

**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)**

DIRETORIA DA HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS

# **AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO (MÉTODO GOD) DO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DO PIAUÍ - PI**

## **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

### **Ministro de Estado**

Alexandre Silveira de Oliveira

### **Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral** Vitor

Eduardo de Almeida Saback

## **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM) DIRETORIA**

### **EXECUTIVA**

#### **Diretor-Presidente**

Inácio Cavalcante Melo Neto

#### **Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

#### **Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Francisco Valdir da Silveira

#### **Diretora de Infraestrutura Geocientífica**

Sabrina Soares de Araújo Góis

#### **Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

### **COORDENAÇÃO TÉCNICA**

#### **Chefe do Departamento de Hidrologia**

Andrea de Oliveira Germano

#### **Chefe da Divisão de Hidrogeologia e Exploração**

Valmor José Freddo Filho

#### **Coordenador Executivo da Divisão de Hidrogeologia e Exploração**

Tiago Luiz Feijó De Paula

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)**

**DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL - DHT**

DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA  
DIVISÃO DE HIDROGEOLOGIA E EXPLORAÇÃO

PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS

# **AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA E VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO (MÉTODO GOD) DO MUNICÍPIO DE IPIRANGA DO PIAUÍ - PI**

## **AUTORES**

Thiago Luiz Feijó De Paula

Carlos Eduardo Sobreira Leite

Eliel Martins Senhorinho

Valmor José Freddo Filho



---

Rio de Janeiro  
2025

**REALIZAÇÃO**

Departamento de Hidrologia  
Divisão de Hidrogeologia e Exploração

**ORGANIZAÇÃO**

Divisão de Hidrogeologia e Exploração

**PROJETO GRÁFICO/EDITORIAÇÃO****Capa (Núcleo de Comunicação)**

Luiz Fernando do Valle Silvestre

**Miolo (Núcleo de Comunicação/  
DIEDIG)**

Luiz Fernando do Valle Silvestre  
Andrea Machado de Souza

**Diagramação (DIEDIG)**

Maria Tereza da Costa Dias

**REVISÃO DO PROJETO****Revisão linguística**

Irinéa Barbosa da Silva

**Normalização Bibliográfica**

Margareth Lopes de Morães

**Equipe executora**

Carlos Eduardo Sobreira Leite (RETE)

Eliel Martins Senhorinho (SUREGPA)

Thiago Luiz Feijó De Paula (SUREGRE)

Valmor José Freddo Filho (ERJ)

---

**Serviço Geológico do Brasil – SGB**

www.sgb.gov.br  
seus@sgb.gov.br

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

A945      Avaliação hidrogeológica e vulnerabilidade natural à  
contaminação (método GOD) do município de Ipiranga do  
Piauí, PI / Thiago Luiz Feijó de Paula ... [et al.]. – Rio de  
Janeiro : CPRM, 2025.  
1 recurso eletrônico : PDF

Programa de recursos hídricos.  
ISBN 978-65-5664-565-0

1.Hidrogeologia. 2.Recursos hídricos. I. Paula, Thiago Luiz  
Feijó de. II. Leite, Carlos Eduardo Sobreira. III. Senhorinho,  
Eliel Martins. IV. Freddo Filho, Valmor José. V. Título.

CDD 551.49

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB / 7 5662

# APRESENTAÇÃO

---

Este relatório tem por objetivo atender à solicitação do Ministério Público do Estado do Piauí/Procuradoria Geral de Justiça - Sistema SIMP/Protocolo 000734-230/2023 (SEI 1840828), referente ao município de Ipiranga do Piauí, no estado do Piauí, mais especificamente com relação à avaliação hidrogeológica e a vulnerabilidade dos aquíferos presentes no município.

É importante destacar que este levantamento é baseado apenas em análises de dados secundários realizados em ambiente de escritório, apresentando um resultado de caráter preliminar para toda a área do município. Para melhor detalhamento, são necessárias atividades de campo mediante custos adicionais para viabilizar a coleta de informações, como dados de poços existentes na área e verificação do limite de ocorrência, espessura e demais características das unidades geológicas e aquíferos existentes na região. Sendo assim, os resultados apresentados e discutidos servem apenas ao propósito de subsidiar, caso necessário, os estudos de avaliação em detalhe a serem realizados posteriormente com a realização de trabalhos de campo que permitam a coleta de novos dados.

O Serviço Geológico do Brasil não recebeu e não conseguiu obter qualquer informação contendo detalhes sobre a localização de um possível aterro sanitário que esteja sendo planejado ou esteja sendo construído na área do município de Ipiranga do Piauí.

# SUMÁRIO

---

1. INTRODUÇÃO .....	08
2. HIPSOMETRIA .....	09
3. DECLIVIDADE.....	10
4. PRODUTIVIDADE DAS UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS.....	11
5. PROFUNDIDADE DA OCORRÊNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	13
6. VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS À CONTAMINAÇÃO (MÉTODO GOD).....	15
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	17
REFERÊNCIAS .....	19

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 – Mapa de localização do município de Ipiranga do Piauí- PI. Modificado de IBGE (2010).....	<b>08</b>
Figura 2 – Mapa hipsométrico do município de Ipiranga do Piauí- PI. Gerado pelo SGB .....	<b>09</b>
Figura 3 – Mapa de declividade do município de Ipiranga do Piauí- PI. Gerado pelo SGB .....	<b>10</b>
Figura 4 – Mapa de produtividade das unidades hidroestratigráficas do município de Ipiranga do Piauí- PI. Gerado pelo SGB .....	<b>11</b>
Figura 5 – Mapa de produtividade da Ocorrência de Água Subterrânea do município de Ipiranga do Piauí-PI. Gerado pelo SGB exclusivamente com dados SRTM de USGS (2018).....	<b>13</b>
Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade Natural dos Aquíferos à Contaminação do município de Ipiranga do Piauí- PI. Gerado pelo SGB conforme a metodologia de Foster e Hirata (1988).....	<b>16</b>

# 1. INTRODUÇÃO

O município de Ipiranga do Piauí está localizado na Mesorregião Sudeste Piauiense, distante aproximadamente 264 quilômetros da capital Teresina, ocupando uma área total de 527,7 km<sup>2</sup>.

A avaliação hidrogeológica e da vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos para a área do município tem como objetivo apresentar informações que permitam um maior conhecimento sobre a ocorrência, o movimento, a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas, assim como identificar áreas com distintos graus de sensibilidade à contaminação conforme as características dos aquíferos.

Associados a esse contexto, a seguir serão apresentados tópicos que descrevem as principais características do município como: a hipsometria, indicando as variações de altitude (em metros); os tipos de relevo, com apresentação das classes conforme variação de declividade; a produtividade das unidades hidroestratigráficas, com a definição da capacidade de vazão dos aquíferos; a profundidade de ocorrência de águas subterrâneas, com indicativo apresentando quatro intervalos de profundidade; o resultado do estudo de vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação, que é o principal objetivo desta avaliação, o qual indica a hierarquia das classes de vulnerabilidade conforme a área do município; e, por fim, as conclusões e recomendações, apresentando de forma resumida os itens abordados nos tópicos anteriores que merecem ser observados conforme o objetivo deste trabalho.

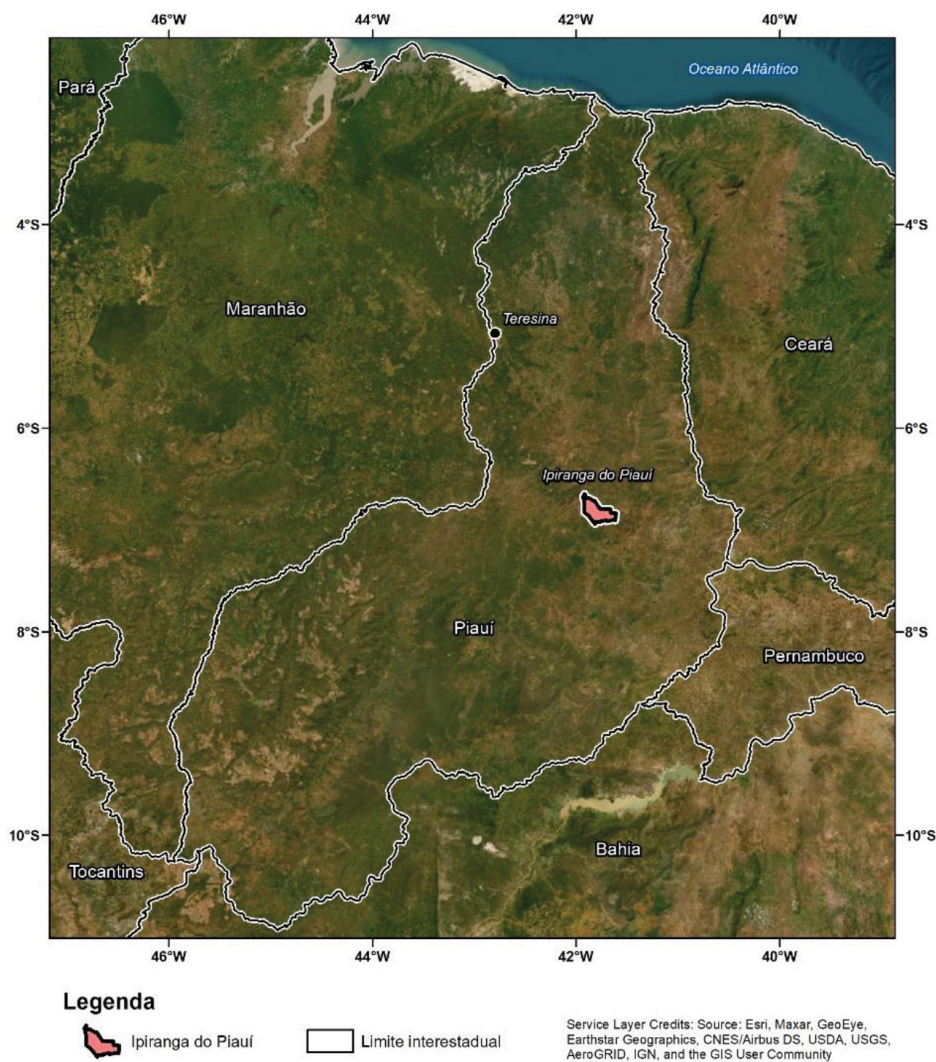


Figura 1 – Mapa de localização do município de Ipiranga do Piauí - PI. Modificado de IBGE (2010).



## 2. HIPSOMETRIA

Os mapas hipsométricos são representações gráficas da elevação de uma determinada área por meio de cores. Para o município de Ipiranga do Piauí – PI (Figura 2), as altitudes variam de 140 metros (mínimo) nos vales das principais drenagens até 560 metros (máximo) na porção leste. Para a confecção deste mapa foram utilizadas informações planimétricas de IBGE (2010) e dados SRTM de USGS (2018).

A Figura 2 mostra duas seções transversais (A-B e C-D), sendo a primeira de direção SW-NE e a segunda de direção NW-SE. Ambas as seções mostram um incremento da altitude a partir do limite oeste do município em sentido ao seu limite leste.

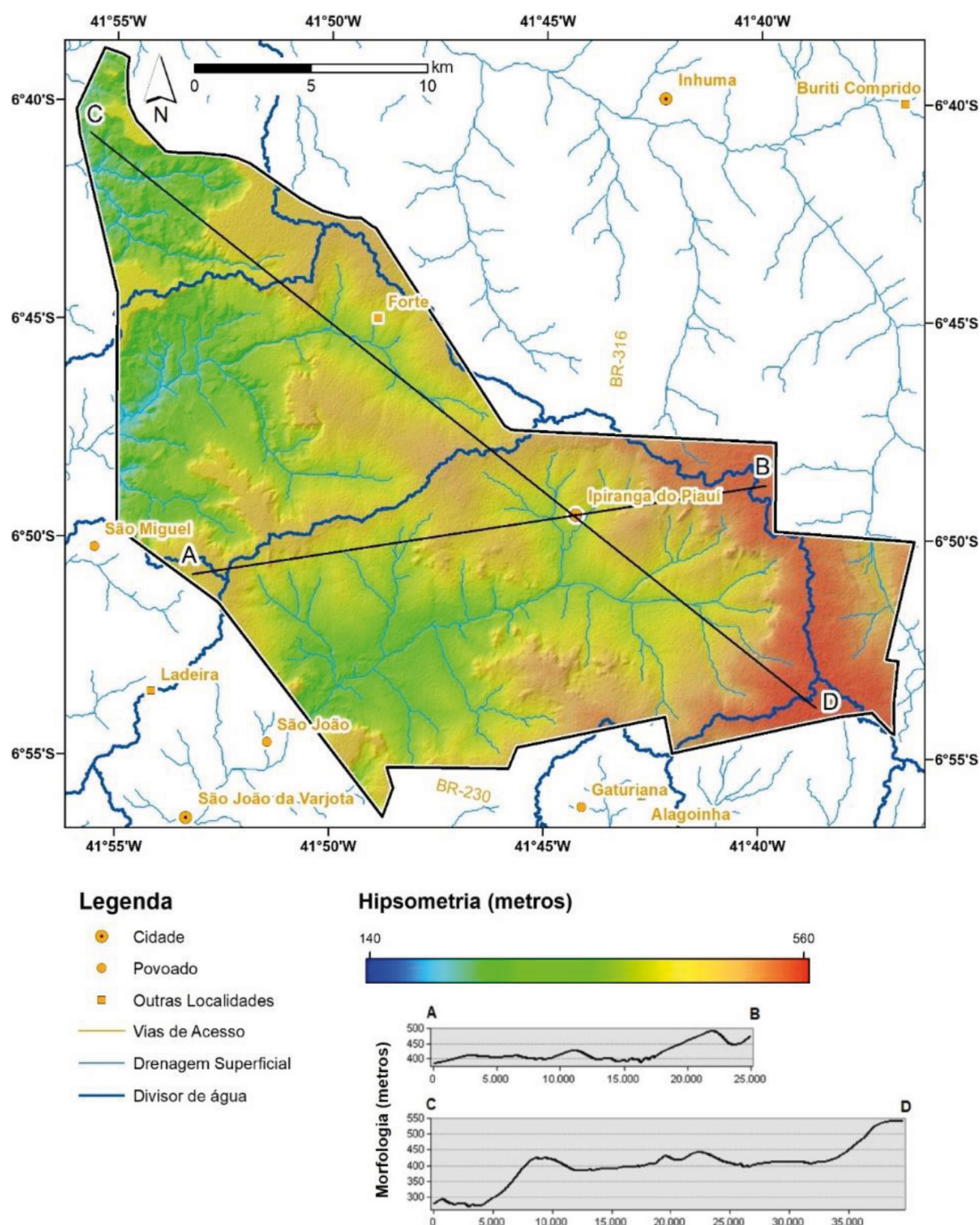


Figura 2 – Mapa hipsométrico do município de Ipiranga do Piauí - PI. Gerado pelo SGB.

### 3. DECLIVIDADE

Os mapas de declividade representam importantes produtos no sentido de mostrar as inclinações de uma dada área em relação a um eixo horizontal, servindo como fonte de informações para as formas de relevo, aptidões agrícolas, riscos de erosão, restrições de uso e ocupação urbana, entre outros. Para a confecção deste mapa foram utilizadas informações planimétricas de IBGE (2010) e dados SRTM de USGS (2018).

A Figura 3 mostra a classificação do relevo para o município de Ipiranga do Piauí – PI.

As seis classes de declividades que foram consideradas são: (a) 0 a 2 graus – relevo plano, (b) 2 a 5 graus – relevo suave ondulado, (c) 5 a 10 graus – relevo ondulado, (d) 10 a 25 graus – relevo forte ondulado, (e) 25 a 45 graus – relevo montanhoso e (f) relevo escarpado.

O município apresenta, em quase sua totalidade, relevo nas classes entre plano (0° a 2°) e suave ondulado (2° a 5°). Na porção oeste, o relevo se apresenta com características da classe forte ondulado, com declividades da ordem de 10 a 25 graus.

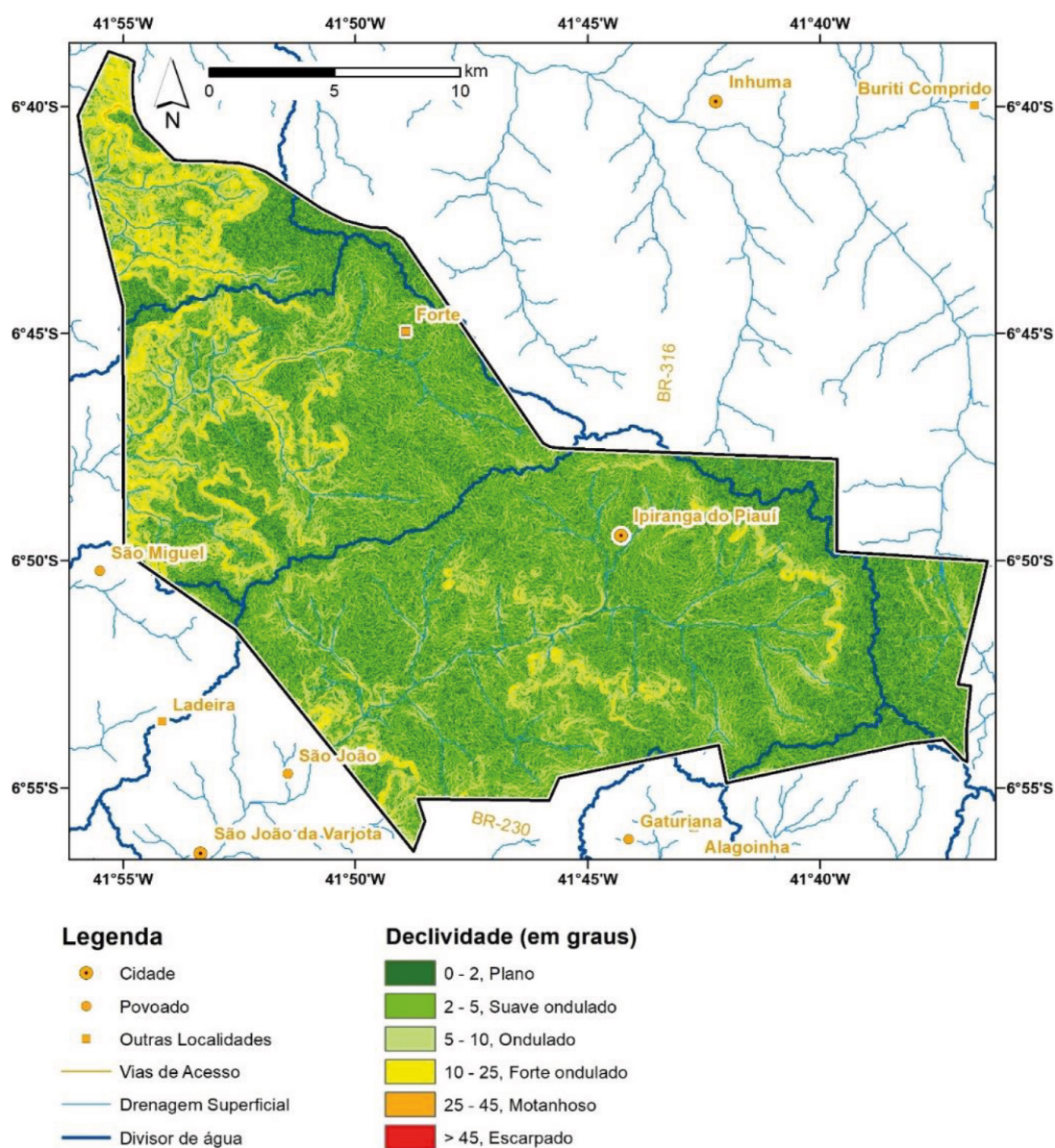


Figura 3 – Mapa de declividade do município de Ipiranga do Piauí - PI. Gerado pelo SGB.

## 4. PRODUTIVIDADE DAS UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS

A Figura 4 mostra as ocorrências das unidades hidroestratigráficas no município de Ipiranga do Piauí – PI, representadas quase que exclusivamente pela Formação Longá (não aquífero), em toda a porção oeste, e pela Formação Cabeças (aquífero de elevada produtividade) aflorando na porção central e leste. Para a confecção do mapa da Figura 4 e do texto deste capítulo foram consideradas informações de Diniz *et al.* (2014) e Monteiro *et al.* (2016). As condições de um aquífero, livre ou confinado, determinam um maior ou menor índice de proteção à sua contaminação por atividades antrópicas efetuadas em superfície.

- Livre – O aquífero é aflorante em contato direto com a superfície e vulnerável a quaisquer ações antrópicas que produzam rejeitos contaminantes;
- Confinado – O aquífero é sotoposto a uma outra unidade geológica que apresenta características litológicas impermeáveis, fornecendo uma proteção ao aquífero inferior.

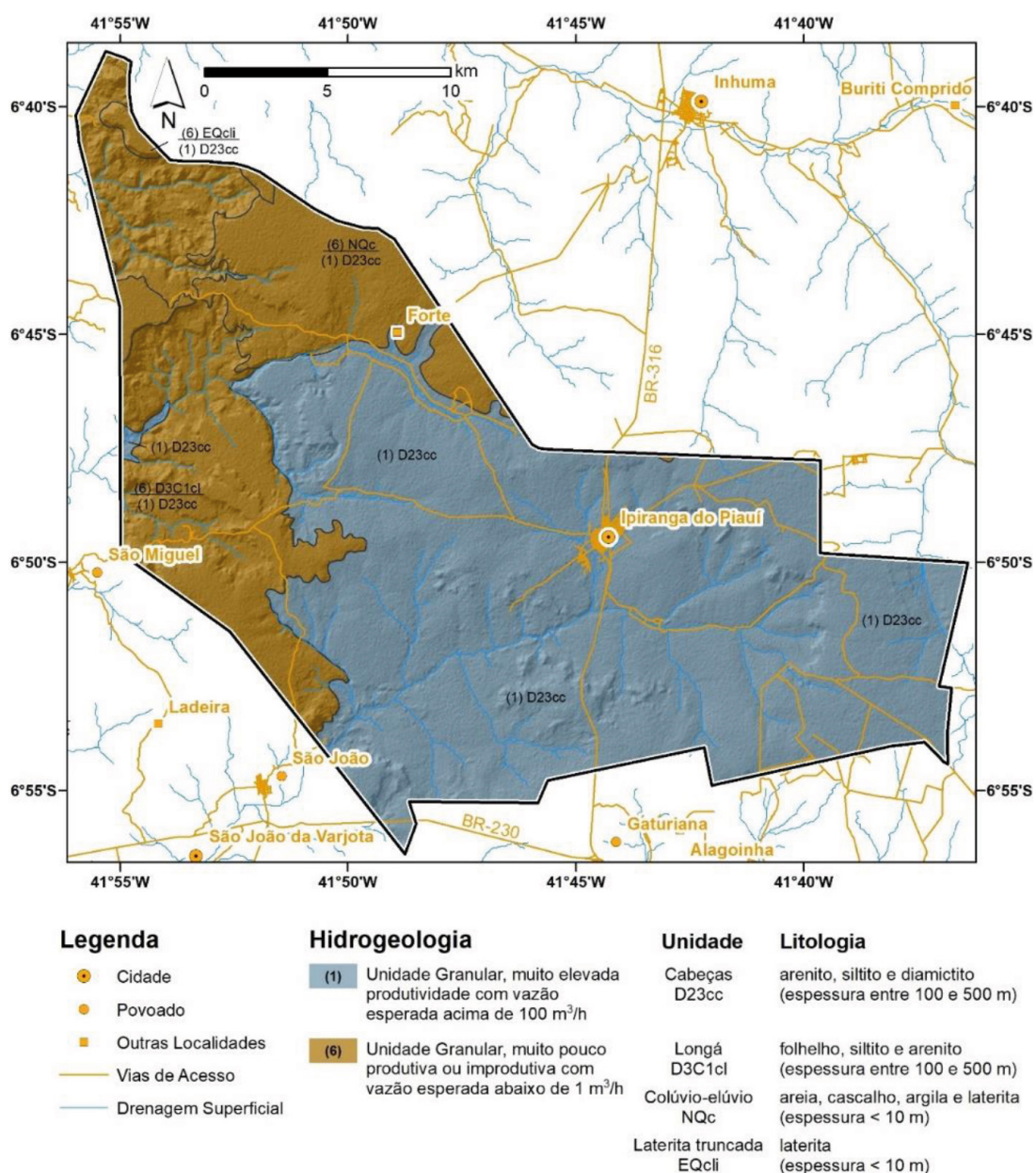


Figura 4 – Mapa de produtividade das unidades hidroestratigráficas do município de Ipiranga do Piauí - PI. Gerado pelo SGB.

---

A Formação Cabeças é constituída de sedimentos areníticos e é caracterizada como importante aquífero (unidade geológica com capacidade de produzir e armazenar água) na Bacia Sedimentar do Parnaíba. Na área do município Ipiranga do Piauí, o Aquífero Cabeças ocorre de forma livre, quando aflorante, e confinado, quando recoberto por sedimentos da Formação Longá. Nas áreas onde ocorre livre, é mais susceptível a efeitos de contaminação (onde não apresenta nenhuma outra formação sobreposta, como na região do centro e leste do município).

Na porção oeste do município, a Formação Longá encontra-se sobreposta à Formação Cabeças. Devido à composição litológica da Formação Longá, composta majoritariamente de folhelhos, ela comporta-se como um aquífero e oferece uma maior proteção à unidade subjacente, que é o Aquífero Cabeças, reduzindo a sua vulnerabilidade com relação à contaminação por atividades antrópicas efetuadas em superfície.

Observando a Figura 4, é possível identificar que toda a área central e leste do município, onde aflora a Formação Cabeças, representa uma região passível de apresentar uma vulnerabilidade natural à contaminação mais elevada. Já a região oeste e noroeste, onde afloram a Formação Longá e as sobreposições de coberturas residuais (de naturezas colúvio-eluvionares e lateríticas truncadas) representa uma área em que o Aquífero Cabeças possui maior proteção, conseqüentemente, passível de apresentar uma menor vulnerabilidade natural à contaminação.

Como não existem muitos dados descritivos e de perfil construtivo-litológico de poços cadastrados que permitam o detalhamento ou mesmo comprove a existência de espessuras significativas destas unidades sobrepostas ao Aquífero Cabeças, uma posterior avaliação com atividades de campo se faz necessária para definir as características exatas da geometria dessas unidades. A identificação de áreas mais ou menos favoráveis à implantação de um aterro sanitário estará diretamente associada às espessuras das unidades sobrepostas ao Aquífero Cabeças, de forma que, quanto maior forem essas espessuras, maior será a proteção ao Aquífero Cabeças e maior será a favorabilidade do terreno à implantação. Inversamente, quanto menor forem as espessuras das unidades sobrepostas ao Aquífero Cabeças, menor será a proteção ao Aquífero Cabeças e menor será a favorabilidade do terreno à implantação de um aterro sanitário.

## 5. PROFUNDIDADE DA OCORRÊNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A Figura 5 mostra a profundidade do nível da água, baseada em mapa potenciométrico obtido através da subtração entre a altitude da superfície do modelo digital de terreno e a altitude da superfície gerada a partir dos pontos de intersecção da topografia com as drenagens superficiais (pontos de descarga de água subterrânea) e dos pontos com informações de nível da água subterrânea. A superfície foi gerada exclusivamente com dados SRTM de USGS (2018). Os pontos com informações de nível de água subterrânea utilizados foram obtidos de CPRM (2024), o qual se trata do Siagas – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – e contém informações de Aguiar e Gomes (2004), Soares Filho (1997) e outros projetos e programas institucionais. As profundidades para visualização foram classificadas em quatro intervalos: 0 a 5 metros; 5 a 20 metros; 20 a 50 metros; e superior a 50 metros, que foram representadas pela cor azul em tonalidades mais claras para as menores profundidades e em tonalidades mais escuras para as maiores profundidades de ocorrência.

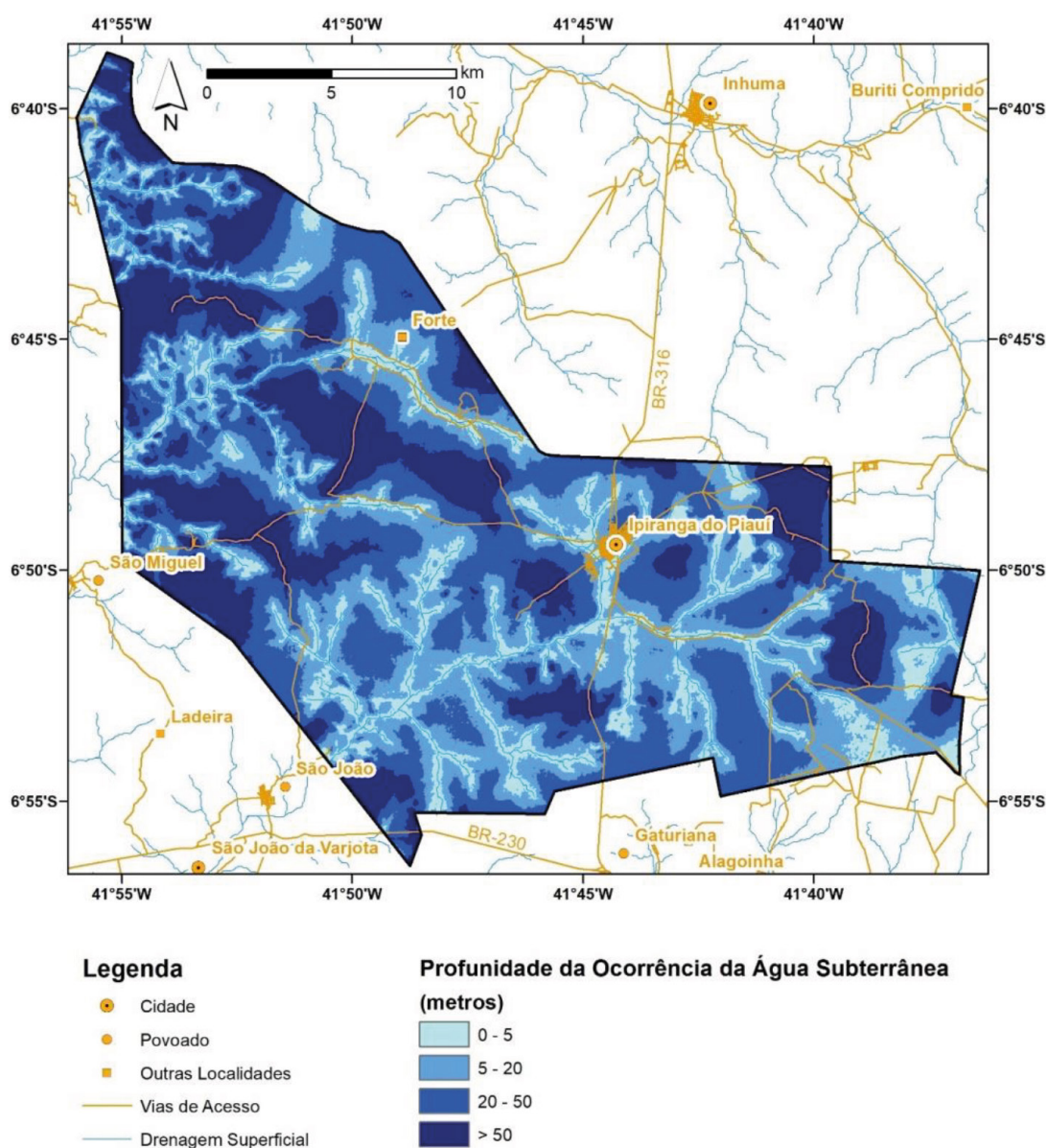


Figura 5 – Mapa de profundidade da Ocorrência de Água Subterrânea do município de Ipiranga do Piauí - PI. Gerado pelo SGB exclusivamente com dados SRTM de USGS (2018).

---

A proteção do aquífero em relação à contaminação é diretamente proporcional a sua profundidade, ou seja, quanto mais profundo estiver o nível da água mais o referido aquífero se encontrará protegido de ações contaminantes da superfície. Quanto maior for a espessura da zona não-saturada em água, ou seja, a espessura filtrante necessária a ser atravessada pela água desde a superfície até atingir o topo da espessura saturada, menor será a vulnerabilidade. Ao contrário, quanto menor for a espessura da zona não-saturada em água, maior será a vulnerabilidade.

As áreas de coloração azul mais escura representam as profundidades de ocorrência de águas subterrâneas maiores que 50 metros. Essas porções estão mais concentradas nas regiões oeste e noroeste do município, correspondentes à área de ocorrência da Formação Longá e coberturas residuais (colúvio-elúvio e lateritas truncadas). Por outro lado, as áreas onde predominam a ocorrência de água subterrânea com menor profundidade, representadas pela coloração azul-clara, correspondem à porção central e leste do município, justamente na área aflorante da Formação Cabeças (Figura 4).

## 6. VULNERABILIDADE NATURAL DOS AQUÍFEROS À CONTAMINAÇÃO (MÉTODO GOD)

Na natureza, as águas subterrâneas se apresentam naturalmente vulneráveis às contaminações externas em maior ou menor proporção, com graus de sensibilidade que dependem exclusivamente de suas características intrínsecas, como grau de confinamento, litologia das unidades sobrepostas, profundidade do lençol freático, entre outros aspectos. A associação dessas características define o índice de vulnerabilidade natural do aquífero pelo método denominado GOD, acrônimo de *Groundwater occurrence, Overall lithology of the unsaturated zone, Depth to the water table*, conforme concepção metodológica proposta por Foster e Hirata (1988) e desenvolvida por Foster e Hirata (1993).

Para determinar a avaliação de vulnerabilidade natural à contaminação dos aquíferos (unidades aflorantes) para o município de Ipiranga do Piauí – PI, é necessário fazer a análise espacial por sobreposição de três parâmetros físicos para gerar o índice de vulnerabilidade para o aquífero:

- *Groundwater occurrence* - tipo de ocorrência da água subterrânea (condição do aquífero);
- *Overall Lithology of Aquiperm or Aquitard* - litologia geral da zona vadosa (camada não saturada permeável) ou do aquífero (camada confinante pouco permeável);
- *Depth to Groundwater Table or Strike*- profundidade do lençol freático (aquífero não confinado) ou teto do aquífero (confinado).

Para cada parâmetro, foi atribuído um score e definido o índice de vulnerabilidade como o produto dos scores dos três parâmetros, classificados, neste caso, em baixo, moderado, elevado e extremo (Figura 5).

As regiões oeste e noroeste do município (na cor verde) representam a área de menor vulnerabilidade do Aquífero Cabeças, coincidindo com a presença da Formação Longá (Figura 4) e coberturas residuais (colúvio-elúvio e lateritas truncadas), ambas sobrepostas ao aquífero, que lhe dão uma condição local de confinamento, representando uma situação de maior proteção às águas presentes no mesmo aquífero.

Além disto, nessa região a Formação Longá funciona como um aquífero de espessura variável podendo atingir mais de uma centena de metros, garantindo uma maior profundidade até o teto do aquífero, que é outro fator relevante à sua proteção com relação às possíveis atividades contaminantes de superfície. As regiões centro e leste são classificadas desde vulnerabilidade moderada (cor amarela), passando a vulnerabilidade elevada (cor vermelha) próximo às drenagens e alcançando a vulnerabilidade extrema (cor preta) nos leitos aluviais dos cursos de água, onde os níveis freáticos tendem a apresentarem-se mais rasos pela ocorrência e influência de águas superficiais que interagem com o aquífero, ora servindo de instrumento de recarga, ora sendo abastecidos pelos fluxos de base dos mesmos aquíferos.

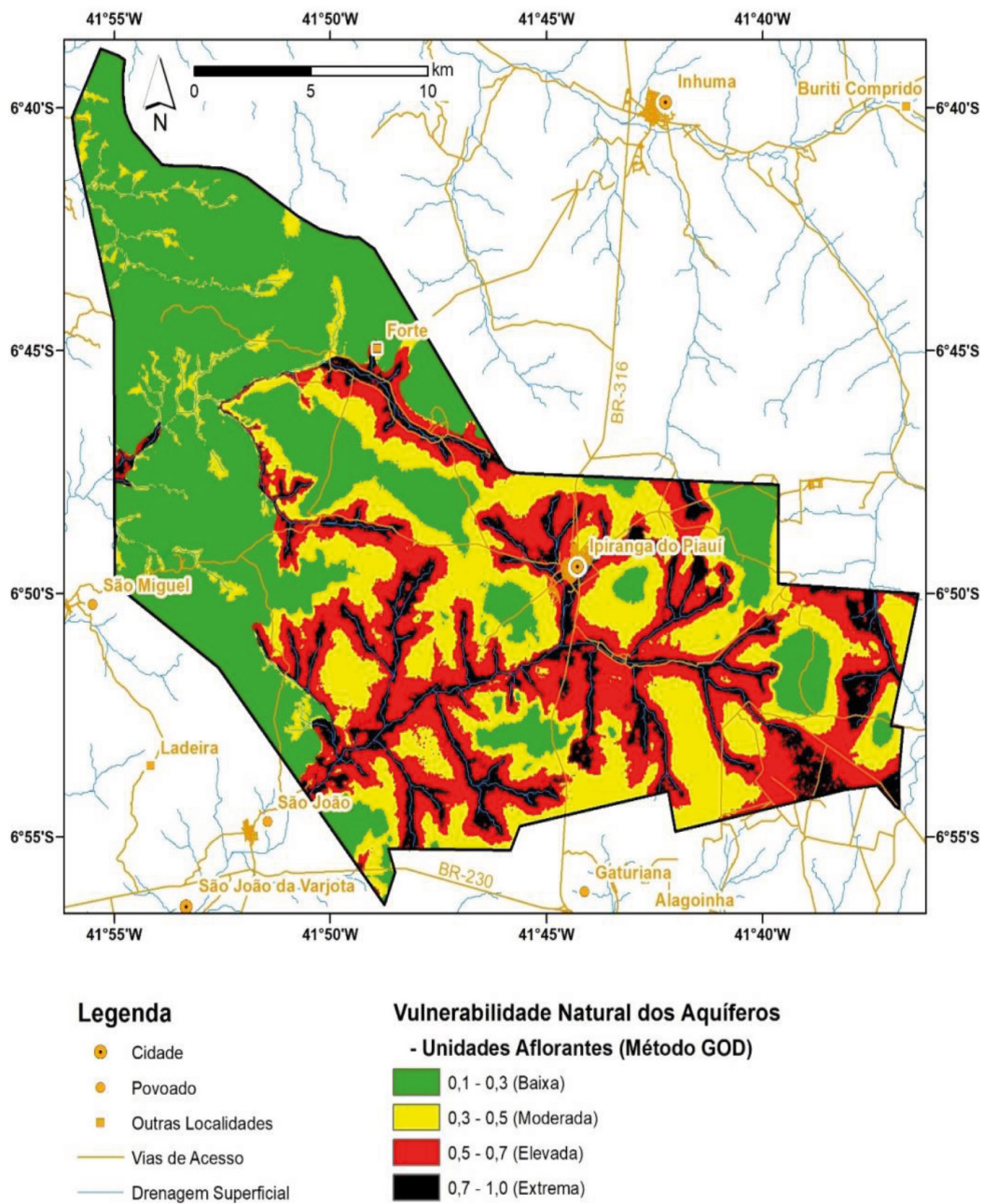


Figura 6 – Mapa de vulnerabilidade Natural dos Aquíferos à Contaminação do município de Ipiranga do Piauí - PI. Gerado pelo SGB conforme a metodologia de Foster e Hirata (1988).



## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

---

O município de Ipiranga do Piauí – PI é representado, do ponto de vista hidrogeológico, pelo Aquífero Cabeças, de alto potencial para produção de água subterrânea através da captação por poços tubulares profundos.

A Formação Cabeças compõe um aquífero de extensão regional, com armazenamento e fluxo controlados por porosidade intergranular relacionados a sedimentos areníticos com espessuras entre 100 e 300 metros. Sua ocorrência se dá de forma livre ou confinada, podendo apresentar perigo de contaminação devido à existência de cargas potenciais oriundas de atividades antrópicas que ocorram em superfície.

A condição de maior ou menor vulnerabilidade de aquíferos com estas características normalmente está associada a fatores como:

- Tipo de ocorrência (livre ou confinado) – Se livre, a água subterrânea (nível freático) está sob forte influência de infiltração de contaminantes de superfície. Se confinado, a formação sobreposta, que o confina, lhe confere uma maior proteção ao retardar a sua contaminação, ou até mesmo ao impedir a sua contaminação.
- Profundidade do nível da água (quando livre) ou profundidade do teto do aquífero (quando confinado) – Quanto mais profundo se encontrar o nível de água no aquífero, maior será a distância necessária para percolação dos possíveis contaminantes de superfície e maior a probabilidade das camadas superiores (não saturadas) de reterem ou dissiparem esses contaminantes antes que eles alcancem o nível freático ou teto do aquífero.

Na área do município de Ipiranga do Piauí, o Aquífero Cabeças apresenta a forma de ocorrência livre nas porções centro e leste, conferindo uma maior vulnerabilidade natural à contaminação. Nas porções oeste e noroeste, o mesmo aquífero se apresenta com uma condição de confinamento (ou semiconfinamento) pela ocorrência de unidades sobrepostas, como a Formação Longá e coberturas residuais (colúvio-elúvio e lateritas truncadas), que contribuem para uma condição de menor vulnerabilidade (Figuras 4 e 6).

Com respeito à observação da profundidade dos níveis de água ou da profundidade do teto do aquífero, eles se mostram mais profundos na porção oeste, ou seja, em condição de maior proteção que nas demais porções do município (Figura 5).

O resultado, obtido pelo do mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação pelo método GOD (Figura 6), corrobora os apontamentos anteriores e as conclusões acima relatadas, destacando uma maior vulnerabilidade nas porções centro e leste do município, onde o Aquífero Cabeças ocorre de forma aflorante, e uma menor vulnerabilidade nas porções oeste e noroeste do município. A área de menor vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero coincide com a área de ocorrência da Formação Longá e coberturas residuais (colúvio-elúvio e lateritas truncadas), que conferem ao Aquífero Cabeças algum grau de confinamento ou semiconfinamento e maiores profundidades de ocorrência do nível de água subterrânea ou de ocorrência do teto do aquífero, sendo ambas características de extrema relevância para sua proteção.

O Serviço Geológico do Brasil não recebeu e não conseguiu obter qualquer informação contendo detalhes sobre a localização de um possível aterro sanitário que esteja sendo planejado ou esteja sendo construído na área do município de Ipiranga do Piauí.

Os resultados apresentados por este relatório deverão servir apenas como subsídio para uma avaliação regional preliminar. É importante destacar que, para a concepção e execução de empreendimentos como aterro sanitários, são recomendáveis e necessários estudos e avaliações detalhados na temática de hidrogeologia, contando com a execução de atividades in loco, como testes de infiltração de solo, que visem verificar o grau de impermeabilidade ou proteção ao aquífero, e determinações precisas da profundidade do nível freático e direção local do fluxo da água subterrânea.

---

Uma avaliação detalhada das espessuras e forma de ocorrência da Formação Longá é extremamente importante. Independente dos métodos a serem utilizados, devem ser mapeadas feições de geologia estrutural (como a ocorrência e a intensidade de falhas e fraturamentos), variações das espessuras das unidades estratigráficas e as composições litológicas das unidades referidas. A reunião de características geológicas menos favoráveis, como alta densidade de fraturamentos e predominância de pequenas espessuras, podem elevar o índice de vulnerabilidade das águas subterrâneas à contaminação acarretada por atividades antrópicas realizadas em superfície.

Apesar de existir uma grande preocupação com a escolha do local para a implantação de um aterro sanitário, em vista a evitar maiores problemas com contaminação de aquíferos, atualmente existem já técnicas de construções avançadas para este tipo de obra, que inclusive levam em consideração os resultados de avaliações de ensaios de permeabilidade no solo para a definição do tipo de impermeabilização a ser utilizada, garantindo, de maneira muito mais eficaz, uma maior proteção às águas subterrâneas.

Por fim, também é necessário destacar a importância da implantação de uma rede de poços tubulares para monitoramento das águas subterrâneas na área em torno do aterro sanitário. A aplicação de um plano de monitoramento com boa definição de pontos estratégicos e frequência de coleta de dados que permita a observação do comportamento do nível de água e da qualidade físico-química e biológica das águas subterrâneas, garantirá uma boa gestão dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS

---

- AGUIAR, R. B. de; GOMES, J. R. de C. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Piauí**: diagnóstico do município de Ipiranga do Piauí. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004. 15 p., inclui 1 mapa. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16006>. Acesso em: 09 set. 2024.
- DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. de C. da; PAULA, T. L. F. de. **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: nota técnica. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014. 45 p., inclui 3 mapas. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/15556>. Acesso em: 09 set. 2024.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. C. A. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo, SP: Instituto Geológico, 1993. 17 p. Disponível em: [https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2019/02/Boletim\\_IG\\_10\\_Determinacao\\_de\\_Riscos\\_de\\_Contaminacao\\_das\\_Aguas\\_Subterraneas-1994.pdf](https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2019/02/Boletim_IG_10_Determinacao_de_Riscos_de_Contaminacao_das_Aguas_Subterraneas-1994.pdf) Acesso em: 18 out. 2024.
- FOSTER, S.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk assessment**: a methodology using available data. Lima, Peru: WHO-PAHO/HPE-CEPIS, 1988. 81 p. (Technical Manual Series).
- FOSTER, S.; HIRATA, R. C. A.; ROCHA, G. A. **Riscos de poluição de água subterrânea**: uma proposta de avaliação regional. São Paulo, SP: CEPIS/OPS, IGC, 1988. 15 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001616368>. Acesso em: 30 out. 2024.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base cartográfica contínua do Brasil ao milionésimo**: 3ª versão, volume 1. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 30 p. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br). Acesso em: 09 set. 2024.
- MONTEIRO, A. B.; CARDOSO, A. de C.; FRANZINI, A. S.; AGUIAR, C. J. B. de; SILVA, D. R. A. da; SANTOS, G. N. dos; SILVA, H. R. da; DINIZ, J. A. O.; MACHADO, J. L. F.; MARTINS, L. A.; PEREIRA, L. A. da C.; GALVÃO, M. J. da T. G.; MARCILLI, M.; SOUZA FILHO, O. A. de; ARAÚJO, P. P.; SOUZA, R. R.; KIRCHHEIM, R. E.; PAULA, T. L. F. de. **Mapa hidrogeológico do Brasil**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24909>. Acesso em: 09 set. 2024.
- MONTEIRO, A. B.; DINIZ, J. A. de O.; DE PAULA, T. L. F.; CORREIA FILHO, F. L. Taxonomia hidrogeológica do estado do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 19., 2016, Campinas-SP. **Anais [...]**. Campinas: ABAS, 2016. 16 p. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17652>. Acesso em: 09 set. 2024.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **SIAGAS - Sistema de informações de águas subterrâneas**. Rio de Janeiro: CPRM, 2024. Disponível em: <https://siagasweb.sgb.gov.br/layout/> Acesso em: 01 mar. 2024.
- SOARES FILHO, A. R. **Perfil hidrogeológico de Ipiranga do Piauí**. Teresina: CPRM -Serviço Geológico do Brasil, 1997. 37 p. (Série Hidrogeológica Informações Básicas, v. 1). Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/8766>. Acesso em: 09 set. 2024.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. **USGS EROS archive - digital elevation - shuttle radar topography mission (SRTM) non-void filled**. Virginia - USA, USGS Headquarter, 2018. (Program Series, v. 1). Disponível em: [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-non?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects). Acesso em: 09 set. 2024.

ISBN 978-65-5664-565-0



SERVIÇO  
GEOLÓGICO  
DO BRASIL

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



GOVERNO FEDERAL

BRASIL

UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

[SGB.GOV.BR](http://SGB.GOV.BR)