

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE  
SER-300 - INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO**

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO  
AQUÍFERO BARREIRAS POR FOSSAS RUDIMENTARES NA  
MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARACANÃ (SÃO  
LUÍS-MA)**

**THIAGO SOUSA TELES**



São José dos Campos  
2013



# Roteiro

1. Introdução
  2. Caracterização geoambiental da área de estudo
  3. Materiais e Métodos
  4. Resultados e discussão
  5. Conclusão e recomendações
- Referências

# 1. Introdução

- **Motivação:** Decorreu de estudos anteriores na área.
- **Objetivo:** Analisar a vulnerabilidade à contaminação do aquífero Barreiras por fossas rudimentares na microbacia do rio Maracanã.
- **Relevância:** Tais estudos constituem-se como um instrumento de conhecimento da realidade local e servem como facilitadores a implementação de ações voltadas à melhoria das condições de vida das comunidades presentes na área, por parte do poder público.



# 1. Introdução

## **Análise de vulnerabilidade**

### **Carta de fragilidade natural**

Corresponde à suscetibilidade do sistema (ambiente) de sofrer intervenções [...] com agentes internos e externos. Assim, as áreas frágeis seriam àqueles que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos adversos. (Carvalho, 2012)

### **Carta de vulnerabilidade ambiental**

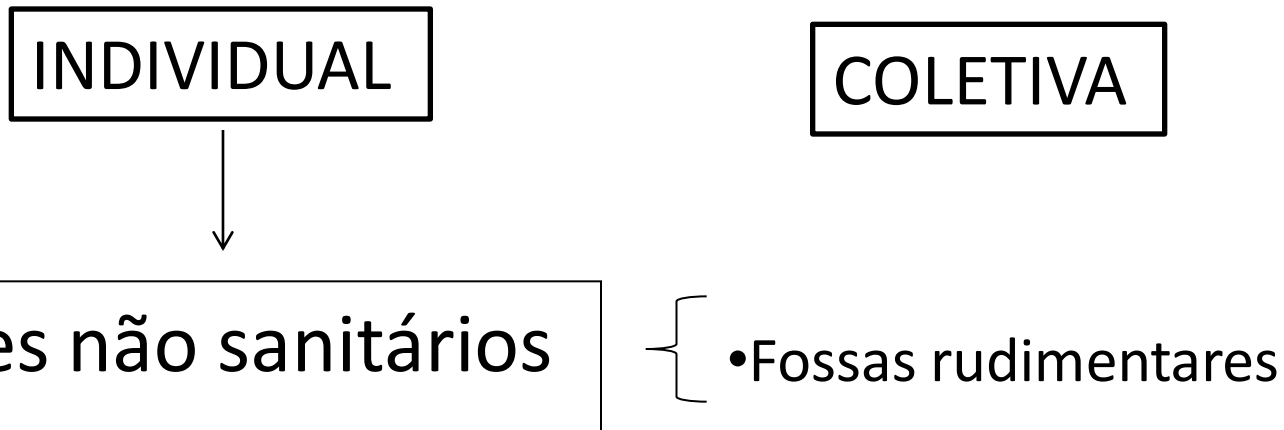
É o maior ou menor grau de susceptibilidade de um determinado ambiente devido aos impactos ambientais provocado pelas ocupações antrópicas. (Tagliani, 2003 apud Silva; Almeida, 2012)

### **Carta de exposição a vulnerabilidade**

A exposição da população às áreas mais propensas a contaminação (vulneráveis)

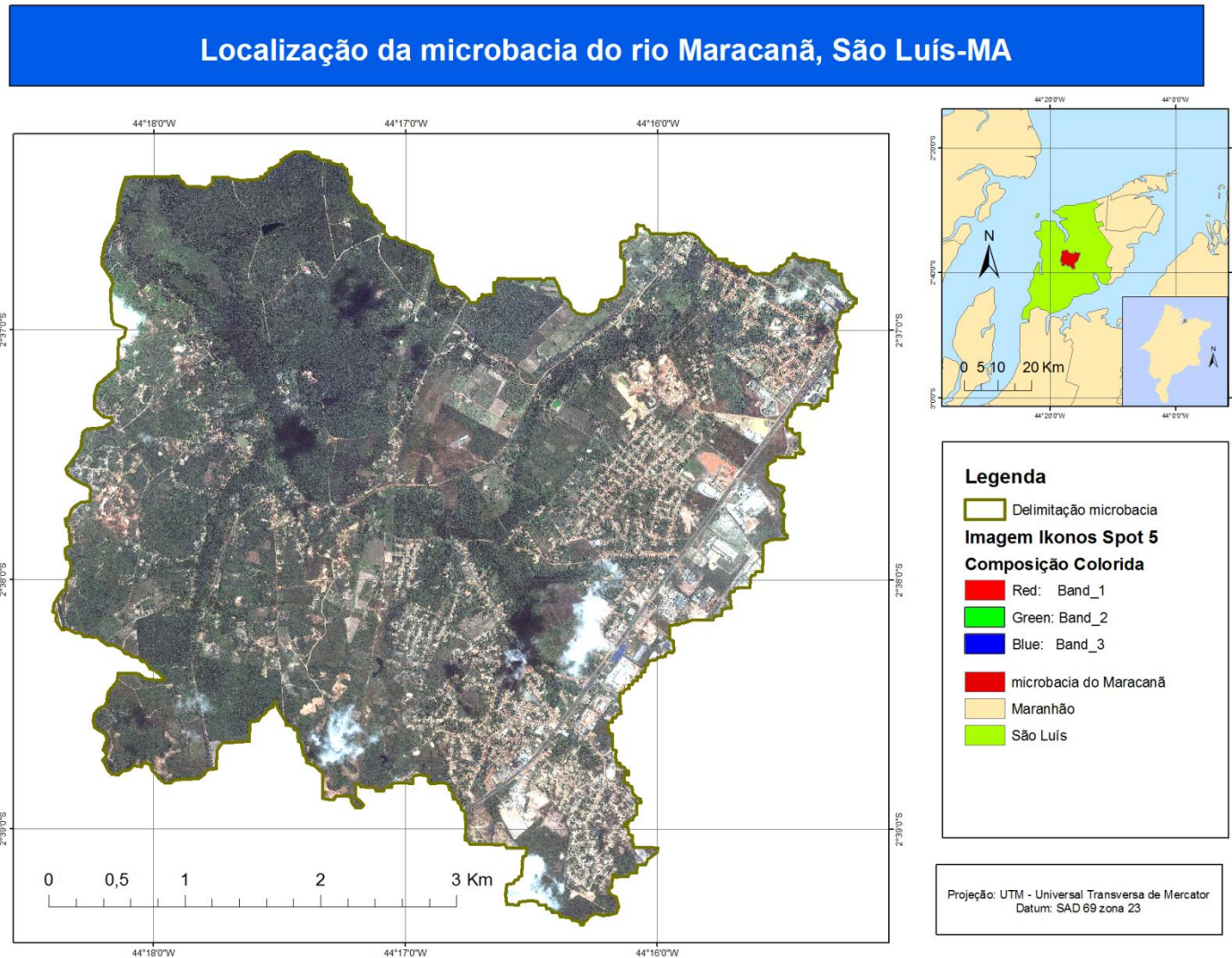
# 1. Introdução

## Esgotamento Sanitário



As fossas rudimentares (negras): quando o tanque de efluentes é construído e atinge diretamente o lençol subterrâneo. (Campos e Macêdo, 1997)

# 2. Caracterização geoambiental da área de estudo



**Figura 01:** Carta de localização geográfica da microbacia do rio Maracanã, em São Luís – MA.

# 2. Caracterização geoambiental da área de estudo

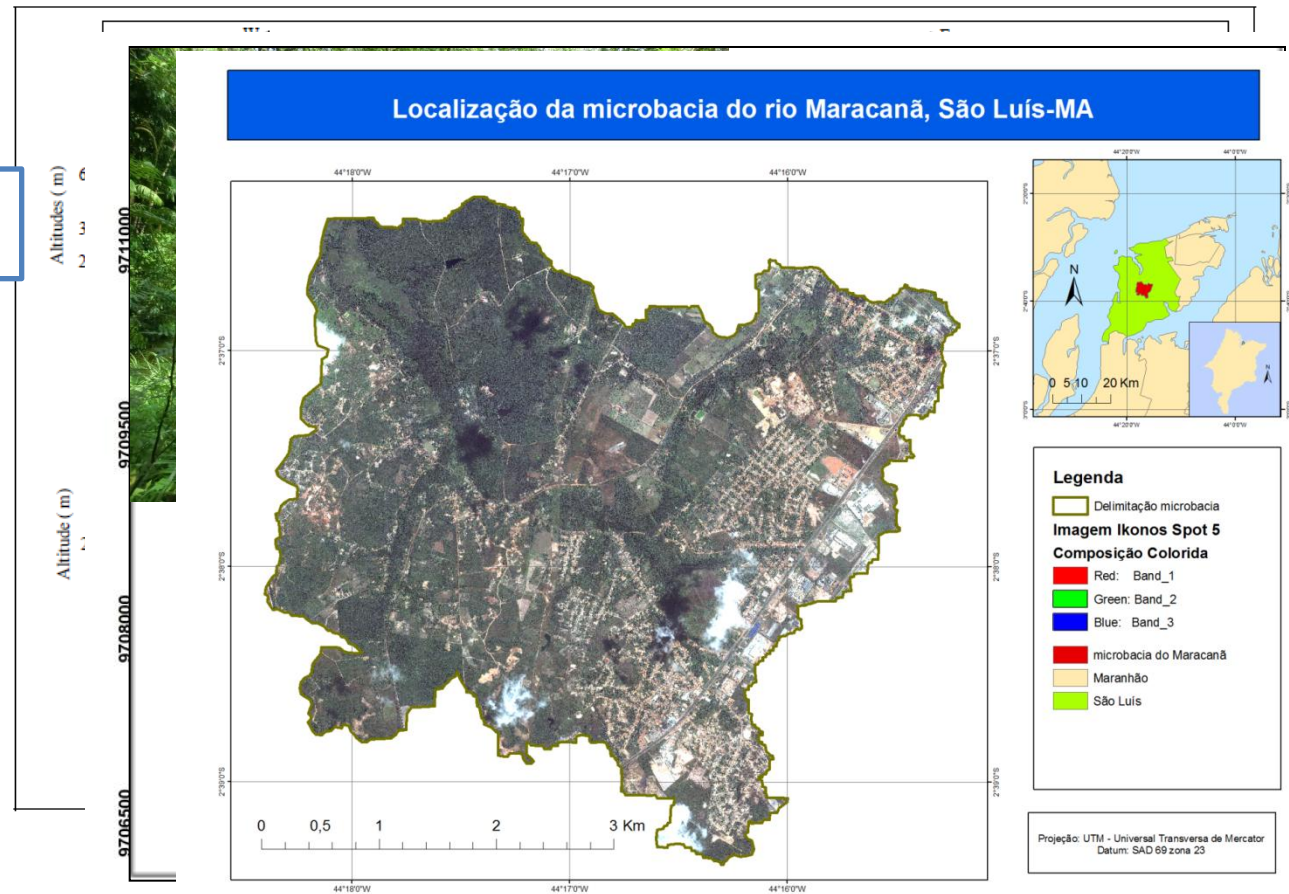
Geologia

Geomorfologia

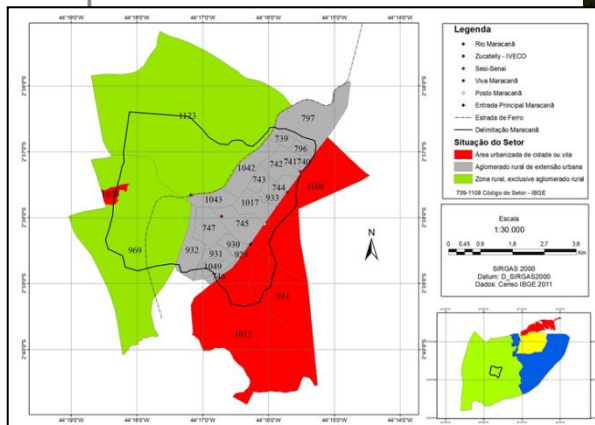
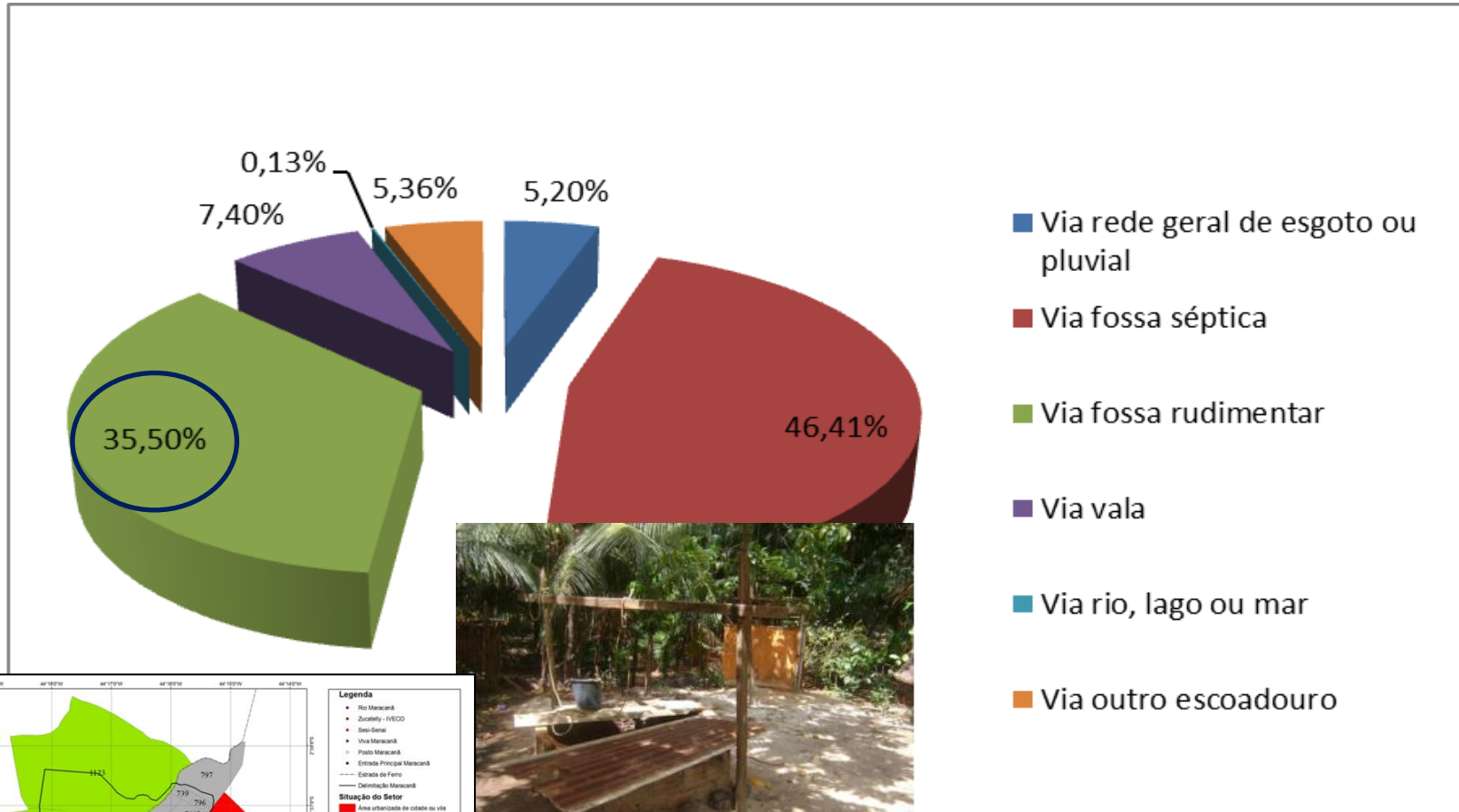
Clima

Fitogeografia

Ocupação



# 2. Caracterização geoambiental da área de estudo



o esgotamento sanitário em domicílios particulares permanentes com



# 3. Materiais e Métodos

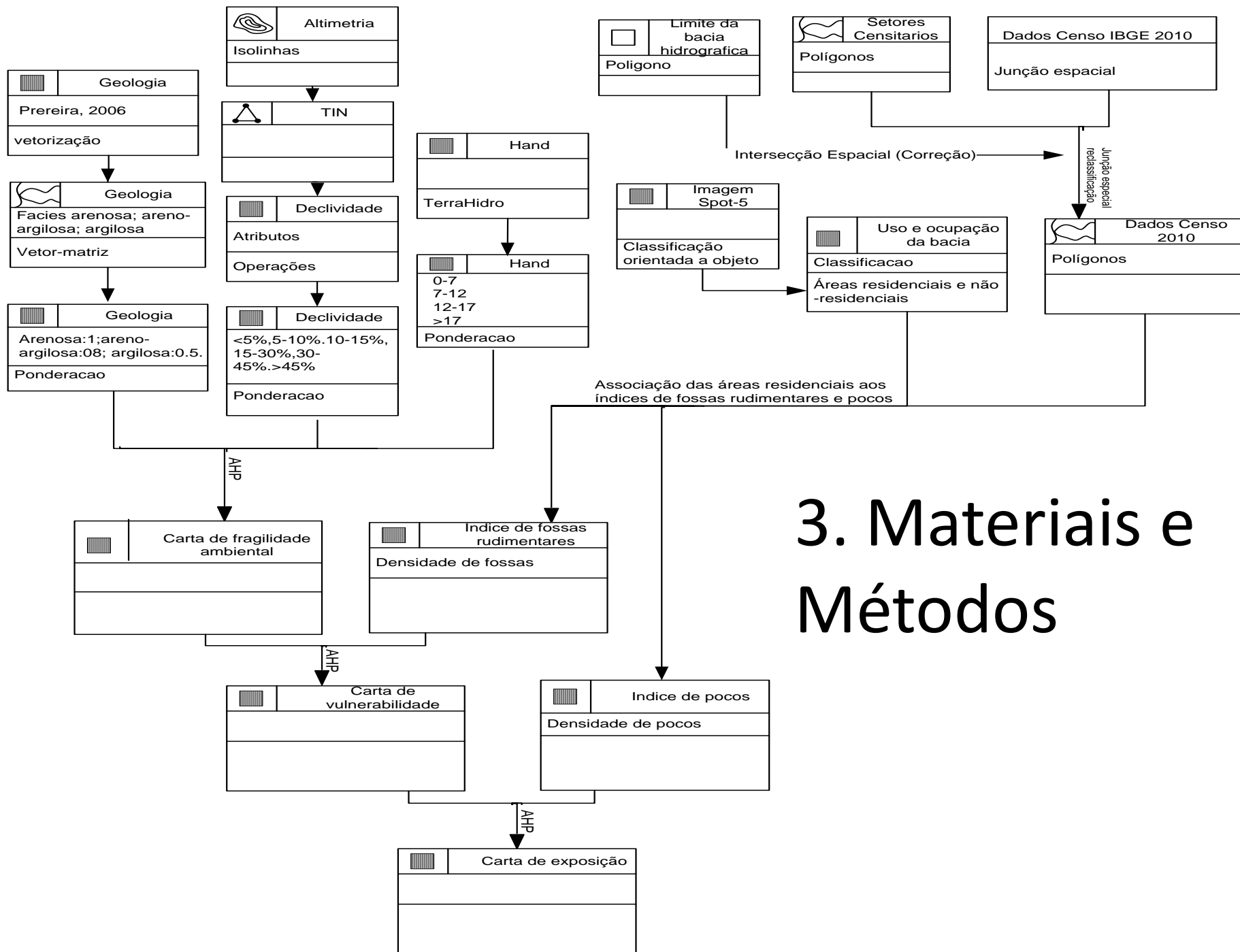
Análise de vulnerabilidade

```
graph TD; A[Análise de vulnerabilidade] --- B[Carta de fragilidade natural]; A --- C[Carta de vulnerabilidade ambiental]; A --- D[Carta de exposição a vulnerabilidade];
```

Carta de fragilidade natural

Carta de vulnerabilidade ambiental

Carta de exposição a vulnerabilidade



# 3. Materiais e Métodos

# 3. Materiais e Métodos

- Método de análise hierárquica (AHP)
- Spring 5.2.3
- Thomas Saaty em 1978
- Contribui na tomada de decisões ao se avaliar o peso de diferentes variáveis na construção do modelo.

# 3. Materiais e Métodos

Quadro 01: Escala de valores AHP para comparação pareada.

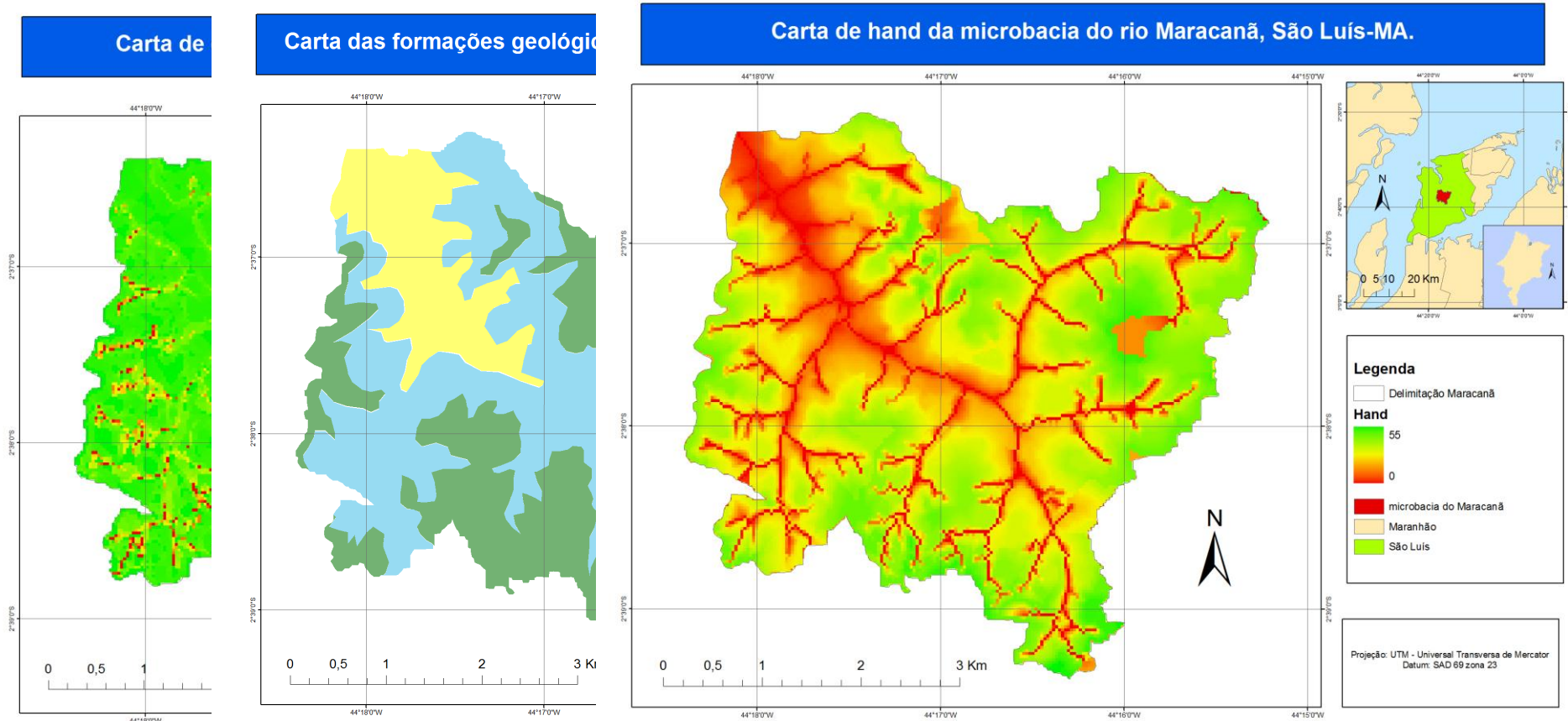
<b>Intensidade de importância</b>	<b>Definição e Explicação</b>
<b>1</b>	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
<b>3</b>	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
<b>5</b>	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
<b>7</b>	Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
<b>9</b>	Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
<b>2,4,6,8</b>	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Moreira et al. 2001.



# 3. Materiais e Métodos

- Carta de fragilidade natural



# 3. Materiais e Métodos

- Carta de fragilidade natural

$$\text{Carta de fragilidade} = 0.079 * (\text{declividade}) + 0.263 * (\text{geologia}) + 0.659 * (\text{hand})$$

**RC= 0.028**

Quadro 02: Pesos atribuídos as classes temáticas.

<b>Categoria</b>	<b>Classes</b>	<b>Pesos</b>
<b>Declividade</b>	<5	0.1
	5-10	0.2
	10-15	0.5
	15-30	0.6
	30-45	0.7
	>45	0.9
<b>Geologia</b>	Facie arenosa	1
	Facie areno-argilosa	0.8
	Facie argilosa	0.5
<b>Hand</b>	0-7	1
	7-12	0.9
	12-17	0.7
	>17"	0.1

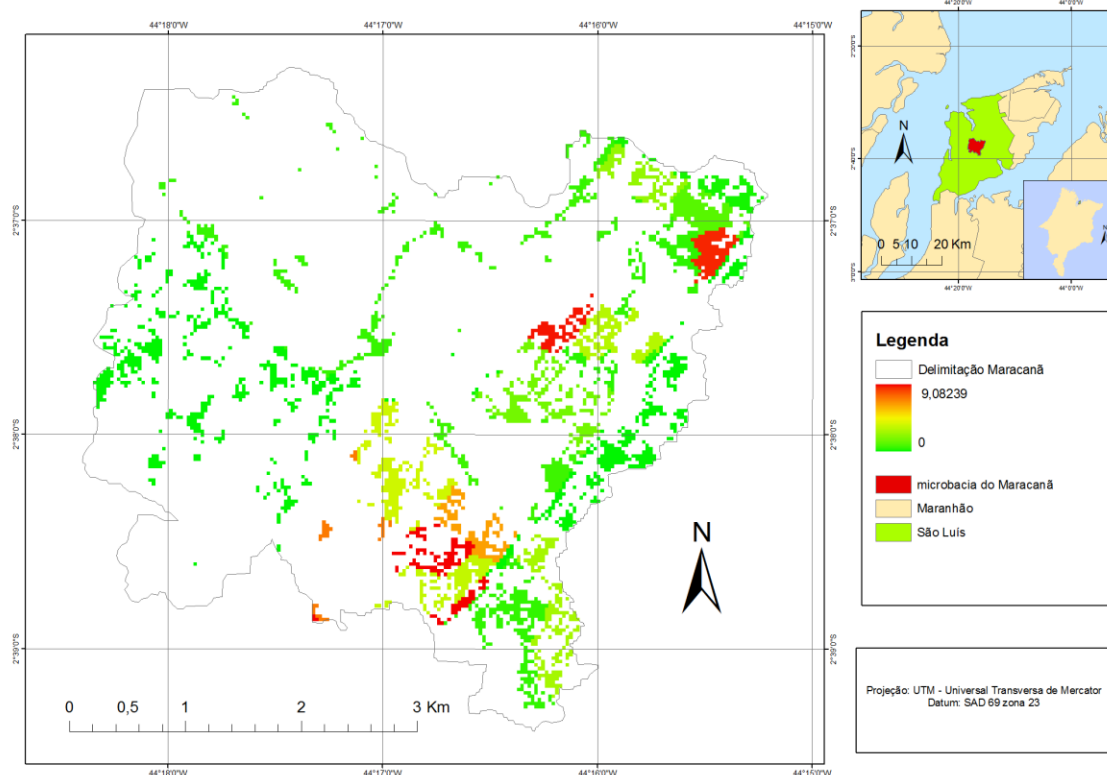
# 3. Materiais e Métodos

- Carta de vulnerabilidade ambiental

Carta de vulnerabilidade =  
 $0.500 * (\text{Carta de fragilidade}) + 0.500 * (\text{índice de densidade de fossas})$

Carta de densidade de fossas rudimentares na microbacia do rio Maracanã, São Luís-MA.

RC= 0.001



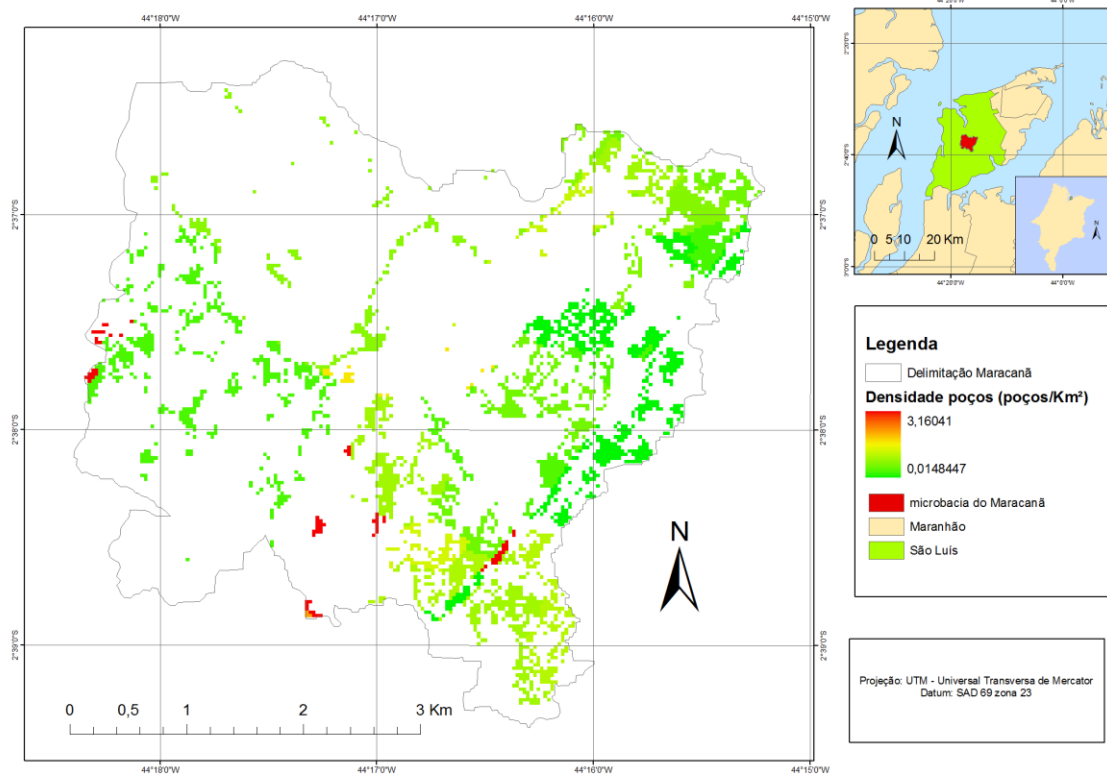
# 3. Materiais e Métodos

- Carta de exposição a vulnerabilidade

$$\text{Carta de exposição} = 0.500 * (\text{Carta de vulnerabilidade}) + 0.500 * (\text{índice de densidade poços})$$

Carta de densidade de poços na microbacia do rio Maracanã, São Luís-MA.

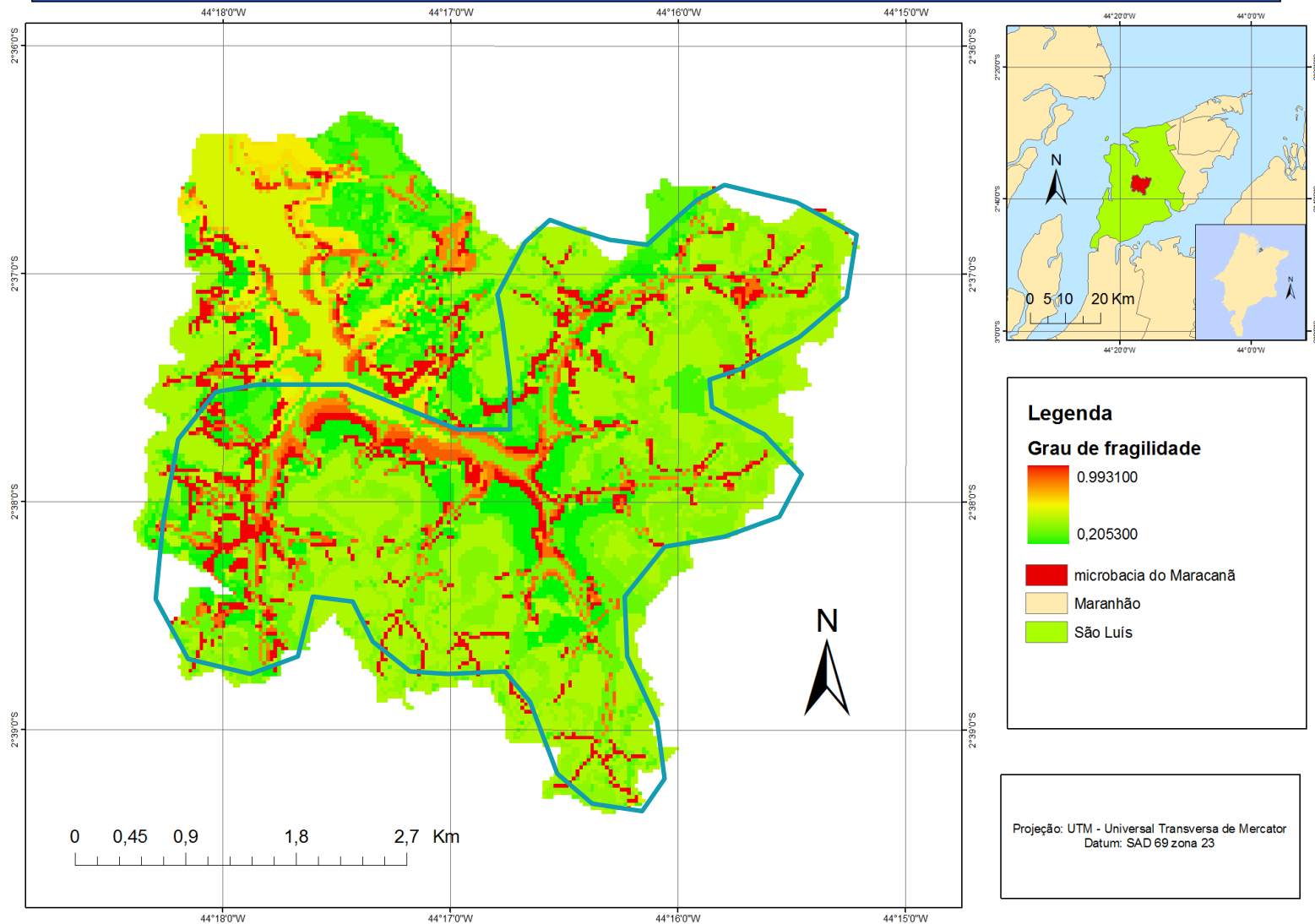
RC= 0.001





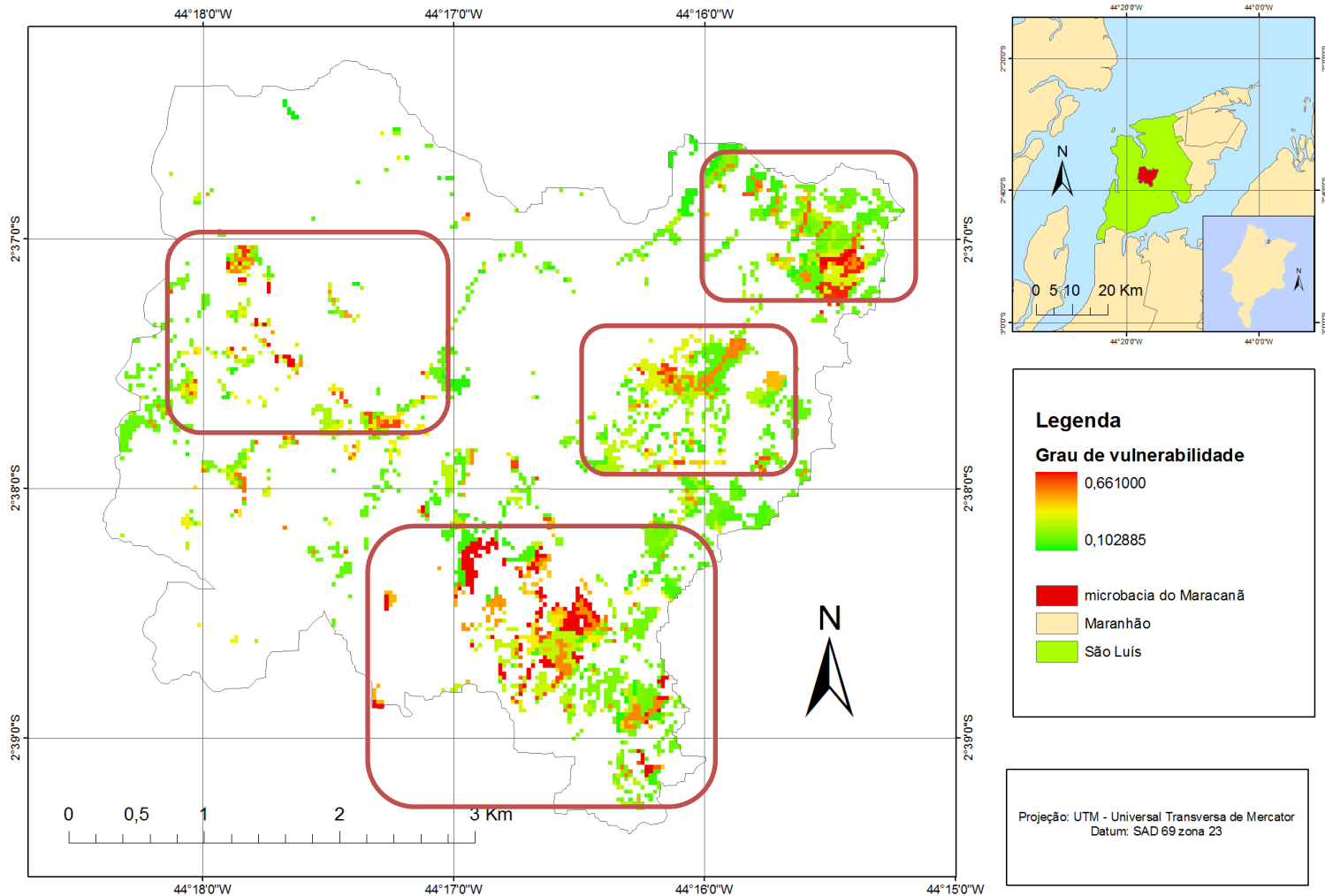
# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## Carta de fragilidade a contaminação do aquífero Barreiras por fossas domésticas na microbacia do rio Maracanã, São Luís-MA

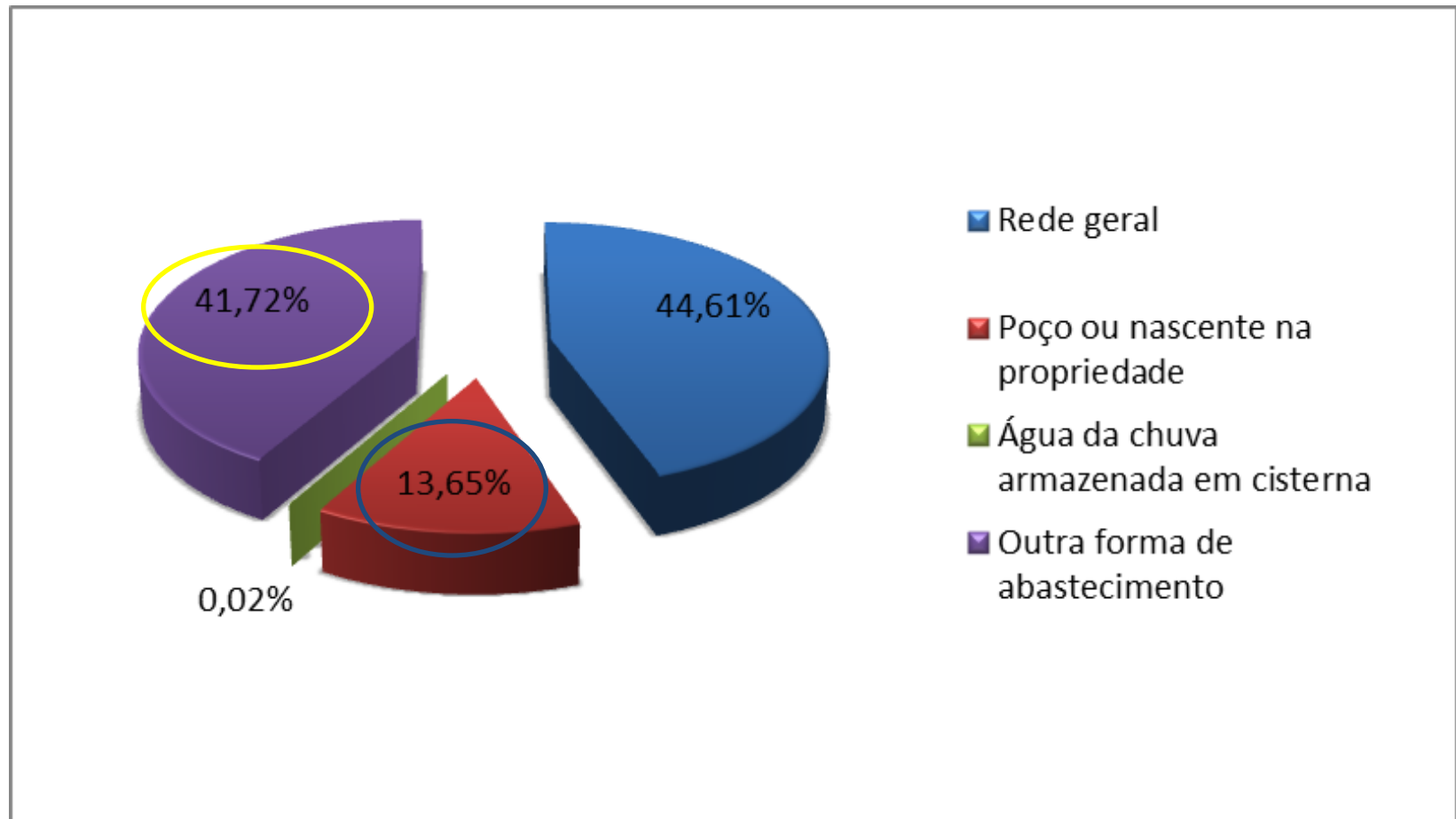


# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carta de vulnerabilidade a contaminação do aquífero Barreiras por fossas rudimentares na microbacia do rio Maracanã , São Luís-MA.



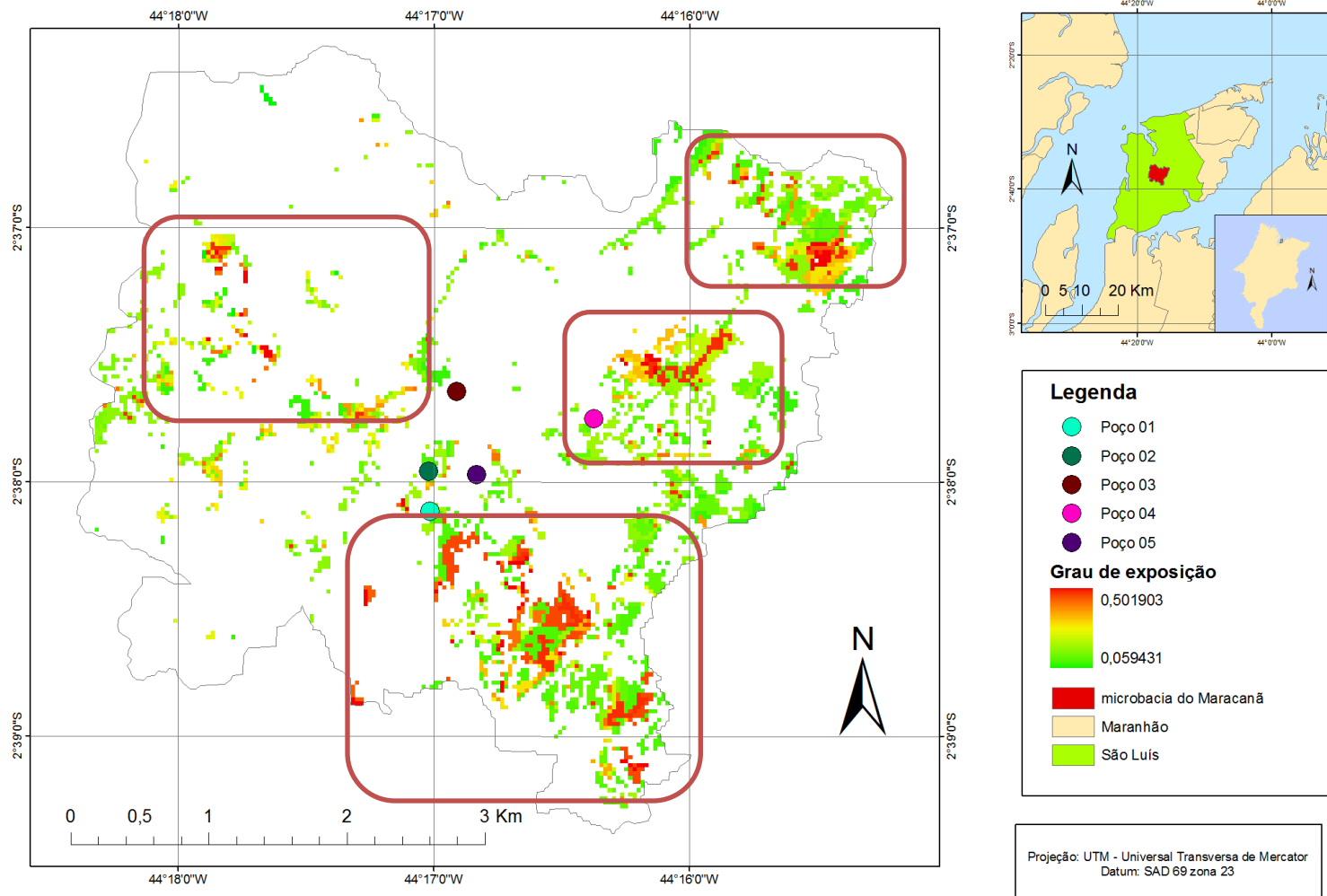
# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO



**Gráfico 02:** Formas de abastecimento de água na microbacia do Maracanã em 2010.  
Fonte: adaptado de IBGE, 2011.

# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carta de exposição a vulnerabilidade de contaminação do aquífero Barreiras por fossas rudimentares na microbacia do rio Maracanã, São Luís-MA.





# 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quadro 03 - Resultados das análises bacteriológicas das amostras de água

Microrganismos	Poços				
	P 01	P 02	P 03	P 04	P 05
<b>Coliformes termotolerantes</b>  (NMP/100mL)	+	-	-	-	+

NMP/100 mL: Número mais provável por 100 mL; + : positivo; -: negativo

Fonte: Amorim e Santos, 2011.

**coeficiente de incidência:**

**São Luís:** 210 casos a cada 10000 habitantes

**Comunidades da microbacia:** 270 casos a cada 10000 habitantes.

Fonte: SEMUS: Vigilância epidemiológica, (2011 apud TELES, 2012)

# 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- O método de análise hierárquica (AHP)
- Fragilidade ambiental na microbacia do rio Maracanã
- As maiores vulnerabilidades correspondem à porção nordeste e sul-sudeste da microbacia
- Exposição a vulnerabilidade

# 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Estimador do nível do lençol freático
- Dados pontuais sobre as fossas rudimentares e poços
- Assim, torna-se extremamente necessário a busca de soluções para os problemas relacionados à falta da infraestrutura mínima, nestas zonas, com a melhoria da qualidade dos serviços por parte do poder público, como estabelecido na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e na recente Lei de Saneamento Básico (lei federal nº 11.445/2007).

## • REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- \_\_\_\_\_. **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. . Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- AMORIM, K. C. e SANTOS, J. H. S. dos. **Levantamento das áreas de risco de contaminação das águas subterrâneas na sub-bacia do Maracanã**. Cadernos de Pesquisas: UFMA. V.19. p.14-23. 2012.
- CAMPOS, Juarez de Queiroz. MACÊDO, Lúcio Antônio Alves de. **Saúde e Ambiente: o saneamento ambiental como fator de saúde**. São Paulo: Editora JOTACÊ, 1997.
- CARVALHO A. C. A. **Análise do processo de uso e ocupação do espaço urbano: a segregação socioespacial e a vulnerabilidade socioambiental no setor habitacional Ribeirão/ Rorto Rico**. Monografia de Graduação em Geografia, UNB: Brasília, 2011
- CYSNE, A.L.N. **Análise ambiental e de uso e ocupação do solo da microbacia do rio Maracanã, São Luís - MA**. São Luís. Monografia de Graduação em Geografia, UFMA. 2011
- CYSNE, A. L. N. e SANTOS, J. H. S. dos. **Caracterização das feições geomorfológicas, hidrológicas e de uso e cobertura do solo da bacia do rio Maracanã**. Relatório final de Iniciação Científica (PIBIC/FAPEMA) – Curso de Geografia: UFMA. São Luís, 2011.
- CPRH-Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. CPRH: Recife, 2003. 214p. Disponível em: <  
[http://www.cprh.pe.gov.br/central\\_servicos/centro\\_documentacao\\_informacao\\_ambiental/central\\_downloads/39749;34001;020709;0;0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/central_servicos/centro_documentacao_informacao_ambiental/central_downloads/39749;34001;020709;0;0.asp)> Acesso em: Junho de 2013.
- FARIAS FILHO, Marcelino. **Caracterização geoambiental da Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã, São Luís - MA**. In: FORTES, Raimunda (org.). Área de Proteção Ambiental do Maracanã: subsídios ao manejo e à Educação Ambiental. São Luís: FAPEMA, Café & Lapis, 2010
- EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico (ZAE) do Estado do Tocantins**. Embrapa: Campinas, 1999. Disponível em: <  
<http://www.zaeto.cnpem.embrapa.br/decl.html> > Acesso em: Março de 2013.
- HELLER, Léo. REZENDE, Sonaly Cristina. HELLER, Pedro Gasparine Barboza. **Saneamento básico: Os desafios da universalização no Brasil**. In: BARBOSA, Francisco (org.). Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.



- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do Universo por setor censitário. IBGE: Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/) Acesso em: Novembro de 2011
- INZUNZA, Juan Carlos. **Clasificación de los climas de Köppen**. Ciencia...Ahora, nº5, año 8, 2005. Disponível em: <http://www.ciencia-ahora.cl/Revista15/13ClasificacionClimas.pdf> Acesso em: Janeiro de 2012
- MOREIRA F. R. BARBOSA. C. CÂMARA, G. ALMEIDA FILHO, R. Inferência geografia a suporte à decisão. In: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE: São José dos Campos, 2001. Disponível em: < <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf> > Acesso em: Junho de 2013.
- MOURA S. R. DE F. GRIGIO A.M. DIODATO M. A. **Mapeamento e análise da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Mossoró**. Anais do Seminário nacional de governança urbana e desenvolvimento metropolitano. Natal, 2010. Disponível em: <[http://www.cchla.ufrn.br/seminariogovernanca/cdrom/ST6\\_Alfredo\\_Samuel\\_marco.pdf](http://www.cchla.ufrn.br/seminariogovernanca/cdrom/ST6_Alfredo_Samuel_marco.pdf)> Acesso em: Junho de 2013.
- MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- PEREIRA, Ediléa Dutra. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e aquífero do reservatório do Batatã – São Luís (MA)**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 2006.
- PHILIPPI JR. , Arlindo. MALHEIROS, Tadeu Fabrício. **Águas Residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental**. In: PHILIPPI JR, Arlindo (org.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.
- SILVA F.M.DA ALMEIDA L. Q.de. Uma abordagem sobre a vulnerabilidade socioambiental no ambiente estuarino: aspectos teórico-conceituais. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.1, N.4, p.102 – 112 , 2012. Disponível em: <<http://www.revistageonorte.ufam.edu.br>> Acesso em: Junho de 2013.
- TELES. T. S. **Diagnóstico do saneamento básico da microbacia do rio Maracanã, São Luís-MA..** Monografia de Graduação em Geografia, UFMA: São Luís, 2012.
- VARELA, Carlos Alberto da Silva. **Poluição em águas continentais: alternativas de controles de resíduos líquidos industriais**. Coleção Ciências da Saúde. Séries Saúde Pública 1. São Luís: EdUFMA, 1987.
- ZEEMA - **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**. 2013. Disponível em: < <http://www.zee.ma.gov.br/> > Acesso em: Maio de 2013.



**OBRIGADO!**

