

# Subtemas e Enfoques da Sustentabilidade

---

Karine Dalazoana  
(Organizadora)



# Subtemas e Enfoques da Sustentabilidade

---

Karine Dalazoana  
(Organizadora)





2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

S941 Subtemas e enfoques da sustentabilidade [recurso eletrônico] /  
Organizadora Karine Dalazoana. – Ponta Grossa, PR: Atena  
Editora, 2020. – (Enfoque Interdisciplinar na Educação  
Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226201601

1. Meio ambiente – Preservação. 2. Desenvolvimento  
sustentável. I. Dalazoana, Karine. II. Série.

CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Os recursos naturais dão suporte à vida em todas as suas formas e, conseqüentemente, sustentam todos os sistemas produtivos do planeta. Certas atividades humanas demandam recursos naturais não renováveis, esgotando-os a longo prazo, ao mesmo tempo que degradam ou contaminam, inviabilizando a utilização dos recursos renováveis a curto prazo. A perspectiva do esgotamento dos recursos naturais é irrefutável e nesse sentido faz-se necessário que as sociedades humanas tracem um caminho em direção à sustentabilidade.

Nesse contexto é imprescindível que sejam desenvolvidos estudos e pesquisas que resultem em ações preventivas com vistas ao uso sustentável dos recursos naturais. E, de acordo com essa perspectiva, ações remediadoras devem vir no sentido de recuperar áreas já degradadas, restaurando ecossistemas e devolvendo a eles o equilíbrio ecológico. Tais ações devem visar o ambiente em todas as suas esferas de utilização sustentável, tanto no meio rural quanto no meio urbano.

Sendo assim a obra “Subtemas e enfoques da sustentabilidade” é um estudo interdisciplinar que apresenta propostas de alternativas sustentáveis em diversas regiões do Brasil, de modo a oferecer soluções para o uso sustentável dos recursos naturais em território brasileiro.

Num primeiro momento tem-se uma perspectiva da produção científica sobre responsabilidade ambiental no cenário brasileiro. Na sequência são apresentados textos sobre gestão dos recursos hídricos e saneamento ambiental. Posteriormente são trazidas propostas de gestão sustentável no meio rural, com manejo de resíduos sólidos e produção agroecológica, seguido de uma proposta de utilização de trilha ecológica a fim de promover iniciativas de educação ambiental.

Por fim tem-se estudos que visam soluções para as áreas urbanas, com enfoque na habitação social, mobilidade urbana, assim como estratégias sustentáveis na área da construção civil.

É preciso compreender que as questões ambientais afetam inúmeros aspectos da vida humana e que as gerações futuras devem ter garantidos os recursos que sustentam a sua existência. Dessa forma, deve haver uma mudança no entendimento sobre como o homem se apropria e consome os recursos naturais, aprendendo a viver de maneira sustentável, de modo a não degradar aquilo que dá suporte a vida.

Boa leitura.

Karine Dalazoana

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E INDICADORES EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: RETRATO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA NACIONAL DE 2010 A 2017	
Agleilson Souto Batista José de Lima Albuquerque Jorge da Silva Correia Neto Ionete Cavalcanti de Moraes Maria Jaqueline da Silva Mandú	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>21</b>
AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO PRÓXIMO AO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, PIAUÍ	
Mauro César de Brito Sousa Cleto Augusto Baratta Monteiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>33</b>
REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	
Tereza Cristina Sales Silva Cleto Augusto Baratta Monteiro Mauro César de Brito Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>48</b>
SANEAMENTO E A QUESTÃO DA ÁGUA PARA A IRRIGAÇÃO AGRÍCOLA	
Magda Regina Santiago Márcio Marastoni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
SISTEMA CAMPO LIMPO: RETORNO DAS EMBALAGENS VAZIAS DE AGROTÓXICOS	
Rodrigo Nery Machado Mauro Silva Ruiz Claudia Terezinha Kniess Mario Roberto dos Santos Fabio Ytoshi Shibao	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>71</b>
O MEIO AMBIENTE SUSTENTÁVEL: O CAMINHO DA AGROECOLOGIA	
Magda Regina Santiago Márcio Marastoni	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016016</b>	



<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>82</b>
NA TRILHA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: RELATO DE EXPERIÊNCIA DE UM PROJETO DE EXTENSÃO	
Pedro Rosso	
Erica Mastella Benincá	
Fernando Bueno Ferreira Fonseca de Fraga	
Gilberto Tonetto	
Dyenifer Martins Barbosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>90</b>
REVISÃO BIBLIOMÉTRICA: SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	
Djanny Klismara de Oliveira	
Érico Masiero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>102</b>
A SUSTAINABLE MOBILITY INDEX TO ASSESS THE PUBLIC TRANSPORT QUALITY IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO	
Alexandre de Oliveira Brandão	
Jean Marcel de Faria Novo	
Celso Romanel	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2262016019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>112</b>
ANÁLISE DE DESEMPENHO DO USO DE AREIA ARTIFICIAL E AREIA DE RCC (RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL) PARA A PRODUÇÃO DE ARGAMASSA DE REBOCO	
Joseano José de Andrade Vieira	
Erika Regina Costa Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22620160110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>131</b>
A NOVA ISO 14001:2015 E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA UMA CONSTRUÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL	
Maria Lívia da Silva Costa	
Sandro Fábio Cesar	
Asher Kiperstok	
<b>DOI 10.22533/at.ed.22620160111</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>142</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>143</b>

## AVALIAÇÃO DO PERIGO DE CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO PRÓXIMO AO CEMITÉRIO AREIAS, TERESINA, PIAUÍ

Data de aceite: 16/12/2019

**Mauro César de Brito Sousa**

Instituto Federal do Piauí

Teresina – Piauí

**Cleto Augusto Baratta Monteiro**

Universidade Federal do Piauí

Teresina – Piauí

**RESUMO:** Os aquíferos estão sob risco de contaminação devido ao avanço desordenado da urbanização e às mais diferentes fontes de atividades antropogênicas contaminantes, desenvolvimento industrial, atividades agrícolas e até necrópoles. Assim, é necessário praticar o gerenciamento adequado dos mananciais subterrâneos como forma de proteger a qualidade natural das águas subterrâneas e adotar condições de sustentabilidade ambiental e conservação dos sistemas de abastecimento de água para consumo humano. Este artigo analisou as probabilidades do impacto negativo do cemitério Areias (Teresina-PI) no aquífero urbano. A Avaliação do Perigo de Contaminação de Águas Subterrâneas, desenvolvida por Foster et al. (2006), foi utilizado na área do cemitério e representa a interação entre o contaminante aplicado no ambiente subterrâneo e a vulnerabilidade à poluição do aquífero.

Os resultados identificados foram úteis para apontar que o cemitério Areias requer a atenção imediata dos órgãos gestores e que o método de análise pode servir como uma ferramenta para o gerenciamento de outras áreas potencialmente impactadas por necrópoles na capital e em outras cidades do Estado do Piauí.

**PALAVRAS-CHAVE:** aquíferos, perigo de contaminação, cemitérios.

### ASSESSMENT OF GROUNDWATER POLLUTION RISK NEAR AREIAS CEMETERY, TERESINA, PIAUÍ

**ABSTRACT:** Aquifers are under risk of contamination due to the disorderly advance of urbanization and the most different sources of contaminating anthropogenic activities, industrial development, agricultural activities and even necropolis. Thus, it is necessary to practice the management in a way to protect the natural quality of groundwater and to adopt conditions of environmental sustainability and conservation of water supply systems for human consumption. This article analyzed the probabilities of the negative impact of the Areias cemetery (Teresina-PI) in the urban aquifer. The Groundwater Pollution Hazard Assessment, developed by Foster et al. (2006), was used in the cemetery area and represents the interaction between the contaminant applied on the subsurface environment and the aquifer

pollution vulnerability. The results identified was useful to point out that the Areias cemetery requires the immediate attention of the managing organs and that the method of analysis can serve as a tool for management of other areas potentially impacted by necropolis in the capital and other cities of the State of Piauí.

**KEYWORDS:** aquífer, risk of contamination, cemeteries.

## 1 | INTRODUÇÃO

Aquíferos estão sob risco declarado de contaminação devido ao avanço desordenado da urbanização e das mais variadas fontes de atividades antrópicas potencialmente contaminantes, como indústrias, atividades agrícolas e até mesmo necrópoles.

Se faz necessário, portanto, a adoção de práticas de gestão capazes de proteger a qualidade natural das águas subterrâneas, como forma de manutenção de condições amplas de sustentabilidade ambiental e critérios básicos de conservação de sistemas de abastecimento de água para consumo humano.

Segundo Foster et al. (2006), a abordagem mais lógica para identificação do perigo de contaminação da água subterrânea é considerá-lo como a interação entre a vulnerabilidade do aquífero à contaminação e a carga contaminante presente na região de estudo. A vulnerabilidade do aquífero pode ser considerada consequência das características naturais dos estratos que o separam da superfície, enquanto que a carga contaminante a ser aplicada no meio é resultado de alguma atividade antrópica.

Dentre a ampla gama de atividades desenvolvidas pelo homem, com carga contaminante potencialmente impactantes das faixas subsuperficiais de solo e aquíferos rasos ou profundos, as necrópoles brasileiras trazem especial preocupação pela sua localização e geração de passivos ambientais nem sempre levados a sério.

Antes locadas em áreas poucos urbanizadas, as necrópoles trazem hoje o agravante de estarem inseridas em plena área urbana das cidades, onde é comum a comunidade do seu entorno fazer uso dos mananciais subterrâneos rasos para o consumo doméstico.

Segundo boletim técnico da ABAS (2001), no Brasil, praticamente a totalidade dos cemitérios municipais apresentavam algum problema de cunho ambiental ou sanitário. A expectativa da contaminação oriunda de necrópoles envolve o lixiviado gerado na decomposição da matéria orgânica enterrada na subsuperfície que pode adentrar os espaços intragranulares do solo e encontrar o lençol freático, tornando-o poluído pelo aumento da concentração natural de substâncias orgânicas e inorgânicas (ÜÇİSİK; RUSHBROOK, 1998; ENVIRONMENT AGENCY, 2002; ENVIRONMENT AGENCY, 2004; MARTINS et al., 1991).

Em Teresina, capital do estado do Piauí, o caso do cemitério Areias é um caso peculiar que ilustra a falta de cuidado com a locação adequada desses tipos de atividades em ambientes urbanos, além da falta de gestão adequada dos mananciais



subterrâneos.

O cemitério Areias está localizado em plena área urbana da cidade de Teresina, às margens do Rio Parnaíba e à montante do ponto de captação da principal Estação de Tratamento de Água que abastece a cidade. Embora, esteja atualmente com suas atividades paralisadas, permanece a dúvida da comunidade sobre o potencial poluidor da necrópole e a expectativa de reabertura para novos sepultamentos, tendo em vista a demanda local.

Este trabalho, concretizado com o apoio do Instituto Federal do Piauí (Iniciativa ProAGRUPAR), traz o estudo do perigo de contaminação do cemitério Areias ao aquífero, indicando quais as probabilidades de impactos negativos da necrópole na região apontada e avaliando a aplicabilidade do método de investigação utilizado e sua capacidade como ferramenta de gestão de águas subterrâneas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODO

O método de **avaliação do perigo de contaminação de aquíferos**, desenvolvido por Foster et al. (2006), foi utilizado para avaliação da área do cemitério Areias e consiste da interação entre a vulnerabilidade do aquífero e o tipo de carga contaminante produzida pela atividade antrópica em estudo.

A vulnerabilidade do aquífero foi determinada utilizando o método GOD de vulnerabilidade (FOSTER e HIRATA, 1988). A metodologia POSH de avaliação da carga contaminante (FOSTER et al. 2006) foi utilizada para determinar o potencial contaminante no subsolo do cemitério Areias.

Os dados de campo, necessários para desenvolvimento da pesquisa, foram retirados da pesquisa realizada por Sousa et al. (2015), e consistiram nos dados de profundidade do lençol freático, das litologias identificadas em pontos de sondagem e identificação do grau de confinamento do aquífero.

Por fim, o resultado da avaliação do perigo de contaminação disponibilizou uma perspectiva do impacto do cemitério na área em estudo, assim como, proporcionou quais as melhores práticas para gerenciar o aquífero na região. As informações a seguir trazem um adendo sobre o funcionamento de cada método utilizado e a caracterização da área de estudo desse trabalho.

### 2.1 Avaliação do perigo de contaminação

Segundo Foster et al. (2006), o perigo de contaminação da água subterrânea é definido como a probabilidade de um aquífero sofrer impactos negativos de atividades antrópicas, pela introdução de alterações que ocasionem concentrações de contaminantes superiores aos valores preconizados pela Organização Mundial de Saúde para a qualidade da água potável.

O perigo de contaminação é, portanto, a verificação da interação entre o tipo de carga contaminante e a vulnerabilidade do aquífero, podendo ser aferido segundo o

ábaco desenvolvido por Foster et al. (2006). Como resultado, evidencia-se estimativas que variam entre baixo, moderado e alto perigo de contaminação do aquífero.

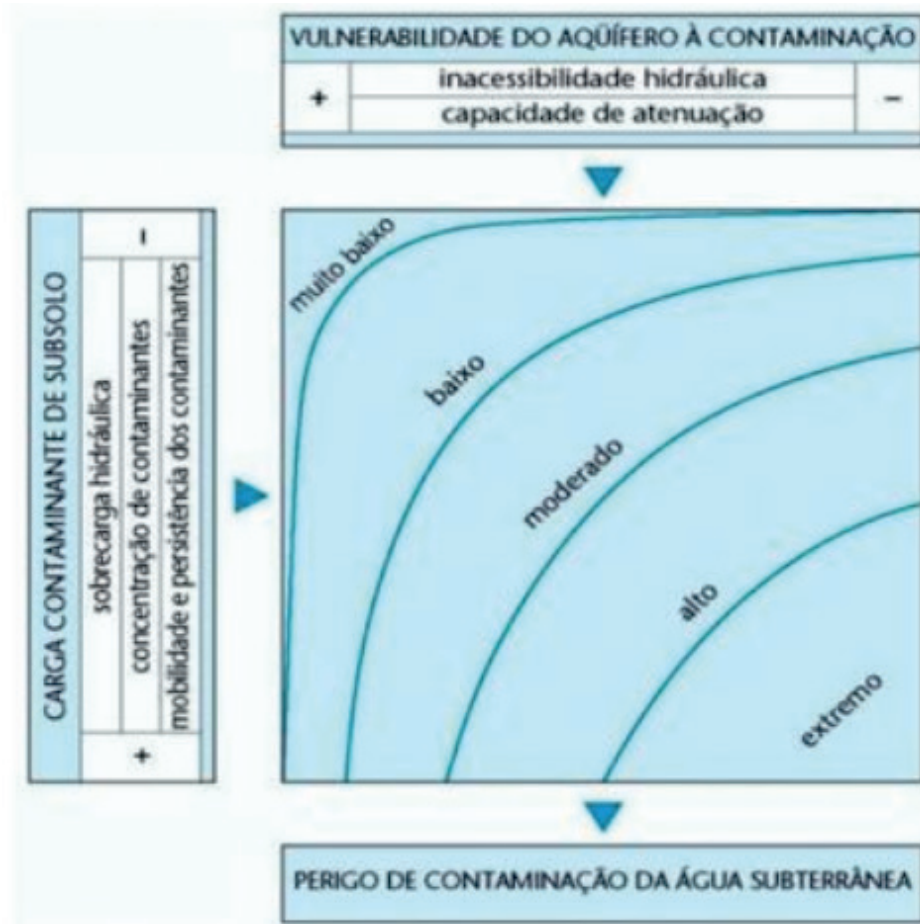


Figura 1. Estimativa do perigo de contaminação do aquífero

Fonte: Foster et al. (2006)

## 2.2 Avaliação da vulnerabilidade GOD

Segundo Foster (1987), a vulnerabilidade de aquíferos à contaminação está relacionada ao conjunto de características dos estratos de solo que separam o topo do terreno de sua zona saturada, determinando a sua suscetibilidade aos efeitos adversos de uma carga contaminante aplicada na superfície.

O conceito, embora de fácil entendimento, abriga o fato de que os dados para a caracterização das condições dos estratos de solo até a zona saturada são dispendiosos e nem sempre estão disponíveis ou são de fácil obtenção.

Assim, levando-se em conta a dificuldade sempre presente de disposição de parâmetros confiáveis para estudos de mananciais subterrâneos, Foster e Hirata (1988) desenvolveram o método GOD de análise da vulnerabilidade de aquíferos à contaminação. O procedimento é baseado em três parâmetros básicos de caracterização da subsuperfície, indexados segundo a sua contribuição ao valor final da vulnerabilidade do aquífero.

Destarte, os parâmetros são assim elencados (Confira também na Figura 2):

- O grau de confinamento hidráulico da água subterrânea caracteriza a letra G da

nomenclatura e tem índice que varia na escala de 0 a 1,0;

- A ocorrência dos estratos de cobertura caracteriza a letra O da nomenclatura e está relacionada a capacidade de atenuação do contaminante, com índice variando de 0,3 a 1,0.

- Por fim, a distância até a zona saturada caracteriza a letra D da nomenclatura, e tem índice variando de 0,4 a 1,0.

O produto final desses índices apresentados resume a vulnerabilidade final do aquífero, que pode variar entre vulnerabilidade insignificante, baixa, média, alta e extrema vulnerabilidade.

Hirata (1994) destaca que o índice baixo indica um aquífero vulnerável somente a compostos extremamente móveis e persistentes, como nitratos e alguns solventes-sintéticos. O índice médio indica que o aquífero é suscetível a contaminantes moderadamente móveis e persistentes como metais pesados. Finalmente, o alto índice indica que o aquífero é muito sensível a contaminantes degradáveis como bactérias e vírus.

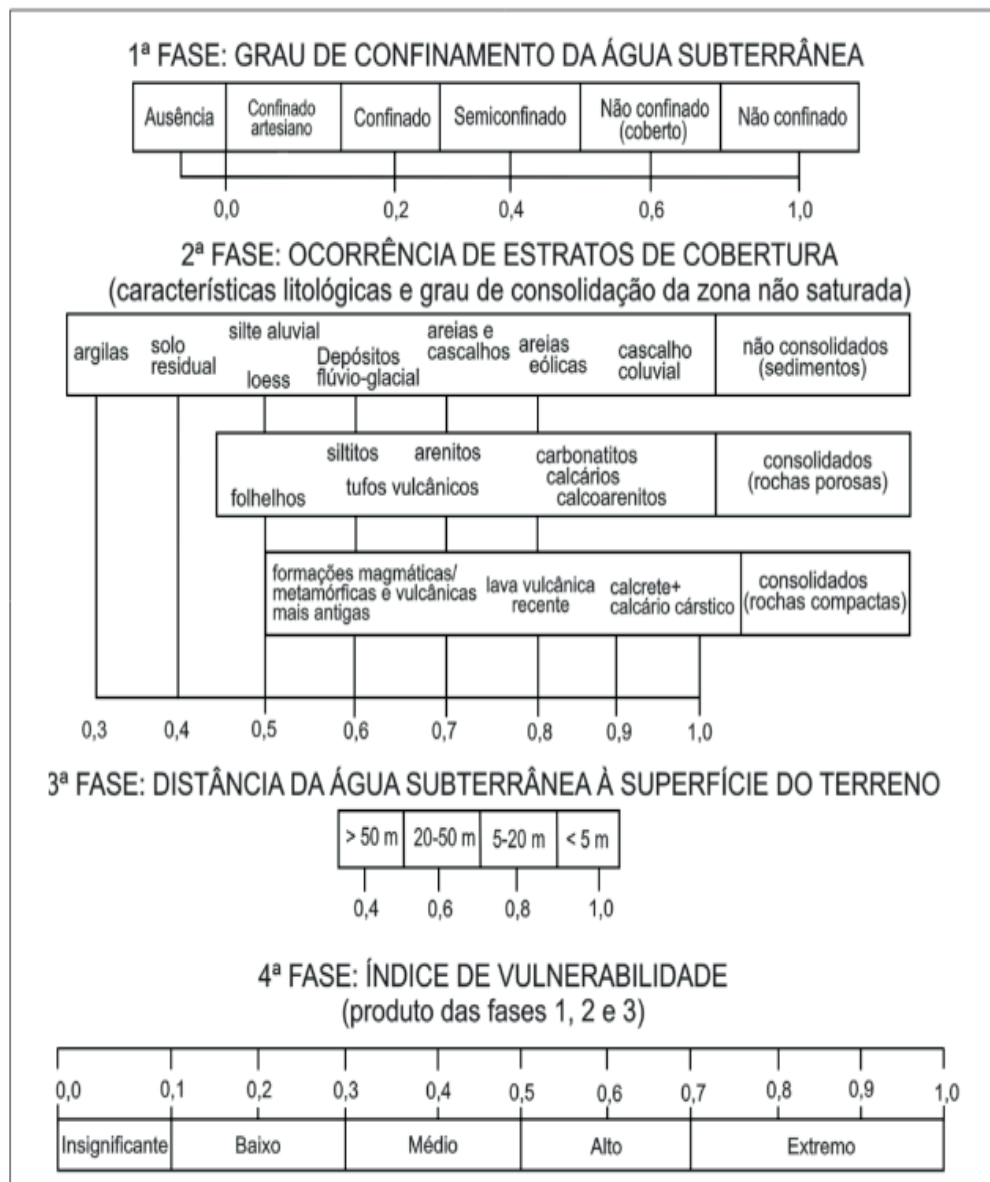


Figura 2. Método de vulnerabilidade de aquíferos GOD



## 2.3 Análise da carga contaminante (POSH)

O método de análise da carga contaminante POSH (pollutant origin, surcharge hydraulically) está relacionado à origem do poluente e sua sobrecarga hidráulica na subsuperfície, produzindo níveis de contaminação no subsolo que podem variar entre reduzido, moderado e elevado (FOSTER et al., 2006).

Segundo o POSH, para o caso do lixiviado produzido por necrópoles, considera-se que existe potencial reduzido de carga contaminante no subsolo, ocasionada por uma pequena carga microbiológica e restrita a certa área (FOSTER et al., 2006).

Essa expectativa de baixo potencial poluidor da carga contaminante, entretanto, parece subestimar estudos que indicam um maior risco de contaminação oriundo de necrópoles. De acordo com estudos publicados por Żychowski (2012) e Environment Agency (2002), a contaminação associada a cemitérios podem indicar compostos persistentes e móveis como nitrato e amônia, contaminantes degradáveis como vírus e bactérias e, ainda, contaminantes potencialmente presentes e ainda pouco estudados como metais pesados e formaldeído.

Porém, trataremos nesse estudo, devido a inexistência de dados no cemitério Areias, a faixa de contaminação com potencial reduzido de carga contaminante.

## 2.4 Caracterização da Área de Estudo

O cemitério Areias está localizado na zona urbana-sul da cidade de Teresina, Piauí, Brasil. Ocupa uma área de 3,5 hectares de solo, onde destaca-se o Latossolo Vermelho-Amarelo, situado em uma faixa paralela ao rio Parnaíba, com uma largura média de 10 km, ocorrendo com grande profundidade. Essa característica aponta para um aquífero não confinado na área de influência do cemitério Areias (SOUSA et al., 2015).

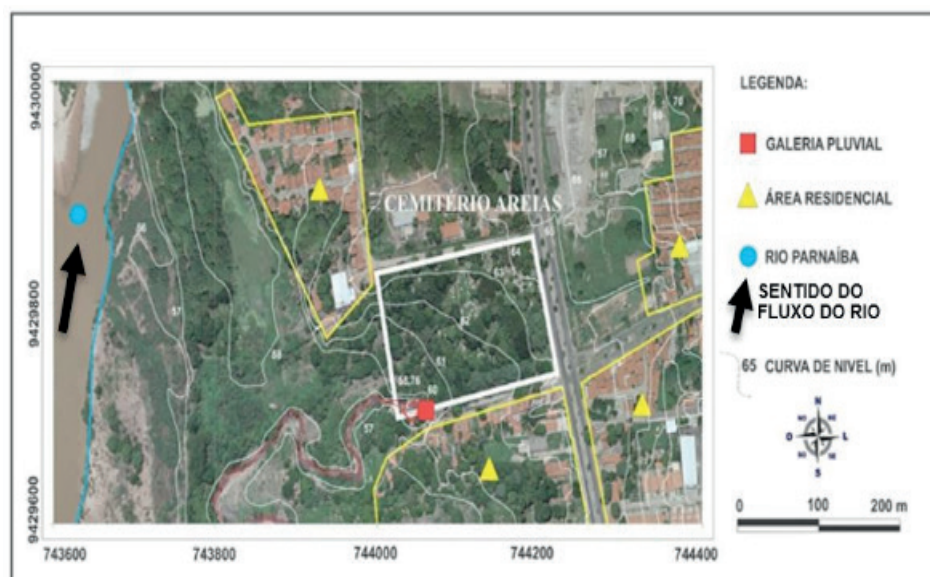


Figura 3. Cemitério Areias localizado (UTM 23), Teresina, PI, Brasil.

A média anual da precipitação acumulada é de 1332 mm, com regime pluviométrico concentrando-se com 75,6% da chuva nos primeiros quatro meses do ano, onde são comuns a presença de chuvas de alta intensidade (SOUSA et al., 2015).

Segundo Sousa et al. (2015), a partir de poços de monitoramento instalados na área do cemitério Areias, a profundidade média do aquífero em relação ao topo do terreno é menor do que 5 metros em todo o período analisado e para todos os pontos monitorados (Vide Figura 4 e Quadro 1).

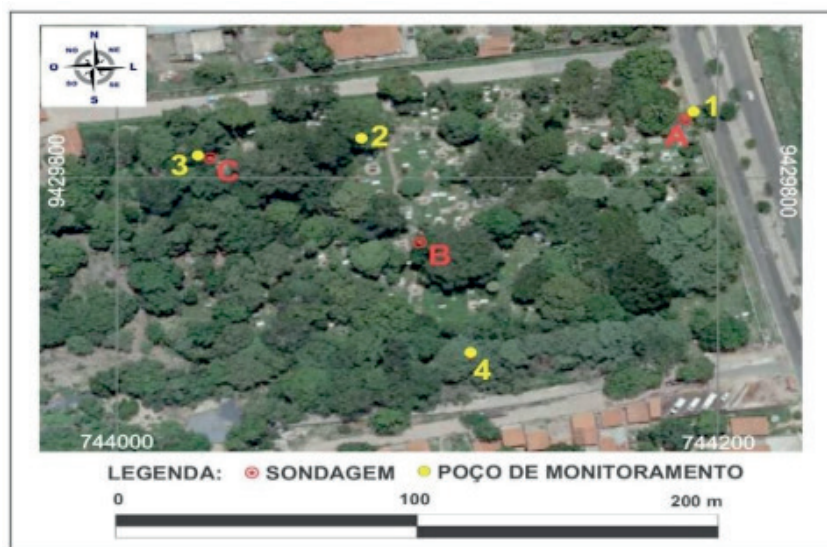


Figura 4. Distribuição espacial das sondagens e poços de monitoramento.

Fonte: Sousa et al. (2015).

Datas das Observações	Poços de Monitoramento			
	P1	P2	P3	P4
28 de novembro de 2012	3,86	3,35	3,85	2,92
10 de dezembro de 2012	3,77	3,18	3,84	2,83
14 de janeiro de 2013	3,57	2,61	3,72	2,5
18 de fevereiro de 2013	3,21	2,72	3,42	2,15
11 de março de 2013	3,24	2,78	3,44	2,25
13 de maio de 2013	2,67	2,33	2,97	1,88
10 de junho de 2013	2,98	2,73	3,1	2,24
15 de julho de 2013	3,26	2,84	3,5	2,32
12 de agosto de 2013	3,57	2,98	3,66	2,45
09 de setembro de 2013	3,62	3,07	3,64	2,48
14 de outubro de 2013	3,74	3,15	3,82	2,63

Quadro 1. Profundidade do aquífero freático em metros no cemitério Areias. Monitoramento realizado de novembro de 2012 a outubro de 2013.

Fonte: Sousa et. al (2015).

Na Figura 5 constata-se que a predominância de areias com diferentes

granulometrias compõe o estrato de solo que cobre o lençol freático abaixo do cemitério Areias. Esta percepção foi possível a partir dos poços de sondagem instalados na pesquisa de SOUSA et al. (2015) (Conferir distribuição das sondagens na Figura 4).

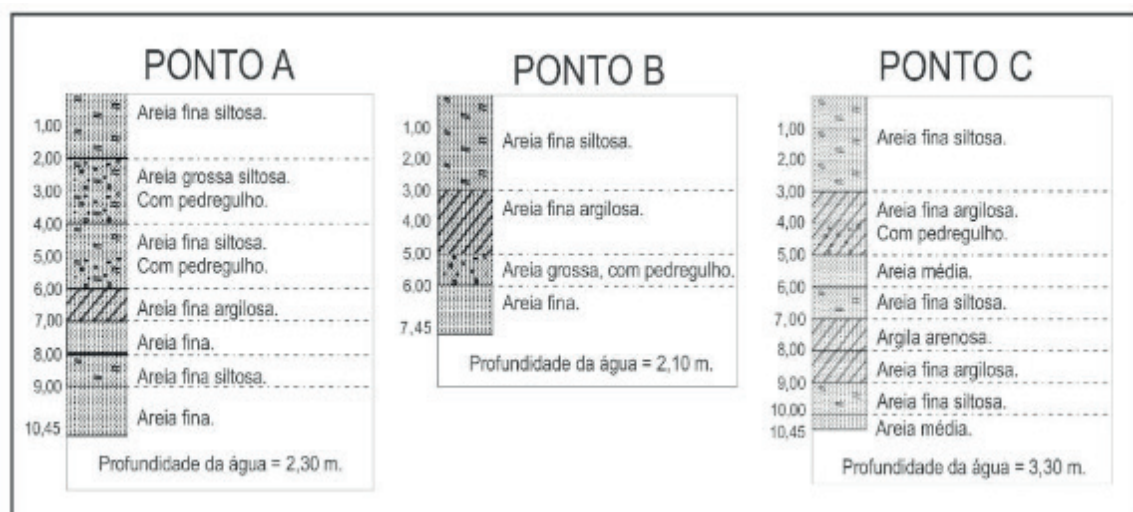


Figura 5. Colunas de solo dos furos de sondagem no cemitério Areias.

Fonte: Sousa et. al (2015).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado e discussão serão apresentados considerando a sequência lógica de análise do perigo de contaminação proposto por FOSTER et al. (2006). Assim, será apresentado o resultado da vulnerabilidade do aquífero, posteriormente o cruzamento da vulnerabilidade com as características da carga contaminante e as discussões acerca dos resultados apresentados.

#### 3.1 Avaliação da vulnerabilidade do aquífero

A análise da vulnerabilidade do aquífero na área do cemitério areias parte da indexação das características do aquífero apresentadas na metodologia desse estudo. Assim, obtém-se o índice GOD no valor de 1,0 para a distância do topo do terreno ao início da zona saturada, ao se observar que a profundidade monitorada apresentou valores menores que 5 metros (Vide Figura 2 e Quadro 1).

Para o índice que analisa as características dos estratos de cobertura, têm-se a indexação relativa avaliada em 0,7, segundo o Método GOD de vulnerabilidade de aquíferos, pois observa-se a presença predominante de areias nos perfis de solos amostrados (Vide Figura 2 e Figura 5).

Finalmente, o índice GOD 1,0 atende às características de aquífero não confinado observadas por Sousa et al. (2015) (Vide Item 2.4). O produto dos índices observados indica o valor final GOD = 0,7, apontando alta vulnerabilidade à contaminação na zona do cemitério Areias.

O Quadro 2 resume os dados considerados para definição da vulnerabilidade do aquífero. A Figura 6 demonstra o mapa da vulnerabilidade para a região de estudo.

Avaliação da vulnerabilidade GOD	Ocorrência no cemitério Areias	Índice GOD
I - Grau de confinamento do aquífero	Inconfinado	1,0
II - Origem dos estratos de cobertura	Areias aluviais	0,7
III - Distância até o lençol freático	Menor que 5 m	1,0
Índice final GOD (I x II x III)		0,7
Vulnerabilidade do aquífero à contaminação	ALTA	

Quadro 2. Parâmetros analisados e vulnerabilidade GOD calculada

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 6. Vulnerabilidade do aquífero cobrindo especificamente a área do cemitério Areias.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 3.2 Avaliação do perigo de contaminação

O cruzamento com as características de alta vulnerabilidade GOD, encontrada para área da necrópole (Item 3.1 desse artigo), juntamente com o potencial reduzido da carga contaminante no cemitério (Item 2.3 desse artigo), indica a possibilidade de perigo de contaminação variando de moderado a alto. O resultado do cruzamento pode ser visualizado na Figura 7 (Situação 3).



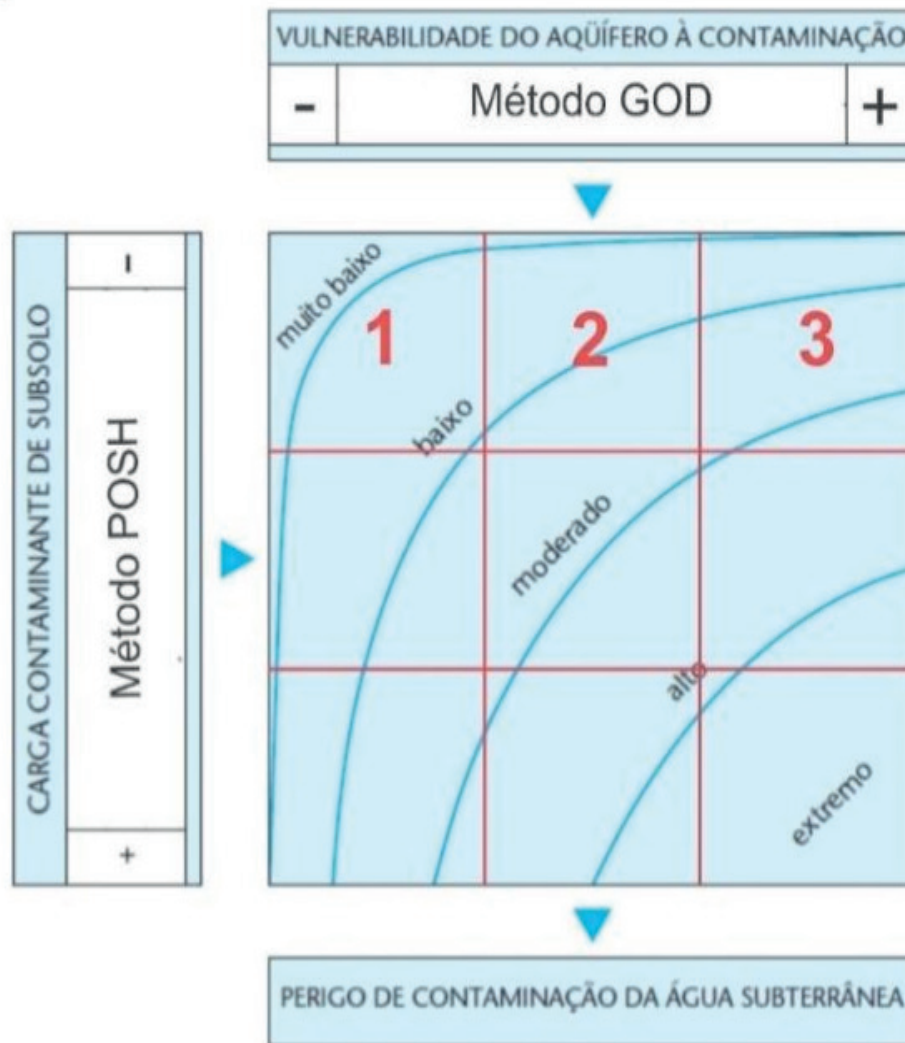


Figura 7. Situações de resposta do método de perigo de contaminação

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

Nestas condições, é importante observar que o moderado e alto perigo de contaminação são influenciados principalmente pela alta vulnerabilidade identificada no aquífero. E que tais características de vulnerabilidade, com pequenas camadas de coberturas até o aquífero e solos de alta permeabilidade (areias), conferem possibilidade de trânsito livre para contaminantes comumente identificados em necrópoles, mesmo em pequenas quantidades.

Considerando que estudos de contaminação em necrópoles já encontraram elevados níveis de nitrato em águas subterrâneas (MARTINS et al. 1991), e tendo-se em conta que o nitrato é um clássico caso de contaminante persistente e móvel, o alerta de alto perigo de contaminação para a área do cemitério Areias é plenamente justificado e confirma as condições de campo identificadas pelo estudo.

Ademais, o alerta de alto perigo de contaminação também alinha adequadamente a necessidade de cuidados especiais na gestão do aquífero contra a contaminação de patógenos pouco móveis e altamente degradáveis, como é o caso de microrganismos comumente identificados em lixiviados de necrópoles e amplamente relacionados a doenças de veiculação hídrica.



## 4 | CONCLUSÕES

O alto perigo de contaminação identificado foi útil para apontar que o cemitério Areias requer a atenção permanente dos órgãos gestores e que o método de análise pode servir como ferramenta para gestão de áreas potencialmente impactadas por necrópoles na capital e demais cidades do Estado do Piauí.

No caso do cemitério Areias, o encerramento das atividades deve ser pautado em caráter definitivo, pois novos sepultamentos podem reativar a carga poluidora que, aliada a alta vulnerabilidade do aquífero, ocasiona o alto perigo de contaminação observado neste estudo. Além disso, a reabertura oferece riscos à população que vive no entorno da necrópole e que, ocasionalmente, faz uso das águas do aquífero raso para consumo doméstico.

Por fim, conclui-se que o zoneamento de proteção da água subterrânea, pautado na definição dos níveis de perigo de contaminação de aquíferos, tem papel fundamental na definição de prioridades para o monitoramento da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos. Além de contribuir para o avanço sustentável da malha urbana, para a auditoria ambiental balizada de atividades antrópicas e comunicação social em geral, oportunizando o engajamento adequado de usuários, potenciais poluidores e gestores.

## REFERÊNCIAS

ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Cemitérios: risco potencial às águas subterrâneas**. Boletim Informativo, n. 111, fev. 2001.

ENVIRONMENT AGENCY. **Assessing the groundwater pollution potential of cemetery developments**. 20 p. 2004.

ENVIRONMENT AGENCY. **Pollution potential of cemeteries – Draft Guidance**. R&D Technical Report P223, 71p. 2002.

FOSTER, S. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy**. Proceedings of International Conference: Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Noordwijk, Países Baixos. 1987.

FOSTER, S. HIRATA, R. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. CEPIS-PAHO/WHO. Lima, 78 p. 1988.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M. PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos Municipais e agências ambientais**. São Paulo: Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda. 2006.

HIRATA, R. **Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas: estudo de casos no estado de São Paulo**. 1994. Tese. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MARTINS, T.; PELLIZARI, V. H.; PACHECO, A.; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S. et al. **Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 47-52. 1991.

SOUSA, M. C. B., CASTRO, M. A. H, MONTEIRO, C. A. B., PESSOA, G. P., SOUZA, C. D. **Estudo**

**da contaminação do aquífero próximo ao cemitério Areias, Teresina/PI, Brasil.** Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 41-57, jan./jun. 2015.

TAVARES, P. R. L.; CASTRO, M. A. H.; COSTA, C. T. F. ; SILVEIRA, J. G. P.; ALMEIDA JUNIOR, F. J. B. . **Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil.** Revista da Escola de Minas (Impresso), v. 62, p. 227-236, 2009.

ÜÇISIK, A. S.; RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing.** Copenhagen: WHO. 15p. 1998.

ŻYCHOWSKI, Józef. **Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review.** Catena, v. 93, p. 29-37, 2012.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Karine Dalazoana** - Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, Especialista em Educação, Gestão Ambiental pelo ESAP/UEL, Educação Inclusiva pela UNICID e Gestão Educacional pela UEPG, Mestre em Gestão do Território pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é professora QPM da SEED/PR e do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE. Tem experiência na área de Ensino de Ciências Naturais e Biologia, e na área de Ecologia Vegetal, Ecologia da Paisagem e Controle Ambiental, com ênfase em campos naturais, atuando principalmente nos seguintes temas: estrutura de comunidade vegetal, estepe gramíneo-lenhosa, campos naturais e capões de floresta ombrófila mista.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agricultura 48, 49, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80

Agroecologia 71, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

Agrotóxicos 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 70, 74, 77

Água 6, 21, 22, 23, 24, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 66, 74, 79, 85, 112, 114, 115, 116, 117, 120, 121, 122, 130, 132, 137, 141

Águas cinzas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 45, 46, 47

Aquíferos 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31, 48, 53

Areia artificial 112, 115, 116, 120, 121, 128, 129

Argamassa 112, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130

### C

Cemitérios 21, 22, 26, 31

Construção civil 112, 113, 114, 124, 129, 131, 132, 136, 138, 140, 141

### E

Edifício residencial 33

Educação ambiental 5, 6, 16, 19, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 139

Embalagens vazias 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Ensaio 112, 114, 115, 117, 119, 129, 130

Estudo bibliométrico 1, 2, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

### H

Habitação social 90

### I

Indicadores 1, 2, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 57, 91, 92, 93, 111

Instituições de ensino superior 1, 2, 5, 9, 18, 19

### L

Logística reversa 58, 60, 61, 62, 64, 65, 68, 69, 70

### M

Meio ambiente 2, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 16, 19, 48, 49, 50, 56, 60, 61, 66, 69, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 89, 94, 129, 132, 133, 136, 137, 138, 140

### N

Norma ISO 14001 131, 132, 133, 134

## P

Perigo de contaminação 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31

Produção científica 1, 2, 17, 18

Public Transport System 102, 104, 105, 106, 110

## R

Reciclagem de embalagens vazias 58

Resíduos 6, 10, 16, 18, 49, 53, 56, 58, 60, 61, 65, 68, 69, 70, 112, 113, 114, 124, 130, 136, 139, 140

Responsabilidade socioambiental 1, 2, 4, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 57

Reúso 33, 34, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47

Rio de Janeiro 18, 19, 47, 69, 81, 102, 103, 104, 105, 110, 111, 129, 130, 141

## S

São Cristóvão District 102, 103, 104

Sustainable Mobility Index 102, 105, 106, 107, 109, 110

Sustainable Urban Mobility 102, 103, 105, 106, 107, 110

Sustentabilidade 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 33, 48, 50, 51, 53, 54, 57, 58, 65, 69, 71, 75, 80, 81, 82, 83, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 102, 112, 113, 131, 136, 139, 140, 142

Sustentabilidade habitacional 90, 92, 93, 97, 98

Sustentabilidade urbana 90

## T

Trilha ecológica 82, 83, 84, 87



