, dificultando, também, o diagnóstico acerca da sua condição, assim como do fortalecimento de políticas públicas específicas (Hirata *et al.*, 2019).

Logo, a acessibilidade dos aquíferos, por exemplo, facilitando as captações irregulares e a presença de empresas de perfuração de poços clandestinas, dificulta, em parte, as políticas de controle e fiscalização, ocorrendo o oposto quando se trata das águas superficiais, que são visíveis, facilitando assim uma gestão mais adequada.

Dessa maneira, ressaltar o papel desempenhado pela água, desconsiderando o esbanjamento exacerbado pela humanidade, que adota um modelo capitalista de esgotamento dos recursos naturais, não teria significado algum se não houver um processo de sensibilização e adoção de políticas públicas que preservem esse bem tão valioso (Tuma e Oliveira, 2019).

A partir desse cenário, é relevante pensar no uso racional, afim de se evitar a utilização indiscriminada e sem critérios técnico-científicos, desse recurso finito e limitado para essa e futuras gerações.

2.3 Aquíferos fraturados/fissurais

O estudo relativo às águas subterrâneas em rochas fraturadas é recente, e relaciona-se ao baixo potencial desses aquíferos, por apresentarem permeabilidade reduzida e maior dificuldade para a perfuração de poços. Os aquíferos em rochas fraturadas, nas últimas décadas, mereceram

atenção especial, principalmente pela demanda de abastecimento em áreas urbanas e rurais. Nesse contexto, na Ásia, África e América Latina há uma preocupação quanto ao suprimento de água potável da sociedade, que reside em terrenos cristalinos (Neves, 2005).

Os aquíferos que se encontram em formações rochosas cristalinas dispõem de um comportamento singular, dado que pelas suas características, principalmente de percolação, não permitem, na maioria das vezes, o armazenamento de água.

Nesse sentido, a hidrogeologia dos aquíferos fissurais refere-se ao domínio das rochas ígneas e metamórficas, também conhecidas como embasamento cristalino. Esse domínio, possui a matriz do maciço rochoso, que se define pela ausência ou existência muito limitada de espaços intergranulares na rocha. Além disso, a água nesse meio se apresenta em fissuras ou fraturas, assim como em falhas e em alguns episódios, em vesículas, aberturas de dissolução, zonas de decomposição, entre outras (Waldir, 2008).

Os aquíferos fraturados são anisotrópicos e heterogêneos, razão pela qual há descontinuidades que dificultam o acesso à água. Nesses aquíferos, as fraturas ou fissuras e falhas estão ligadas aos esforços tectônicos que geram deformação nas rochas.

Os poços perfurados nessas rochas oferecem baixa vazão de água por hora, havendo, assim, a dependência do poço em interceptar fraturas/fissuras por meio de suas aberturas e pela intercomunicação nas rochas, para que haja a possibilidade de conduzir a água (Borghetti *et al.*, 2011).

Em rochas ígneas e metamórficas, a porosidade é inferior, se comparada aos outros tipos de rochas, em virtude do espaço poroso ser restrito às características já citadas. Desse modo, os valores da porosidade da fissura alcançam de 1 a 2% apenas, ainda que algumas rochas fraturadas tenham grande espaço poroso (até 10%) contido nas rachaduras (Grotzinger e Jordan, 2013).

A exploração dos aquíferos fraturados apresenta riscos, posto que não se pode garantir com segurança uma vazão de exploração e tampouco reservas. Contudo, esses mananciais são utilizados na região Nordeste, que possui em sua subsuperfície cerca de 50% de rochas cristalinas (ígneas e metamórficas do período pré-cambriano), onde existem poços produzindo água. Nessas circunstâncias, as particularidades de aquíferos livres, de modo geral, e as altas condutividades hidráulicas relacionadas às descontinuidades, permitem a ocorrência de uma recarga direta e acelerada, oferecendo perspectivas permanentes de exploração, que só são modificadas em caso de longos períodos de estiagem (Feitosa e Diniz, 2011).

Não obstante, a demanda crescente pelo uso da água no mundo causada pelas constantes crises hídricas, possibilitou uma maior ênfase e atenção a esses aquíferos. Nessa perspectiva, percebe-se um aumento nas pesquisas científicas em torno do conhecimento das águas subterrâneas de meios fraturados.

Neste estudo, os aquíferos fissurais merecem atenção especial, posto que a área pesquisada se encontra no embasamento cristalino. É importante considerar, ainda, que a exploração das águas subterrâneas, por meio de poços, vem se intensificando nas últimas décadas no município em questão, como consequência, em grande parte, das crises hídricas. Essa prática evidencia que a exploração indiscriminada de poços, nesse tipo de contexto geológico, expõe as águas subterrâneas a possíveis contaminações.

2.4 Vulnerabilidade e risco de contaminação de aquíferos

Os aquíferos podem ser poluídos como consequência de diversos fatores, portanto identificá-los para prevenção de possíveis danos causados por contaminantes pode evitar maiores prejuízos. Posto isso, constata-se que o fluxo e o transporte de cargas contaminantes nos aquíferos não são simples de serem mensurados/medidos. Por esses motivos, há omissão dos órgãos gestores em relação aos riscos de contaminação das águas subterrâneas. Entretanto, o assunto é de fundamental importância, não apenas pelos impactos aos recursos hídricos ou pela persistência dos incidentes de contaminação, mas também pelos elevados custos ou pela impossibilidade técnica da reabilitação dos aquíferos (Foster e Hirata, 1993).

Desse modo, pode-se definir vulnerabilidade à contaminação de um aquífero como a capacidade deste em ser adversamente atingido por um volume de contaminantes originados da atividade humana. Ademais, o conceito de risco de poluição de águas subterrâneas está associado à interação entre vulnerabilidade natural do aquífero e a carga contaminante aplicada no solo ou em subsuperfície, resultante de um evento contaminador (Foster e Hirata, 1988).

A ausência de conhecimento acerca dos mananciais hídricos subterrâneos, do seu papel e das práticas essenciais para sua proteção, expõe os aquíferos ao risco de contaminação ou ao mau uso, podendo resultar na sua superexploração. No Brasil, não há uma noção do número real de poços explorados, embora haja obrigação por lei em registrar ou obter autorização (outorga) para extração de água subterrânea. Os poços tubulares regulares e legalizados, representam um pouco mais de 1%. Nesse sentido, o volume de água extraída ou o seu respectivo valor são, de certa

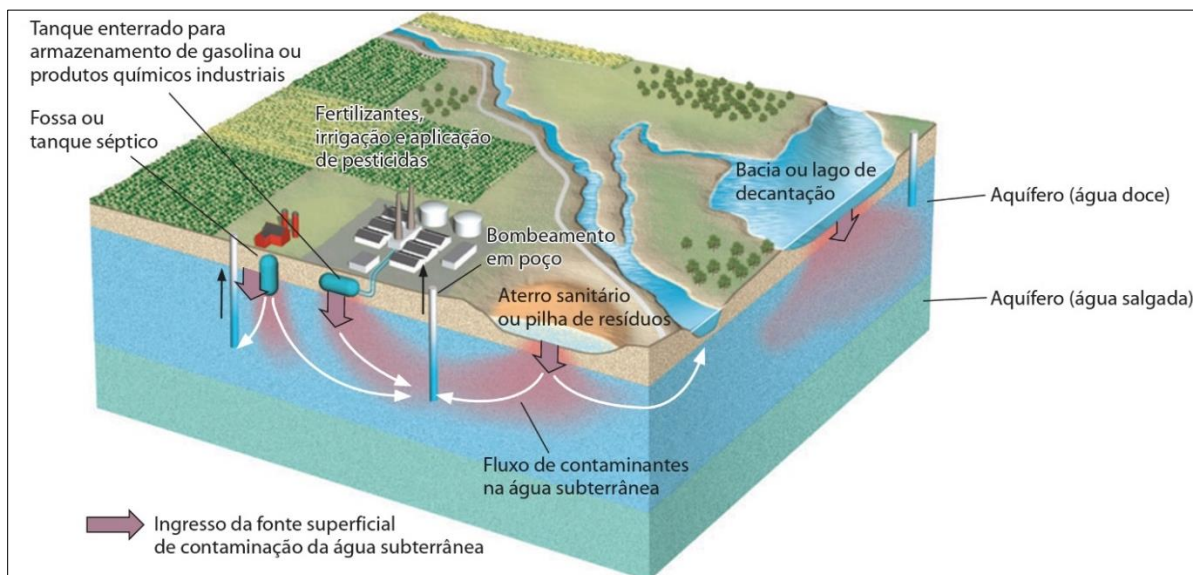
maneira, mascarados pela clandestinidade, assim qualquer pesquisa ou estudo que tenha por objetivo identificar o papel desse recurso hídrico terá que conviver com a ausência de dados oficiais (Hirata *et al.*, 2019).

Sendo assim, para avaliar o risco de contaminação das águas no subsolo, exige-se que alguns aspectos sejam considerados, como: 1) compreender a relação entre vulnerabilidade à contaminação do aquífero e a carga contaminante; 2) entender a sensibilidade de um aquífero aos efeitos de um volume contaminante a ele imposto; 3) realizar o mapeamento dos riscos de contaminação em determinada área; 4) estabelecer zonas de captura de vulnerabilidade à contaminação do aquífero e relacioná-las aos mapas elaborados; 5) e definir o objetivo do mapeamento e levantamento de informações do risco de contaminação das águas subterrâneas para proteger o abastecimento de água ou proteger a reserva do aquífero (Foster *et al.*, 2006).

A classificação de fontes potenciais de carga contaminante pressupõe basear-se em duas características: (1) probabilidade da existência de contaminantes que são persistentes e móveis em subsuperfície; (2) e presença de uma carga hidráulica relacionada (sobrecarga) com capacidade de provocar o transporte advectivo dos contaminantes para os aquíferos. No entanto, é necessário empregar suposições mais simples, em virtude da ausência de informações dessa natureza, ou seja, deve-se atentar para: (1) vincular a probabilidade da existência de substância poluente ao tipo de atividade antrópica; (2) e realizar uma estimativa acerca da possibilidade de sobrecarga hidráulica conforme a utilização da água pela atividade em questão (Foster *et al.*, 2006).

As principais fontes antrópicas de contaminação de águas subterrâneas (Figura 4), de acordo com Freezy e Cherry (2017), são: descarte de resíduos sólidos, disposição de esgoto em superfície, atividades agrícolas, vazamentos e derramamentos de petróleo, disposição de resíduos radioativos, descarte de resíduos líquidos em poços profundos, além de outras fontes.

Figura 4. Atividades humanas que podem contaminar os aquíferos.



Fonte: Grotzinger e Jordan (2013).

Em conformidade com Foster *et al.* (2006), alguns fatores devem ser considerados afim de compreender como os aquíferos se tornam contaminados:

- (1) A contaminação dos aquíferos ocorre nos locais onde a carga poluente, oriunda da atividade humana, não está efetivamente controlada, tendo em determinados momentos excedido a capacidade de atenuação natural dos solos e das camadas de cobertura;
- (2) Os aquíferos são suscetíveis à contaminação onde há presença de rochas com elevado grau de fissuração;
- (3) As águas subterrâneas são vulneráveis à poluição, também, quando estão inseridas em aquíferos livres ou não confinados, onde o lençol freático é raso;
- (4) A atividade humana provoca danos aos aquíferos, inclusive modificando as taxas de recarga, sua frequência e qualidade, a partir da superfície do terreno;
- (5) O transporte de contaminantes pode ser um processo lento, e aquíferos mais profundos serão afetados a longo prazo, mascarando de certa forma a poluição por um contaminante persistente, por exemplo, não sendo perceptível em pontos de captação a princípio;
- (6) Outro problema de contaminação ocorre quando a água subterrânea está visivelmente poluída, significando assim que grandes volumes do aquífero estão comprometidos.

Ponderando o risco de contaminação das águas subterrâneas, deve-se estabelecer critérios para tentar detectar as áreas mais propensas à poluição, remetendo a medidas de gerenciamento que possam minimizar tal problema.

Nessa concepção, alguns trabalhos científicos merecem ênfase no que tange à identificação de áreas propensas à contaminação de aquíferos. Dentre alguns, pode-se destacar:

- (1) *Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table (GOD)* desenvolvido por Foster e Hirata (1988), método adotado neste trabalho e detalhado nos capítulos seguintes, estima o grau de vulnerabilidade natural de aquíferos, e que é amplamente reconhecido na América Latina, em países como Barbados em trabalho de Chilton *et al.* (1990), na Argentina por Blarasín *et al.* (1993) e Paris *et al.* (1999), no Brasil por Hirata *et al.* (1991) e Martin *et al.* (1998), na Colômbia por Paez (1999), na Nicarágua por Sharp *et al.* (1997) e no México por Stuart e Milne (1997);
- (2) *Pollutant Origin, Surchage Hydraulicaly (POSH)*, proposto por Foster *et al.* (2006), empregado nesta pesquisa e detalhado nos capítulos posteriores, caracteriza a carga contaminante e o respectivo risco às águas subterrâneas;
- (3) Método DRASTIC desenvolvido por Aller *et al.* (1987), que não foi utilizado neste trabalho, mas que está citado apenas como exemplificação, é obtido por meio da soma ponderada de sete parâmetros: profundidade do nível da água, recarga natural, meio aquífero, solo, topografia, zona vadosa e condutividade hidráulica da zona saturada. Além de merecer destaque por ser utilizado em alguns trabalhos científicos no Brasil, este método ganhou notoriedade, especialmente, na Europa e nos Estados Unidos.

Os variados métodos de avaliação da vulnerabilidade e do risco de contaminação de aquíferos apresentam vantagens significantes, tanto de ordem quantitativa como qualitativa para o estudo de áreas suscetíveis a receberem cargas poluentes. Para a utilização desses métodos, deve-se realizar aferições baseadas em dados, em consonância com suas características.

2.5 Instrumentos legais de proteção e gestão dos recursos hídricos

A exploração da água subterrânea deve observar a proteção dos aquíferos, dado que, mesmo que sejam mais protegidos da contaminação do que as águas superficiais, a construção ou operação inapropriada de um poço, por exemplo, pode comprometer sua estrutura, causando danos ao próprio aquífero. Assim, quando ocorre a perfuração de um poço tubular a política de proteção

deve ser respeitada, sempre cogitando a presença de possíveis fontes de contaminação que se encontram em seu entorno (Giampá e Gonçalves, 2015). Outra questão que vale salientar, é o uso excessivo das águas subterrâneas, considerando a sua viabilidade futura, uma vez que a velocidade da extração de água é muito maior do que a recarga natural do aquífero (Villar, 2005).

Nessa conjuntura, o que amparava a exploração dos recursos hídricos subterrâneos era o Código de Águas em seu Decreto nº 24.643/1934, referindo-se a esses recursos como de domínio particular, significando que o proprietário da terra poderia explorá-los livremente sem o prejuízo de consequências jurídicas:

Art. 8º São particulares as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando as mesmas não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou as águas comuns (Brasil, 1934, p. 2).

Art. 96. O dono de qualquer terreno poderá apropriar-se por meio de poços, galerias, etc., das águas que existam debaixo da superfície de seu prédio contanto que não prejudique aproveitamentos existentes nem derive ou desvie de seu curso natural águas públicas dominicais, públicas de uso comum ou particulares (Brasil, 1934, p. 11).

A referida lei se configura como um equívoco jurídico grave na história recente do Brasil, que acaba se refletindo na atual relação do homem com a água neste país. As águas subterrâneas tornaram-se um bem de domínio público só com a Constituição Federal de 1988. Nesse sentido, a lei prevê em seu Capítulo III, art. 26, inciso I, que estão incluídas entre os bens do Estado: “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União” (Brasil, 1988, p. 17).

No tocante à gestão das águas subterrâneas, a Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 no art. 32, IV, no que diz respeito ao Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) objetiva “planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos” (Brasil, 1997, p. 6). Além disso, segundo a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 396, de 3 de abril de 2008 no art. 21, IV,

Os órgãos ambientais, em conjunto com os órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde, deverão promover a implementação de áreas de restrição e controle do uso da água subterrânea, em caráter excepcional e temporário, quando, em função da condição da qualidade e quantidade da água subterrânea, houver a necessidade de restringir o uso ou a captação da água para proteção dos aquíferos, da saúde humana e dos ecossistemas (CONAMA, 2008, p. 312).

A autorização para a exploração e aproveitamento da água depende dos termos da outorga. Caso ocorra alguma infração que esteja em discordância com tais termos previstos, há possibilidades de se configurar como crime ambiental.

Por essa razão, o art. 49 da Lei Federal nº 9.433/97 reputa como infração das normas de uso de recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quando:

I – derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso; II – iniciar a implantação ou implantar empreendimento relacionado com a derivação ou a utilização de recursos hídricos, superficiais ou subterrâneos, que implique alterações no regime, quantidade ou qualidade dos mesmos, sem autorização dos órgãos ou entidades competentes; IV – utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga; V – perfurar poços para extração de água subterrânea ou operá-los sem a devida autorização; VI – fraudar as medições dos volumes de água utilizados ou declarar valores diferentes dos medidos; VII – infringir normas estabelecidas no regulamento desta Lei e nos regulamentos administrativos, compreendendo instruções e procedimentos fixados pelos órgãos ou entidades competentes; VIII – obstar ou dificultar a ação fiscalizadora das autoridades competentes no exercício de suas funções (Brasil, 1997, p. 11).

Ainda se configura como infração na exploração de águas subterrâneas, o que está contido no art. 60 da Lei Federal nº 9.605/98, na seção III que trata sobre poluição e outros crimes ambientais, enfatizando que:

Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes: pena – detenção, de um a seis meses, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente (Brasil, 1998, p. 10).

Nessa conjuntura, a Política Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, conforme a Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996, Art. 2, V, estabelece que “o aproveitamento dos Recursos Hídricos deverá ser feito racionalmente de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente” (Paraíba, 1996, p. 1).

Outra questão pertinente em relação às águas subterrâneas da Paraíba, especificamente a poços tubulares em solo cristalino, presente na Resolução DIR AESA nº 001, de 17 de janeiro de 2019, art. 1º, salienta que:

A Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA, nos processos de licença de obra hídrica para perfuração de poços na formação cristalina no Estado da Paraíba, exigirá do solicitante o seguinte: I – Requerimento de Licença de Obra Hídrica; II – Documento que comprove a posse do local da perfuração (Paraíba, 2019, p. 1).

Logo, a legislação tanto federal quanto estadual regulamenta a exploração dos recursos hídricos subterrâneos, contudo Hirata e Fernandes (2016), alertam que os órgãos responsáveis por gerir as águas subterrâneas não prestam a devida assistência, pois subestimam a importância desse recurso hídrico. Além disso, afirmam que o estado deveria assumir uma prática de parceria com os usuários, haja vista o grande potencial dos aquíferos, no sentido de orientá-los, assim como incluir ações de proteção.

Para tal propósito, uma das alternativas eficientes é o cadastro de usuários em uma base de dados, como recurso estratégico para mapear os usos, localização e finalidades. Com a ausência de conhecimento sobre estes aspectos, o processo de gestão fica comprometido. É necessário evidenciar, no que tange o compartilhamento das águas subterrâneas entre os Estados, que o sistema de cadastro de cada unidade federativa deve ter compatibilidade com os demais sistemas, expondo dessa maneira uma urgência de utilização de bases de informação que se “conversem” (Granziera e Granziera, 2015).

A gestão da água, no Brasil, é recente dado que só foi instituída somente no ano de 1997, sendo amparada pela Lei Nacional de Recursos Hídricos. Posteriormente, em 2002 foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos para potencializar esse conceito que se tornaria um mecanismo fundamental para a gestão das águas (Giraldi, 2013).

Os danos ambientais causados, por exemplo, pelo uso e ocupação desordenado do solo, que conta com uma interferência antrópica direta, tendo sérios efeitos sobre a demanda hídrica, evidencia que municípios com altos níveis de efetivação de instrumentos de gestão ambiental se tornam menos vulneráveis a essas práticas (Oliveira *et al.*, 2017).

Desse modo, infere-se que para uma boa gestão territorial, uma das maneiras mais efetivas de planejamento diz respeito à manutenção e preservação dos mananciais hídricos, sejam esses subterrâneos ou superficiais, tendo em vista que para isso é necessária uma atenção especial às demandas ambientais recorrentes.

A pressão do processo de urbanização irregular, que provoca a impermeabilização de solos, as modificações de canais, as enchentes, os problemas de saúde humana e a poluição da água, são problemas locais e influenciam no gerenciamento das águas subterrâneas. Desse modo, os municípios possuem um papel importante, no que tange o disciplinamento do uso e ocupação do solo e na autorização de serviços de saneamento, além de ter responsabilidade pela gestão dos recursos hídricos (Miranda, 2012).

Na gestão dos recursos hídricos almeja-se ações que visem a preservação, com o intuito de encontrar maneiras que possam contribuir para o uso racional e equilibrado da água. A gestão hídrica é parte integrante da gestão ambiental, posto que seu objetivo é controlar as interferências no meio ambiente, estruturando princípios e diretrizes que possam conduzir sistemas gerenciais, projetos e planos que se baseiam no uso, proteção e manutenção do meio ambiente (Lanna, 1995 *apud* Miranda, 2012).

Contudo, percebe-se que o espaço geográfico vem sendo modificado consideravelmente, com constantes ameaças, de modo particular, quando envolve os aspectos ambientais, configurando assim grandes problemas para manutenção dos recursos naturais. Isso indica a exigência de uma integração entre a gestão pública e a sociedade civil, na busca por um planejamento que considere a conservação e proteção do meio ambiente, especificamente em relação às águas subterrâneas. Além disso, salienta-se que essa temática deve, também, ser enfatizada em outras áreas do conhecimento, dada a sua importância.

2.6 Mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas

A captação de águas subterrâneas mediante o uso de poços, com o passar do tempo, se tornou uma das maneiras mais práticas para exploração. Entretanto, é importante salientar alguns aspectos na construção de poços que evidenciam o risco de contaminação da água, especialmente quando localizados próximos a pontos como postos de gasolina, cemitérios, lixões e fossas (Medeiros *et al.*, 2009).

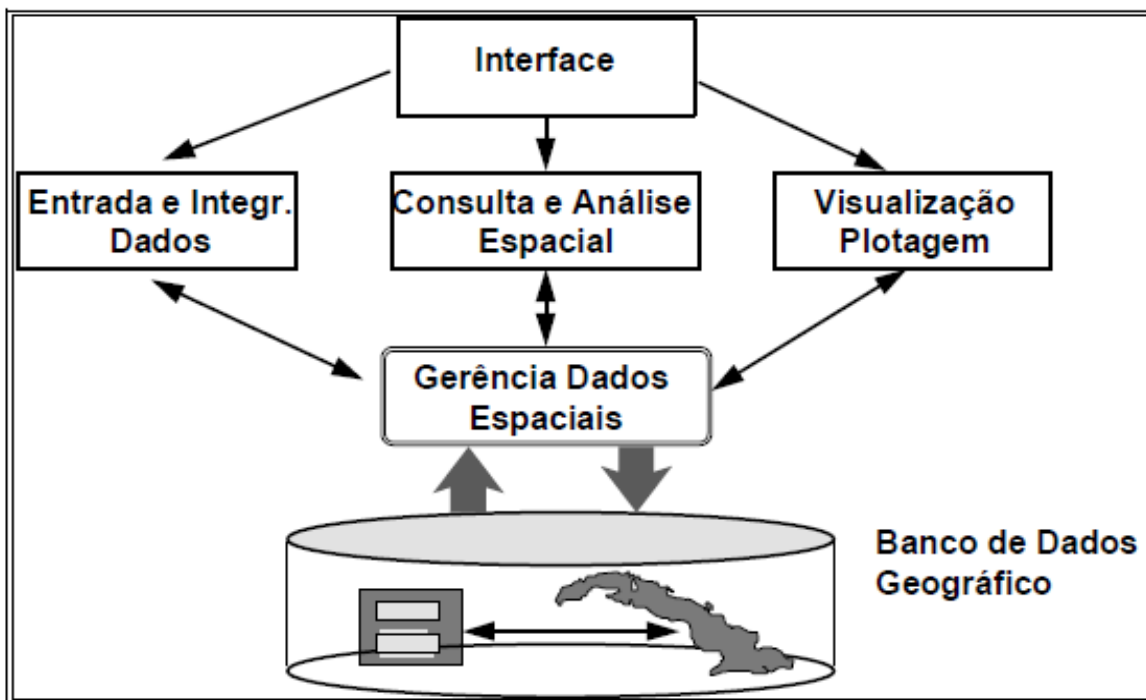
Ponderando esses e outros aspectos, o mapeamento da vulnerabilidade do aquífero à poluição, usualmente, é a primeira etapa para avaliar o perigo de contaminação das fontes hídricas subterrâneas e consequentemente da proteção de sua qualidade, tanto em escala estadual quanto municipal (Foster *et al.*, 2006).

Nesse sentido, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma importante ferramenta para os estudos ambientais, e por consequência auxilia no mapeamento das áreas com risco de contaminação de águas subterrâneas.

Conforme Lisboa Filho (2000), o software deve dispor de alguns elementos essenciais para poder se configurar como um Sistema de Informação Geográfica, são eles: componente de captura de dados, componente de armazenamento, componente de análise e componente de apresentação

de dados. A Figura 5 exibe o esquema de organização e arquitetura de um Sistema de Informação Geográfica.

Figura 5. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica.



Fonte: Câmara *et al.* (2001).

É primordial destacar que os mapas de vulnerabilidade, nesse contexto, são destinados a oferecer uma estrutura geral para que as políticas de proteção possam se basear. Para tanto, os profissionais de regulação, planejamento e desenvolvimento territorial e ambiental poderão estar amparados para avaliar propostas que tem o objetivo de controlar a contaminação, assim como monitorar a qualidade da água subterrânea (Foster *et al.*, 2006).

Desse modo, o mapeamento de dados georreferenciados que tem como resultado produtos cartográficos, são essenciais nas pesquisas sobre vulnerabilidade de aquíferos, posto que geram estimativas espaciais capazes de contribuir para a gestão ambiental de determinados territórios.

2.7 Panorama do abastecimento de água em Campina Grande

Em concordância com Cirilo (2015), no Nordeste, a seca ocorrida entre os anos de 1979 a 1983 tornou-se uma das mais significativas da história dessa região. Os primeiros anos (1979 e 1980) foram marcados pela expressiva deficiência pluviométrica durante os meses do período

chuvoso. Já em 1981 verificou-se a seca agrícola, dado que as precipitações ocorreram após a época propícia para a germinação das plantas. Posteriormente, em 1982, apesar das baixas precipitações, os resultados se tornaram menos inadequados para a agricultura.

A crise de abastecimento de água, no semiárido nordestino, de modo específico no início do século XIX, causado pelas estiagens constantes passaram a não ser, apenas, um aspecto relacionado à questão climática e se transformaram em um problema econômico e social. Esse quadro foi vivenciado pela cidade de Campina Grande e agravado, principalmente, pela expansão urbana (Lima *et al.*, 2014).

Nesse cenário, o município de Campina Grande teve de conviver com períodos de estiagens ao longo de sua história, tendo como consequência algumas fases de racionamentos de água. Além disso, outras alternativas tornaram-se fundamentais para resolução desses problemas de déficit hídrico: (1) a captação de água subterrânea por meio de poços; (2) e a transposição das águas do Rio São Francisco. Ambas amenizaram as crises de abastecimento hídrico desse município.

O primeiro reservatório construído para suprir a demanda de abastecimento hídrico de Campina Grande foi o Açude Velho, onde antes situava-se o Riacho das Piabas, atualmente centro da cidade. A obra iniciou-se em 1828 pelo governo provincial da Paraíba, tendo sido inaugurada em 1830 e concluída em 1844. O reservatório, de início, abasteceu a Vila (Vila Nova da Rainha, nome de origem do município de Campina Grande na época) e em seguida a cidade. Ainda em 1830, outro açude foi construído como suporte para o reservatório antes citado, o Açude Novo. Por aproximadamente um século, esses dois açudes foram responsáveis pelo abastecimento hídrico da cidade de Campina Grande e dos municípios polarizados por ela (Brito, 2008). Contudo, esses dois reservatórios tornaram-se insuficientes para atender um município que continuava a crescer demograficamente, ou seja, o déficit hídrico voltava a ser um problema social.

Entre os anos de 1915 e 1917, outro açude foi construído para amenizar a crise hídrica do município, o Açude Bodocongó. Essa obra foi realizada sobre o Riacho de Bodocongó. No entanto, o referido reservatório não atingiu o objetivo esperado em razão do elevado grau de salinidade de suas águas. Apesar disso, o açude colaborou para o surgimento do bairro Bodocongó, que na década de 1930 atraiu e possibilitou a introdução de várias indústrias nas imediações, como o Curtume Vilarim, a Fábrica Têxtil do Bodocongó e um Matadouro, que passaram a utilizar as águas do reservatório nesse período (Lima *et al.*, 2014).

Além do avanço da área urbana, a cidade de Campina Grande evoluiu no setor industrial. Esse fato ocasionou mais uma pressão no sistema hídrico, já que os açudes responsáveis pelo abastecimento não eram suficientes para manter tal conjuntura. Isso indicava que seria necessária outra alternativa de abastecimento que pudesse suprir as necessidades não só das empresas como também da população.

Sendo assim, no ano de 1928, o referido município aderiu a outro sistema de abastecimento, dessa vez o de Puxinanã, tendo que captar água a partir do Açude João Suassuna. Com esse reservatório, passou a receber água encanada. Anos mais tarde, em 1939, os problemas citados continuavam, e o município teve que recorrer a um novo reservatório, conhecido como Vaca Brava, situado em parte dos territórios de Areia e Remígio, que fica a uma distância de 40 km de Campina Grande. Essa experiência, na ocasião, foi executada mediante uma infraestrutura voltada para a transposição. Posteriormente, em 1958, Campina Grande e outros municípios começaram a ser abastecidos por adutoras do Açude Eptácio Pessoa, localizado em Boqueirão (Brito, 2013).

O citado açude, também chamado de Açude de Boqueirão, está localizado na região semiárida da Paraíba, de modo específico na zona rural do município de Boqueirão, conhecida como região dos Cariris Velhos. Esse reservatório hídrico é o mais importante da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, possuindo aproximadamente 14.000 km² de área superficial e tendo capacidade para 411 milhões de metros cúbicos de água (Lima *et al.*, 2014).

Entre os anos de 1998 a 2003, o Açude Eptácio Pessoa enfrentou um grande déficit hídrico. Naquele momento, no dia 29 de dezembro de 1999, as águas do reservatório chegaram a um nível preocupante, tendo apenas 14% de sua capacidade, segundo a AESA, indicando que dos 411.686.287 m³ somente 61.492.339 m³ estavam disponíveis, devido à baixa precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. Nesse período, o Açude Boqueirão alcançava o estágio mais crítico de sua história, no entanto anos mais tarde a situação alcançaria o ápice da crise. Essa problemática exigiu dos órgãos gestores alguma resposta, e isso contribuiu para a inclusão do reservatório no PISF, contando com a transposição das águas a partir do eixo leste (Brito, 2013).

No ano de 2016, em meio à crise hídrica e o racionamento do uso da água no município de Campina Grande, observou-se um significativo aumento de perfuração de poços. Nesse período, a utilização de água subterrânea para ingestão humana triplicou, tendo, assim, uma economia para outros tipos de atividades domésticas como: descargas, rega de jardins, banho, dentre outros. Esse

quadro pode ter influência relacionada à desconfiança da população acerca da água distribuída pelo serviço público de abastecimento da Paraíba (Catão *et al.*, 2021).

Nessa ocasião, a prefeitura municipal de Campina Grande, representada pela Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA), adquiriu uma máquina perfuratriz para perfuração de poços, com o intuito de amenizar a crise hídrica instalada durante o período citado anteriormente. O investimento foi de aproximadamente 1 milhão de reais e a máquina tem capacidade para perfurar poços com até 110 metros de profundidade. Na oportunidade, mais de 30 poços haviam sido perfurados, nos primeiros 90 dias de operação, inclusive com ótimas vazões registradas (SESUMA, 2016).

Contudo, a AESA relatou problemas para fiscalizar esse tipo de prática em Campina Grande, e as dificuldades para tal ação estão associadas, principalmente, à construção de poços em propriedades privadas, por não possuir ferramentas tecnológicas capazes de realizar alguma intervenção, a não ser que ocorra uma denúncia. Pode-se ressaltar, também, o número insuficiente de funcionários que realizam a fiscalização para uma área territorial tão extensa. A AESA admitiu a problemática, reconhecendo que há uma estimativa de 500 poços irregulares e 20 empresas de perfuração operando sem as devidas licenças no município (Araújo, 2018).

Nesse contexto, as águas do PISF chegaram na pior fase hídrica da história do Açude de Boqueirão, tendo um volume registrado de 2,9% de sua capacidade total em abril de 2017, que logo após a integração com as águas da transposição passou para 8,2% segundo dados da AESA. Naquela ocasião, o fim do racionamento de água pelos municípios abastecidos pelo referido reservatório foi decretado, precisamente no dia 25 e 26 de agosto de 2017 (Alves, 2019).

Desde então, o município de Campina Grande e os municípios dependentes do Açude Epitácio Pessoa tem convivido com períodos de estabilidade hídrica e um dos fatores para esse panorama está relacionado ao PISF. Atualmente, especificamente no dia 19/01/2024, consta no site da AESA na página que exhibe os volumes dos açudes do estado, que o reservatório citado possui 172.580.687 m³ de volume, ou seja, com 36,99% de sua capacidade total.

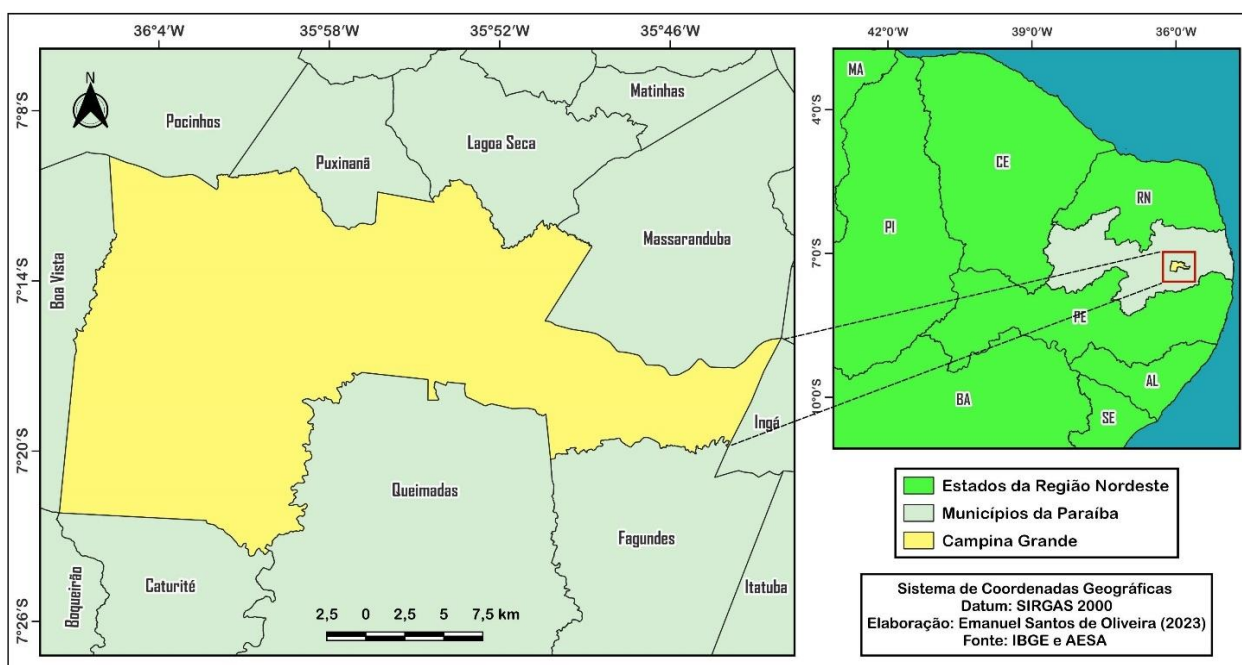
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O reconhecimento da área pesquisada permite a compreensão dos aspectos naturais, do referido território, que estão alinhados com as características deste estudo.

3.1 Localização geográfica

A área de estudo (Figura 6) é classificada como região geográfica intermediária e imediata de influência para os municípios limítrofes e vizinhos, estando a uma distância de 125 km da capital do estado, João Pessoa, tendo a BR-230 como acesso principal (IBGE, 2022).

Figura 6. Mapa de localização do município de Campina Grande.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O município de Campina Grande possui uma extensão territorial de 486,98 km² e conta com 66,64 km² de área urbanizada. A população registrada no último censo (2022) foi de 419.379 habitantes, e a densidade demográfica de 708,82 hab/km² (IBGE, 2022). Assim, a área de estudo está delimitada pelas coordenadas 7° 23' 13.6" S a 7° 9' 15.2" S e 36° 7' 25.9" W a 35° 43' 15.5" W.

3.2 Aspectos fisiográficos

Além dos aspectos sociais e territoriais, salienta-se a importância de enfatizar os elementos fisiográficos como o relevo, a hidrografia, os solos, a vegetação e o clima da área de pesquisa. Esses parâmetros serviram para complementar e reforçar a análise do espaço geográfico do referido trabalho, trazendo evidências que possam comprovar as observações e constatações realizadas.

O relevo da área de pesquisa está inserido nas encostas orientais e no pediplano central do Planalto da Borborema. É caracterizado por planaltos com formas convexas e tabulares, com altitudes que variam de 250 a 650 m (Paraíba, 2006; Paraíba, 2022). Outro aspecto que é necessário indicar refere-se à topografia do município, que exibe um relevo suavemente ondulado. A parte mais acidentada do relevo encontra-se a NE (Nordeste), em direção à Lagoa Seca, a Sudoeste situa-se a Serra do Monte (alinhamento de *Inselbergs*), que divide o município de Campina Grande com o de Boqueirão, e a Sudeste ocorrem dois alinhamentos (Serra de Catauma e Serra de Bodopitá), as mesmas separam Campina Grande dos municípios de Fagundes e Queimadas (Henrique, 2006).

O município está representado pela bacia hidrográfica do Rio Paraíba (médio curso). Aponta-se como os principais cursos d'água desse território, os rios: Salgadinho, Bodocongó, São Pedro, Cruzeiro e Surrão. Em relação aos riachos, destacam-se: o Logradouro, da Piaba, Marinho, Caieira, do Tronco e Cunha. Os cursos d'água citados possuem regime intermitente/temporário, dispondo de um padrão de drenagem dendrítico (Beltrão *et al.*, 2005).

Conforme o mapa de levantamento exploratório de reconhecimento de solos do estado da Paraíba, produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o município de Campina Grande apresenta os seguintes tipos de solos: Neossolos Regolíticos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Luvisolos Crômicos Órticos e Planossolos Nátricos Órticos (EMBRAPA, 2018). Ressalta-se que os solos do município são rasos e com características argilo-arenosas, tendo em vista a carência de índices pluviométricos favoráveis. Devido a esses fatores a formação de florestas densas é comprometida. Entretanto, a vegetação é diversificada, contando com a presença de cactáceas, legumináceas e bromeliáceas, assim como rarefeitas associações de juazeiros, algarobas, umbuzeiros e marmeleiros (Henrique, 2006).

O clima predominante, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo AS', caracterizado por ser quente e úmido, com chuvas que ocorrem durante o outono e inverno, seguido por um período de estiagem que se estende por 5 a 6 meses. Essa configuração climática abrange

a faixa costeira da Paraíba até atingir o Planalto da Borborema, abrangendo aproximadamente 100 km e englobando as zonas fisiográficas do Litoral e da Mata, do Agreste e da Caatinga Litorânea, do Brejo e da Borborema Oriental. A pluviometria é influenciada pela Massa Equatorial Atlântica, que se inicia no outono e apresenta maior umidade na corrente inferior dos alísios. Durante o inverno, a presença de massas polares do sul se combina com os alísios de sudeste, resultando em significativa precipitação, especialmente na região litorânea (Henrique, 2006).

3.3 Contexto Geológico e Hidrogeológico

Neste estudo, evidencia-se a importância dos aspectos geológico e hidrogeológico para análise dos mananciais hídricos subterrâneos, posto que a identificação de áreas propensas à contaminação possibilita uma exploração desses mananciais com base no conhecimento técnico-científico. Esse tipo de análise evita maiores prejuízos nos âmbitos natural, social e econômico.

Para a compreensão da geologia e hidrogeologia do território pesquisado, deve-se atentar para o reconhecimento dos agentes endógenos que atuaram e atuam tanto no estado da Paraíba quanto no município de Campina Grande.

3.3.1 Geologia da Paraíba

A Paraíba possui cerca de 80% do seu subsolo composto por rochas pré-cambrianas, formando parte da Província Borborema. Essa formação remonta aos períodos Meso e Neoproterozóico, e no estado, é identificada pelos domínios geotectônicos da subprovíncia Rio Grande do Norte, abrangendo os terrenos Granjeiro, Rio Piranhas e São José do Campestre, além da faixa Seridó. Também inclui a subprovíncia transversal, que compreende a faixa Piancó-Alto da Brígida e os terrenos Alto Moxotó, Alto Pajeú e Rio Capibaribe, juntamente com uma pequena porção da faixa Orós-Jaguaribe. Os 20% restantes correspondem à fração da bacia do Araripe, do Rio do Peixe e Pernambuco-Paraíba (Paraíba, 2022).

As zonas de cisalhamento (zona tabular onde a deformação é mais acentuada que a deformação das rochas do seu entorno) atuantes, dividem os domínios tectono-estratigráficos, e formam as feições geotectônicas mais notórias da Paraíba. Já na subprovíncia Rio Grande do Norte e na faixa Orós-Jaguaribe ocorre um substrato de idade Paleoproterozóica e uma faixa metassedimentar plataformar à turbidítica (depósitos sedimentares de origem submarina), com idade Neoproterozóica (Paraíba, 2022).

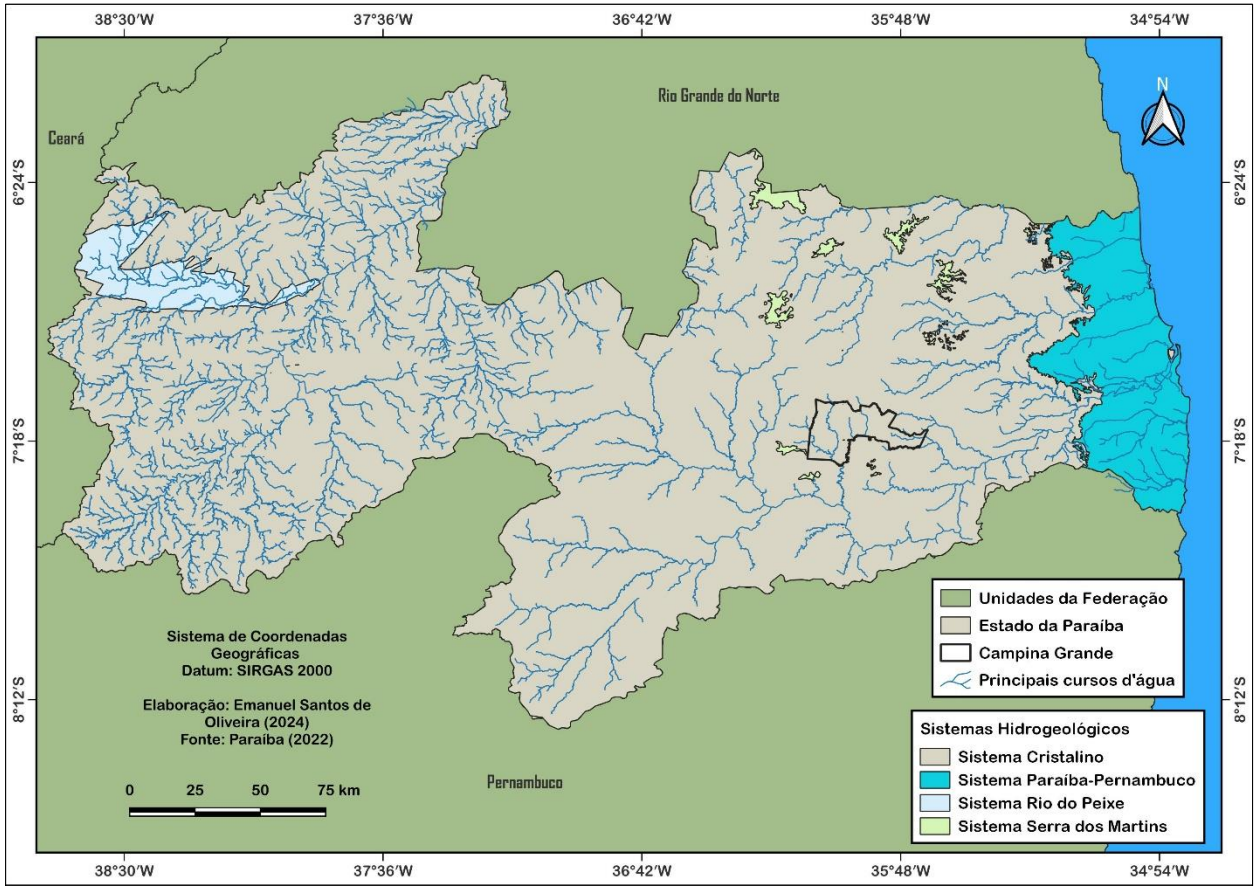
Acerca da geologia do cristalino, pode-se classificar esse sistema em três grupos lito-estratigráficos (estratos ou camadas rochosas), na Paraíba: (1) rochas que remetem ao Arqueano e Paleoproterozóico pertencentes ao embasamento do sistema, constituídas por ortognaisses, migmatitos e granitóides; (2) rochas de coberturas supracrustais (rochas do embasamento que sofreram o processo de metamorfismo), que datam do Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e Neoproterozóico compostas por metassedimentos (rochas sedimentares que exibem evidências de terem sido submetidas a metamorfismo) diversos, essencialmente com predomínio de xistos e por outros sedimentos, sejam eles quartzitos, filitos, meta-arcósios, calcários cristalinos (mármore) e rochas calco-silicáticas; e por fim (3) granitóides diversos com a presença de granitos, granodioritos, dioritos, dentre outros, que são introduzidos nas citadas rochas supracrustais ou estão, de forma genética, ligadas à sua origem, mediante o processo de migmatização (fusão parcial de uma rocha metamórfica) (Paraíba, 2016).

3.3.2 Hidrogeologia da Paraíba

As águas subterrâneas possuem características que são resultantes da relação/interação dos aspectos climáticos com os elementos físicos da região que sofre tal influência, de modo especial por sua constituição geológica. Dessa forma, o estado da Paraíba apresenta características físicas no embasamento rochoso (permeabilidade e porosidade), que permitem classificar 6 tipos de sistemas hidrogeológicos (Figura 7): sistema cristalino, que compreende 89,82% do estado, representando assim o maior sistema hidrogeológico desse território; sistema sedimentar Paraíba-Pernambuco, com 6,99%; sistema Rio do Peixe que abrange 2,38%; e o sistema Serra dos Martins compreendendo 0,79%. Pode-se destacar, também, os sistemas aluvionar e elúvio-coluvionar, que não foram incluídos na representação cartográfica devido às suas pequenas extensões e ocorrências (Paraíba, 2022).

A respeito das áreas (Tabela 1), os sistemas hidrogeológicos estão distribuídos no território paraibano, e notabilizam-se pela significativa diferença entre o principal sistema em comparação com os outros.

Figura 7. Sistemas Hidrogeológicos da Paraíba.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 1. Área dos principais sistemas hidrogeológicos da Paraíba.

Sistema Hidrogeológicos	Área/km ²
Cristalino	50.789,84
Paraíba-Pernambuco	3.956,58
Rio do Peixe	1.347,13
Serra dos Martins	449,51

Fonte: Adaptado de Paraíba (2022).

Em relação à extensão territorial do sistema cristalino, no estado da Paraíba, infere-se que esse ocupe uma área de aproximadamente 50.789,84 km². Nesse aspecto, pode-se afirmar que o citado sistema compreende toda região do semiárido paraibano, integrando as bacias hidrográficas do Paraíba, Piranhas, Jacu, Mamanguape, Curimataú, Camaratuba, Miriri e Gramame (Paraíba, 2016).

Quando se trata de área, o sistema cristalino é predominante nas seguintes bacias: Paraíba, Piranhas, Jacu, Mamanguape e Curimataú, tendo nas outras bacias hidrográficas uma menor ocupação. No que tange às regiões naturais, não apresenta ocorrência, unicamente, na faixa do litoral. No entanto, ocupa as outras regiões que se estendem do Agreste ao Sertão, como também no Curimataú, Brejo e Cariri (Paraíba, 2016).

3.3.3 Geologia e as águas subterrâneas de Campina Grande

A área de estudo situa-se na Folha Geológica Campina Grande, que abrange outros municípios do estado da Paraíba (Areial, Alagoa Nova, Alagoa Grande, Esperança, Fagundes, Juarez Távora, Ingá, Massaranduba, Matinhas, Puxinanã, Queimadas, além de pequenas localidades) que apresentam características geológicas semelhantes, sendo delimitada pelas coordenadas 07°00'S a 07°30'S e 35°30'W a 36°00'W (Rodrigues e Medeiros, 2015).

A referida folha abarca dois grandes domínios geológicos, a Zona Transversal e Rio Grande do Norte, que são influenciados pelas zonas de cisalhamento brasileiras e por intrusões graníticas ediacaranas (Figura 8). A Zona Transversal inclui quase a integralidade dos litotipos pré-cambrianos (Figura 9). Já o domínio do Rio Grande do Norte estende-se por uma pequena faixa na fração noroeste da citada folha, a norte da zona de cisalhamento de Patos, que é composta por rochas metassedimentares com idade ediacarana (Grupo Seridó) (Rodrigues e Medeiros, 2015).

No tocante ao sistema hidrogeológico da área de estudo, nota-se que a mesma está inserida no sistema cristalino, que se caracteriza como um meio descontínuo, ou seja, configura-se pela ocorrência de reservatórios aleatórios. Suas águas, de modo geral, são salinizadas em consequência da ausência do manto de intemperismo superficial, que é reflexo dos baixos índices pluviométricos, além de taxas de evaporação significantes. A Figura 10 exemplifica o contexto hidrogeológico da área de estudo, tendo poços situados próximos a fraturas.

Figura 8. Dioritos a oeste de Galante.



Fonte: Rodrigues e Medeiros (2015).

Figura 9. Migmatito em Campina Grande.



Fonte: Rodrigues e Medeiros (2015).

Figura 10. Poços tubulares da Várzea do Ipê (localizada a sudeste da cidade de Campina Grande).



Fonte: Galvão *et al.* (2017).

Nesse cenário, a produtividade dos reservatórios subterrâneos, da área pesquisada, é geralmente baixa, havendo vazões previstas entre 1 e 10 m³/h. Esse aspecto sugere que dificilmente há fornecimento de água de maneira contínua (Galvão *et al.*, 2017).

3.3.4 Principais fatores que influenciam nos reservatórios hídricos subterrâneos da área de estudo

O clima cumpre uma forte influência na qualidade da água. Essa condição indica que, por exemplo, em áreas de climas semiáridos, onde a evaporação é elevada e a pluviosidade é baixa, os sais concentram-se de maneira gradual nas fraturas das rochas, deixando as águas com um considerável índice de salinidade. Em climas semiáridos ou áridos, há predominância do intemperismo físico, fazendo com que ocorram solos muito rasos com poucos centímetros de espessura, tendo em alguns casos de um a dois metros (Costa, 2008).

Nessa conjuntura, para que seja favorável a presença de águas subterrâneas em rochas cristalinas (como no caso da área de estudo), é preciso entender que a ocorrência de águas, no referido contexto geológico, resulta da soma de todas as heterogeneidades e descontinuidades que constituem a rocha, com um propício regime de recarga hídrica, ou seja, com pluviosidade em

volumes aproximados ou acima das médias registradas, assim como taxa de infiltração, dentre outras (Galvão *et al.*, 2017).

As principais estruturas geológicas apropriadas para infiltração e armazenamento de águas subterrâneas são: as falhas, fraturas, juntas de origens diversas e planos de xistosidade e de clivagem. Considerando as falhas ou paráclases, a mais apropriada é a normal ou falha de gravidade, dado que, tendo sua origem ligada a esforços tracionais, há uma tendência, de proporcionar aberturas mais acentuadas (Costa, 2008). As zonas de fraturas mais favoráveis para transmitir água são as que sofreram longa e complexa história tectônica, tendo a ação dúctil e rúptil de deformação como responsáveis (Tirén, 1991).

Segundo Gudmundsson *et al.* (2003), falhas ou fraturas de cisalhamento são relevantes condutos de água uma vez que se desenvolvem a partir de fraturas menores, usualmente grupos de fraturas extensionais.

Entende-se assim que os terrenos cristalinos, diante da fraca permeabilidade primária que exibem, são menosprezados perante a exploração das águas em subsuperfície. No entanto, a existência de manchas aluvionares representa boas condições de recarga e grande probabilidade de aproveitamento das águas subterrâneas, assim como os mananciais presentes no manto de alteração (zonas aquíferas sobrepostas às fraturas) que exercem uma função fundamental no sistema hidrogeológico, colaborando com as recargas originadas, principalmente, do regime pluviométrico (Lima *et al.*, 2004).

Do ponto de vista prático, deve-se considerar a interferência do uso do solo na qualidade e disponibilidade de água subterrânea para os diferentes fins. Em concordância com Dias *et al.* (2004), dois enfoques devem ser ponderados para uma gestão adequada dos mananciais hídricos subterrâneos: (1) proteção geral do aquífero, visando a identificação de áreas suscetíveis, como forma de controle regional do uso do solo; (2) e a proteção pontual, relacionada a uma captação de água no subsolo, de modo particular as que são reservadas ao abastecimento público.

Como já mencionado, em aquíferos cristalinos a dependência de zonas fraturadas restringe a disponibilidade de água. Isso posto, a área de estudo apresenta limitações intrínsecas ao contexto geológico, hidrogeológico e climático. Essas limitações estão relacionadas a baixas vazões, ocorrência de águas salinizadas em áreas consideráveis, aquíferos rasos, além da possibilidade de baixos índices pluviométricos (dificultando assim um regime de recarga adequado).

Esses fatores retratam os desafios para a exploração dos recursos hídricos subterrâneos. Contudo, a área de estudo registra um significativo número de poços (que será discutido em breve neste trabalho), expondo assim os mananciais hídricos em subsuperfície à contaminação.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada, nesta pesquisa, foi sistematizada em algumas etapas: localização e análise temporal dos poços, avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas, análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo, identificação das fontes pontuais de contaminação e avaliação do risco potencial de poluição, e por fim mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas

4.1 Localização geográfica e análise temporal dos poços

Os dados para esta etapa metodológica foram adquiridos na Diretoria de Recursos Minerais e Hidrogeologia da Paraíba (DRMH), no sistema de licenças e outorgas da AESA e no portal online do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (SIAGAS/SGB). Ao todo, identificou-se 329 dados de poços de domínio público e privado para os diferentes usos (abastecimento doméstico, industrial e agroindustrial, comercial, lazer, irrigação), que correspondem ao intervalo compreendido entre 1995 a 2022, tendo dois critérios para tal procedimento de aquisição desses dados: (1) o período em que os poços foram perfurados, e (2) expedição de outorgas/licenças de poços no município.

A análise temporal foi realizada mediante a observação do histórico exploratório de poços. Para tanto, elaborou-se em uma planilha do software Excel os dados organizados conforme o período em que foram explorados.

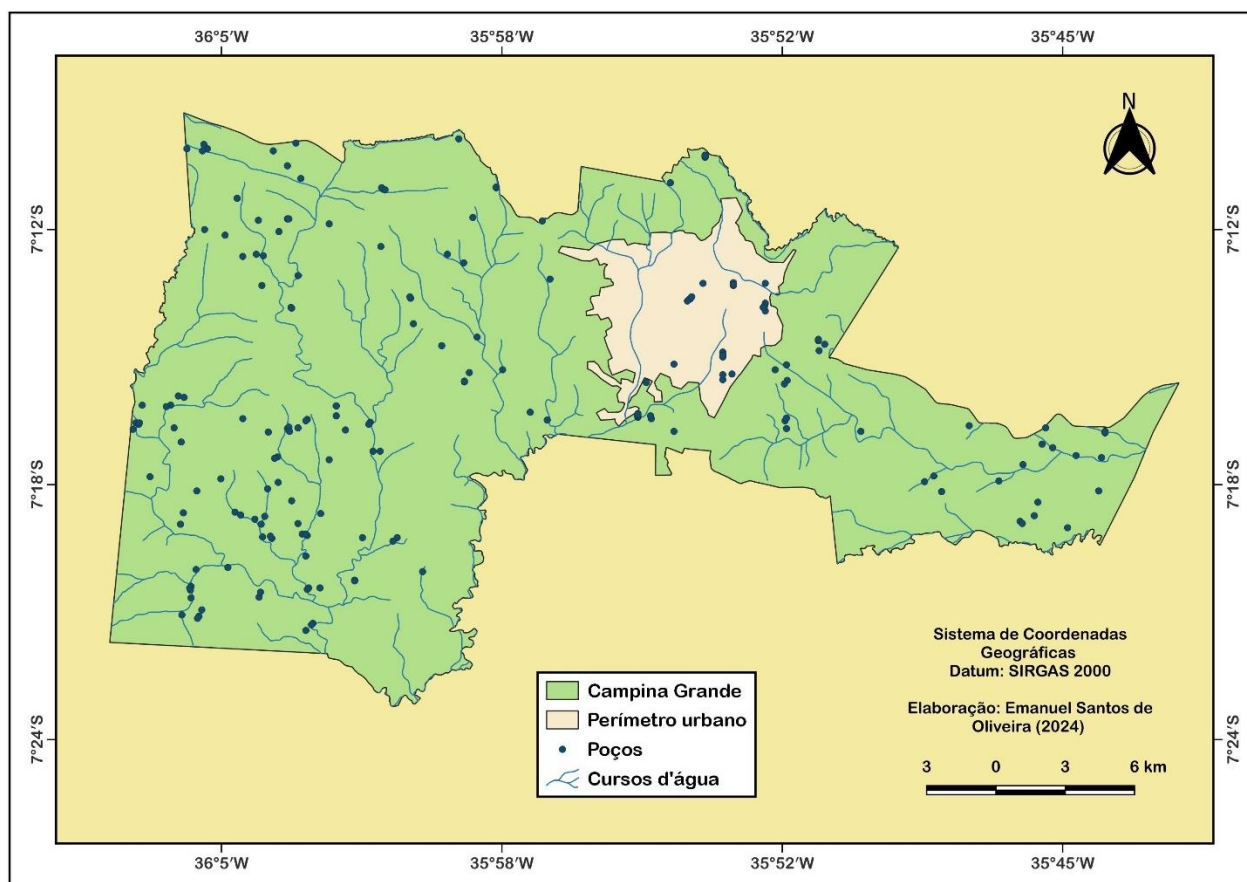
Para a análise espacial empregou-se técnicas de SIG, com o intuito de verificar a distribuição dos poços na área de pesquisa. Para esse procedimento, utilizou-se do software Quantum GIS versão 3.2, ferramenta que auxilia na caracterização espacial, manipulação de dados e cartografia.

4.2 Avaliação da vulnerabilidade

Nesta fase, os dados foram coletados no SIAGAS/SGB, levando em consideração os poços da área de estudo cadastrados nesse sistema. Para a estruturação desses dados, utilizou-se o software Excel, sendo necessário, ainda neste estágio, realizar uma filtragem dos dados que se

adequam ao método executado, totalizando assim 199 pontos de captação de água subterrânea (Figura 11).

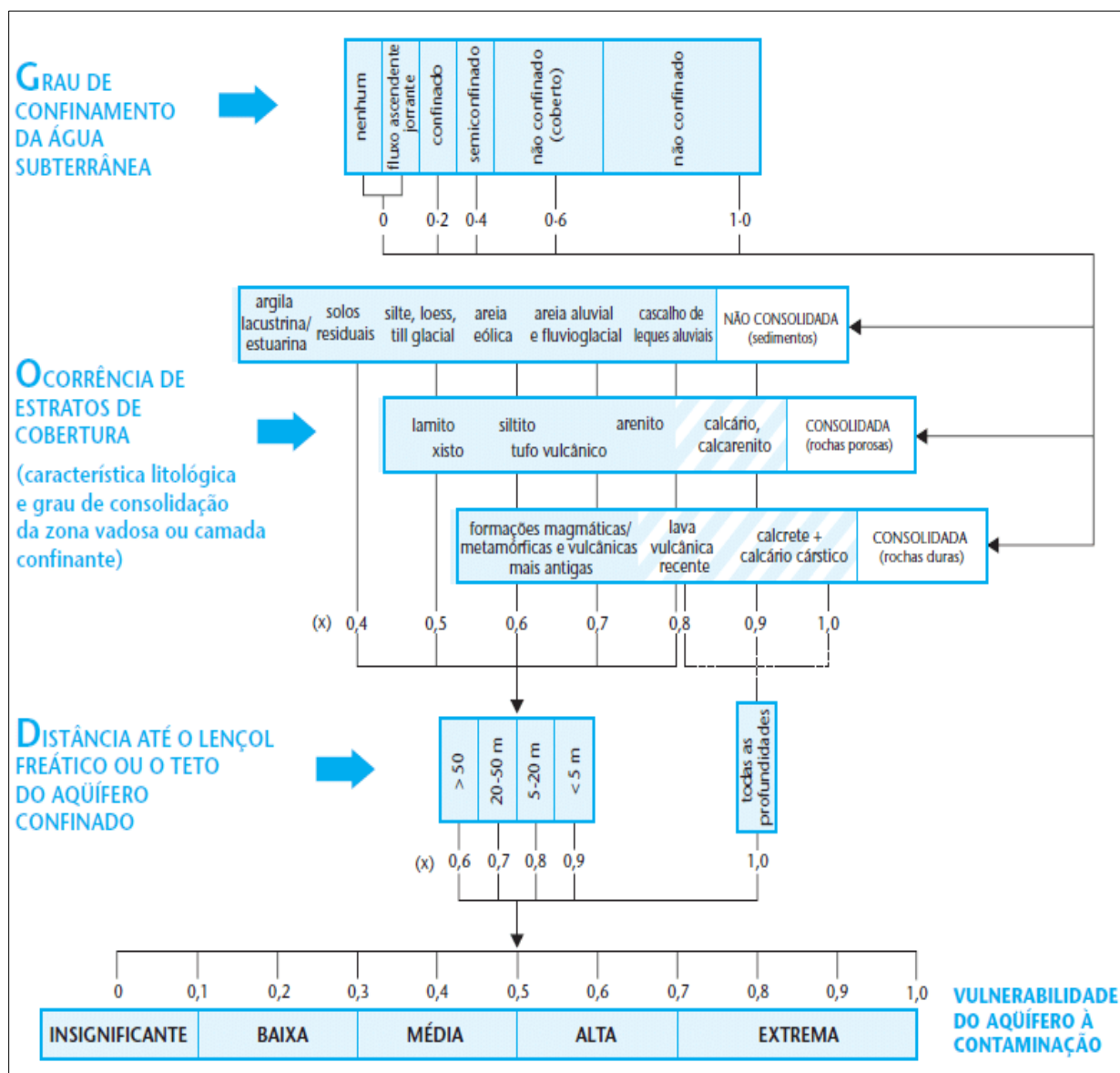
Figura 11. Mapa dos poços selecionados para a execução do método GOD.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A avaliação da vulnerabilidade foi embasada no método GOD (Figura 12). Esse método envolve 4 fases interligadas: (1) verificou-se o grau de confinamento da água subterrânea, referente ao parâmetro “G”, com índice variando entre 0,0–1,0; (2) para a caracterização da variável “O” avaliou-se a ocorrência de estratos de cobertura, tendo como base os perfis geológicos dos poços, com índice representado pelo intervalo 0,3–1,0; (3) para o parâmetro “D”, identificou-se os níveis estáticos dos poços, considerando a profundidade do lençol freático, com índice variando numa escala de 0,6–1,0; (4) e o índice de vulnerabilidade origina-se de um valor final, que se baseia numa operação matemática simples ($G \times O \times D$). Esses procedimentos indicarão que quanto maior for o índice associado, maior será a vulnerabilidade.

Figura 12. Esquema de execução do método GOD.



Fonte: Foster *et al.* (2006).

Cada parâmetro do método empregado foi obtido em concordância com os relatórios técnicos dos poços, contidos no SIAGAS (Figura 13), em conformidade com o mapa geológico da Província Borborema e com o mapa hidrogeológico da Paraíba. A Tabela 2 descreve as definições correspondentes a cada classe de vulnerabilidade de acordo com o método GOD.

Figura 13. Modelo de ficha técnica de um poço cadastrado no SIAGAS/SGB com os respectivos parâmetros avaliados no método GOD e exemplo da sua execução.



CPRM
Serviço Geológico do Brasil

Ficha Técnica Completa de Poço



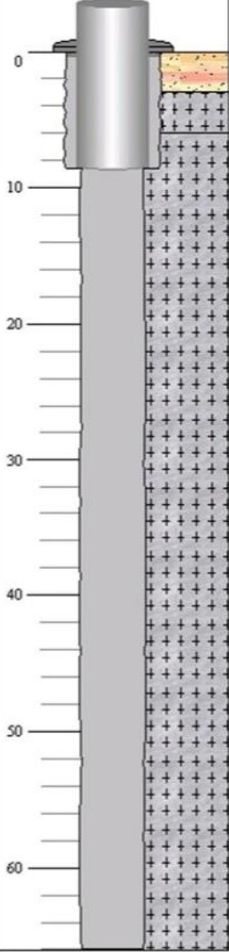
Poço: 2600009084	UF : PB	Município : Campina grande	Localidade : SITIO CARDOSO
------------------	---------	----------------------------	----------------------------

Hidrogeológicos

Aquífero no Ponto:

Topo (m):	0.00
Base (m):	66.00
Captação:	Única
Condição:	Livre
Penetração:	

Perfil Construtivo



Grau de confinamento da água subterrânea – G = 1

Ocorrência de estratos de cobertura – O = 0,6

Dados Litológicos:			
De (m):	Até (m):	Litologia:	Descrição Litológica:
0	3	Solo	SOLO SILTICO ARGILOSO DE COLORACAO CREME.
3	6	Rocha Cristalina não identificada	CRISTALINO ALTERADO.
6	66	Granito	CRISTALINO GRANITICO C1QZT, FELDSPATO, BIOTITA, MESOCRATICO.

Profundidade do lençol freático – D = 0,8

Teste de Bombeamento			
Teste de Bombeamento:			
Data:	Surgência:	Nível Estático (m):	Duração do Teste (h):
11/03/1984	N	7.00	12:00
Nível Dinâmico:	Vazão Específica (m3/h/m):	Coefficiente de Armazenamento:	Vazão Livre (m3/h):
49.44	0.02		

Ex.: $1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,48$

Vulnerabilidade Média

Fonte: Adaptado de SIAGAS/SGB (2023).

Tabela 2. Definição prática das classes de vulnerabilidade do aquífero.

Classe de vulnerabilidade	Definição correspondente
Extrema	Vulnerável à maioria dos contaminantes com impacto rápido em muitos cenários de contaminação.
Alta	Vulnerável a muitos contaminantes (exceto os que são fortemente absorvidos ou rapidamente transformados) em muitas condições de contaminação.
Média	Vulnerável a alguns contaminantes, mas somente quando continuamente lançados ou lixiviados.
Baixa	Vulnerável somente a contaminantes conservadores, a longo prazo, quando contínua e amplamente lançados ou lixiviados.
Insignificante	Presença de camadas confinantes sem fluxo vertical significativo de água subterrânea (percolação).

Fonte: Adaptado de Foster *et al.* (2006).

Esta classificação abarca os vários cenários de vulnerabilidade. Assim, determina-se a vulnerabilidade à contaminação do aquífero investigado em: insignificante, baixa, média, alta e extrema.

4.3 Transformações no uso e ocupação do solo de Campina Grande

Para analisar as mudanças do uso e ocupação do solo de Campina Grande foram utilizados os mapas de uso e ocupação do solo do projeto MapBiomias, que tiveram suas classes de cobertura do solo adaptadas para a realidade da área de estudo. O MapBiomias é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em <http://mapbiomas.org>. Os mapas do projeto são produzidos a partir da classificação de imagens dos satélites Landsat, utilizando algoritmos na plataforma Google Earth Engine, que oferece uma imensa capacidade de processamento em nuvem, gerando assim um mapa detalhado para cada ano desde o ano de 1985.

Neste estudo foram usados os mapas classificados de Campina grande para os anos de 1995, 2005, 2015 e 2022. Todas as imagens foram adquiridas em formato geotiff, utilizando projeção UTM e Datum WGS-84. Para este estudo, serão consideradas cinco classes: (a) Floresta, (b) Caatinga, (c) Gramíneas, (d) Pastagem, (e) Urbano, (f) Solo exposto, e (g) Água.

4.3.1 Análise da dinâmica das mudanças de uso e ocupação do solo

Para avaliar a variação da taxa anual de um tipo de uso do solo no período estudado, foi usado o parâmetro único de mudanças no uso do solo (K) proposto por Xiao *et al.* (2006), e empregado por Wu *et al.* (2015). O modelo é descrito pela equação abaixo:

$$K = \frac{(A_t - A_a) / A_a}{T} \times 100 \quad (1)$$

sendo A_a e A_t as áreas totais da classe de uso do solo em km^2 no momento t (ano mais atual) e no ano anterior, respectivamente, e T é o número total de anos analisados.

Para a análise da expansão urbana no período do estudo foi utilizado o índice de expansão urbana, definido por Tian *et al.* (2005) como S :

$$S = \frac{(U_a - U_t)}{L} \quad (2)$$

no qual SI é o índice de expansão urbana de uma célula do período, LU_t no momento t (ano atual), LU_{t-1} no tempo $t-1$ (ano anterior), e LT é a área total.

O SI é dividido em cinco categorias: $SI < 0,001\%$, representa uma área sem alteração (inalterada); quando $0,001\% \leq SI < 0,1\%$, é uma área com desenvolvimento insignificante; quando $0,1\% \leq SI < 1\%$, indica uma área com rápido desenvolvimento; quando $1\% \leq SI < 5\%$, é uma área com desenvolvimento mais rápido; quando $SI \geq 5\%$, mostra uma área com desenvolvimento extremo.

4.4 Identificação das fontes pontuais de contaminação e avaliação do risco potencial de contaminação

O método utilizado para estimativa do risco de contaminação de águas subterrâneas baseou-se no sistema POSH, que se fundamenta em duas características: (a) a origem do poluente e (b) sua sobrecarga hidráulica. Para aplicação desse método, considerou-se as fontes pontuais de contaminação, que foram classificadas em três graus (reduzido, moderado e elevado).

Para o reconhecimento visual, com o propósito de identificar as atividades relacionadas às fontes pontuais, utilizou-se de ferramentas de SIG, especificamente os softwares de livre acesso Google Earth Pro e QGIS, para a obtenção das informações interpretadas por imagens de satélite e pelo cadastro de algumas indústrias registradas na Federação das Indústrias do Estado da Paraíba (FIEP).

Para tal verificação, este estudo efetuou uma busca pela localização de indústrias, postos de gasolina, aterro sanitário, cemitérios e oficinas mecânicas. Ressalta-se que essas fontes foram mapeadas seguindo as recomendações do método POSH para atividades que representam potencial de contaminar as águas do subsolo.

Posteriormente, estruturou-se um inventário, em um banco de dados no Excel, das atividades identificadas. Os dados foram inseridos e organizados conforme orientação da Figura 14, que destacam o potencial da carga contaminante em subsuperfície e as fontes de contaminação oriundas da atividade humana.

Figura 14. Classificação das fontes pontuais de contaminação segundo o método POSH.

POTENCIAL DE GERAR CARGA CONTAMINANTE NO SUBSOLO	FONTES DE CONTAMINAÇÃO				
	deposição de resíduos sólidos	áreas Industriais*	lagoas de águas residuais	outras (urbanas)	mineração e exploração de petróleo
Elevado	resíduo industrial tipo 3, resíduo de origem desconhecida	indústria tipo 3 ou qualquer atividade que manuseie >100 kg/d de produtos químicos perigosos	todos os resíduos industriais tipo 3, qualquer efluente (exceto esgoto residencial) se a área >5 ha		operações em campos de petróleo, mineração de metais
Moderado	chuva >500 mm/a com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1, ou todos os demais casos	indústria tipo 2	esgoto residencial se a área >5 ha, demais casos não relacionados acima ou abaixo	postos de gasolina, vias de transporte com tráfego regular de produtos químicos perigosos	algumas atividades de mineração/ extração de materiais inertes
Reduzido	chuva <500 mm/a com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1	indústria tipo 1	águas residuais residenciais, mistas, urbanas, agroindustriais e de mineração de não metálicos	cemitérios	
* solos contaminados de indústrias abandonadas devem ter a mesma classificação que a da própria indústria Indústrias Tipo 1: madeiras, manufaturas de alimentos e bebidas, destilarias de álcool e açúcar, processamento de materiais não metálicos Indústrias Tipo 2: fábricas de borracha, fábricas de papel e celulose, indústrias têxteis, fábricas de fertilizantes, usinas elétricas, fábricas de detergente e sabão Indústrias Tipo 3: oficinas de engenharia, refinarias de gás/petróleo, fábricas de produtos químicos/farmacêuticos/plásticos/pesticidas, curtumes, indústrias eletrônicas, processamento de metal					

Fonte: Foster *et al.* (2006).

Após a identificação das possíveis fontes poluentes, realizou-se a avaliação do risco de contaminação pelo método POSH, em concordância com o tipo de atividade desenvolvida na área de estudo.

4.5 Mapeamento da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas

A partir dos dados de poços espacialmente distribuídos, elaborou-se os mapas dos índices G, O e D, e em seguida o mapa de vulnerabilidade natural das águas subterrâneas da área de estudo (este procedimento foi executado no item 5.2 deste trabalho). *A posteriori* foi gerado o mapa do risco de contaminação. Os procedimentos descritos foram realizados com o auxílio do método de interpolação Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW) contido no QGIS (este procedimento foi executado no item 5.4 deste trabalho).

5. RESULTADOS

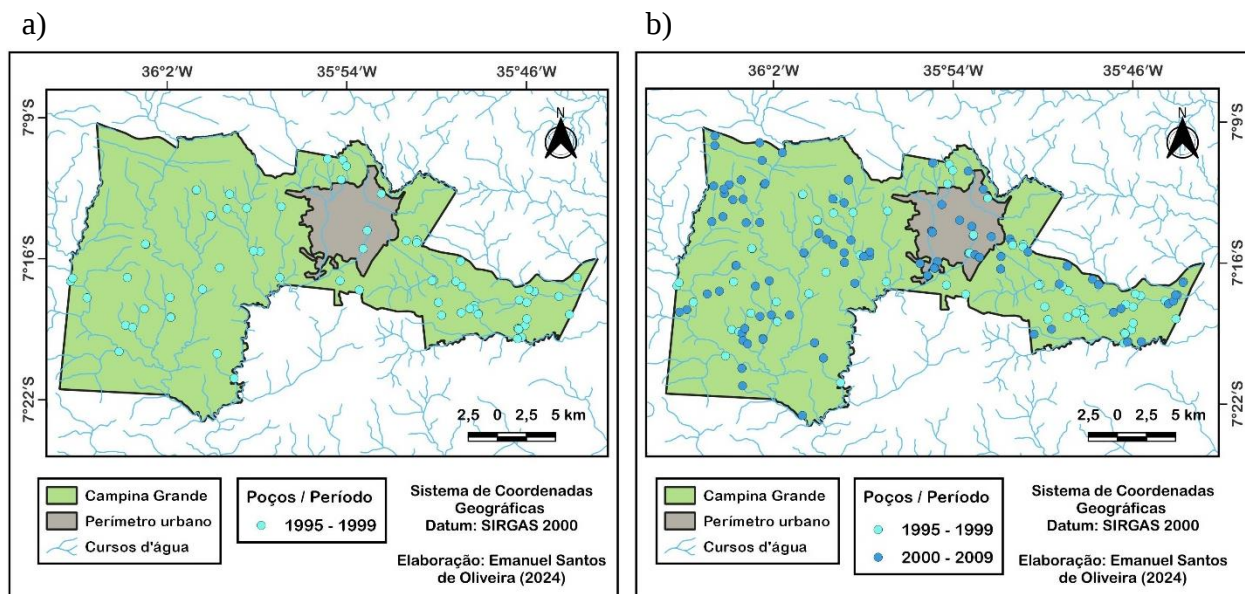
Os resultados obtidos demonstram a importância da análise do uso e ocupação do solo e de dados de poços com o auxílio de ferramentas de mapeamento para estudos sobre vulnerabilidade e risco de contaminação de águas subterrâneas.

Acerca desse aspecto, esta pesquisa caracterizou as áreas mais suscetíveis à contaminação, considerando os fatores naturais dos reservatórios de água em subsuperfície, que permitem uma maior ou menor propensão à inserção de poluentes associado com os fatores antrópicos, que dizem respeito ao uso do solo em áreas que representam risco de poluição dos mananciais subterrâneos.

5.1 Análise espaço-temporal dos poços de Campina Grande

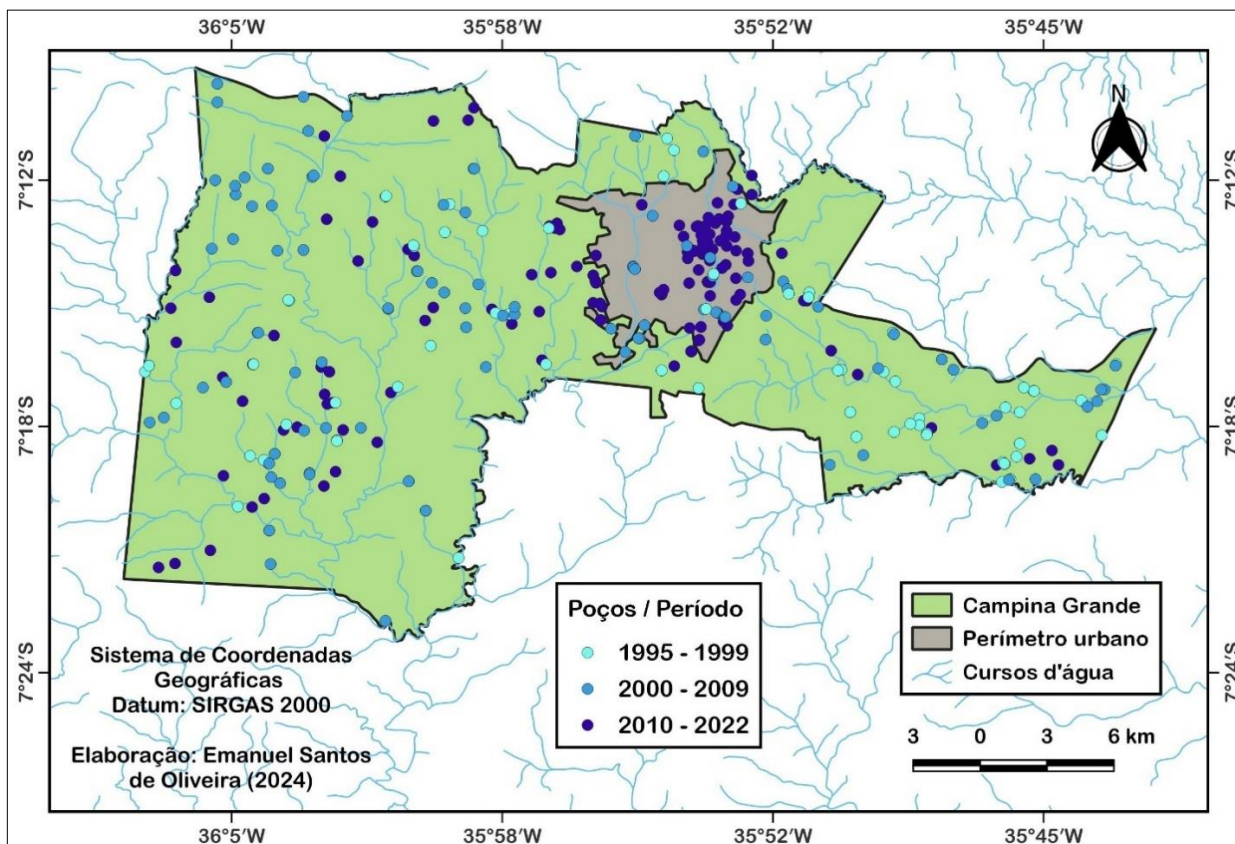
O município de Campina Grande apresenta um histórico de uso da água subterrânea. Para entender esse panorama, a espacialização dos poços (Figuras 15 a-b e Figura 16) expõe o histórico evolutivo desse tipo de captação.

Figura 15. Poços explorados no período compreendido: a) 1995 – 1999 e b) entre 1995 – 1999 e 2000 – 2009.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16. Poços explorados no período compreendido entre 1995 – 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que no intervalo de 1995 a 2009, com raras exceções no perímetro urbano, as captações de águas subterrâneas concentraram-se na zona rural do município, principalmente em sítios, fazendas, assentamentos, dentre outras áreas. Essa característica indicou a necessidade e dependência dessas localidades em utilizar as águas provenientes de poços para as diversas atividades (agrícolas, consumo humano e animal), o que possibilitou uma melhora na disponibilidade de água no quesito abastecimento.

Na zona urbana, observa-se um elevado número de poços perfurados a partir dos anos 2000 para as diferentes utilidades, auxiliando empresas (indústrias, comércios, etc.), serviços públicos (órgãos municipais e estaduais) e os usuários de modo geral.

É possível constatar, também, que os poços foram explorados, em grande parte, nas margens dos cursos d'água, apontando assim que há uma relação entre águas subterrâneas e superficiais, principalmente no regime de recarga dos mananciais hídricos subterrâneos. Além disso, reconhecer as feições geotectônicas, tais como falhas e fraturas no cristalino, são fundamentais para as

captações das reservas hídricas subterrâneas, dado que há dependência da presença de água nessas estruturas. A distribuição espaço-temporal dos poços, exposto na Tabela 3, exhibe o histórico de captações e a quantidade de poços explorados em cada período correspondente.

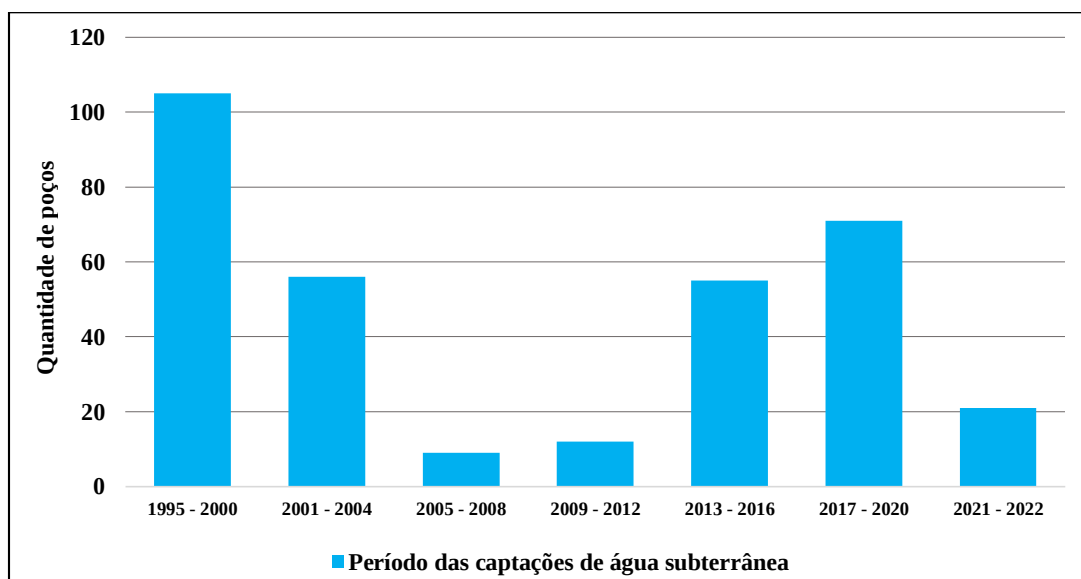
Tabela 3. Histórico de captações de águas subterrâneas por meio de poços em Campina Grande.

Período	Quantidade de poços explorados
1995 – 2000	105
2001 – 2004	56
2005 – 2008	9
2009 – 2012	12
2013 – 2016	55
2017 – 2020	71
2021 – 2022	21

Fonte: AESA, DRMH e SIAGAS/SGB (2023).

A partir da década de 1990, especificamente entre 1995 e 2000, percebe-se que a procura por perfurações de poços foi acentuada, havendo, em grande parte, forte relação com períodos de estiagens. Outro período que merece destaque, no diz respeito à exploração de poços, são os anos de 2013 a 2020, tendo em vista as crises de abastecimento (sobretudo entre os anos de 2014 – 2017) e ausência de gestão eficiente dos recursos hídricos para momentos de baixos índices pluviométricos, como verificado na Figura 17.

Figura 17. Intervalos dos períodos de captação de água em subsuperfície da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os poços identificados não registram as captações clandestinas, que representam um enorme perigo à saúde humana, por não estarem disponíveis em bancos de dados para monitoramento regular. Esse fator coloca em risco os poços regularizados (outorgados), posto que apesar de estarem atendendo os parâmetros exigidos pelos órgãos competentes, podem sofrer com possíveis danos de um poço irregular próximo.

5.2 Avaliação da vulnerabilidade

O índice de vulnerabilidade foi considerado a partir dos 199 pontos de captação de água subterrânea identificados. Para tanto, o reconhecimento de cada variável e atribuição do respectivo valor tornou-se essencial para o resultado da vulnerabilidade natural.

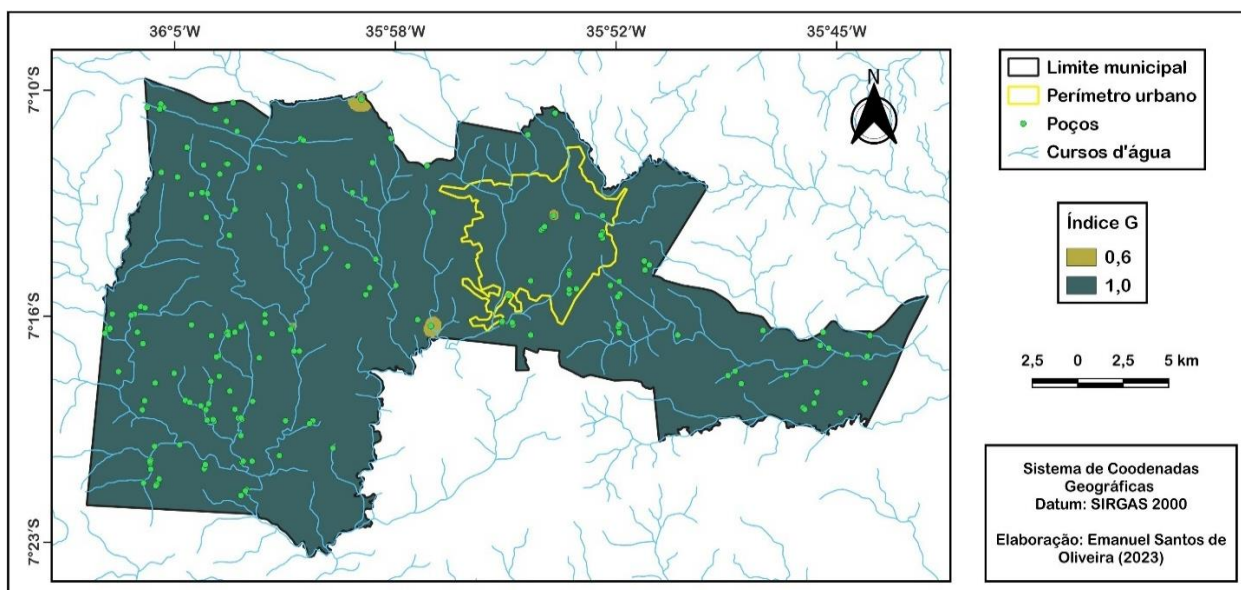
5.2.1 Parâmetro *G*

A determinação do grau de confinamento (*G*) é essencial para definir a vulnerabilidade aquífera de uma região, uma vez que é através do regime pluviométrico e o consequente carreamento de sólidos pela água que a carga contaminante pode apresentar a capacidade de introduzir-se na zona não saturada (Carvalho *et al.*, 2020).

Dessa forma, classificou-se o grau de confinamento hidráulico (*G*) da área de estudo em: não confinado e não confinado coberto. O aquífero não confinado, onde a água é mantida sob a pressão atmosférica, ocupa 97% da área de estudo, recebendo um índice de 1,0. Esse grau de confinamento não apresenta camadas impermeáveis acima do aquífero que o separe das águas superficiais. A Tabela 4 e a Figura 18, retratam o predomínio desse tipo de confinamento, em comparação ao segundo, na área de pesquisa. Assim, infere-se que contaminantes podem infiltrar-se diretamente no aquífero a partir da superfície.

O aquífero não confinado coberto, corresponde a 3% do território, e conforme o método usado, atribui-se o valor de 0,6, indicando um grau de vulnerabilidade menor quando comparado ao aquífero não confinado sem cobertura superficial considerável. Esse tipo de confinamento, refere-se a um aquífero que possui alguma forma de cobertura superficial, como solo, sedimento ou matéria orgânica. Embora não haja camadas impermeáveis completas acima do aquífero, a cobertura existente oferece um importante nível de proteção, ou seja, a presença da cobertura superficial pode retardar a velocidade de infiltração de contaminantes.

Figura 18. Mapa do parâmetro *G* – grau de confinamento da água subterrânea.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. Resumo do grau de confinamento dos poços e de seus respectivos índices.

Grau de confinamento	Índice correspondente	Quantidade de poços
Não confinado	1,0	193
Não confinado coberto	0,6	6

Fonte: Elaborada pelo autor.

O fato do aquífero não confinado prevalecer em comparação com o não confinado coberto sugere um risco significativamente mais elevado de contaminação rápida. Essa informação é crítica para o planejamento e gestão de recursos hídricos, assim como para estratégias de mitigação de riscos associados à qualidade da água subterrânea.

5.2.2 Parâmetro *O*

O solo e a litologia localizados acima da zona saturada do aquífero influenciam no tempo de deslocamento dos contaminantes e dos demais mecanismos para sua atenuação (Cutrim e Campos, 2010). Os estratos de cobertura assumem o papel de facilitar ou conter o fluxo de prováveis fluidos nocivos à qualidade das águas em subsuperfície (Carvalho *et al.*, 2020).

Os valores observados no índice *O* revelam que a ocorrência de estratos de cobertura assume o intervalo de 0,4 a 0,8 nesta pesquisa (Tabela 5). É possível verificar que há uma predominância na classe das rochas consolidadas duras na maior parte do município, e pequenas

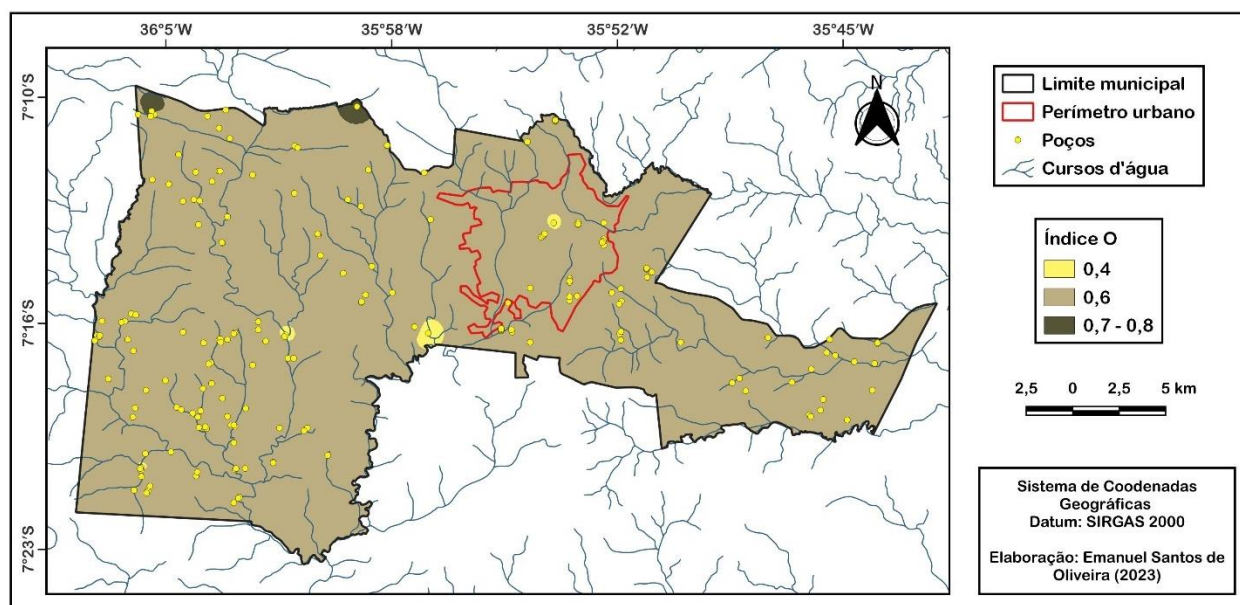
parcelas de estratos de cobertura não consolidadas (sedimentos), como indicado no mapa abaixo (Figura 19) e segundo o esquema metodológico GOD.

Tabela 5. Solos e litologia associados aos poços e seus respectivos índices correspondentes ao método GOD.

Solo/Litologia	Índice correspondente	Quantidade de poços
Cascalho	0,8	1
Rochas cristalinas	0,6	193
Solo arenoso	0,6	1
Solo argiloso	0,4	4

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 19. Mapa do parâmetro O – litologia e grau de consolidação da zona vadosa ou camadas confinantes.

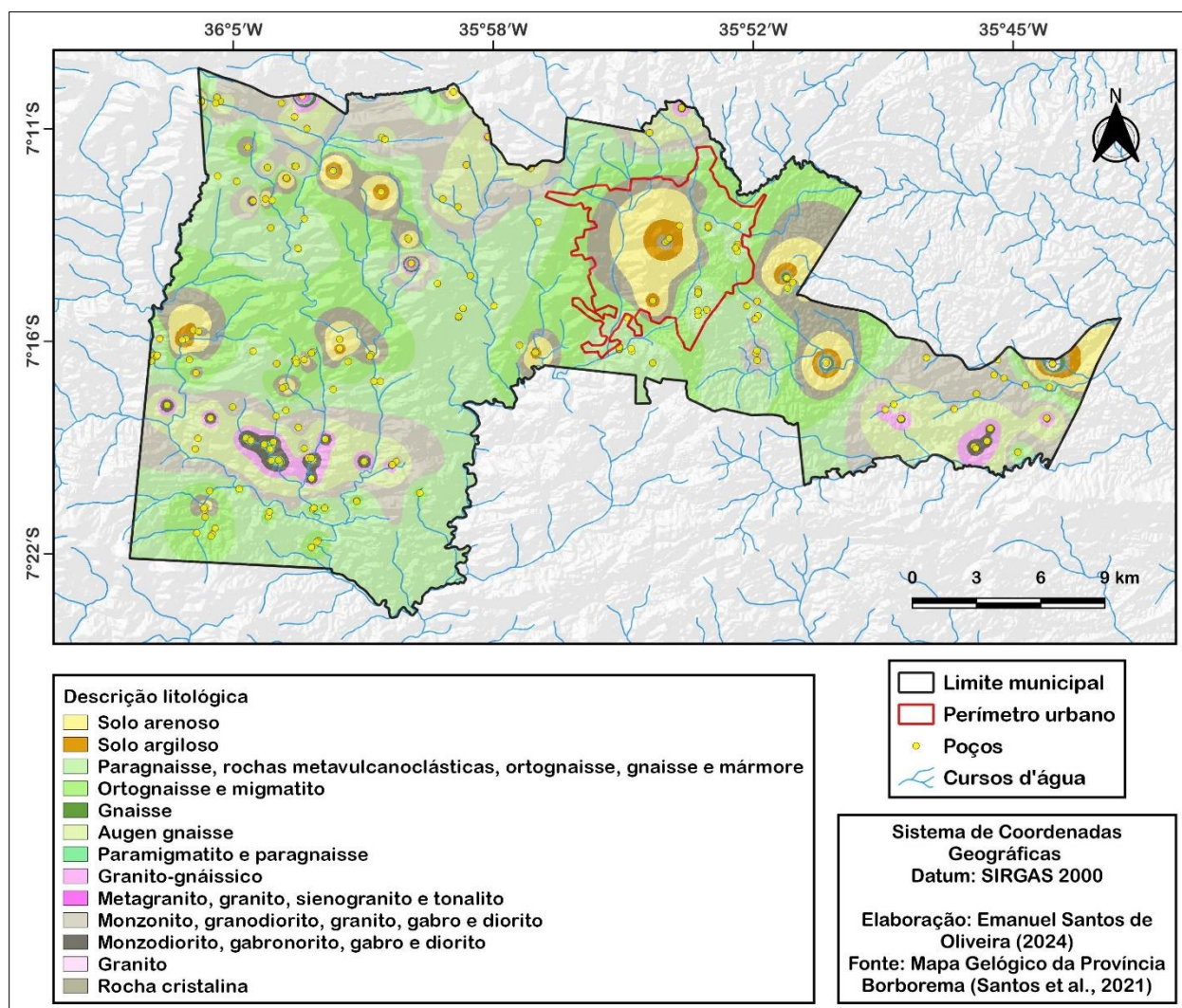


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que os solos encontrados nos pontos de captação de água subterrânea, selecionados para essa pesquisa, exibem características de solos com a presença de materiais argilosos e arenosos, distribuídos em pequenas áreas do território. A ocorrência de solos arenosos, indica uma tendência à contaminação, por possuírem uma maior granulometria e boas condições de infiltração quando comparados aos espaços que contém solos argilosos. Além desses, identificou-se, também, resquícios de cascalhos.

Verificou-se, ainda, a existência e consequente predominância de rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) (Figura 20) em todas as partes do município.

Figura 20. Mapa litológico simplificado do município de Campina Grande, baseado nas informações contidas nos relatórios dos poços cadastrados no SIAGAS e no mapa geológico da Província Borborema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa litológico simplificado foi categorizado conforme as características dos perfis geológicos (especificamente nas informações presentes nos relatórios técnicos dos poços do SIAGAS) e do mapa geológico da Província Borborema elaborado por Santos *et al.* (2021). O predomínio de rochas cristalinas pode viabilizar a entrada direta de contaminantes em espaços com

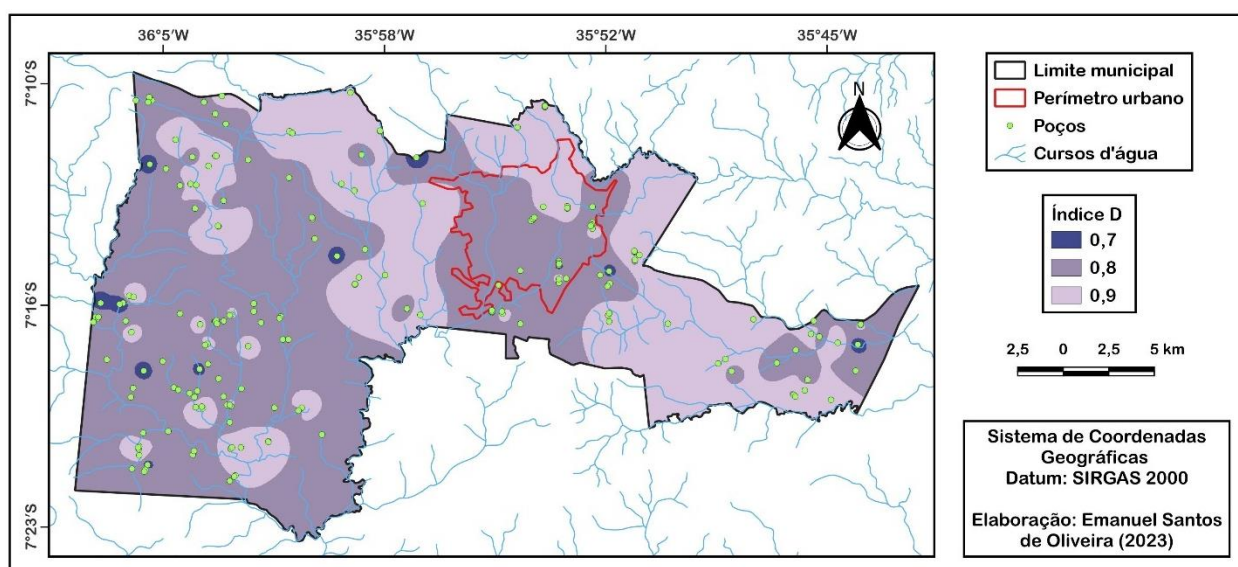
ocorrência de fraturas e fissuras, onde não há camadas superficiais com grandes espessuras de solos para dificultar tal processo.

É necessário salientar que nem todas as camadas subjacentes e perfis do subsolo atenuam na projeção de contaminantes com a mesma eficiência, e de modo particular os aquíferos são mais vulneráveis à poluição nos espaços onde, por exemplo, há presença de rochas consolidadas com um grau elevado de fraturamentos (Foster *et al.*, 2006).

5.2.3 Parâmetro D

O parâmetro (D) (Figura 21) é determinado pela distância da superfície do terreno ao nível da água subterrânea, conferido pela variável nível estático, que é medida em metros a partir do solo, enquanto o poço está em repouso.

Figura 21. Mapa do parâmetro D – distância até o lençol freático ou o teto do aquífero confinado.

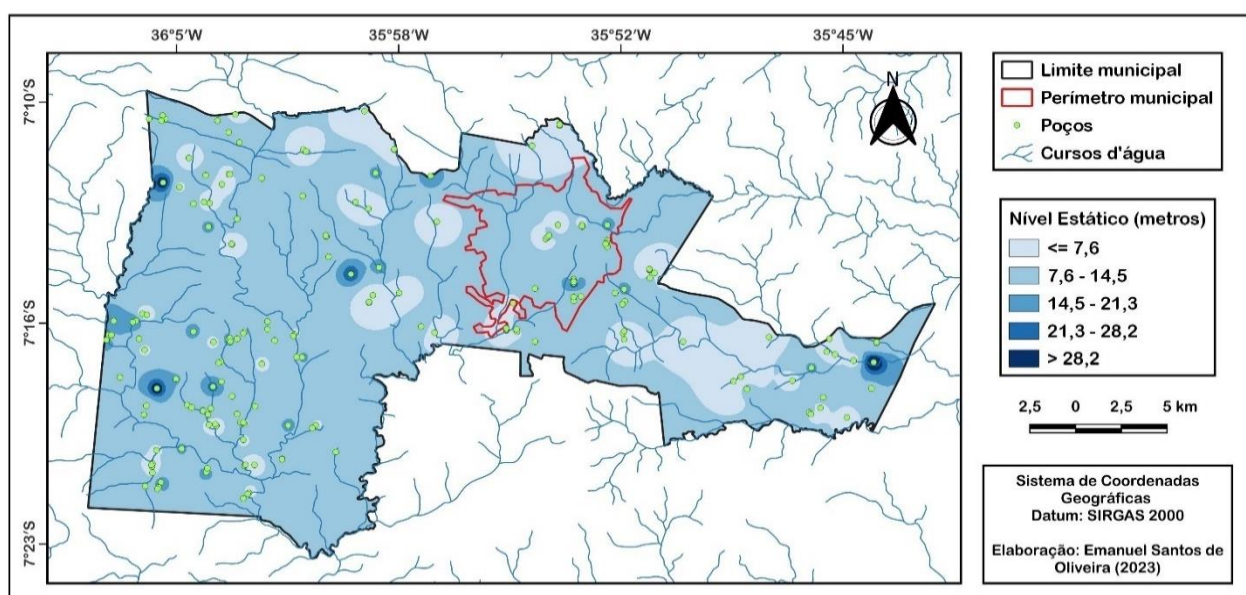


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os índices obtidos para o parâmetro (D) estão no intervalo de 0,7 a 0,9. As áreas que apresentam um panorama de maior vulnerabilidade à contaminação natural encontram-se em praticamente todas as faixas do território analisado, correspondendo ao valor de 0,8 (58% dos dados), com profundidades variando de 5 a 20 metros e 0,9 (35% dos dados) retratando profundidades dos níveis estáticos abaixo de 5 m (Figura 22).

Ademais, percebe-se uma variação dos níveis estáticos (com medidas inferiores a 7,6 metros e maiores que 28,2 metros), havendo predominância de dados de poços com maior frequência, com 4 metros de profundidade do nível da água. A profundidade mais expressiva registrada, medindo 46,2 metros, não corresponde a uma área relevante, limitando-se a um ponto de captação de água subterrânea a E (Leste), ou seja, representa 0,5% dos dados analisados. As medidas mais significativas apresentam 9,8 metros de profundidade, em média, apontando assim para baixas profundidades (Tabela 6).

Figura 22. Mapa dos níveis estáticos dos poços selecionados para o método GOD.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6. Estatística descritiva dos níveis estáticos dos poços investigados.

Medida	Nível estático
Média	9,8 m
Moda	4 m
Mediana	8,5 m
Valor Máximo	46,2 m
Valor Mínimo	0,8 m

Fonte: Elaborada pelo autor.

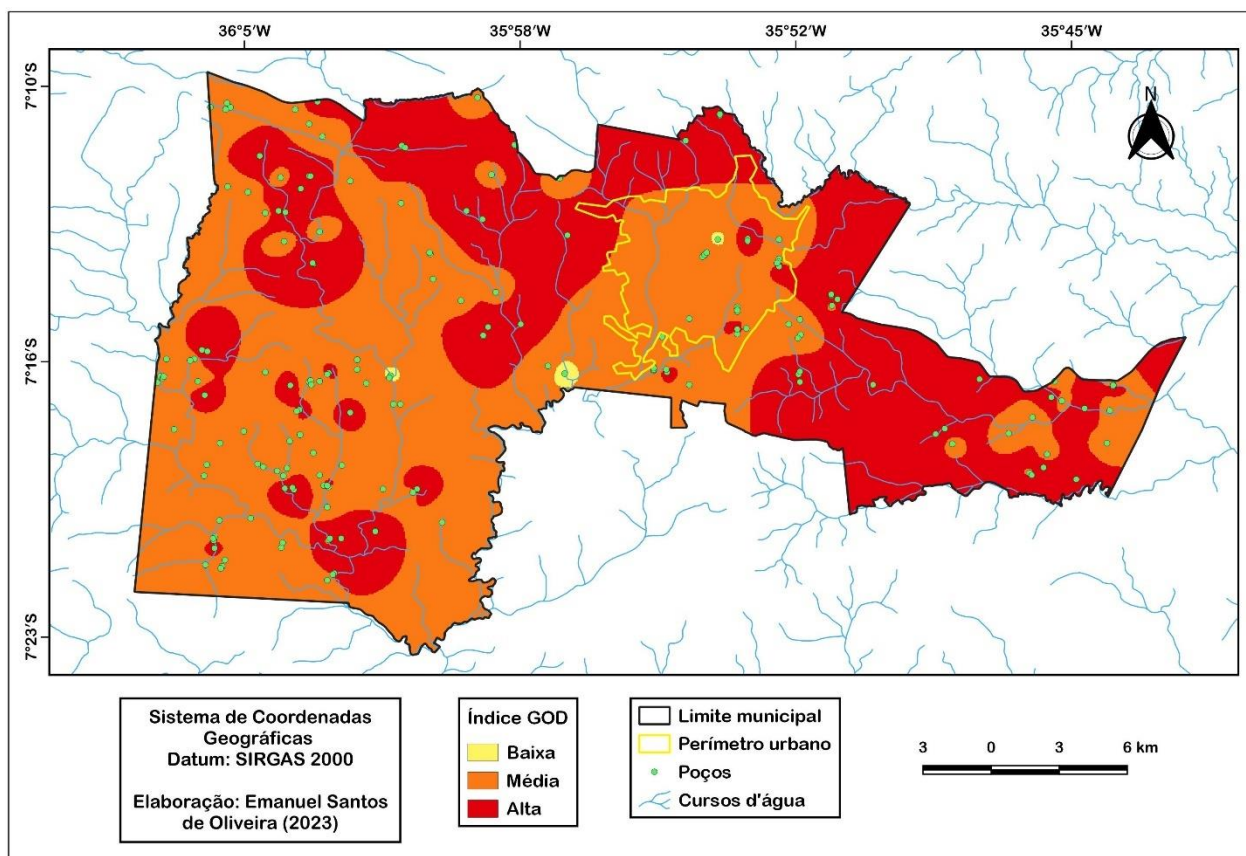
O intervalo de 7,6 a 14,5 metros de profundidade, de acordo com a Figura 22, ocupa a maior parcela da área de estudo. É importante reforçar que quanto mais raso for o nível da água

subterrânea, mais acelerado pode ser o contato com cargas contaminantes projetadas da superfície do terreno, havendo assim uma tendência de maior vulnerabilidade à poluição.

5.2.4 Índice GOD

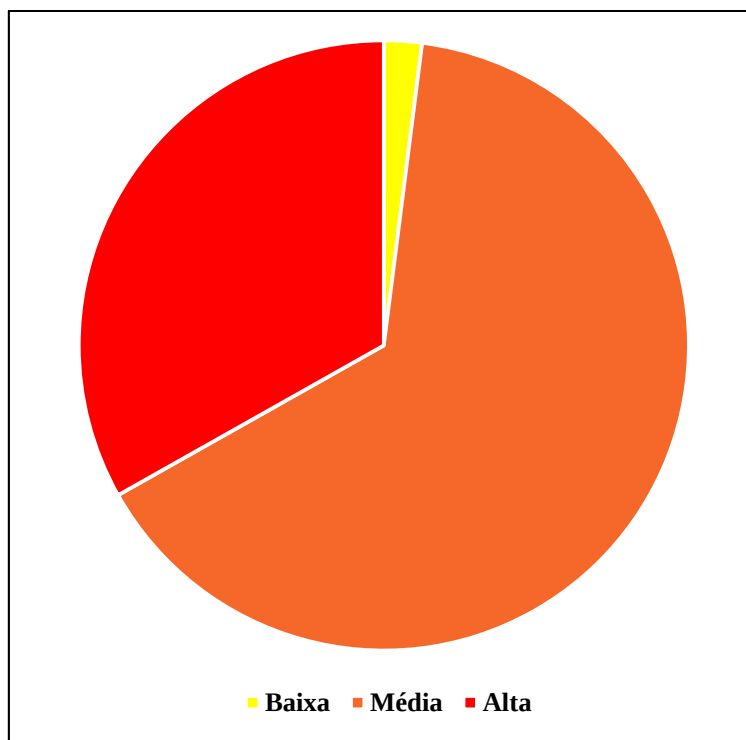
O mapa do índice GOD de vulnerabilidade (Figura 23), baseado na multiplicação dos três parâmetros analisados, anteriormente, identificou três classes: baixa, média e alta. Para cada classificação da vulnerabilidade do aquífero, sugere-se compreender a qual característica determinada classe está relacionada, tendo em vista os variados cenários de contaminação. A Figura 24 abaixo exhibe, de modo quantitativo, o grau de vulnerabilidade, em concordância com os dados utilizados para esse índice.

Figura 23. Mapa da vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação com base no índice GOD.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24. Quantidade de dados associados ao grau de vulnerabilidade das águas subterrâneas da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Algumas faixas do território, expõe uma vulnerabilidade alta, predominantemente a E (Leste) e a N (Norte), além de pequenas manchas espessas em determinados espaços, ou seja, 33% dos dados observados. Pode-se notar que a ocorrência de baixas profundidades do nível das águas subterrâneas e a presença de fraturas e fissuras nas rochas, podem justificar esse tipo de classificação. Desse modo, essas áreas são vulneráveis a muitos contaminantes em várias situações de poluição.

A maior extensão do território está vulnerável a alguns contaminantes, correspondendo a 65% dos dados analisados, mas apenas quando constantemente lançados ou lixiviados, oriundos por exemplo de resíduos sólidos, que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, indicando que há uma vulnerabilidade média. O perímetro urbano está inserido nesse contexto, tendo quase a totalidade de sua área com esse grau de vulnerabilidade, evidenciando que além das atividades antrópicas que se manifestam de maneira mais intensa (análise realizada por meio da aplicação do método POSH no item 5.4), e que certamente é um fator preponderante, há uma suscetibilidade natural das águas subterrâneas serem contaminadas.

Pequenas áreas evidenciam uma vulnerabilidade natural baixa (2% dos dados), ou seja, deve-se atentar a poluentes conservativos a longo prazo. Esse resultado, no entanto, não exclui a possibilidade de controlar prováveis atividades que possam comprometer a qualidade das águas subterrâneas nesses espaços.

A avaliação da vulnerabilidade natural de reservatórios subterrâneos constitui uma pesquisa de grande relevância para o conhecimento de áreas propícias à contaminação, essencialmente em regiões que são relevantes do ponto de vista econômico e ambiental para a sociedade (Batista *et al.*, 2017).

Nesse sentido, a gestão do território de Campina Grande, deve-se atentar que uma vez poluídas, as águas subterrâneas se configuram como prejudiciais à saúde humana, e o processo de descontaminação é complexo e oneroso.

5.3 Análise recente do uso e ocupação do solo de Campina Grande

A Tabela 7 fornece uma análise abrangente da área ocupada pelos diversos usos do solo Campina Grande ao longo dos anos em análise, apresentando também os valores associados às métricas K, taxa de mudança do uso do solo, e S, taxa de urbanização. Essas informações são cruciais para compreender as transformações na paisagem e a evolução da urbanização na região. Ao examinar a área ocupada pelos diferentes usos do solo ao longo dos anos, pode-se identificar padrões e tendências que indicam a dinâmica do desenvolvimento local. As variações nas categorias de uso do solo, como áreas urbanas, agrícolas, florestais e outras, oferecem insights sobre as mudanças ao longo do tempo.

A métrica K, ou taxa de mudança do uso do solo, é essencial para quantificar e compreender as alterações na ocupação do solo. Valores positivos indicam um aumento na urbanização ou em outros usos específicos, enquanto valores negativos sugerem uma possível reversão para usos mais naturais, como áreas florestais ou agrícolas. A taxa de urbanização, representada pela métrica S, oferece uma medida direta do crescimento urbano. Essa métrica é fundamental para avaliar o impacto das atividades urbanas e a expansão das áreas urbanizadas ao longo do tempo. Valores crescentes de S indicam um aumento na urbanização, enquanto valores decrescentes podem apontar para uma estabilização ou até mesmo uma diminuição relativa na influência urbana.

A análise conjunta dessas métricas na Tabela 7 proporciona uma compreensão holística das mudanças no uso do solo e da urbanização ao longo dos anos analisados. Esses dados são

importantes para orientar políticas de planejamento sustentável, conservação ambiental e gestão eficaz dos recursos naturais na região. A capacidade de monitorar e interpretar essas métricas ao longo do tempo contribui para uma abordagem informada e proativa na promoção do equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a preservação ambiental na área em questão.

Tabela 7. Usos do solo existentes na área de estudo para os anos analisados e valores de K e S.

Usos do solo	Área em km ²				K (%)
	1995	2005	2015	2022	
Floresta	2,70	1,63	0,98	2,08	-1,622
Caatinga	160,75	152,69	165,39	149,90	-0,250
Gramíneas	0,76	0,66	1,79	0,37	-1,901
Pastagem	241,17	265,37	253,53	250,81	-0,099
Urbano	58,50	61,07	66,22	78,21	1,248
Solo exposto	2,82	1,42	2,05	3,49	0,880
Água	2,72	3,71	2,03	2,10	-0,844
Uso do solo	S				
	1995-2005	2005-2015	2015-2022		
Urbano	0,53	0,85	2,67		

Fonte: Elaborada pelo autor.

A análise dos dados sobre a variação percentual nos diferentes usos do solo, revela padrões distintos de mudança ao longo do tempo. Os resultados mostram ainda que a classe Floresta apresentou uma diminuição significativa, sugerindo possíveis atividades de desmatamento ou degradação ambiental, enquanto a classe Caatinga apresentou uma leve redução, indicando uma possível pressão sobre esses ecossistemas. Similarmente, a classe Gramíneas também apresentou diminuição de área total, o que pode ser associado a mudanças na vegetação natural.

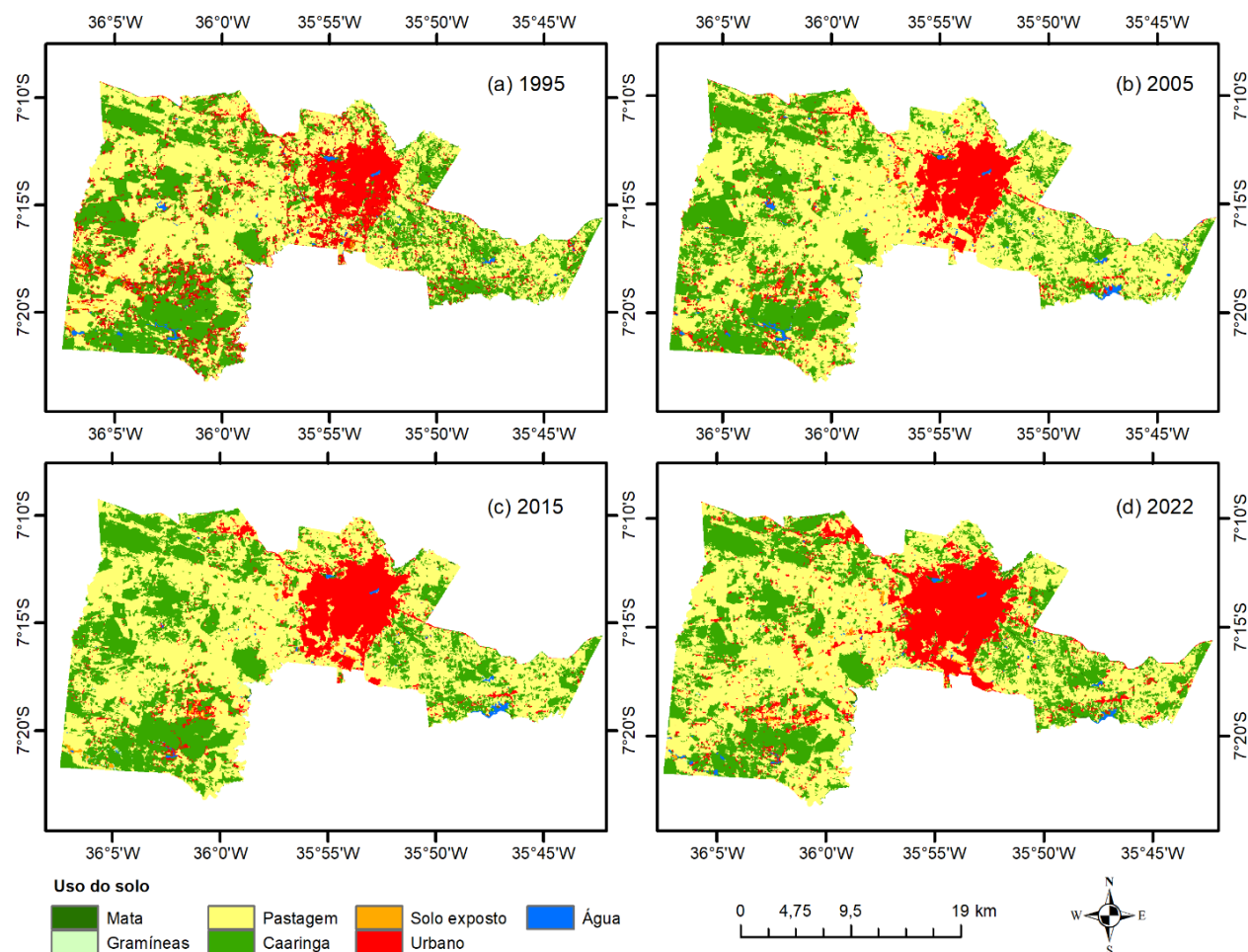
Analisando a classe Pastagem, percebe-se uma diminuição de -0,099%, o que sugere uma possível modificação nas práticas agrícolas ou no uso do solo da região. Em contrapartida, a classe Solo exposto apresenta um leve aumento (0,88%), influenciado pelo aumento da classe Urbano (1,248%). Essas variações percentuais destacam mudanças dinâmicas no uso do solo ao longo do tempo, refletindo o equilíbrio delicado entre o desenvolvimento humano e a conservação ambiental. A expansão urbana notável contrasta com declínios significativos em categorias como floresta e gramíneas, ressaltando a necessidade de políticas ambientais sustentáveis e práticas de gestão do solo que considerem os impactos sobre os ecossistemas locais.

A Figura 25 apresenta uma análise visual dos usos do solo em Campina Grande ao longo dos anos de 1995, 2005, 2015 e 2022. Essa representação gráfica oferece uma perspectiva única sobre as mudanças na paisagem urbana e rural da região, destacando a dinâmica do desenvolvimento urbano e as transformações nos padrões de ocupação do solo. No ano de 1995, percebe-se um cenário que reflete, possivelmente, uma Campina Grande menos urbanizada com relação a data mais recente, com destaque para áreas veredas (Floresta, vegetação do tipo Caatinga, e Pastagem). Essa configuração inicial pode refletir a natureza predominantemente menos urbanizada. Ao avançarmos para a análise do mapa para o ano de 2005, nota-se alterações na distribuição do uso do solo, com a intensificação do crescimento urbano, que pode ser um indicativo de uma expansão de sua área em detrimento de espaços verdes. A presença de novas infraestruturas e zonas residenciais pode ser evidenciada nesse estágio.

De acordo com Maia (2010), no período compreendido entre as décadas de 1980 a 1991, observou-se um incremento significativo na população de Campina Grande, registrando um aumento de 78.480 habitantes. No entanto, ao examinar o último intervalo analisado, entre 1991 a 2000, verifica-se uma desaceleração no ritmo de crescimento populacional, ou seja, registrou-se apenas um aumento de 29.024 habitantes. Em outras palavras, o crescimento populacional durante as décadas de 1991 a 2000 foi de 8,16%. Os resultados mostram que o período entre 2015 – 2022 foi aquele com maior percentual de aumento (2,67) da urbanização em relação aos demais períodos (Tabela 7).

Essa desaceleração pode ser atribuída, em grande parte, à crescente centralidade exercida por João Pessoa, a capital do estado, em decorrência das políticas nacionais que privilegiaram as capitais estaduais desde os anos 1970. Além disso, a centralidade econômica no centro-sul do Brasil e a escassez de novos impulsos na economia local também contribuíram para esse decréscimo no ritmo de crescimento. A redução da população rural no município durante o período analisado evidencia de maneira clara o processo contínuo de urbanização. Este fenômeno reflete não apenas a atração exercida pelos centros urbanos, mas também a transformação estrutural da economia, que, por sua vez, impacta diretamente a distribuição demográfica. Dessa forma, a interconexão entre fatores econômicos, políticos e demográficos emerge como um elemento crucial para compreender a dinâmica populacional e urbana em Campina Grande ao longo desses períodos.

Figura 25. Usos do solo de Campina Grande para os anos (a) 1995, (b) 2005, (c) 2015, e (d) 2022.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura referente a 2015 sugere uma continuidade no processo de urbanização. As áreas urbanas podem ter se expandido ainda mais, e mudanças nos padrões de ocupação do solo podem ser percebidas. A influência de fatores como o aumento populacional, o desenvolvimento econômico e as políticas de planejamento urbano podem ter contribuído para essas transformações. Finalmente, em 2022, a figura oferece uma visão atualizada da distribuição do uso do solo em Campina Grande. Possíveis tendências de urbanização, alterações na paisagem e novos padrões de ocupação do solo podem ser identificados. Este ponto de observação mais recente possibilita a compreensão das mudanças ao longo do tempo, fornecendo informações valiosas para o planejamento urbano sustentável e a gestão do crescimento da cidade. Em resumo, a Figura 25 fornece uma informação visual da evolução dos usos do solo em Campina Grande ao longo de

décadas, destacando as complexas interações entre o crescimento urbano e as atividades rurais, sendo uma ferramenta valiosa para pesquisadores, planejadores urbanos e tomadores de decisão.

5.4 Avaliação do risco de contaminação

Estimar o risco de contaminação das águas em subsuperfície do município de Campina Grande possibilita uma gestão do território mais coerente com as demandas ambientais e sociais.

5.4.1 Fontes pontuais

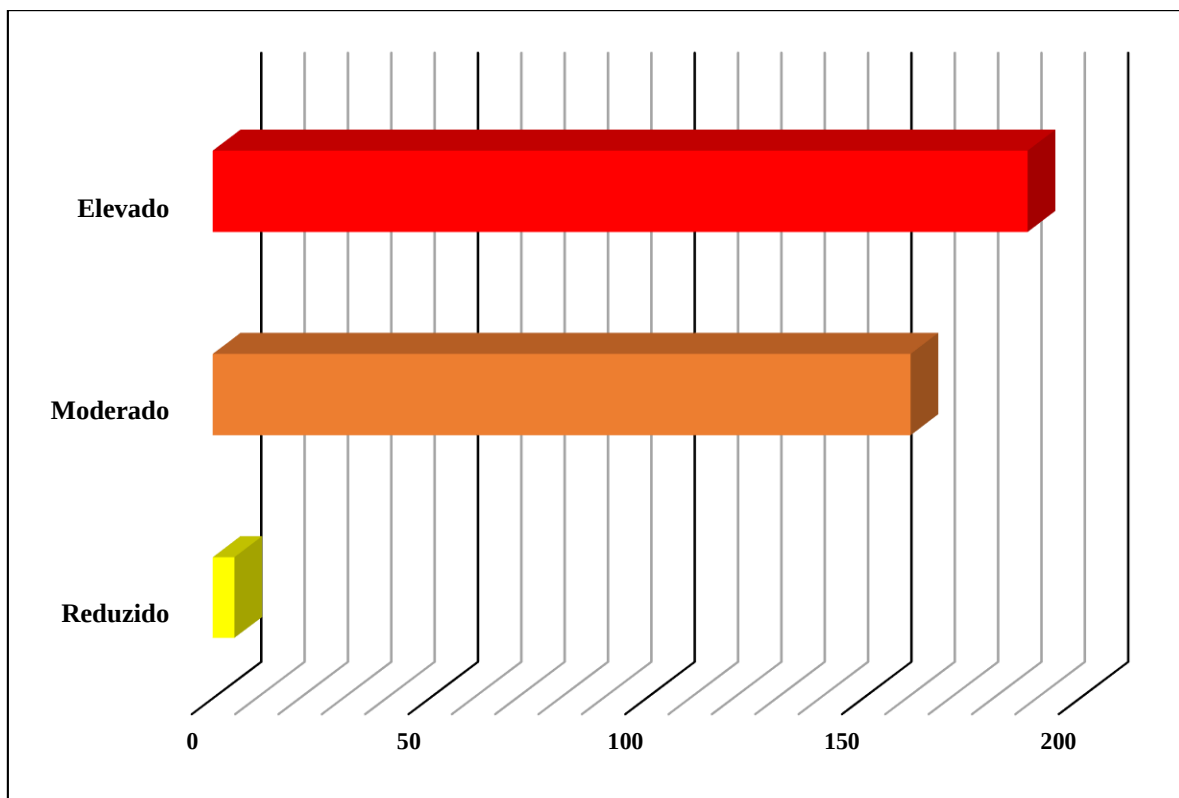
As fontes identificadas (Tabela 8 e Figura 26) correspondem aos três índices estabelecidos pelo método POSH (reduzido, moderado e elevado), assim deve-se determinar critérios técnicos para a tomada de decisões quanto à exploração de poços próximos a potenciais cargas poluentes.

Tabela 8. Atividades potencialmente poluentes identificadas no município de Campina Grande.

Atividades desenvolvidas	Quantidade	Índice POSH
Indústria eletrônica	1	Elevado
Fábrica de produtos químicos	2	Elevado
Fábrica de produtos plásticos	4	Elevado
Indústria de processamento de metal	6	Elevado
Oficinas mecânicas	175	Elevado
Aterro sanitário	1	Moderado
Indústria de sabão e detergente	3	Moderado
Indústria de celulose e papel	4	Moderado
Indústria têxtil	4	Moderado
Cemitérios	10	Moderado
Postos de combustíveis	65	Moderado
Lava jato	74	Moderado
Indústria de alimentos e bebidas	5	Reduzido

Fonte: Google Earth e FIEP (2023)

Figura 26. Grau do risco de contaminação ligado às atividades pontuais identificadas.

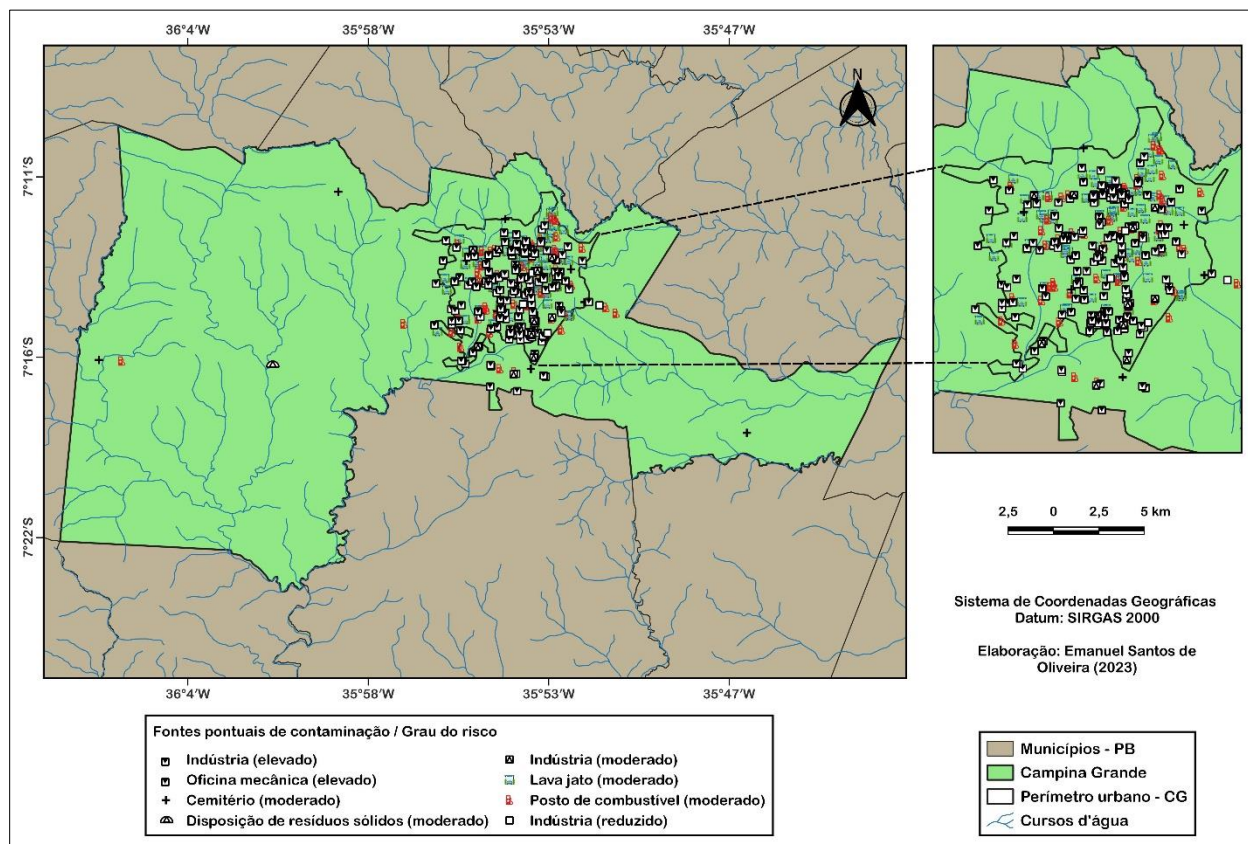


Fonte: Elaborado pelo autor.

O município de Campina Grande é um dos polos industriais mais importantes da Paraíba. Esse panorama revela um quadro que merece atenção quanto ao destino final dos poluentes produzidos pelas empresas que operam materiais agressivos quando entram em contato com as águas subterrâneas, dado que o risco de contaminação no subsolo é iminente, principalmente para fontes de poluição classificadas como risco elevado, quando não há um tratamento adequado.

A concentração das atividades com risco de poluir as águas em subsuperfície (Figura 27) estão distribuídas na zona urbana e imediações, quase que na sua totalidade, restando raras fontes mais isoladas na zona rural.

Figura 27. Mapa das fontes pontuais de contaminação no município de Campina Grande.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, observa-se que no perímetro urbano, sobretudo na porção S (sul), especificamente no distrito industrial (em destaque na Figura 28) e em suas imediações, existe uma concentração de indústrias com potencial elevado de poluir os recursos hídricos subterrâneos explorados próximos a essas áreas. Essas indústrias estão ligadas ao setor de fabricação de produtos químicos, plásticos, eletrônicos e de processamento de metal. Ao todo, esse tipo de indústria, de acordo com os pontos identificados equivalem a 3,6% dos dados analisados.

Nas indústrias mais complexas (como as citadas acima), até quantidades mínimas de compostos químicos mais tóxicos e resistentes podem produzir plumas de contaminação na água subterrânea, sobretudo em aquíferos que se caracterizam por altas velocidades de fluxo. Substâncias como hidrocarbonetos halogenados, aromáticos e clorados, além de fenóis, alquilbenzeno e metais pesados são comuns nas indústrias químicas, de tintas, metalúrgicas e de eletrônicos (Foster *et al.*, 2006).

Esses compostos químicos podem causar problemas de saúde pública, principalmente quando não há um manejo adequado por parte das indústrias que manuseiam esses compostos. O descarte dos efluentes é outro aspecto a se considerar, ou seja, quando não há um controle apropriado, as chances de contaminação crescem exponencialmente.

Figura 28. Visão aérea do distrito industrial de Campina Grande.



Fonte: Google Earth (2022).

O distrito industrial de Campina Grande, por exemplo, situa-se a uma certa distância das residências desse município, o que pressupõe uma proteção dos mananciais subterrâneos utilizados pela população que se encontra nessa região. Contudo, o avanço da área urbana é um fator preocupante, ao passo que a exploração de poços em determinados locais pode apresentar resquícios de contaminantes.

As oficinas mecânicas identificadas representam o maior número de atividades, ou seja, 49,4% dos dados, distribuídas em todas as áreas da cidade, sendo classificadas como fonte elevada de poluição. Na área mais a sul do perímetro urbano, está localizado o distrito dos mecânicos

(Figura 29), onde há uma quantidade considerável de oficinas que operam diversos serviços que manuseiam produtos químicos nocivos à saúde humana, quando se infiltram no subsolo e reagem com as águas subterrâneas.

Figura 29. Visão aérea do distrito dos mecânicos em Campina Grande.



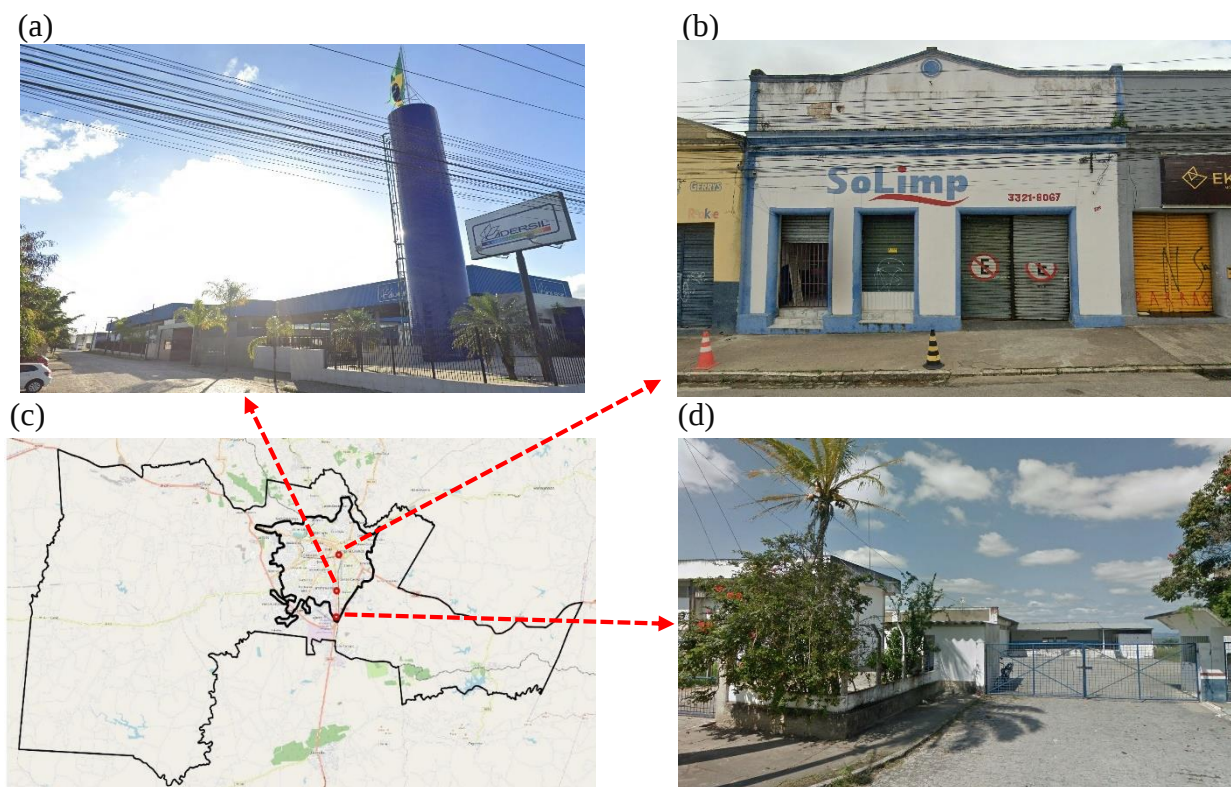
Fonte: Google Earth (2022).

De acordo com Costa (2015), numa análise realizada em alguns poços no distrito dos mecânicos, constatou-se a presença de hidrocarbonetos, óleos e graxas no lençol freático. O autor ainda afirma, que a contaminação verificada está associada ao carreamento dos poluentes no período chuvoso, que mediante as fraturas presentes no solo e nas rochas atingem o lençol freático.

Assim, pode-se inferir que as áreas com grandes aglomerações de oficinas mecânicas estão suscetíveis a contaminações em comparação com as oficinas mais isoladas. As indústrias reconhecidas com potencial moderado estão relacionadas às indústrias têxteis, fábricas de papel e celulose e fábricas de detergente e sabão (Figuras 30a – d), correspondendo a 3,2%.

Os efluentes utilizados ou gerados por essas indústrias como: corantes (indústrias têxteis); possíveis poluições de origem química, física, biológica e físico-química (fábricas de papel e celulose); e compostos químicos persistentes provenientes de detergentes (fábricas de detergente e sabão), também podem ocasionar problemas de saúde (Amaral e Azevedo, 2007; Foster e Hirata, 1993).

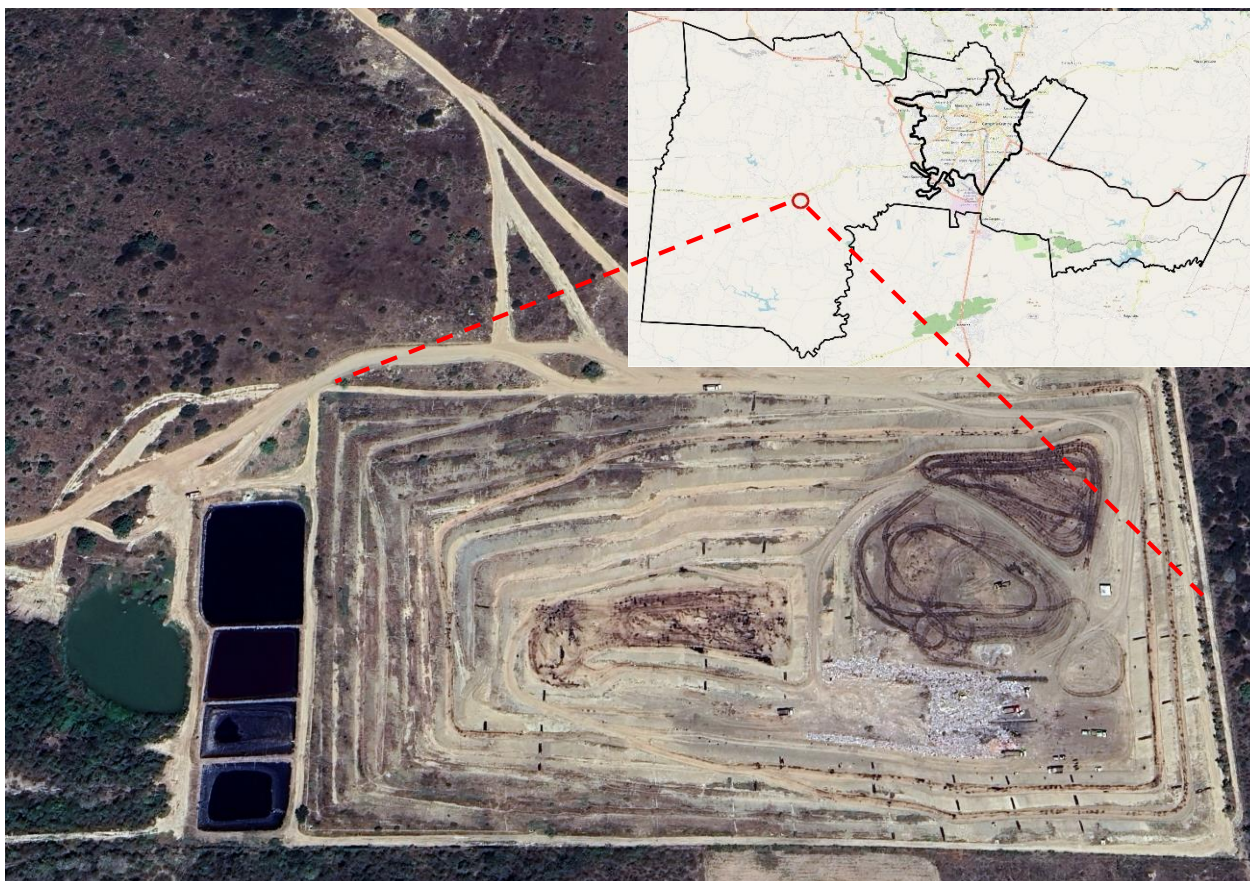
Figura 30. Vista parcial da (a) indústria de fabricação de papéis, (b) fábrica de sabões e detergentes, (c) imagem do Google Earth em 2023, e (d) indústria têxtil.



Fonte: Google Earth (2023).

Outra área a se considerar é o aterro sanitário (fonte moderada de contaminação) do município em questão (0,2% dos dados), localizado a W (oeste) (Figura 31). Nesse espaço, existe a possibilidade da presença de contaminantes lixiviados adentrarem no subsolo e aumentarem o risco de contato com as águas subterrâneas, principalmente pelo líquido conhecido como chorume. Apesar da distância do aterro sanitário do município em relação à zona urbana, deve-se ressaltar que os poços situados nas proximidades desse tipo de atividade estão sujeitos a severas contaminações.

Figura 31. Vista aérea do aterro sanitário Eco Solo Gestão Ambiental de Resíduos LTDA em Campina Grande.



Fonte: Google Earth (2023).

As circunstâncias em que os aterros sanitários estejam localizados sobre materiais que possuam relativa permeabilidade como areia, cascalho ou rochas fraturadas, o deslocamento ou migração do chorume pode acarretar numa contaminação em áreas muito maiores do que as áreas onde os aterros estão inseridos (Freezy e Cherry, 2017).

Os postos de combustíveis situados no município investigado se caracterizam como uma fonte moderada de contaminação. Identificou-se, nesse estudo, 65 pontos de abastecimento, que equivalem a 18,3% dos dados verificados. Verifica-se uma expressiva quantidade de empresas que prestam tal serviço, de modo especial na área urbana (Figura 32).

Figura 32. Posto de combustível em Campina Grande.



Fonte: Google Earth (2023).

Conforme Freezy e Cherry (2017) o óleo e a gasolina possuem menores densidades e são imiscíveis (não suscetível a misturar-se) em água. Esse aspecto sugere que o óleo e a gasolina que são originados de vazamentos ou derramamentos, deslocam-se diretamente para a zona não-saturada.

Dessa forma, é provável que tanques que operam a mais de 20 anos estejam com suas estruturas corroídas e propensas a vazamentos consideráveis, a não ser que recebam manutenções regulares. Além do mais, as tubulações que ligam tanques diretamente às bombas são capazes de romper-se em razão do tráfego de veículos pesados, assim como pela baixa qualidade da instalação. Para tanto, é essencial realizar testes regularmente para averiguar a integridade dos tanques, com o objetivo de observar possíveis fugas (Foster *et al.*, 2006).

Os cemitérios localizados em Campina Grande (2,9% dos dados) estão distribuídos entre a zona urbana e rural, diferenciando-se em relação ao atendimento (público e privado) (Figura 33). Conforme Foster *et al.* (2006), esse tipo de prática, de modo geral, produz uma carga poluente

microbiológica relativamente pequena e limitada a uma determinada área, que pode ser amenizada com o aproveitamento de túmulos impermeáveis ou ataúdes resistentes à corrosão.

Figura 33. Cemitério Nossa Senhora do Carmo – Campina Grande.



Fonte: Google Earth (2021).

Entretanto, nesta pesquisa foi possível verificar que boa parte dos cemitérios se encontram nas imediações dos cursos d'água, o que pode provocar um maior risco de poluição. Além disso, a presença de águas subterrâneas em níveis freáticos rasos, aumenta o grau de suscetibilidade dos poços à contaminação, principalmente por necrochorume. De acordo com Silva e Malagutti Filho (2008), o necrochorume é um líquido viscoso mais denso que a água, que contém inúmeras bactérias causadoras de doenças como tétano, gangrena gasosa, toxi-infecção alimentar, febre tifóide, febre paratífóide, desinteria bacilar e o vírus da hepatite A.

Em conformidade com o método executado, esses locais se configuram como fontes pontuais de contaminação de caráter reduzido. Todavia, os aspectos citados anteriormente aumentam o risco de contaminação das águas do subsolo, portanto, neste estudo, os cemitérios

foram classificados como fontes pontuais moderadas. Nessa lógica, medidas de controle são necessárias, com o intuito de observar possíveis captações de águas subterrâneas clandestinas no entorno dos cemitérios.

Os empreendimentos de lava jato foram incluídos, nesta pesquisa, em virtude do manuseio e do descarte de efluentes nocivos ao meio ambiente, e consequentemente aos mananciais hídricos subterrâneos. Além disso, mapeou-se um número considerável de empresas e microempresas que realizam esse tipo de atividade na área de estudo (Figura 34), de modo restrito à área urbana, representando 21% dos dados.

Figura 34. Serviço de lava jato em Campina Grande.



Fonte: Google Earth (2023).

À vista disso, o serviço de lavagem de veículos, além de promover grande desperdício de água, gera também uma quantidade significativa de resíduos, uma vez que há possibilidade, nesta atividade, da existência de surfactantes (agentes químicos que ampliam a solubilidade dos compostos orgânicos na água ou na fase aquosa) de vários tipos, biodegradáveis ou não, fuligem, vestígios de poeira, gasolina, graxa e toda espécie de resíduos gerados pelos automotores (Jeronimo e Asevedo, 2013).

O CONAMA, em sua resolução 362/2005, que dispõe acerca do recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado, especificamente no art. 12, define que

é proibido os descartes de óleos usados ou contaminados em solos ou subsolos, nos corpos d'água, assim como nos sistemas de esgoto ou evacuação de águas residuais.

Nesse contexto, é necessário enfatizar que em 2015 a AESA identificou, em Campina Grande, 36 empresas de lava jato que operavam poços artesianos irregulares sem a devida licença/outorga. Essa ação gerou uma série de notificações a esses empreendimentos, que durou quatro dias de fiscalização. A Agência Estadual afirmou que o não cumprimento (de quem explora água subterrânea) da legislação vigente pode acarretar multa, além de ter a bomba hidráulica (utilizada para a retirada da água do poço) lacrada (Governo da Paraíba, 2015, online).

Diante do exposto, os serviços de lava jato foram classificados, nesse estudo, como fonte pontual moderada de contaminação, ou seja, o respeito às normas vigentes é fundamental, perante o risco de contato dos resíduos, produzidos por essa atividade, com o lençol freático.

As indústrias que se classificam como fontes pontuais reduzidas estão ligadas ao setor de fabricação de alimentos e bebidas (Figura 35) (1,4% dos dados), não se configurando como de alto risco por não apresentarem cargas contaminantes consideráveis. Contudo é preciso reconhecer que a persistência de poluentes no subsolo compromete a qualidade das reservas hídricas próximas a esse tipo de atividade.

Figura 35. Indústria de fabricação de alimentos.



Fonte: Google Earth (2023).

As 354 fontes pontuais que apresentam risco de contaminação dos mananciais hídricos subsuperficiais encontradas, retratam os três níveis (reduzido, moderado e elevado). Esse é um indicativo de que a área de estudo merece atenção quanto a possibilidade de poluição para cada nível citado, ou seja, é preciso um monitoramento pontual para as fontes identificadas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da vulnerabilidade e do risco de contaminação das águas subterrâneas possui grande relevância para adoção de medidas preventivas a serem adotadas pelos órgãos gestores, assim como pela iniciativa privada.

Diante desse cenário, nota-se que a falta de conhecimento da população no que tange à exploração desenfreada dos aquíferos aliada à omissão dos órgãos gestores dos recursos hídricos em informar e sensibilizar os usuários que utilizam a água subterrânea, acerca da importância da sua preservação, dificultam um gerenciamento adequado. Esse tipo de negligência pode comprometer as fontes hídricas subterrâneas, dado que quando não há um controle na exploração desses recursos, o risco de possíveis contaminações e esgotamento dessas fontes torna-se iminente.

O município de Campina Grande merece destaque no território paraibano, visto que o desenvolvimento constatado supõe que a presença cada vez mais constante de empreendimentos industriais e comerciais, crescimento populacional que se associa ao aumento de moradias regulares e irregulares, demanda por saneamento básico ainda mais eficaz, além de outros fatores, exige uma gestão mais rigorosa em relação ao aproveitamento dos recursos hídricos subsuperficiais.

O histórico recente de exploração de poços, na área de estudo, demonstra como a procura por fontes hídricas alternativas às fontes superficiais, alteram a dinâmica do uso da água, principalmente em momentos de crise. Entre 2014 – 2017, o grande número de perfurações de poços registradas (nos bancos de dados dos órgãos públicos que serviram de apoio para essa pesquisa) no município, reforça a ideia de que é preciso uma maior valorização dos mananciais subterrâneos, considerando sua importância como reservatório capaz de suprir grande parte das necessidades da sociedade, em relação ao abastecimento hídrico.

Contudo, o monitoramento do uso da água subterrânea deve ser observado, haja vista que a exploração indiscriminada pode afetar áreas de recarga, por exemplo. As classes de vulnerabilidade natural, média e alta, encontradas de forma predominante na área de estudo, de acordo com o método executado, explicita quais áreas são mais propensas à poluição, evidenciando assim que é necessário controlar a exploração de poços nesses espaços.

Desse modo, a dinâmica do uso e ocupação do solo é um movimento a se considerar, pois é a partir deste aspecto que surgem as fontes de contaminação. A exposição dos resultados

alcançados, mediante o auxílio de dados que retratam esse processo, na área de estudo, evidenciou as constantes mudanças no uso do solo no decorrer do período analisado nessa pesquisa. Essas mudanças são mais perceptíveis na malha urbana, quando se observa sua expansão, especificamente, entre 2015 a 2022, o que denota preocupações no que diz respeito à preservação de áreas que, ainda, podem ser ocupadas.

Os produtos cartográficos são importantes nessa lógica, uma vez que retratam tal realidade, portanto devem ser atualizados periodicamente para uma melhor análise da evolução do espaço ocupado, como também para subsidiar práticas de planejamento.

As ferramentas de geoprocessamento são eficazes nesse sentido, facilitando desde as tarefas mais simples até as mais complexas. Esse tipo de procedimento indica quais as prioridades para uma melhor gestão das atividades humanas e consequentemente para a proteção da captação de água no subsolo.

É preciso reconhecer que por mais que a vulnerabilidade e o risco sejam baixos em determinadas áreas, possíveis eventos de contaminação não podem ser descartados. Essa afirmação está norteadas pelas condições precárias de certos empreendimentos, que podem provocar acidentes, manusear inadequadamente produtos químicos perigosos, dentre outros. Além disso, o transporte do poluente no subsolo e posterior retorno com a água já contaminada, é uma ameaça à saúde pública.

Salienta-se que esta pesquisa não substitui as investigações complementares em campo. Nesse aspecto, a validação dos resultados deste estudo pode ampliar as possibilidades de detalhamento. Entretanto, é necessário destacar que todos os dados expostos e manipulados, nesse trabalho, foram extraídos de fontes confiáveis, que se baseiam em técnicas científicas para posteriormente disponibilizar para pesquisas desta envergadura e para o acesso ao público em geral.

É importante enfatizar que esta pesquisa proporcionou alguns pontos positivos como: (1) a aquisição de dados em sistemas com relativa facilidade no acesso (como relatado no parágrafo anterior); (2) manipulação desses dados em ambiente SIG, que permite a elaboração de produtos cartográficos fundamentais para uma análise mais profunda; (3) realização de uma pesquisa de caráter geográfico, contando com o auxílio de outras áreas do conhecimento como a geologia e a hidrogeologia; (4) demonstrar, mediante os resultados expostos, a relevância de uma gestão eficiente para proteção dos mananciais subterrâneos; (5) e utilizar métodos de avaliação da vulnerabilidade e do risco de contaminação de águas subterrâneas, assim como do uso e ocupação

do solo, todos reconhecidos pela comunidade científica que pesquisa a temática abordada neste trabalho.

Todavia, é preciso pontuar algumas adversidades encontradas, para uma avaliação mais robusta da área de estudo, como: (1) as diferentes classificações de vulnerabilidade e risco constatadas dificultam um controle mais efetivo dos contaminantes, sobretudo no perímetro urbano; (2) a presença de poços irregulares ou clandestinos, complica o monitoramento dos mesmos, assim podem facilmente estarem próximos a fontes altamente poluentes; (3) a ausência de informações em muitos relatórios de perfuração de poços; (4) a falta de recursos para trabalhos de campo, que exige um aporte financeiro um pouco mais elevado; (5) e o curto período de tempo para a execução de um estudo ainda mais minucioso.

Em síntese, as características deste trabalho retratam, de maneira concisa, as condições que podem determinar níveis de contaminação (natural ou antrópica) das águas subterrâneas de Campina Grande, especificando quais espaços estão suscetíveis a prováveis danos. Para tal fim, é preciso aliar a esse estudo, os fatores intrínsecos ao uso e ocupação do solo, que podem contribuir para uma análise mais detalhada de fontes poluentes.

Portanto, esta pesquisa pode servir de referência para trabalhos futuros, na área avaliada. Para tanto, recomenda-se que sejam efetuadas atualizações no banco de dados de poços e de possíveis novas fontes de contaminação inseridas na área de estudo.

REFERÊNCIAS

ALLER, L.; THORNHILL, J. **DRASTIC: um sistema padronizado para avaliar o potencial de poluição das águas subterrâneas usando configurações hidrogeológicas**. Laboratório de Pesquisa Ambiental Robert S. Kerr, Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento, Agência de Proteção Ambiental dos EUA, 1987.

ALVES, E. Após dois anos da chegada das águas da transposição, Campina Grande tem segurança hídrica. **G1 Paraíba**, Paraíba, 03 ago. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2019/03/08/apos-dois-anos-da-chegada-das-aguas-da-transposicao-campina-grande-tem-seguranca-hidrica.ghml>. Acesso em: 19 mai. 2023.

AMARAL, K. J. do; AZEVEDO, J. P. S. de. O setor industrial e a cobrança pelo uso da água: o caso do setor industrial de papel e celulose. In: XVII SBRH - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2007, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=9907>. Acesso em 18 nov. 2023.

ARAÚJO, L. R. N. de. Um estudo sobre o uso de águas subterrâneas no município de Campina Grande-PB. In: CONGRESSO NACIONAL DE DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50877>. Acesso em: 10 mai. 2023.

BATISTA, S. P. C. *et al.* Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2016, Campinas. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28686/18596>. Acesso em 15 mai. 2023.

BELTRÃO, B. A. *et al.* **Diagnóstico do município de Campina Grande, estado da Paraíba. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. CPRM/PRODEEM: Recife, 2005.

BLARASIN, M. *et al.* Determinación del riesgo a la contaminación del acuífero libre por sistemas de saneamiento in situ: ciudad del Río Cuarto, departamento Río Cuarto, Córdoba, Argentina. **Publicación especial de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería**, p. 114-131, 1993.

BORGHETTI, N. R. B.; BORGHETTI, J. R.; FILHO, E. F. R. **A integração das águas: revelando o verdadeiro aquífero Guarani**. Edição da autora: Curitiba, 2011. 276 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil - **Sumário Executivo** / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. -- Brasília: ANA, 2024. 16 p.

_____. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 20 jun. 2023.

_____. [Constituição (1988)]. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 15 jul. 2023.

_____. **Diário Oficial da União (D.O.U.)**. Decreto Nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Código de Águas. In: VIEIRA, Jair Lott. Código de Águas – Decreto Nº 24.643 de 10.7.1932 / Agência Nacional de Águas – Lei nº 9.984. Bauru, SP: EDIPRO, 3ª Ed. 2002.

_____. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 8 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 17 set. 2020.

_____. (Estado). Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. **Atlas do plano estadual de recursos hídricos da Paraíba**. Paraíba, 2006, 27 p.

_____. Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. **Diário Oficial**. PARAÍBA, 02 jul. 1996.

_____. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: relatório executivo/Governo do Estado da Paraíba**. – João Pessoa: Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba, 2022. 227 p.

_____. RESOLUÇÃO DIR AESA nº 001, de 17 de janeiro de 2019. Dispõe sobre procedimentos administrativos para licença de obra hídrica e outorga de direito de uso de água para poço tubular, em solo cristalino, no Estado da Paraíba. **Diário Oficial**. Paraíba, 17 jan. 2019.

CARVALHO, A. C. L.; VINAGRE, M. V. A.; MENDES, R. L. R.; DAVID FRANCO LOPES; LOPES, M. S. B. **Estudo da vulnerabilidade da água subterrânea no distrito industrial de Icoaraci (Belém-PA) (Estudo de caso)**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 2, p.5649-5661 feb. 2020.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, p. 312. Disponível em:

<https://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20n%C2%BA%20396.pdf>. Acesso em: 18 set. 2020.

COSTA, C. J. S. **Avaliação preliminar e confirmatória da contaminação por hidrocarbonetos de petróleo das águas subterrâneas no distrito dos mecânicos em Campina Grande-PB**. 2015. 112 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba/PRODEMA, João Pessoa, 2015.

COSTA, W. D. Hidrogeologia dos meios fissurados. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. (orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: LABHID, 2008, cap. 3, p. 95-117.

CUTRIM, A. O.; CAMPOS, J. E. G. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do aquífero furnas na cidade de Rondonópolis (MT) com aplicação dos métodos GOD e POSH. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 29, n. 3, p. 401-411, 2010.

DA SILVA, V. D., DE AZEVEDO, P. V., BRITO, R. S. *et al.* Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. *Environ Monit Assess* **161**, 45–59, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0726-3>.

DADASHPOOR H, AZIZI P, MOGHADASI M. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. **Sci Total Environ**. 2019 Mar 10; 655:707-719. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.267.

DE SOUZA E SILVA, R. *et al.* Thermal comfort conditions at microclimate scale and surface urban heat island in a tropical city: A study on João Pessoa city, Brazil. **Int J Biometeorol** **66**, 1079–1093, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02260-y>.

DEILAMI K, KAMRUZZAMAN M, LIU Y. Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 2018, 67, 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>.

DIAS, C. L. *et al.* Restrições de Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Proteção de Aquíferos: Conceitos, Legislação e Proposta de Aplicação no Estado de São Paulo. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2004, Cuiabá. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2017. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23622>. Acesso em: 22 jun. 2023.

DU P, LI X, CAO W, LUO Y, ZHANG H. Monitoring urban land cover and vegetation change by multi-temporal remote sensing information. **Mining Science and Technology**, 2010, 20, 922-932. [https://doi.org/10.1016/S1674-5264\(09\)60308-2](https://doi.org/10.1016/S1674-5264(09)60308-2).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

FABIANI C, PISELLO AL, BOU-ZEID E, YANG J, COTANA F. Adaptive measures for mitigating urban heat islands: The potential of thermochromic materials to control roofing energy balance. **Applied Energy**, 2019, 247, 155-170.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.020>.

FARIAS, V.; BISCHOFF, W. Censo do IBGE: Cidades médias puxam crescimento do Brasil. **G1 Economia**, São Paulo, 01 jul. 2023. Disponível em:
<https://g1.globo.com/economia/censo/noticia/2023/07/01/censo-do-ibge-cidades-medias-puxam-crescimento-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 28 jan. 2024.

FEITOSA, F. A. C.; DINIZ, J. A. O. Água subterrânea no cristalino da região semiárida brasileira. In: II CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO. 2011, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2011. Disponível em:
<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28026>. Acesso em: 07 jul. 2023.

FOSTER, S. *et al.* **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. Washington: Servmar, 2006. 114 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R. (1988). Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81p.

FOSTER, S.; HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. Tradução: Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Iritani. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A. **Águas Subterrâneas**. Tradução: Everton de Oliveira. São Paulo, 2017. 680 p.

FREITAS, M. A. de. **Avaliação do potencial hidrogeológico de terrenos cristalinos através de técnicas de geoprocessamento**. 1998. 130 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

GALVÃO, M. J. T. G. *et al.* **Projeto Campina Grande: alternativas para abastecimento por águas subterrâneas na Região de Campina Grande com indicações de potencial hidrogeológico**. CPRM: Recife, 2017.

GIAMPÁ, C. E. Q.; GONÇALES, V. G. **Orientações para a Utilização de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. Governo do Estado de São Paulo Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. São Paulo, 2015.

GIRALDI, A. **A água que ninguém vê**. Unesp-ciência. São Paulo, 2013.

GOVERNO DA PARAÍBA. **AESA realiza fiscalização e identifica 36 empresas de lava jato irregulares em Campina Grande**. João Pessoa, 2015. Disponível em:
<https://antigo.paraiba.pb.gov.br/index-38490.html>. Acesso em: 09 mai. 2023.

GRANZIERA, M. L. M.; GRANZIERA, B. M. Desafios na gestão das águas subterrâneas. XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014, Belo Horizonte. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2015. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28330>. Acesso em: 14 jun. 2023.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra**. 6 ed. Bookman. Porto Alegre, 2013.

GUDMUNDSSON, A., GJESDAL, O., BRENNER, S.L. *et al.* Effects of linking up of discontinuities on fracture growth and groundwater transport. **Hydrogeology Journal** **11**, 84–99, 2003. <https://doi.org/10.1007/s10040-002-0238-0>.

HENRIQUE, F. de A. **Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande-PB**. 2006. 108 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

HIRATA, R. *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências, 2019.

HIRATA, R. *et al.* Groundwater Pollution Risk and Vulnerability Map of the State of São Paulo, Brazil. **Water Sci Technol** 1 December 1991; 24 (11): 159–169. doi: <https://doi.org/10.2166/wst.1991.0348>.

HIRATA, R. *et al.* **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [São Paulo]: Instituto Trata Brasil, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/e7d9e125-7b22-4706-915b-a397f8a91784/2928658.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2023.

HIRATA, R.; FERNANDES, A. J.; BERTOLO, R. Águas subterrâneas: longe dos olhos, longe do coração e das ações para sua proteção. **Acta Paul Enferm.**, v. 29, n. 6, pág. 3-4, nov. 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE cidades, 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 19 abr. 2023.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. A. (2008). As águas subterrâneas do estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico. **(Cadernos de Educação Ambiental)**.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. A. (2009). As águas subterrâneas do estado de São Paulo. 2ª edição. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico. **(Cadernos de Educação Ambiental)**.

JERONIMO, C. E. M.; ASEVEDO, K. C. S. Diagnóstico ambiental de postos de lavagem de veículos (lava-jatos) em Natal-RN. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 8, n. 11(a), 2013. Disponível em: <https://scientiaplena.emnuvens.com.br/sp/article/view/1126>. Acesso em: 11 jan. 2024.

LACERDA, L.I.D.A., DA SILVEIRA, J.A.R., SANTOS, C.A.G. *et al.* Urban forest loss using a GIS-based approach and instruments for integrated urban planning: A case study of João Pessoa, **Brazil. J. Geogr. Sci.** 31, 1529–1553 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11442-021-1910-4>.

LIMA, E. A. de. *et al.* Mapeamento hidrogeológico da folha sb.25-y-c João Pessoa – Paraíba. In: XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2004, Mato Grosso. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2004. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23534>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LIMA, R. C. S. A. de. *et al.* Abastecimento de água em Campina Grande (PB): um panorama histórico. In: RANGEL JUNIOR, A. G.; SOUSA, C. M. de. (orgs.). **Campina Grande hoje e amanhã**. Campina Grande: EDUEPB, 2014. p. 17-29.

LISBOA FILHO, J. **Modelagem de Bancos de Dados Geográficos**. In: Ladeira M.; Nascimento M.E.M. (eds.). III Escola Regional de Informática do Centro-Oeste. Brasília, 2000.

LOUSADA, E. O.; CAMPOS, J. E. G. Proposta de modelos hidrogeológicos conceituais aplicados aos aquíferos da região do Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 3, p. 407-414, 2005.

MAIA, D. S. A Periferização e a Fragmentação da Cidade: loteamentos fechados, conjuntos habitacionais populares e loteamentos irregulares na cidade de Campina Grande-PB, Brasil. **Scripta Nova**, v. XIV, p. 1-15, 2010.

MARTIN, P. J., D. C.; GOMES, M. IRITANI.; N. GUIGUER. Na Integrated Groundwater Management Using Modeling and GIS. Proceedings of the Groundwater in a Watershed Context Symposium. Section 3: 137–145. **Canada Centre for Inland Waters**, Burlington, Ontário, 1998.

MEDEIROS, C. M. *et al.* Qualidade das águas subterrâneas na porção sedimentar da Região do Baixo Curso do Rio Paraíba. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Campo Grande - MS, 2009. **Anais [...]**. Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=10374>. Acesso em: 05 ago. 2023.

MIRANDA, G. M. **Indicadores do potencial de gestão municipal de recursos hídricos**. 2012. 96 p. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2012.

NEVES, M. A. **Análise integrada à exploração de água subterrânea na bacia do Rio Jundiá (SP)**. 2005. 202 p. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2005.

OLIVEIRA, R. C. M.; LIMA, P. V. P.; SOUSA, R. P. Gestão Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos no Contexto do Uso e Ocupação do Solo nos Municípios. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, SP, v. 33, n. 97, p. 48-64, jan./abr. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA (UNESCO). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2022**. Águas subterrâneas: tornar visível o invisível: fatos e dados. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380733_por. Acesso em: 15 ago. 2023.

PAEZ, G. **Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el Valle del Cauca**. Informe Ejecutivo. Corpo Regional del Valle del Cauca. Cauca, Colômbia, 1999.

PARAÍBA (Estado). Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. **Caracterização dos sistemas aquíferos da Paraíba**. Paraíba, 2016. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/PE_03.pdf. Acesso em: 01 mai. 2023.

PARIS, M. *et al.* Hidrogeología Urbana: Protección de pozos de abastecimiento en la gestión de los recursos hídricos subterráneos. **Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica**, v. 13, p. 153-160, 1999.

REBOUÇAS, A. C. Importância da água subterrânea. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. (orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, LABHID, Rio de Janeiro, 2008. p. 13 – 29.

RÊGO, R. L. C. M.; CATÃO, W. V.; MARTINS, K. Y. N.; MEIRA, A. C. B. S.; FEITOSA, P. H. C. Avaliação das concentrações de nitrato em águas subterrâneas na cidade de Campina de Grande-PB. In: CONGRESSO NACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 2018, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50564>. Acesso em: 02/09/2023.

RODRIGUES, S. W. de O.; MEDEIROS, W. C. de. **Geologia e recursos minerais da folha Campina Grande**. Recife: CPRM, 2015. 80 p.

SANTOS, F. G. *et al.* **Mapa Geológico da Província Borborema. Projeto Geologia e Potencial Mineral da Província Borborema. Escala 1:1.000.000**. Recife: SGB-CPRM, 2021, 1 mapa.

SCHARP, C. *et al.* Assigning a groundwater protection value: Methodology development. In: **Groundwater in the urban environment**. 1997. p. 659-664.

SESUMA. Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. Perfuratriz da Prefeitura garante instalação de mais de 30 poços artesianos sem várias áreas do município. **SESUMA, 2016**, Campina Grande. 20 de Dez. de 2016. Disponível em: <https://sesuma.org.br/perfuratriz-da-prefeitura-garante-instalacao-de-mais-de-30-pocos-artesianos-em-varias-areas-do-municipio/>. Acesso em: 11 de mai. de 2023.

SETTE, A. **As cidades médias que assustam as capitais**. Caos Planejado, 2023. Disponível em: <https://caosplanejado.com/as-cidades-medias-que-assustam-as-capitais/>. Acesso em: 28 jan. 2024.

SILVA FILHO, L.G. **Síntese histórica de Campina Grande - 1670 a 1963**. Joao Pessoa: Editora Grafiset, 2005.

SILVA, R. W. DA C.; MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, n. 09, p. 26-35, 2008.

SOARES, M. DE A.; COSTA, H. K. DE M. A crise hídrica enfrentada em 2021: uma avaliação das principais medidas adotadas pelo Governo. **Delos: desarrollo local sostenible**, 2023, 16 (43), 489–503. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n43-001>.

SPOSITO, M. E. B. Loteamentos fechados em cidades médias paulistas – Brasil. *In*: SPOSITO, E.; SPOSITO, M. E. B.; SOBARZO, O. (Orgs.). **Cidades médias: produção do espaço urbano e regional**. São Paulo: Expressão Popular, 2006.

STUART, M.; MILNE, C. Groundwater quality implications of wastewater irrigation in Leon, Mexico. **Groundwater in the Urban Environment: Processes and Management**, p. 193-198, 1997.

TIAN G, *et al.* Analysis of spatio-temporal dynamic pattern and driving forces of urban land in China in 1990s using TM images and GIS. **Cities**, 2005, 22(6), 400-410. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2005.05.009>.

TIRÉN, S. 1991. Geological setting and deformation of a low-angle fracture zone at Finnsjon, Sweden. **Journal of Hydrology**, 126:17-43.

TOLMAN, C. F. **Ground water**. New York: McGraw Hill, 1937. 593 p.

TUMA, L. S. R.; OLIVEIRA, E. S. Estudos hidrogeológico e geoestatístico dos poços artesianos de Campina Grande. *In*: XXVI ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2019, Campina Grande - PB. **Anais [...]**, outubro de 2019. Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba, 2020. p.127.

VILLAR, P. C. Uma Visão Geral da Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo. *In*: XIV ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS E II SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE. 2005, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Revista Águas Subterrâneas, 2005. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23209>. Acesso em: 12 mar. 2023.

WALDIR, D. C. Hidrogeologia dos meios fissurados. *In*: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. (orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, LABHID, Rio de Janeiro, 2008. p. 121 – 151.

WU Y, LI S, YU S. Monitoring urban expansion and its effects on land use and land cover changes in Guangzhou city, China. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2016, 188, 54. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5069-2>.

XIAO JY, SHEN YJ, GE JF, TATEISHI R, TANG CY, LIANG YQ. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing. **Landscape and Urban Planning**, 2006, 75(1–2), 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.12.005>.

APÊNDICES

DADOS UTILIZADOS PARA EXECUÇÃO DO MÉTODO GOD

Ponto	Latitude	Longitude	G	O	D	GOD	Vulnerabilidade
ACAUA	7° 13' 38.0" S	35° 53' 46.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ACUDE DE DENTRO	7° 20' 24.0" S	36° 5' 31.0" W	0,6	0,4	0,9	0,21	baixa
ANGICOS OU GIRAGUITAIA	7° 11' 16.0" S	36° 4' 26.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CAPUXU	7° 10' 6.0" S	36° 5' 37.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CATOLE	7° 16' 29.0" S	35° 57' 8.0" W	0,6	0,4	0,9	0,21	baixa
CATOLE	7° 15' 55.0" S	36° 5' 49.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CATOLE DE JOSE PEREIRA	7° 13' 39.0" S	35° 53' 48.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
COMUNIDADE DOS CUITES	7° 9' 52.0" S	35° 59' 13.0" W	0,6	0,7	0,9	0,37	média
DISTRITO DO CATOLE	7° 16' 8.0" S	36° 6' 0.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
DISTRITO DO CATOLE	7° 16' 10.0" S	36° 6' 6.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
FAZENDA FLORESTA	7° 13' 39.0" S	35° 53' 48.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA HUGO AMORIM	7° 16' 45.0" S	35° 44' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA NOVO-BOSQUE	7° 11' 3.0" S	36° 1' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA SANTA CANDIDA	7° 16' 47.0" S	35° 44' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA SANTA CANDIDA	7° 16' 46.0" S	35° 44' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA SANTA LUCIA	7° 12' 35.0" S	36° 3' 59.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA VELHA	7° 15' 10.0" S	35° 54' 9.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ILCASA	7° 14' 37.0" S	35° 50' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
ILCASA	7° 14' 36.0" S	35° 50' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
LOGRADOURO	7° 16' 32.0" S	36° 1' 18.0" W	0,6	0,4	0,8	0,19	baixa
LOGRADOURO	7° 16' 23.0" S	36° 2' 6.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LOGRADOURO	7° 16' 9.0" S	36° 2' 6.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MALICIA	7° 10' 0.0" S	36° 5' 13.0" W	0,6	0,8	0,8	0,38	média
MARANATA	7° 16' 40.0" S	36° 3' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MONTE ALEGRE	7° 12' 3.0" S	36° 3' 27.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
MONTE ALEGRE DE BAIXO	7° 11' 52.0" S	36° 2' 16.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MOSTEIRO DAS CLARICES	7° 13' 16.0" S	35° 53' 28.0" W	0,6	0,4	0,9	0,21	baixa
QUIXABA	7° 18' 55.0" S	36° 3' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
RAJADA	7° 17' 21.0" S	36° 3' 29.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
ROTARY	7° 14' 35.0" S	35° 50' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SANTO IZIDORO	7° 13' 35.0" S	35° 53' 44.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SAO JOAOZINHO - II	7° 13' 41.0" S	35° 53' 50.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SAO JORGE	7° 16' 45.0" S	35° 49' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SAO JOSE DA MATA	7° 12' 24.0" S	36° 1' 3.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SAO JOSE DA MATA	7° 13' 37.0" S	36° 0' 21.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SITIO CARDOSO	7° 13' 38.0" S	35° 53' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SITIO SAO PEDRO	7° 17' 0.0" S	36° 5' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
AÇUDE DE DENTRO	7° 21' 4.0" S	36° 5' 44.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
AÇUDE DE DENTRO	7° 20' 57.0" S	36° 5' 16.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média

ACUDE DE DENTRO II	7° 21' 6.0" S	36° 5' 20.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
AÇUDE DENTRO	7° 20' 29.0" S	36° 5' 32.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
AÇUDE DENTRO II	7° 21' 9.0" S	36° 5' 22.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
AÇUDE DENTRO III	7° 20' 26.0" S	36° 5' 33.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ADEMAR	7° 16' 41.0" S	35° 51' 30.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
A, DENTRO III	7° 20' 40.0" S	36° 5' 31.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
AEROPORTO	7° 15' 32.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ALCA SUDOESTE (DISTRITO INDUSTRIAL)	7° 16' 45.0" S	35° 54' 9.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ALGODÃO	7° 18' 40.0" S	36° 5' 42.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ALTO DO ALEGRE (GUARITA)	7° 19' 57.0" S	36° 4' 39.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ANGICOS OU GIRAFITAIA	7° 11' 16.0" S	36° 4' 26.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CACIMBA NOVA	7° 16' 42.0" S	36° 6' 53.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CAJAZEIRAS	7° 14' 44.0" S	35° 59' 37.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
CAJAZEIRAS	7° 14' 32.0" S	35° 58' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CALOTE	7° 21' 26.0" S	36° 2' 49.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CANDE-FAB, DE PLASTICOS	7° 15' 25.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CANUDOS	7° 16' 30.0" S	35° 51' 32.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CAPIM GRANDE	7° 13' 35.0" S	36° 0' 22.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CAPUXU	7° 10' 30.0" S	36° 3' 15.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CAPUXU	7° 10' 9.0" S	36° 3' 35.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CARRETAS	7° 16' 41.0" S	36° 3' 15.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
CATOLE	7° 16' 20.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CATOLE DA BOA VISTA	7° 15' 57.0" S	36° 5' 41.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CATOLE DE ZÉ PEREIRA	7° 16' 27.0" S	35° 54' 41.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CLINICA DR, JOAO RIBEIRO	7° 13' 17.0" S	35° 52' 45.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
CUITE	7° 10' 15.0" S	35° 53' 25.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
CUITES	7° 10' 54.0" S	35° 54' 14.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
D, CATOLE	7° 16' 8.0" S	36° 6' 40.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
DISTRITO INDUSTRIAL	7° 15' 24.0" S	35° 52' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
ESPERANÇA	7° 15' 33.0" S	35° 51' 29.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAB, ARAUJO RIQUE	7° 13' 15.0" S	35° 52' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA ALGODÃO	7° 16' 33.0" S	36° 6' 49.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA BELO HORIZONTE	7° 13' 51.0" S	36° 3' 9.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA BELO HORIZONTE	7° 13' 50.0" S	36° 3' 10.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA BOI VELHO	7° 13' 19.0" S	36° 3' 51.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA BRAVO I	7° 16' 35.0" S	36° 6' 45.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA CARIDADE	7° 16' 37.0" S	35° 47' 12.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA FLORESTA	7° 17' 8.0" S	35° 45' 14.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA FLORESTE	7° 16' 40.0" S	35° 45' 24.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA GALANTE	7° 18' 52.0" S	35° 46' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA GONCALO	7° 18' 39.0" S	36° 4' 29.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média

FAZENDA ITARARE	7° 14' 53.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA LOGRADOURO	7° 16' 46.0" S	36° 3' 42.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA MALÍCIA	7° 10' 6.0" S	36° 5' 9.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA MALÍCIA	7° 10' 6.0" S	36° 5' 8.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA MONTE ALEGRE	7° 12' 38.0" S	36° 4' 18.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA MONTE ALEGRE	7° 12' 8.0" S	36° 4' 43.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA MONTE ALEGRE	7° 12' 0.0" S	36° 5' 12.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
FAZENDA PÉ-DE-SERRA	7° 10' 48.0" S	36° 2' 56.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	7° 20' 0.0" S	36° 5' 24.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	7° 18' 43.0" S	36° 4' 21.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	7° 18' 9.0" S	36° 5' 23.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	7° 18' 6.0" S	36° 3' 43.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	7° 17' 52.0" S	36° 4' 49.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA SANTA CÂNDIDA	7° 17' 22.0" S	35° 44' 5.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
FAZENDA SANTA MARIA	7° 11' 1.0" S	35° 58' 20.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA SANTA MARIA	7° 11' 0.0" S	35° 58' 20.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA TATU DE CIMA	7° 17' 56.0" S	35° 48' 15.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA UBAIA	7° 17' 3.0" S	35° 45' 29.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZENDA VÁRZEA DO ARROZ	7° 18' 9.0" S	35° 44' 9.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FAZENDA VIRGEM DOS POBRES	7° 12' 37.0" S	36° 3' 49.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
FAZ, SALGADINHA	7° 16' 25.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FERREIRO DA ONCA	7° 16' 39.0" S	36° 3' 13.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
FZ, NOVA	7° 11' 1.0" S	36° 1' 2.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
GALANTE	7° 18' 55.0" S	35° 45' 57.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
GENIPAPO	7° 10' 18.0" S	35° 53' 25.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
GONÇALO	7° 19' 14.0" S	36° 3' 50.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
GONÇALO	7° 18' 56.0" S	36° 3' 52.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
GRANJA DO DR, PINTO	7° 13' 55.0" S	35° 52' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
GRANJA MARISTELA	7° 15' 0.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
GRANJA SHANGRI-LA	7° 16' 26.0" S	35° 51' 30.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
HOSPITAL PEDRO I	7° 13' 19.0" S	35° 52' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
INOCENCIO	7° 11' 4.0" S	36° 0' 57.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
INSTITUTO DE NEURO-PSIQUIATRIA	7° 13' 18.0" S	35° 52' 45.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LAGOA DE DENTRO	7° 11' 48.0" S	35° 57' 15.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
LAR DO GAROTO	7° 13' 44.0" S	35° 52' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LOGRADOURO	7° 17' 13.0" S	36° 1' 14.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LOGRADOURO DE CIMA	7° 17' 25.0" S	36° 2' 16.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
LOGRADOURO I	7° 16' 35.0" S	36° 1' 20.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LOGRADOURO II	7° 16' 9.0" S	36° 2' 6.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
LUCAS	7° 15' 35.0" S	35° 59' 5.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
LUCAS	7° 15' 34.0" S	35° 59' 5.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta

LUCAS	7° 15' 22.0" S	35° 58' 58.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
LUCAS II	7° 15' 18.0" S	35° 58' 11.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
MALHADA	7° 13' 48.0" S	35° 52' 1.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MALHADA II	7° 13' 50.0" S	35° 52' 3.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MALHADINHA	7° 16' 28.0" S	36° 2' 47.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
MALHADINHA II	7° 16' 30.0" S	36° 2' 49.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MALICIA	7° 10' 0.0" S	36° 5' 13.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MALU	7° 13' 16.0" S	35° 52' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MARANATA	7° 16' 40.0" S	36° 3' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MATAGADO	7° 10' 9.0" S	36° 5' 15.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MONTE ALEGRE	7° 11' 45.0" S	36° 3' 15.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
MONTE ALEGRE	7° 13' 5.0" S	36° 3' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MONTE ALEGRE BAIXO	7° 11' 45.0" S	36° 3' 13.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
MULTIRÃO	7° 13' 10.0" S	35° 57' 4.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
NAVIO III	7° 18' 56.0" S	36° 5' 46.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
OLHO D'ÁGUA	7° 11' 47.0" S	36° 3' 56.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
PARIPE	7° 15' 18.0" S	35° 51' 46.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
PASSA TEMPO	7° 14' 56.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
PAUS BRANCO	7° 21' 16.0" S	36° 2' 39.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
PAUS BRANCOS	7° 21' 18.0" S	36° 2' 41.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
PAUS BRANCOS	7° 20' 39.0" S	36° 3' 55.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
PAUS BRANCOS	7° 20' 15.0" S	36° 1' 40.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
PAUS BRANCOS	7° 19' 15.0" S	36° 0' 40.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
POSTO DE MONTA	7° 16' 22.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUEIMADA DA EMA	7° 17' 57.0" S	36° 3' 28.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUIXABA	7° 19' 10.0" S	36° 2' 54.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUIXABA	7° 19' 41.0" S	36° 2' 49.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUIXABA	7° 19' 16.0" S	36° 3' 37.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
QUIXABA	7° 19' 13.0" S	36° 3' 39.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
QUIXABA II	7° 18' 41.0" S	36° 2' 28.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUIXABA III	7° 19' 12.0" S	36° 2' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
QUIXABA III	7° 19' 10.0" S	36° 2' 49.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
RAJADA	7° 20' 16.0" S	36° 1' 40.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
RAJADA	7° 16' 27.0" S	36° 4' 18.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
RANCHO ALEGRE	7° 15' 11.0" S	35° 51' 30.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
R, DO MATO	7° 15' 36.0" S	35° 54' 48.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
RIACHO FUNDO	7° 16' 23.0" S	35° 54' 42.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SANTA TEREZINHA	7° 14' 51.0" S	35° 50' 44.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SANTA TEREZINHA	7° 14' 42.0" S	35° 50' 36.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SANTO IZIDORO	7° 13' 35.0" S	35° 53' 44.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÃO PEDRO	7° 17' 49.0" S	36° 6' 29.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média

SERRA DE JOAQUIM VIEIRA II	7° 12' 47.0" S	35° 59' 6.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO AMORIM	7° 17' 19.0" S	35° 44' 41.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO ARAGÃO (LOGRADOURO)	7° 17' 13.0" S	36° 1' 4.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO BRANCOS	7° 16' 18.0" S	35° 57' 32.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO CAJAZEIRAS I	7° 14' 13.0" S	36° 0' 17.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO CALVO	7° 20' 3.0" S	36° 0' 4.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO CUITE	7° 10' 17.0" S	35° 53' 25.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO CUITE	7° 10' 16.0" S	35° 53' 25.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO DENTRO	7° 17' 23.0" S	36° 3' 33.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO GONÇALO	7° 18' 49.0" S	36° 4' 1.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO GRAVATAZINHO	7° 9' 58.0" S	36° 3' 3.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO	7° 18' 44.0" S	35° 45' 40.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO	7° 18' 25.0" S	35° 45' 35.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO (GALANTE)	7° 19' 1.0" S	35° 44' 53.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO PAU BRANCO II	7° 20' 32.0" S	36° 3' 53.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO QUEIMADA DA EMA	7° 18' 23.0" S	36° 3' 9.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO SANTA ROSA	7° 16' 33.0" S	36° 6' 44.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO SÃO PEDRO DE BAIXO	7° 16' 40.0" S	36° 5' 55.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
SÍTIO SERRA JOAQUIM VIEIRA	7° 12' 35.0" S	35° 59' 29.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
SÍTIO SERRA JOAQUIM VIEIRA I	7° 11' 43.0" S	35° 58' 53.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TATU DE BAIXO	7° 17' 55.0" S	35° 46' 30.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TATU DE BAIXO	7° 17' 32.0" S	35° 45' 56.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TATU DE CIMA	7° 18' 10.0" S	35° 47' 51.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TATU DE CIMA	7° 17' 48.0" S	35° 48' 2.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
TRAPIA	7° 20' 28.0" S	36° 2' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TRAPIA	7° 20' 26.0" S	36° 2' 45.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
TRAPIA	7° 20' 26.0" S	36° 2' 29.0" W	1	0,6	0,9	0,54	alta
TRES IRMAOS	7° 16' 24.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
TRES IRMAOS	7° 16' 23.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
UNID, RECUP, 2, DIST, OBR-DNOC	7° 14' 58.0" S	35° 53' 0.0" W	1	0,6	0,7	0,42	média
URUBU	7° 18' 45.0" S	36° 3' 47.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
VÁRZEA DO CAPIM	7° 19' 20.0" S	36° 0' 46.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
VÁRZEA DO CAPIM	7° 19' 15.0" S	36° 1' 29.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
VELAME	7° 16' 21.0" S	35° 55' 0.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
NÃO IDENTIFICADO	7° 16' 45.0" S	36° 3' 12.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
NÃO IDENTIFICADO	7° 16' 43.0" S	36° 1' 53.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média
NÃO IDENTIFICADO	7° 15' 38.0" S	35° 51' 33.0" W	1	0,6	0,8	0,48	média

INDÚSTRIAS (FONTES PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO)

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE	POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO
Betânia Lácteos S/A - Indústria de alimentos e bebidas	7° 14' 39.0" S	35° 51' 17.0" W	Reduzido
VITAMILHO - Indústria de alimentos e bebidas	7° 13' 41.0" S	35° 53' 17.0" W	Reduzido
Sordas Perilima - Indústria de alimentos e bebidas	7° 14' 37.0" S	35° 53' 34.0" W	Reduzido
Mundo Verde Indústria de Alimentos - Indústria de alimentos e bebidas	7° 15' 36.0" S	35° 53' 18.0" W	Reduzido
Empresa Brasileira de Bebidas LTDA - Indústria de alimentos e bebidas	7° 15' 29.0" S	35° 52' 50.0" W	Reduzido
IPELSA - Indústria de celulose e papel	7° 12' 59.0" S	35° 55' 04.0" W	Moderado
FOFEX - Indústria de papéis - Indústria de celulose e papel	7° 12' 59.0" S	35° 54' 17.0" W	Moderado
Everest Paper Indústria e Comércio - Indústria de celulose e papel	7° 13' 00.0" S	35° 55' 04.0" W	Moderado
Cadersil Industrial - Fabricação de papel e produtos florestais - Indústria de celulose e papel	7° 15' 08.0" S	35° 53' 14.0" W	Moderado
Coteminas - Indústria têxtil	7° 16' 43.0" S	35° 53' 51.0" W	Moderado
Indústria PENAFORTE - Indústria têxtil	7° 15' 32.0" S	35° 53' 19.0" W	Moderado
Valete Indústria e Comércio de Confecções LTDA - Indústria têxtil	7° 15' 01.0" S	35° 52' 42.0" W	Moderado
VIPEX Confecções S/A - Indústria têxtil	7° 16' 13.0" S	35° 53' 15.0" W	Moderado
Indústria e Comércio de Produtos de Limpeza Campinense LTDA - Indústria de sabão e detergente	7° 15' 54.0" S	35° 54' 55.0" W	Moderado
SOLIMP - Indústria de sabão e detergente	7° 13' 38.0" S	35° 53' 08.0" W	Moderado
LIMPAMIL - Indústria de sabão e detergente	7° 13' 14.0" S	35° 52' 42.0" W	Moderado
DURAPLAST - Fábrica de produtos plásticos	7° 15' 34.0" S	35° 53' 21.0" W	Elevado
PLASTFORT - Fábrica de produtos plásticos	7° 15' 32.0" S	35° 52' 54.0" W	Elevado
PLASTMAN - Fábrica de produtos plásticos	7° 15' 23.0" S	35° 53' 23.0" W	Elevado
PLASVAN - Fábrica de produtos plásticos	7° 17' 01.0" S	35° 54' 32.0" W	Elevado
Tintas BELLA Industrial - Fábrica de produtos químicos	7° 16' 43.0" S	35° 52' 52.0" W	Elevado
SOLUT Química Industrial - Fábrica de produtos químicos	7° 16' 41.0" S	35° 52' 56.0" W	Elevado
APEL Aplicações Eletrônicas - Indústria eletrônica	7° 16' 02.0" S	35° 53' 12.0" W	Elevado
T&K Indústria Metalúrgica - Indústria de processamento de metal	7° 15' 30.0" S	35° 52' 57.0" W	Elevado
Indústria de Produtos Metalúrgicos do Nordeste LTDA - Indústria de processamento de metal	7° 15' 36.0" S	35° 53' 25.0" W	Elevado
FUGIMET - Indústria de processamento de metal	7° 15' 24.0" S	35° 53' 55.0" W	Elevado
ISFEL Metalúrgica - Indústria de processamento de metal	7° 15' 07.0" S	35° 53' 12.0" W	Elevado
Metalúrgica Dois Irmãos - Indústria de processamento de metal	7° 15' 48.0" S	35° 54' 52.0" W	Elevado
Camilo Metal - Indústria de processamento de metal	7° 16' 22.0" S	35° 54' 31.0" W	Elevado

POSTOS DE COMBUSTÍVEIS (FONTES PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO)

Ponto	Latitude	Longitude
W. M. Comércio de Combustíveis	7° 14' 42.0" S	35° 54' 41.0" W
Posto Shell	7° 14' 47.0" S	35° 54' 45.0" W
Posto ALE	7° 09' 11.0" S	36° 06' 14.0" W
Posto Sudoeste UND III	7° 16' 19.0" S	36° 05' 35.0" W
MS Auto Posto	7° 12' 01.0" S	35° 52' 43.0" W
Posto Alto da Serra	7° 10' 48.0" S	35° 54' 26.0" W
Posto Petrobrás	7° 12' 59.0" S	35° 54' 23.0" W
Posto Portal Cariri	7° 15' 12.0" S	35° 57' 08.0" W
Posto Shell (1)	7° 14' 47.0" S	35° 54' 40.0" W
GS Auto Posto Prime	7° 15' 23.0" S	35° 52' 25.0" W
F Santos e CIA	7° 13' 04.0" S	35° 52' 33.0" W
Posto Ipiranga	7° 13' 03.0" S	35° 53' 28.0" W
Posto Dallas	7° 17' 17.0" S	35° 53' 23.0" W
São Luiz I	7° 13' 44.0" S	35° 54' 19.0" W
Posto Shell - Bodocongó	7° 13' 41.0" S	35° 54' 55.0" W
BR	7° 12' 06.0" S	35° 52' 36.0" W
Posto Petrobrás (1)	7° 14' 03.0" S	35° 52' 07.0" W
Posto Opção - Quarenta	7° 13' 59.0" S	35° 53' 41.0" W
Posto Setta	7° 12' 06.0" S	35° 52' 35.0" W
Rede de Postos Planalto	7° 16' 33.0" S	35° 54' 16.0" W
Posto Ipiranga - Bodocongó	7° 13' 02.0" S	35° 54' 31.0" W
Noberto Combustíveis	7° 13' 28.0" S	35° 54' 48.0" W
Auto Posto RodoParaíba	7° 15' 28.0" S	35° 54' 34.0" W
Posto Petrobrás (2)	7° 12' 47.0" S	35° 53' 03.0" W
Rede de Postos São Luiz	7° 14' 17.0" S	35° 53' 01.0" W
Auto Posto o Bisolão 3	7° 12' 54.0" S	35° 53' 25.0" W
Posto Sudoeste	7° 16' 39.0" S	35° 53' 49.0" W
Posto MasterGás GNV	7° 15' 10.0" S	35° 53' 13.0" W
Posto Sertões Ipiranga	7° 13' 58.0" S	35° 54' 50.0" W
Posto Avenida Ipiranga	7° 14' 34.0" S	35° 53' 17.0" W
Posto ALE (1)	7° 13' 51.0" S	35° 54' 35.0" W
Posto Setta (1)	7° 13' 00.0" S	35° 53' 27.0" W
Posto Monumento (Ipiranga)	7° 13' 34.0" S	35° 52' 34.0" W
Posto Texaco	7° 14' 00.0" S	35° 52' 13.0" W
Posto Santo Antonio	7° 14' 43.0" S	35° 51' 05.0" W
Posto Federal	7° 12' 40.0" S	35° 53' 02.0" W
Posto ALE - Auto Posto VS 4	7° 13' 29.0" S	35° 53' 35.0" W
FRS Auto Posto	7° 12' 59.0" S	35° 53' 50.0" W
Auto Posto Marília	7° 13' 39.0" S	35° 53' 10.0" W

Posto São Marcos II	7° 14' 40.0" S	35° 53' 25.0" W
Posto São José Petrobrás	7° 14' 04.0" S	35° 52' 36.0" W
Posto Santa Terezinha	7° 14' 53.0" S	35° 50' 47.0" W
Posto de Combustível Máxima	7° 15' 03.0" S	35° 54' 55.0" W
Posto Amigão	7° 15' 24.0" S	35° 53' 14.0" W
Posto Distrito	7° 15' 27.0" S	35° 53' 45.0" W
Posto Paulistano	7° 14' 56.0" S	35° 53' 15.0" W
Posto Petrobrás (3)	7° 13' 47.0" S	35° 52' 58.0" W
Posto Unigás	7° 13' 02.0" S	35° 54' 47.0" W
Posto Ipiranga	7° 12' 59.0" S	35° 52' 36.0" W
Postos Liberdade Combustíveis	7° 14' 08.0" S	35° 53' 48.0" W
Micro Posto	7° 13' 13.0" S	35° 53' 19.0" W
Posto Roma ALE	7° 13' 15.0" S	35° 52' 31.0" W
Posto Santo Antonio (1)	7° 15' 27.0" S	35° 55' 42.0" W
Posto Shell (2)	7° 15' 03.0" S	35° 52' 43.0" W
Posto Bandeirantes	7° 12' 52.0" S	35° 53' 18.0" W
Posto São Luiz II	7° 12' 50.0" S	35° 53' 17.0" W
Posto Meninão - Shell	7° 13' 40.0" S	35° 52' 37.0" W
Auto Posto JE - Ipiranga	7° 12' 56.0" S	35° 51' 48.0" W
Posto Nova Campina	7° 15' 54.0" S	35° 55' 26.0" W
Auto Posto Padre Cícero	7° 13' 42.0" S	35° 53' 22.0" W
Posto Centenário	7° 13' 45.0" S	35° 54' 05.0" W
Posto Shell (3)	7° 12' 36.0" S	35° 52' 33.0" W
Posto Ipiranga (1)	7° 12' 49.0" S	35° 55' 31.0" W
GS Auto Posto Unidade I	7° 14' 52.0" S	35° 52' 19.0" W
Posto Ipiranga (2)	7° 14' 11.0" S	35° 53' 19.0" W
Posto Ipiranga (3)	7° 14' 37.0" S	35° 53' 50.0" W
Posto Opção - Cruzeiro	7° 14' 55.0" S	35° 54' 21.0" W
Posto Petrobrás (4)	7° 15' 00.0" S	35° 55' 29.0" W

CEMITÉRIOS (FONTES PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO)

Ponto	Latitude	Longitude
Parque da Paz	7° 16' 33.0" S	35° 53' 20.0" W
Cemitério do Cruzeiro	7° 14' 50.0" S	35° 54' 20.0" W
Cemitério da Vila Cabral de Santa Terezinha	7° 14' 33.0" S	35° 51' 44.0" W
Cemitério São José	7° 13' 34.0" S	35° 52' 08.0" W
Cemitério Nossa Senhora Aparecida - Bodocongó	7° 13' 19.0" S	35° 55' 16.0" W
Cemitério Araxá	7° 12' 04.0" S	35° 54' 06.0" W
Cemitério Nossa Senhora do Carmo	7° 12' 51.0" S	35° 53' 46.0" W
Cemitério de São José da Mata	7° 11' 15.0" S	35° 59' 06.0" W

Cemitério de Galante	7° 18' 28.0" S	35° 46' 52.0" W
Cemitério Distrital de Catolé	7° 16' 17.0" S	36° 06' 16.0" W

LAVA JATOS (FONTES PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO)

Ponto	Latitude	Longitude
JW Lava Jato	7° 12' 54.23" S	35° 53' 1.60" W
Lava Jato Millenyum	7° 13' 1.25" S	35° 52' 44.64" W
Lava Jato Moura	7° 13' 17.32" S	35° 52' 26.35" W
Lava Jato Campina	7° 13' 18.94" S	35° 53' 33.00" W
Lava Jato do Dudu	7° 14' 3.80" S	35° 53' 2.73" W
Lava Jato Avenida	7° 14' 36.34" S	35° 52' 50.57" W
JK Lava Jato	7° 14' 54.85" S	35° 54' 20.62" W
Lava Jato Limpcar	7° 14' 38.23" S	35° 54' 15.02" W
G Soares Lava Jato	7° 13' 21.87" S	35° 53' 47.25" W
Lava Jato Super Limpo	7° 12' 9.51" S	35° 52' 49.25" W
Nel Car Lava Jato	7° 12' 17.50" S	35° 52' 38.49" W
Lava Jato Fórmula Clean	7° 13' 18.34" S	35° 52' 13.04" W
Rota Lava Jato	7° 13' 2.66" S	35° 54' 2.81" W
Lava Jato e Conveniência Pit Stop	7° 15' 12.51" S	35° 53' 39.97" W
Lava Jato Assis Chateaubriand	7° 15' 14.28" S	35° 53' 13.18" W
Vip Lava Jato	7° 12' 23.40" S	35° 52' 21.02" W
Intense Lava Jato	7° 14' 12.79" S	35° 53' 9.29" W
Lava Jato Paulistano	7° 15' 0.04" S	35° 53' 56.60" W
Tom Lava Jato	7° 13' 57.78" S	35° 54' 45.28" W
Complexo Lava Jato	7° 13' 26.03" S	35° 54' 52.28" W
Lava Jato Sucesso	7° 13' 27.49" S	35° 54' 42.17" W
Lava Jato Toddynho	7° 14' 11.08" S	35° 55' 51.33" W
Lava Jato do Bob Esponja	7° 13' 55.76" S	35° 55' 35.65" W
Lava Jato Dinamerica	7° 13' 56.28" S	35° 54' 35.43" W
Lava Jato Jet Flesh	7° 13' 46.65" S	35° 54' 23.12" W
Lava Jato Auto Brilho	7° 14' 6.92" S	35° 53' 47.31" W
Edu Lava Jato	7° 13' 47.85" S	35° 52' 37.86" W
Lava Jato Auto Branco	7° 12' 38.26" S	35° 52' 48.58" W
Lava Jato Central	7° 13' 50.22" S	35° 55' 54.72" W
Ponto Vip Lava Jato	7° 15' 11.84" S	35° 54' 24.69" W
Lava Jato J. Alves	7° 15' 12.52" S	35° 54' 28.15" W
Daki Lava Jato	7° 13' 49.17" S	35° 52' 54.22" W
Estacionamento e Lava Jato Central	7° 12' 55.12" S	35° 53' 9.69" W
Lava Jato	7° 13' 3.67" S	35° 55' 14.85" W
VJ Lava Jato	7° 13' 14.77" S	35° 52' 58.44" W

Lava Jato Paraíba	7° 14' 2.17" S	35° 55' 12.51" W
Lava Jato Zé Pingo	7° 14' 58.29" S	35° 52' 11.63" W
Espaço 83 Lava Rápido	7° 14' 17.25" S	35° 52' 52.54" W
Lava Jato do Ricardo	7° 12' 41.94" S	35° 53' 35.06" W
R. Júnior Lava Jato	7° 12' 59.88" S	35° 54' 48.12" W
Lava Jato Limpeza	7° 13' 22.18" S	35° 54' 55.84" W
Lava Jato Gregory	7° 14' 5.64" S	35° 54' 23.66" W
Mago Lava Jato	7° 14' 56.07" S	35° 52' 10.75" W
Filip Lava Jato	7° 13' 59.57" S	35° 53' 51.03" W
Lava Jato do Marcinho	7° 14' 7.53" S	35° 54' 27.63" W
Lava Jato Exclusive	7° 14' 6.90" S	35° 53' 13.81" W
Rhuanna Lava Jato	7° 12' 35.31" S	35° 53' 54.02" W
JS Lava Jato	7° 12' 59.48" S	35° 54' 58.85" W
Jet Express	7° 14' 31.69" S	35° 53' 39.97" W
Express Lava Jato	7° 13' 17.41" S	35° 53' 30.31" W
Lava Jato Auto Limpo	7° 13' 5.83" S	35° 53' 52.91" W
Deda Lava Jato	7° 12' 44.50" S	35° 53' 51.73" W
Lava Jato GT AutoClub	7° 14' 6.08" S	35° 52' 36.17" W
Eron Jet Car	7° 14' 36.08" S	35° 53' 25.50" W
Lava Jato Box 64	7° 13' 27.11" S	35° 52' 53.55" W
TG Autoclean	7° 13' 25.00" S	35° 53' 32.22" W
Lava Car	7° 13' 19.54" S	35° 53' 8.63" W
Spa do Carro	7° 12' 29.09" S	35° 52' 45.33" W
Lava Jato dos Amigos	7° 14' 5.83" S	35° 52' 34.00" W
Splash Lava Jato	7° 15' 25.96" S	35° 56' 8.06" W
AC Estética Automotiva	7° 12' 34.88" S	35° 54' 7.29" W
Medeiros Lava Jato	7° 13' 56.24" S	35° 55' 9.62" W
SPA Motos	7° 13' 4.89" S	35° 52' 30.45" W
Lava Jato Top Car	7° 12' 32.47" S	35° 52' 57.31" W
Patun Lava Jato	7° 15' 4.60" S	35° 55' 18.58" W
New Car Lava Jato	7° 14' 37.78" S	35° 53' 22.73" W
Allyson Lava Jato	7° 14' 3.22" S	35° 54' 27.45" W
Lava Jato Pit Stop	7° 11' 50.42" S	35° 52' 39.85" W
Lava Jato	7° 12' 39.93" S	35° 55' 28.63" W
Lava Jato Papa Légua	7° 13' 25.46" S	35° 55' 18.09" W
Lava Carro e Moto	7° 13' 47.12" S	35° 54' 21.39" W
Lava Car Elite	7° 13' 21.45" S	35° 54' 42.59" W
Lava Jato 2w Car	7° 11' 52.46" S	35° 52' 44.36" W
Lava Jato	7° 14' 46.68" S	35° 54' 52.08" W

OFICINAS MECÂNICAS (FONTES PONTUAIS DE CONTAMINAÇÃO)

Latitude	Longitude	Ponto
-7,21292	-35,8947	OFICINA 1
-7,22588	-35,8853	OFICINA 2
-7,2289	-35,882	OFICINA 3
-7,23139	-35,8846	OFICINA 4
-7,23308	-35,876	OFICINA 5
-7,24045	-35,9035	OFICINA 6
-7,2498	-35,9011	OFICINA 7
-7,2557	-35,8961	OFICINA 8
-7,25688	-35,8963	OFICINA 9
-7,25551	-35,9237	OFICINA 10
-7,22632	-35,8738	OFICINA 12
-7,2153	-35,8876	OFICINA 11
-7,22941	-35,8893	OFICINA 13
-7,2298	-35,8821	OFICINA 14
-7,23647	-35,8899	OFICINA 15
-7,23787	-35,8912	OFICINA 16
-7,2422	-35,8881	OFICINA 17
-7,25694	-35,8967	OFICINA 18
-7,2578	-35,8956	OFICINA 19
-7,25809	-35,897	OFICINA 20
-7,21328	-35,8903	OFICINA 21
-7,2137	-35,8701	OFICINA 22
-7,22903	-35,9063	OFICINA 23
-7,25683	-35,8983	OFICINA 24
-7,24528	-35,8941	OFICINA 25
-7,23491	-35,8888	OFICINA 26
-7,22568	-35,8847	OFICINA 27
-7,23089	-35,8712	OFICINA 28
-7,2432	-35,8745	OFICINA 29
-7,24489	-35,9282	OFICINA 30
-7,21411	-35,9256	OFICINA 31
-7,20762	-35,8958	OFICINA 32
-7,21102	-35,8833	OFICINA 33
-7,21485	-35,8889	OFICINA 34
-7,21722	-35,8914	OFICINA 35
-7,21549	-35,898	OFICINA 36
-7,22861	-35,8758	OFICINA 37
-7,23624	-35,8962	OFICINA 38
-7,24578	-35,9263	OFICINA 39

-7,25645	-35,8961	OFICINA 40
-7,20518	-35,8829	OFICINA 41
-7,21512	-35,892	OFICINA 42
-7,21815	-35,8979	OFICINA 43
-7,22815	-35,9021	OFICINA 44
-7,2302	-35,9068	OFICINA 45
-7,23239	-35,8889	OFICINA 46
-7,23496	-35,8694	OFICINA 47
-7,24138	-35,8596	OFICINA 48
-7,2509	-35,9261	OFICINA 49
-7,25666	-35,8955	OFICINA 50
-7,22089	-35,8628	OFICINA 51
-7,22898	-35,8914	OFICINA 52
-7,21649	-35,8985	OFICINA 53
-7,22911	-35,9074	OFICINA 54
-7,23709	-35,8953	OFICINA 55
-7,25491	-35,8983	OFICINA 56
-7,25732	-35,8953	OFICINA 57
-7,28585	-35,8954	OFICINA 58
-7,24248	-35,8881	OFICINA 59
-7,25266	-35,928	OFICINA 60
-7,25386	-35,9055	OFICINA 61
-7,2568	-35,8953	OFICINA 62
-7,25754	-35,8939	OFICINA 63
-7,24972	-35,8875	OFICINA 64
-7,23747	-35,898	OFICINA 65
-7,23217	-35,9113	OFICINA 66
-7,2165	-35,8927	OFICINA 67
-7,21171	-35,8836	OFICINA 68
-7,21858	-35,888	OFICINA 69
-7,22267	-35,8963	OFICINA 70
-7,22036	-35,876	OFICINA 71
-7,22587	-35,8865	OFICINA 72
-7,23326	-35,8951	OFICINA 73
-7,2302	-35,9079	OFICINA 74
-7,22912	-35,9241	OFICINA 75
-7,25085	-35,928	OFICINA 76
-7,25693	-35,8883	OFICINA 77
-7,2529	-35,9367	OFICINA 78
-7,23307	-35,9198	OFICINA 79
-7,24876	-35,9137	OFICINA 80

-7,24388	-35,9029	OFICINA 81
-7,23537	-35,8811	OFICINA 82
-7,23408	-35,8779	OFICINA 83
-7,22619	-35,8764	OFICINA 84
-7,21793	-35,8728	OFICINA 85
-7,2455	-35,8736	OFICINA 87
-7,2031	-35,8816	OFICINA 86
-7,21809	-35,9096	OFICINA 88
-7,21685	-35,9058	OFICINA 89
-7,21375	-35,8923	OFICINA 90
-7,21705	-35,8907	OFICINA 91
-7,21566	-35,8806	OFICINA 92
-7,22884	-35,8919	OFICINA 93
-7,22926	-35,9043	OFICINA 94
-7,24672	-35,9013	OFICINA 95
-7,24798	-35,8869	OFICINA 97
-7,27225	-35,9212	OFICINA 96
-7,25068	-35,9244	OFICINA 98
-7,23672	-35,9056	OFICINA 99
-7,21568	-35,8952	OFICINA 100
-7,21488	-35,8928	OFICINA 101
-7,24862	-35,8948	OFICINA 102
-7,25362	-35,8946	OFICINA 103
-7,25476	-35,8951	OFICINA 104
-7,25542	-35,8958	OFICINA 105
-7,2461	-35,9148	OFICINA 106
-7,26002	-35,8994	OFICINA 107
-7,255	-35,8969	OFICINA 108
-7,24481	-35,9036	OFICINA 109
-7,23092	-35,9108	OFICINA 110
-7,20678	-35,9019	OFICINA 111
-7,21654	-35,8875	OFICINA 112
-7,22853	-35,8748	OFICINA 113
-7,23018	-35,8894	OFICINA 114
-7,21075	-35,9308	OFICINA 115
-7,21873	-35,9197	OFICINA 116
-7,2135	-35,8934	OFICINA 117
-7,21408	-35,8927	OFICINA 118
-7,215	-35,8903	OFICINA 119
-7,25605	-35,8975	OFICINA 120
-7,25689	-35,8959	OFICINA 121

-7,25532	-35,8871	OFICINA 122
-7,24672	-35,8733	OFICINA 123
-7,22906	-35,8918	OFICINA 124
-7,23126	-35,9178	OFICINA 125
-7,22644	-35,9095	OFICINA 126
-7,22243	-35,9108	OFICINA 127
-7,22966	-35,8935	OFICINA 128
-7,21561	-35,8889	OFICINA 129
-7,215	-35,8925	OFICINA 130
-7,21413	-35,8921	OFICINA 131
-7,25732	-35,8888	OFICINA 132
-7,25749	-35,8965	OFICINA 133
-7,24805	-35,8873	OFICINA 134
-7,23119	-35,9266	OFICINA 135
-7,23372	-35,9157	OFICINA 136
-7,24309	-35,9232	OFICINA 137
-7,24951	-35,9039	OFICINA 138
-7,2549	-35,8989	OFICINA 139
-7,25738	-35,8992	OFICINA 140
-7,23688	-35,8894	OFICINA 141
-7,22744	-35,9015	OFICINA 142
-7,23536	-35,904	OFICINA 144
-7,23512	-35,8963	OFICINA 145
-7,22447	-35,8955	OFICINA 146
-7,21718	-35,8865	OFICINA 147
-7,21247	-35,8955	OFICINA 148
-7,21098	-35,891	OFICINA 149
-7,23934	-35,8884	OFICINA 150
-7,24055	-35,9004	OFICINA 151
-7,25365	-35,8932	OFICINA 152
-7,27081	-35,9226	OFICINA 153
-7,27072	-35,9233	OFICINA 154
-7,25475	-35,9084	OFICINA 155
-7,26043	-35,8937	OFICINA 156
-7,21141	-35,9014	OFICINA 157
-7,21598	-35,8982	OFICINA 158
-7,21714	-35,8866	OFICINA 159
-7,26658	-35,9174	OFICINA 160
-7,27719	-35,8959	OFICINA 161
-7,25574	-35,8945	OFICINA 162
-7,24646	-35,8876	OFICINA 163

-7,2255	-35,8962	OFICINA 164
-7,21661	-35,8915	OFICINA 165
-7,23292	-35,9098	OFICINA 166
-7,23601	-35,8969	OFICINA 167
-7,23223	-35,8985	OFICINA 168
-7,2509	-35,8862	OFICINA 169
-7,25669	-35,8852	OFICINA 170
-7,27339	-35,9084	OFICINA 171
-7,2207	-35,9322	OFICINA 172
-7,23223	-35,9359	OFICINA 173
-7,21847	-35,9167	OFICINA 174
-7,26105	-35,883	OFICINA 175
-7,25756	-35,8941	OFICINA 176

ATERRO SANITÁRIO (FONTE PONTUAL DE CONTAMINAÇÃO)

Ponto	Latitude	Longitude
Eco Solo Gestão Ambiental de Resíduos LTDA	7° 16' 26.0" S	36° 01' 05.0" W

ANEXOS

DADOS DAS DATAS DE EXPLORAÇÃO DOS POÇOS (AESA E DRMH)

REQUERENTE/LOCALIDADE	LATITUDE	LONGITUDE	DATA EXPEDIÇÃO
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 47.0" S	35° 54' 19.0" W	16.07.2018
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 44.1" S	35° 54' 21.6" W	17.05.2019
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 44.1" S	35° 54' 21.6" W	15.05.2018
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 47.0" S	35° 54' 19.0" W	29.07.2019
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 47.0" S	35° 54' 19.0" W	17.08.2022
AEC CENTRO DE CONTATOS S/A	7° 14' 44.1" S	35° 54' 21.6" W	19.05.2022
AEROPORTOS DO NORDESTE DO BRASIL S.A.	7° 16' 10.382" S	35° 53' 35.608" W	28.01.2022
ALPARGATAS S.A	7° 15' 54.0" S	35° 53' 25.0" W	13.05.2019
ALPARGATAS S.A	7° 15' 53.4" S	35° 53' 23.9" W	29.07.2022
ALPARGATAS S.A	7° 15' 54.0" S	35° 53' 25.0" W	29.07.2022
ALPARGATAS S.A	7° 15' 53.4" S	35° 53' 23.9" W	03.06.2019
ASA INDÚSTRIA E COMÉRCIO	7° 14' 28.65" S	35° 53' 11.75" W	04.09.2019
ASA INDÚSTRIA E COMÉRCIO	7° 14' 28.65" S	35° 53' 11.75" W	21.12.2022
ASA INDÚSTRIA E COMÉRCIO	7° 13' 44.9" S	35° 53' 11.75" W	19.12.2022
ASSOCIAÇÃO ATLÉTICA BANCO DO BRASIL	7° 13' 27.847" S	35° 53' 19.261" W	10.12.2019
ASSOCIAÇÃO DOS LOJISTAS DO CENTRO DE COMERCIALIZAÇÃO	7° 14' 3.6" S	35° 52' 45.1" W	23.05.2019
BARCELONA COMÉRCIO VAREJISTA E ATACADISTA S/A	7° 14' 11.13" S	35° 53' 24.83" W	22.04.2019
BRAZAUTO COMÉRCIO DE VEÍCULOS E PEÇAS LTDA	7° 13' 47.0" S	35° 52' 13.0" W	08.08.2018
BRAZAUTO COMÉRCIO DE VEÍCULOS E PEÇAS LTDA	7° 13' 47.0" S	35° 52' 13.0" W	08.07.2019
BRAZAUTO COMÉRCIO DE VEÍCULOS E PEÇAS LTDA	7° 13' 47.0" S	35° 52' 13.0" W	29.06.2022
CAOA MOTOR DO BRASIL LTDA	7° 13' 43.0" S	35° 52' 30.0" W	04.07.2019
CARAJÁS MATERIAL DE CONSTRUÇÃO LTDA	7° 14' 28.65" S	35° 53' 11.75" W	31.10.2019
CARAJÁS MATERIAL DE CONSTRUÇÃO LTDA	7° 14' 28.56" S	35° 53' 11.75" W	12.12.2022
CENTRAL LAVA JATO SERVIÇOS LTDA - ME	7° 13' 7.0" S	35° 53' 15.0" W	16.04.2018
CENTRO JURIDICO RAFAEL MAYER	7° 13' 57.3" S	35° 53' 8.65" W	04.09.2019
CIRNE E FARIAS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.	7° 13' 6.8" S	35° 53' 25.7" W	17.07.2019
CIRNE E FARIAS EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.	7° 13' 6.8" S	35° 53' 25.7" W	11.01.2023
CLUBE CAMPESTRE	7° 14' 55.0" S	35° 52' 30.0" W	04.07.2019
CLUBE CAMPESTRE	7° 14' 47.0" S	35° 52' 24.1" W	04.07.2019
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL BELVEDERE	7° 13' 36.1" S	35° 52' 43.9" W	22.07.2019
CR CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES IMOBILIÁRIAS EIRELI-EPP	7° 14' 59.1" S	35° 55' 59.2" W	24.01.2020
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 18' 56.1" S	35° 44' 38.4" W	19.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 19' 45.3" S	36° 4' 0.4" W	20.03.2019

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 18' 56.3" S	35° 46' 8.8" W	19.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 18' 47.0" S	35° 45' 20.7" W	15.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 10' 55.3" S	36° 2' 32.4" W	20.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 18' 2.0" S	35° 47' 44.1" W	30.05.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 19' 57.7" S	36° 4' 18.0" W	28.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 21' 20.2" S	36° 6' 10.8" W	19.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 15' 8.6" S	35° 58' 27.2" W	28.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 10' 33.2" S	35° 59' 52.8" W	20.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 10' 14.0" S	35° 58' 53.6" W	29.03.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 13' 50.2" S	36° 0' 20.9" W	25.11.2019
DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS	7° 17' 10.3" S	36° 0' 55.1" W	10.10.2019
DURAPLAST INDUSTRIAL LTDA	7° 15' 34.5" S	35° 53' 21.4" W	04.10.2022
DURAPLAST INDUSTRIAL LTDA	7° 15' 34.5" S	35° 53' 21.4" W	03.10.2019
EDGLAYTON BARREIRO DE VASCONCELOS	7° 13' 0.2" S	35° 52' 44.2" W	18.02.2020
EDIFÍCIO RESIDENCIAL MONTREAL	7° 15' 4.6" S	35° 52' 42.4" W	05.01.2023
EDIFÍCIO MONA LISA RESIDENCE	7° 13' 28.0" S	35° 52' 50.1" W	26.07.2019
EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUARIA - INFRAERO	7° 16' 10.382" S	35° 53' 35.608" W	25.04.2019
EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUARIA - INFRAERO	7° 16' 10.0" S	35° 53' 35.0" W	15.02.2018
ENERGISA BORBOREMA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A	7° 15' 24.3" S	35° 55' 48.1" W	06.08.2019
ENERGISA BORBOREMA - DISTRIBUIDORA DE ENERGIA S/A	7° 15' 24.3" S	35° 55' 48.1" W	10.05.2018
FRONTEIRA - CONSTRUÇÕES, INCORPORAÇÕES E VENDAS LTDA.	7° 13' 41.0" S	35° 53' 4.7" W	28.06.2019
FRONTEIRA - CONSTRUÇÕES, INCORPORAÇÕES E VENDAS LTDA.	7° 13' 41.0" S	35° 53' 4.7" W	12.07.2022
FRONTEIRA - CONSTRUÇÕES, INCORPORAÇÕES E VENDAS LTDA.	7° 13' 41.0" S	35° 53' 4.7" W	25.06.2020
FRONTEIRA - CONSTRUÇÕES, INCORPORAÇÕES E VENDAS LTDA.	7° 13' 41.0" S	35° 53' 4.7" W	28.06.2021
G SOARES PECAS, SERVICOS E ENGENHARIA LTDA	7° 13' 22.2" S	35° 53' 46.9" W	23.04.2021
GILVAN DA SILVA VIEIRA 61935026453	7° 14' 23.2" S	35° 52' 30.4" W	23.10.2019
GONZAGA IND COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA	7° 13' 47.95" S	35° 53' 19.19" W	13.09.2019
GONZAGA IND COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA	7° 13' 47.26" S	35° 53' 15.61" W	13.09.2019
GONZAGA IND COMÉRCIO E REPRESENTAÇÃO LTDA	7° 13' 44.37" S	35° 53' 14.35" W	27.09.2019
HAROLDO BARBOSA DINIZ	7° 13' 50.0" S	35° 55' 55.0" W	17.05.2019

HOTEL CAMPINA EXECUTIVO	7° 12' 52.501" S	35° 52' 41.573" W	25.11.2019
IGREJA NACIONAL DO SENHOR JESUS CRISTO EM CAMPINA GRANDE	7° 12' 13.0" S	35° 52' 28.0" W	12.09.2022
IGREJA NACIONAL DO SENHOR JESUS CRISTO EM CAMPINA GRANDE	7° 12' 13.0" S	35° 52' 28.0" W	20.05.2019
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRARIA	7° 14' 51.1" S	36° 5' 20.7" W	01.03.2019
JOAQUINA DE SOUSA MOURA	7° 13' 54.25" S	35° 53' 40.82" W	14.11.2019
JOSE WALDIR GUERRA	7° 13' 6.0" S	35° 53' 53.0" W	10.08.2022
JOSEFA MARIA FAUSTINO OLIVERIA	7° 21' 0.96" S	36° 5' 19.17" W	27.12.2022
LAVA JATO DE VEÍCULOS CENTRAL LTDA - ME	7° 12' 54.5" S	35° 53' 10.6" W	22.04.2019
MAJESTIC HOTEL LTDA	7° 13' 2.8" S	35° 53' 0.4" W	30.09.2019
MARCIO DE SOUZA ALBUQUERQUE	7° 14' 30.3" S	35° 53' 38.8" W	10.05.2018
MARISA RAMOS DE BRITO	7° 13' 8.0" S	35° 53' 28.0" W	25.04.2019
MR CENTRO DE LAVAGENS DE VEÍCULOS LTDA ME	7° 14' 39.9" S	35° 54' 16.1" W	25.08.2020
MRV ENGENHARIA E PARTICIPAÇÕES S.A	7° 12' 21.0" S	35° 52' 7.0" W	04.01.2018
ORGANIZAÇÃO HOTELLAR LTDA	7° 12' 56.6" S	35° 52' 55.0" W	05.07.2019
ORGANIZAÇÃO HOTELLAR LTDA	7° 12' 56.6" S	35° 52' 55.0" W	22.07.2022
POSTO MONUMENTO COMÉRCIO VAREJISTA DE COMBUSTÍVEIS LTDA	7° 14' 56.0" S	35° 50' 46.3" W	17.08.2021
POSTOLAVACAR LAVAGENS DE VEICULOS LTDA	7° 13' 18.8" S	35° 53' 8.7" W	12.02.2020
RESIDENCIAL ALICE II	7° 14' 8.5" S	35° 52' 50.6" W	20.04.2022
RICARDO WAGNER DOMINGOS COUTO - ME	7° 13' 23.0" S	35° 52' 32.0" W	28.04.2020
ROSALIA BARBOSA DA SILVA	7° 12' 35.3" S	35° 52' 32.9" W	27.06.2019
SEST SERVIÇO SOCIAL DO TRANSPORTE	7° 15' 4.76" S	35° 55' 46.26" W	17.03.2020
SIM GESTÃO AMBIENTAL SERVIÇOS LTDA	7° 16' 31.6" S	35° 54' 0.5" W	02.09.2019
TESS INDÚSTRIA E COMÉRCIO - LTDA	7° 15' 32.3" S	35° 52' 43.1" W	17.08.2022
TESS INDÚSTRIA E COMÉRCIO - LTDA	7° 15' 32.3" S	35° 52' 43.1" W	10.07.2018
TESS INDÚSTRIA E COMÉRCIO - LTDA	7° 15' 32.3" S	35° 52' 43.1" W	02.08.2019
TESS INDÚSTRIA E COMÉRCIO - LTDA	7° 15' 26.3" S	35° 52' 48.2" W	13.05.2019
TESS INDÚSTRIA E COMÉRCIO - LTDA	7° 15' 26.3" S	35° 52' 48.2" W	21.06.2022
THIAGO DUTRA GAMA EIRELI	7° 13' 28.4" S	35° 52' 53.2" W	29.01.2020
TITÃO PLAZA HOTEL LTDA	7° 13' 14.06" S	35° 52' 44.12" W	15.05.2019
TOP CAR LAVAGENS E SERVIÇOS AUTOMOTORES LTDA - ME	7° 12' 33.0" S	35° 52' 57.2" W	25.04.2019
VANILDO SILVA LOPES	7° 13' 46.8" S	35° 51' 23.1" W	25.05.2020
ST. AMORIM	07° 17' 19.0" S	35° 44' 41.0" W	18.02.93
C.S.APOIO A INDUSTRIA	07° 16' 38.0" S	35° 54' 19.0" W	20.08.97
CDRM	07° 15' 08.0" S	35° 53' 14.0" W	15.01.98
ROCHA CAVALCANTE II	07° 14' 17.0" S	35° 53' 03.0" W	02.10.98
ED. RES. MONTE CARLOS	07° 12' 34.0" S	35° 52' 23.0" W	25.09.98
FAZ. RAJADA	07° 16' 29.0" S	36° 04' 16.0" W	28.09.98

FAZ. SÃO PEDRO	07° 17' 26.0" S	36° 06' 09.0" W	26.09.98
FAZ. GALANTE VELHO	07° 18' 54.0" S	35° 45' 58.0" W	19.08.98
LUVAS PARAIBANAS	07° 15' 14.0" S	35° 53' 13.0" W	25.10.98
CURRAIS VELHOS	07° 18' 21.0" S	36° 02' 14.0" W	01.10.98
BOI VELHO	07° 14' 55.0" S	36° 03' 25.0" W	30.09.98
FAZ. SANTANA	07° 18' 55".0" S	35° 48' 00.0" W	30.07.98
ST. TATU DE CIMA	07° 18' 12.0" S	35° 47' 51.0" W	16.07.98
ST. JACÚ	07° 16' 38.0" S	35° 50' 01.0" W	27.08.98
POSTO FECHINE	07° 14' 46.0" S	35° 51' 13.0" W	09.10.98
CUITÉS	07° 11' 54.0" S	35° 54' 16.0" W	04.04.99
LARANJEIRAS	07° 15' 45.0" S	35° 48' 39.0" W	01.11.00
ST. BOI VELHO	07° 15' 43.0" S	36° 04' 10.0" W	20.11.00
UFPB/CAMPUS II	07° 12' 52.0" S	35° 54' 32.0" W	19.10.00
FUND. RD SEGUNDOII	07° 14' 06.0" S	35° 55' 01.0" W	21.10.00
FUND. RD SEGUNDOI	07° 14' 07.0" S	35° 55' 00.0" W	20.10.00
ST. JORGE	07° 16' 35.0" S	35° 49' 02.0" W	19.08.00
EMPASA	07° 12' 09.0" S	35° 52' 35.0" W	05.06.01
SERRA JOAQ. VIEIRA I	07° 11' 43.0" S	35° 58' 54.0" W	28.04.01
GALANTEVELHO/SURRÃOII	07° 19' 18.0" S	35° 45' 51.0" W	14.01.01
SÃO RAFAEL	07° 14' 28.0" S	35° 51' 21.0" W	19.01.01
VÁRZEA DO IPÊ	07° 15' 05.0" S	35° 50' 30.0" W	21.02.01
PAUS BRANCOS	07° 20' 32.0" S	36° 03' 53.0" W	10.01.01
VÁRZEA DO CAPIM	07° 19' 20.0" S	36° 00' 29.0" W	24.04.01
ST. GONÇALO	07° 18' 54.0" S	36° 03' 53.0" W	04.01.01
LOGRADOURO DE CIMA	07° 18' 02.0" S	36° 01' 39.0" W	05.01.01
SANTA LÚCIA	07° 14' 30.0" S	35° 59' 55.0" W	28.03.01
ST. GONÇALO II	07° 18' 40.0" S	36° 03' 45.0" W	11.01.01
CASTELO	07° 15' 08.0" S	36° 00' 59.0" W	12.01.01
FUND. RUBENS DUTRA - III	07° 14' 10.0" S	35° 54' 58.0" W	05.05.01
ST. LUCAS	07° 15' 07.0" S	35° 59' 06.0" W	17.05.02
ST. VELAME	07° 15' 32.0" S	35° 54' 44.0" W	12.03.02
DEPURADORA/CAGEPA	07° 14' 20.0" S	35° 53' 04.0" W	07.10.03
FORUM AFONSOCAMPOS	07° 13' 53.0" S	35° 53' 08.0" W	26.12.03
LEBOM	07° 14' 39.0" S	35° 51' 15.0" W	24.05.04
APAE	07°14' 22.0" S	35° 52' 13.0" W	30.08.04
ST DO CUITÉ	07° 11' 18.0" S	35° 53' 18.0" W	22.03.05
S.PEDRO/AÇUCARBRANCO	07° 17' 03.0" S	36° 05' 30.0" W	21.10.06
SEDE/CADERSIL	07° 15' 09.0" S	35° 53' 17.0" W	31.01.06
MONTE ALEGRE/FURNINHAS	07° 13' 40.0" S	36° 05' 17.0" W	10.10.06
DISTRITO DO VELAME	07° 15' 51.0" S	35° 54' 51.0" W	24.07.07
DISTRITO DO VELAME II	07° 15' 51.0" S	35° 54' 53.0" W	07.08.07

CATINGUEIRA	07° 16' 11.0" S	35° 55' 12.0" W	22.01.08
FAZ. LAGOA BONITA	07° 16' 33.0" S	35° 58' 36.0" W	13.01.07
ST. PAUS BRANCO	07° 21' 21.0" S	36° 03' 51.0" W	20.02.08
ASSENT. SANTA CRUZ	07° 15' 53.0" S	35° 51' 47.0" W	24.10.09
OF.MECÂNICA/VOLTRUCK	07° 15' 36.0" S	35° 53' 38.0" W	23.03.10
CHICO OFÉLIS	07° 16' 33.0" S	36° 02' 37.0" W	07.04.10
ST. ALVIMNHO/QUIXABA	07° 16' 40.0" S	36° 02' 25.0" W	14.04.10
LAVA JATO JET CAR	07° 13' 32.0" S	35° 53' 11.0" W	27.04.10
ST. JACÚ	07° 16' 44.0" S	35° 49' 32.0" W	18.11.10
GR. CLEONICE CABRAL	07° 14' 56.0" S	35° 50' 51.0" W	03.02.12
ST. LOGRADOURO II	07° 17' 25.0" S	36° 02' 20.0" W	08.02.12
HOSPITAL DE TRAUMA	07° 14' 19.0" S	35° 55' 59.0" W	17.01.12
CORPO DE BOMBEIROS	07° 13' 37.0" S	35° 53' 19.0" W	13.06.12
HOSPITAL DE TRAUMA II	07° 14' 27.0" S	35° 55' 56.0" W	20.06.12
CAJAZEIRAS/ESTREITO	07° 15' 25.0" S	36° 00' 05.0" W	28.12.12
DETRAN	07° 15' 00.0" S	35° 55' 49.0" W	23.04.13
FAZ. VÁRZEA DO IPÊ/PAUS FERRO	07° 16' 09.0" S	35° 50' 11.0" W	05.06.13
ST. AÇUDE DE DENTRO II	07° 21' 26.0" S	36° 06' 35.0" W	14.08.13
ST. VÁZEA DO ARROZ I	07° 18' 35.0" S	35° 44' 48.0" W	08.10.13
QUEIMADA DA EMA	07° 18' 01.0" S	36° 03' 12.0" W	15.08.13
ST. VÁRZEA DO JUNCO	07° 14' 12.0" S	36° 06' 10.0" W	23.08.13
2º BATALHÃO DA POLÍCIA	07° 13' 45.0" S	35° 53' 41.0" W	24.10.13
ST. BOI VELHO	07° 15' 47.0" S	36° 03' 46.0" W	19.08.13
ST.SANTO ISIDRO	07° 11' 47.0" S	35° 55' 02.0" W	25.10.13
ST. SALGADINHO	07° 16' 23.0" S	35° 57' 14.0" W	02.12.13
ASSENT. ANTÔNIO EUFRASIO	07° 13' 01.0" S	36° 01' 22.0" W	17.12.13
ASSENT.ANTÔNIO EUFRASIO	07° 11' 54.0" S	36° 02' 09.0" W	16.12.13
FAZ. LUCAS	07° 14' 15.0" S	35° 57' 01.0" W	04.12.13
PARQUE EVALDO CRUZ	07° 13' 20.0" S	35° 53' 21.0" W	18.12.13
CENTRAL DE VELORIOS A VIAGEM	07° 13' 41.0" S	35° 53' 37.0" W	15.02.14
ST. DONA ARMENIA	07° 11' 53.0" S	35° 52' 07.0" W	29.05.14
ST.LUCAS	07° 15' 30.0" S	35° 57' 58.0" W	22.07.14
ST.NAVIO	07° 19' 12.0" S	36° 05' 00.0" W	11.09.14
ST.VÁRZEA DE CAPIM	07° 18' 23.0" S	36° 01' 15.0" W	16.09.14
ST.LAGOA DE JOÃO GOMES	07° 10' 32.0" S	35° 59' 02.0" W	18.09.14
ASSENTAMENTO VITÓRIA	07° 19' 06.0" S	36° 02' 16.0" W	26.09.14
C.D.L	07° 14' 49.0" S	35° 53' 08.0" W	23.10.14
ST.SÃO PEDRO II	07° 17' 23.0" S	36° 04' 32.0" W	11.09.14
ST.SÃO PEDRO	07° 16' 48.0" S	36° 05' 01.0" W	12.09.14
ST.GONÇALO	07° 18' 54.0" S	36° 03' 54.0" W	15.09.14
ST.LOGRADOURO	07° 18' 05.0" S	36° 02' 05.0" W	16.09.14

ST.CAJAZEIRA	07° 13' 41.0" S	36° 00' 30.0" W	17.09.14
ST.LOGRADOURO II	07° 17' 27.0" S	36° 02' 28.0" W	26.09.14
ASSENT. PEQUENO RICHARD	07° 15' 07.0" S	36° 06' 17.0" W	22.10.14
ST.CAJAZEIRAS III	07° 15' 06.0" S	35° 59' 53.0" W	08.05.15
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO	07° 13' 43.0" S	35° 53' 32.0" W	23.07.15
10°BATALHÃO DA PM	07° 12' 57.0" S	35° 52' 46.0" W	30.07.15
HUAC - II (BARRACÃO)	07° 13' 44.0" S	35° 53' 32.0" W	31.07.15
AEROPORTO JOÃO SUASSUNA	07° 16' 10.0" S	35° 53' 36.0" W	12.11.15
HOSPITAL DE TRAUMA LLL	07° 14' 30.0" S	35° 55' 55.0" W	26.01.16
AMIGÃO	07° 15' 14.0" S	35° 52' 57.0" W	03.02.16
PRF L	07° 13' 58.0" S	35° 52' 12.0" W	03.02.16
PRF LL	07° 13' 58.0" S	35° 52' 12.0" W	04.02.16
CAGEPA/DEPURADORA	07° 14' 29.0" S	35° 53' 08.0" W	11.02.16
ST. LUCAS	07° 15' 12.0" S	35° 57' 18.0" W	15.02.16
FACULDADE DE DIREITO-UEPB	07° 13' 23.0" S	35° 52' 46.0" W	22.03.16
UEPB-QUÍMICA	07° 12' 36.0" S	35° 54' 48.0" W	23.03.16
ASSENT. ANTONIO EUFRASINA	07° 12' 57.0" S	36° 02' 29.0" W	20.06.16
PRESÍDIO/STAND DE TIRO	07° 13' 07.0" S	35° 57' 03.0" W	25.08.16
PRESÍDIO SERROTÃO/PADRÃO	07° 13' 12.0" S	35° 56' 48.0" W	29.08.16
PRESÍDIO/SETOR DE ENFERMARIA	07° 13' 03.0" S	35° 56' 52.0" W	30.08.16
PRESÍDIO FEMININO	07° 13' 10.0" S	35° 56' 55.0" W	02.09.16
ASSENTAMENTO VITÓRIA	07° 19' 27.0" S	36° 02' 33.0" W	08.09.16
ST. BALAIO DE GATO	07° 17' 13.0" S	36° 02' 32.0" W	09.09.16
ASSENTAMENTO A. EUFRASINA	07° 13' 58.0" S	36° 01' 43.0" W	09.09.16
ASSENT. PEQUENO RICHARD	07° 15' 57.0" S	36° 06' 09.0" W	14.09.16
ST. LUCAS	07° 14' 18.0" S	35° 57' 29.0" W	15.09.16
ASSENT. PEQUENO RICHARD LL	07° 16' 29.0" S	36° 04' 17.0" W	26.09.16
QUEIMADA DA EMA	07° 18' 05.0" S	36° 03' 32.0" W	27.09.16
IPC	07° 14' 06.0" S	35° 56' 23.0" W	10.10.16
FAZ. MARIA DA LUZ/ACATE	07° 15' 56.0" S	35° 47' 43.0" W	13.02.14
ST. SERROTÃO	07° 13' 12.0" S	36° 58' 03.0" W	16.09.14

DADOS DAS DATAS DE EXPLORAÇÃO DOS POÇOS (SIAGAS/SGB)

LOCALIZAÇÃO	LATITUDE DECIMAL	LONGITUDE DECIMAL	DATA DA PERFURAÇÃO
GALANTE I	-7,30417	-35,8261	17.11.1998
CATOLE	-7,27472	-35,9522	20.11.1998
SAO JOSE DA MATA I	-7,20667	-36,0175	14.11.1998
SAO JOSE DA MATA II	-7,22694	-36,0058	16.11.1998

FAZENDA CAPIVARA DE BAIXO	-7,37889	-36,0175	11.12.2004
CALVO	-7,35333	-35,9878	01.06.1999
SÃO PEDRO	-7,29639	-36,1075	01.06.2001
SÍTIO SÃO PEDRO	-7,29833	-36,1133	01.06.2000
CACIMBA NOVA - SÍTIO LAGOA	-7,27778	-36,1153	01.06.1998
SÃO PEDRO	-7,27528	-36,1136	01.06.1998
SÍTIO BARRETO	-7,27472	-35,7206	17.06.1999
SÍTIO AMORIM	-7,29194	-35,7322	01.11.2002
FAZENDA SANTA CÂNDIDA	-7,28944	-35,7347	01.06.1999
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,19889	-36,0747	21.05.2002
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,2	-36,0867	01.06.2002
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,20583	-36,0783	24.11.2003
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,22389	-36,0794	24.11.2003
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,20222	-36,0786	24.11.2003
TATU DE CIMA	-7,30278	-35,7975	01.06.1998
MONTE ALEGRE	-7,19861	-36,0472	01.06.2000
GALANTE MASSAPE	-7,31556	-35,8369	01.10.2001
LUCAS	-7,25972	-35,9847	01.06.2000
QUIXABA	-7,31889	-36,0483	27.11.2003
QUIXABA	-7,31944	-36,0483	27.11.2003
ITARARE	-7,25361	-35,8831	01.12.2001
SÍTIO SÃO PEDRO DE BAIXO	-7,28194	-36,0822	01.06.2000
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO	-7,31222	-35,7611	01.02.1999
SÍTIO CURRAL VELHO	-7,30556	-36,0372	01.06.1998
LUCAS	-7,25444	-35,965	01.06.2003
SÍTIO LARANJEIRA	-7,26194	-35,8114	01.11.1999
LUCAS	-7,25444	-35,9675	01.06.1997
LOGRADOURO DE CIMA	-7,29028	-36,0378	01.06.1996
SÍTIO AMORIM	-7,28972	-35,7283	01.02.2003
LUCAS	-7,25139	-35,965	01.06.2000
SÍTIO CAJAZEIRAS I	-7,23694	-36,0047	01.06.2000
SÍTIO CAJAZEIRAS	-7,23694	-36,0044	01.06.2000
FAZENDA PÉ-DE-SERRA	-7,18	-36,0489	21.11.2001
CAPIM GRANDE	-7,22639	-36,0061	01.06.1998
SÍTIO SANTO ISIDRO	-7,18222	-35,915	01.06.1999
SANTA TEREZINHA	-7,24556	-35,8453	01.06.1998
SANTA TEREZINHA	-7,2475	-35,8456	01.06.1997
QUEIMADA DA EMA	-7,30167	-36,0506	01.06.2000
FAZENDA BOI VELHO	-7,22833	-36,0508	24.11.2003
MASSAPE (GALANTE)	-7,31167	-35,8233	01.10.2002
SÍTIO TRÊS IRMÃOS	-7,26028	-35,9258	01.06.2000

TATU DE CIMA	-7,29667	-35,8006	01.06.1999
SÍTIO TATU	-7,29944	-35,8006	01.06.1999
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO	-7,30694	-35,7597	01.09.1998
CAJAZEIRAS	-7,24222	-35,9797	01.06.2000
SÍTIO VÁRZEA DO CAPIM	-7,32222	-36,0081	01.06.2001
GALANTE	-7,31528	-35,7658	01.12.1999
CUITES	-7,18306	-35,9031	01.06.1998
SÍTIO TATU DE BAIXO	-7,29556	-35,7692	01.02.2003
TATU DE BAIXO	-7,29222	-35,7656	01.10.1997
SÍTIO VANEZA	-7,17389	-36,0331	22.11.2003
SÍTIO SANTANA	-7,30222	-35,8108	01.06.1997
FAZENDA MALÍCIA	-7,16833	-36,0858	21.11.2003
FAZENDA MALÍCIA	-7,16083	-36,0858	21.11.2003
FAZENDA FLORESTA	-7,28556	-35,7542	01.05.1999
FAZENDA FLORESTA	-7,28556	-35,7539	01.06.1999
GONÇALO	-7,32056	-36,0639	27.11.2003
SÍTIO BOI VELHO	-7,26194	-36,0692	01.08.2000
SÍTIO MASSAPE	-7,29417	-35,8286	01.08.1998
DISTRITO INDUSTRIAL	-7,25556	-35,8797	01.06.2000
FAZENDA CARIDADE	-7,27694	-35,7867	01.06.2000
SÍTIO BRITO	-7,30361	-35,7264	17.11.1998
SERRA DE JOAQUIM VIEIRA II	-7,21306	-35,985	25.11.2003
SÍTIO CALVO	-7,33417	-36,0011	01.06.1999
CALVO	-7,33417	-36,0011	01.06.2000
MULTIRÃO	-7,21944	-35,9511	01.12.1999
SÍTIO JORGE	-7,28167	-35,8103	01.06.1997
SÍTIO BEIRA RIO	-7,32139	-35,7636	01.06.1997
SÍTIO JORGE	-7,27778	-35,815	01.06.1997
SÍTIO LAGOA DO SURRÃO	-7,32139	-35,7533	01.06.2002
QUEIMADA DA EMA	-7,29917	-36,0578	01.06.1999
SÍTIO JARDIM SURUBIM	-7,27278	-35,7914	01.06.2000
LUCAS II	-7,255	-35,9697	01.06.2003
FAZENDA GALANTE	-7,31444	-35,7667	30.08.1996
SÍTIO GONÇALO	-7,31111	-36,0625	07.05.2000
SÍTIO BARRETO	-7,27528	-35,7208	01.10.2000
FAZENDA MONTE ALEGRE	-7,21056	-36,0717	01.06.2001
ESTREITO	-7,26722	-35,9992	01.06.1996
DISTRITO INDUSTRIAL	-7,25556	-35,8794	01.06.2000
GRANJA BOA ESPERANÇA	-7,18194	-35,9161	01.07.2003
TATU DE BAIXO	-7,29417	-35,7597	01.03.1999
FAZENDA RIACHO DO NAVIO	-7,31194	-36,0725	01.06.1996

PARIPE	-7,255	-35,8628	01.06.2003
CAPIM GRANDE	-7,20639	-36,0172	01.06.1999
SÍTIO SERRA JOAQUIM VIEIRA	-7,20972	-35,9914	01.06.1998
SÍTIO FÉLIX AMARO	-7,22056	-35,9781	01.06.1997
CAJAZEIRAS	-7,24556	-35,9936	16.07.2000
SÍTIO GONÇALO	-7,31361	-36,0669	01.06.1999
QUEIMADA DA EMA	-7,30056	-36,0417	26.11.2003
ALTO DO ALEGRE (GUARITA)	-7,3325	-36,0775	01.06.1999
LOGRADOURO	-7,28389	-36,0125	01.06.1998
EXPOSIÇÃO DE ANIMAIS	-7,28444	-35,8903	01.06.1999
CUITES	-7,18778	-35,9003	01.06.1995
SÍTIO CAMPINA GRANDE	-7,21	-35,9939	25.11.2003
ESTREITO	-7,25194	-36,0164	30.11.2003
SÍTIO MATIAS	-7,3225	-35,7669	01.06.1999
FAZENDA TATU DE CIMA	-7,29889	-35,8042	03.09.1999
FAZENDA VIRGEM DOS POBRES	-7,21028	-36,0636	22.11.2003
TATU DE BAIXO	-7,29861	-35,775	01.09.2003
SÍTIO SERRA JOAQUIM VIEIRA I	-7,19528	-35,9814	01.06.2000
SÍTIO BOI VELHO	-7,24889	-36,0567	01.06.1998
SÍTIO GRAVATAZINHO	-7,16611	-36,0508	01.06.2000
FAZENDA DESERTO	-7,285	-35,7253	05.06.2000
FAZENDA DESERTO	-7,285	-35,7267	01.06.2000
CAPIM GRANDE	-7,22111	-35,9933	01.06.1999
FAZENDA SÃO JOSÉ (BOI VELHO)	-7,22861	-36,0614	01.06.2001
LUCAS II	-7,25389	-35,9728	01.06.1997
SÍTIO JACU	-7,27694	-35,8322	01.06.1999
FAZENDA UBAIA	-7,28417	-35,7581	01.12.1997
LOGRADOURO	-7,27389	-36,0433	01.01.2000
RIACHO FUNDO	-7,22667	-35,895	01.01.2000
CALOETE	-7,19806	-36,0467	01.01.2000
OLHODAGUA	-7,19528	-36,0653	01.01.2000
CACHOEIRINHA	-7,32306	-36,0603	01.01.2000
CARRETAS	-7,27806	-36,0542	01.01.2000