



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

FILIPE DA SILVA PEIXOTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A SUDESTE
DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CEARÁ.

FORTALEZA

2016

FILIPPE DA SILVA PEIXOTO

EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A SUDESTE
DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CEARÁ.

Documento referente a Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará (DEGEO/CC/UFC), como parte dos requisitos para obtenção de título de Mestre em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante

FORTALEZA

2016

FILIPE DA SILVA PEIXOTO

EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A SUDESTE
DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CEARÁ.

Aprovada em: 31/08/2016

Banca da Dissertação de Mestrado

Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante (Orientador)

Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Michael Vandesteem Silva Souto

Universidade Federal do Ceará

Prof^ª. Dr^ª. Marta Celina Linhares Sales

Universidade Federal do Ceará

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P43e Peixoto, Filipe da Silva.
EFEITOS DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS A SUDESTE DO
MUNICÍPIO DE FORTALEZA – CEARÁ. / Filipe da Silva Peixoto. – 2016.
130 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Geologia, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Itabaraci Nazareno Cavalcante.
1. Uso e ocupação do solo... 2. Águas subterrâneas. 3. Contaminação por nitrato. I. Título.
- CDD 551
-

Os limites do conhecimento são
tênués como a linha do horizonte

Agradecimentos

De modo especial, cada pessoa contribuiu para a realização desse estudo. As influências externas propiciaram uma tendência a busca de resposta, que me estimulou até as últimas palavras desse trabalho.

Quero agradecer de modo especial às minhas duas famílias:

A família biológica, meu pai Raimundo Alves Peixoto e minha mãe Francisca Oliveira da Silva Peixoto, estes me ensinaram, desde cedo, o valor da honra do trabalho e dedicação por aquilo que acreditamos. Aos meus irmãos Rafael da Silva Peixoto e Bruna Kethley da Silva Peixoto, e meus avós Raimundo Oliveira e Julieta Oliveira. O meu muito obrigado pelo apoio e carinho. À estes, minhas ligações sanguíneas se substanciam também no amor familiar.

A família intelectual-acadêmica, membros do Laboratório de Hidrogeologia – LABHI/UFC: Renata Silveira, Rafael Mota, Jean Corrêa os quais ouviram constantemente minhas ideias, questionamentos, contribuíram com seus argumentos de maneira significativa para o trabalho.

Ao Prof. Itabaraci Cavalcante, por ter se dedicado com tanto empenho não só na orientação desse trabalho, mas de modo verve orientou todos do laboratório para a construção de cientistas.

Agradeço também aos amigos que me ajudaram nas extensas e enfadonhas campanhas de campo: Moacir Muniz, Robert Muniz, Leandro Maia, Rafael Lima, e de modo especial Rafael Mota, que se dispôs inúmeras vezes a tão grande ajuda.

As pessoas que de modo especial ajudaram na apresentação do trabalho: Seu Jorge, Jean Correa, e minha namorada e amiga Carla Sganzela, estes tiveram o grande trabalho de assistirem várias vezes seguidas a apresentação desse trabalho para o aperfeiçoamento desta. E também de maneira especial aos meus outros grandes amigos: Marcelo Mota, e Tony Laureno.

Agradeço a Deus por ter colocado estas pessoas tão especiais na minha vida me proporcionou a dedicação a persistência e resiliência necessárias para realização desse trabalho.

RESUMO

Buscou-se neste trabalho investigar a relação entre o uso e ocupação do solo, no que tange a seus aspectos de taxa de ocupação, impermeabilização do solo e atividades agrícolas, além da caracterização do esgotamento sanitário local, em termos de concentrações de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas, em 4 sub-bacias hidrográficas contínuas situadas em uma área periférica no sudeste do Município de Fortaleza - CE. Foi realizada a classificação de imagem orientada ao objeto a fim de se extrair as taxas de ocupação referentes a cada setor censitário e tal procedimento foi realizado com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica – SIG, ferramenta também utilizada para a avaliação da situação sanitária da área de estudo, baseando-se em dados dos censos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Foi realizada a atualização de cadastro de poços, resultando em 64 poços dos quais em 24 foram coletadas amostras para medidas pH, obtenção de Sólidos Totais Dissolvidos – STD e realização de análises de amônia (N-NH_3^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (N-NO_3^-). Foram observados níveis de impermeabilização acima do permitido por lei, além de precária situação de esgotamento sanitário, que possui como principal característica a utilização de fossas sépticas e rudimentares. Percebeu-se que as maiores taxas de ocupação estão relacionadas com as condições sanitárias mais precárias, sendo que os aglomerados sub-normais possuem as condições sanitárias mais deficientes. Tal condição atribui às elevadas taxas de ocupação e as maiores densidades de fossas sépticas e rudimentares, a atuação como áreas fontes de contaminação por nitrato, caracterizando um tipo de contaminação difusa que ocorre a partir da entrada de efluentes na camada sub-saturada do aquífero livre, permitindo a oxidação que resulta em consequente contaminação por nitrato, principalmente nas áreas de interflúvio de maiores níveis estáticos.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo. Águas subterrâneas. Contaminação por nitrato.

ABSTRACT

We attempted this work to investigate the relationship between the use and occupation, with respect to aspects of occupancy rate, soil sealing and agricultural activities, and the characterization of the local sewage at concentrations of nitrogenous compounds in groundwater in four continuous sub-basins, located in a peripheral area in the southeast of the city of Fortaleza - CE. Was held image classification object-oriented in order to extract the occupancy rates for each census tract, such procedure was performed with the help of Geographic Information System - GIS tool also used to assess the health situation in the area study was based on data from the 2000 census and 2010 the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE. Wells registration update was performed, consisting 64 wells, of which 24 samples were collected for Total Solids measures Dissolved - STD and pH, and conducting Ammonia analysis (N-NH_3^+), nitrite (NO_2) and nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$). It was observed waterproofing levels above allow for law beyond precarious situation of sanitation, which has as main feature the use of septic tanks and rudimentary. It was noticed that the highest occupancy rates are related to the precarious sanitary conditions, and the sub-standard settlements have the most unsanitary conditions. Such a condition attributed to high occupancy rates and the highest densities of septic and rudimentary tanks, acting as areas nitrate contamination sources, featuring a kind of diffuse contamination that occurs from the effluent entering the sub-saturated layer of the unconfined aquifer allowing oxidation which results in consequent nitrate contamination, especially in areas interfluvial higher water table.

Keywords: Land use, groundwater, nitrate contamination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização da área de estudo.....	5
Figura 2.1 - Relação do ciclo do nitrogênio com as zonas de água no solo.....	17
Figura 3.1 - Receptor GPS.....	25
Figura 3.2 - Condutivímetro portátil Mettler Toledo.....	25
Figura 3.3 - pHmetro portátil Quimis.....	25
Figura 3.4 – Medidor de nível eletro-sonoro solinst.....	25
Figura 3.5 – Fluxograma metodológico de classificação de imagem	29
Figura 3.6 – Processo de segmentação dos objetos.....	30
Figura 3.7 – Filtro conforme <i>bandratio</i>	31
Figura 3.8 – Cobertura vegetal.....	31
Figura 3.9 – Filtro conforme <i>intensity</i>	31
Figura 3.10 – Solo exposto.....	31
Figura 3.11 – Filtro conforme <i>rect_fit</i>	31
Figura 4.1 - Unidades litológicas existentes na área de estudo.....	41
Figura 4.2 – Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza.....	44
Figura 5.1 – Balanço hídrico climático.....	46
Figura 5.2 – Sistemas hidrogeológicos e distribuição de poços.....	48
Figura 5.3 – Vazões médias dos poços tubulares por captações de água em unidades aquíferas.....	49
Figura 5.4 – Tipos de abastecimento de água.....	52
Figura 5.5 – Distribuição de domicílios com abastecimento de água por poços ou rede geral.....	49
Figuras 5.6 – (A) e (B) poços tubulares inativos.....	54
Figuras 5.7 – A e B Abastecimento coletivo via chafariz público.....	54

Figura 5.8 - Número e profundidade de poços.....	55
Figuras 5.9 - (A) más condições de isolamento; (B) Poço com presença de matéria orgânica na superfície da água.....	55
Figura 5.10 – Tipos de revestimento dos poços.....	56
Figura 5.11 – Tipos de uso da água captada por poços.....	56
Figura 5.12 – Figura 5.12 – (A) Sistemas de esgotamento sanitário de domicílios em 2000; (B) Sistemas de esgotamento sanitário de domicílios em 2010.....	58
Figura 5.13 – (A) Densidades de fossas sépticas (km ²); (B) densidades de fossas rudimentares (km ²).....	61
Figura 5.14 – Macrozonas de Densidade na área de estudo.....	62
Figura 5.15 – Classe áreas impermeabilizadas pela urbanização.....	64
Figura 5.16 – Distribuição taxas de impermeabilização do solo por setores censitário.....	65
Figura 5.17 – Mapa de uso do solo.....	67
Figura 5.18 – Percentuais de uso do solo.....	68
Figura 5.19 – Medidas de pH medido <i>in situ</i>	70
Figura 5.20 - Zoneamento de pH medido <i>in situ</i>	70
Figura 5.21 - Condutividade elétrica (μS/cm).....	71
Figura 5.22 – Mapa de zoneamento de CE (μS/cm).....	72
Figura 5.23 – Medidas de pH em laboratório.....	73
Figura 5.24 – Mapa de zoneamento de pH medido em laboratório.....	73
Figura 5.25 – Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L).....	74
Figura 5.26 – Mapa de zoneamento de STD	75
Figura 5.27 – Valores de concentrações de N-NO ₃ ⁻	76
Figura 5.28 – Mapa de zoneamento da concentração de N-NO ₃ ⁻	77
Figura 5.29 – Pluma de contaminação por tanque séptico na água subterrânea e evolução de Condutividade elétrica mS/cm.....	79

Figura 5.30 – Relações entre as variáveis em ACP.....	79
Figura 5.31 – Mapa A - concentrações de N-NO ₃ ⁻ e densidade de fossas sépticas; Mapa B concentrações de N-NO ₃ ⁻ e densidade e rudimentares.....	81
Figura 5.32 – Figura 5.36 – Fluxo hídrico subterrâneo.....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Numero de poços do pré-cadastro	23
Tabela 3.2 – Numero de poços do cadastro	24
Tabela 5.1 – Estudos que mostram risco de contaminação por meio da densidade de fossas sépticas.....	59
Tabela 5.2 – Macrozonas de Densidade.....	63
Tabela 5.3 - Classes de ocorrência da impermeabilização dos setores censitários na área de estudo.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Métodos para amostragem dos parâmetros analisados.....	26
Quadro 3.2 – Regras para atributos aplicados na classificação.....	30
Quadro 3.3 – Matriz de confusão adaptada de Richards	32
Quadro 3.4 – Valores de Índice de conformidade Kappa.....	34
Quadro 5.1 – Dados para cálculo de infiltração efetiva anual (Ie).....	46
Quadro 5.2 – Profundidade e espessuras médias de aquíferos ocorrentes na área.....	48
Quadro 5.3 – Análises de compostos nitrogenados.....	75
Quadro 5.4 - Valores de informação dos planos fatoriais estabelecidos pela análise ACP.....	77
Quadro 5.5 – Contribuições para os planos fatoriais analisados.....	78
Quadro 5.6 – Dados para cálculo da carga hidráulica.....	82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Localização e acesso a área.....	4
1.2. Objetivos.....	5
<i>1.2.1. Objetivo geral</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.3. Hipótese</i>	<i>6</i>
2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	6
2.1. Estudos realizados na área	6
2.2. Ciclo do nitrogênio	14
<i>2.2.2. Amonificação.....</i>	<i>15</i>
<i>2.2.3. Nitrificação</i>	<i>15</i>
<i>2.2.4. Desnitrificação</i>	<i>16</i>
2.3. Fontes Potenciais de Contaminação por Nitrato	16
<i>2.3.1. Fontes Difusas</i>	<i>17</i>
<i>2.3.2. Fontes Pontuais.....</i>	<i>18</i>
2.4. Riscos para saúde da contaminação da água por nitrato	19
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. Etapa pré-campo	23
3.2. Etapa de campo	24
<i>3.2.1. Fase de cadastro e análises in situ</i>	<i>24</i>
<i>3.2.2. Fase de coleta de amostras</i>	<i>26</i>
3.3. Etapa pós-campo	27
<i>3.3.1. Uso e ocupação do solo</i>	<i>27</i>
3.4. Aspectos de esgotamento sanitário	34
3.5. Balanço hídrico climático e estimativas de recarga	35
3.6. Hidrogeologia, captação e abastecimento por água subterrânea.....	37
3.7. Qualidade da água.....	38
3.8. Fluxo da água subterrânea	38
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	39
4.1. Clima.....	39

4.2. Geologia.....	40
4.2.1. Formação Barreiras.....	41
4.1.1. Embasamento Cristalino.....	42
4.2. Geomorfologia.....	42
4.3. Solos.....	42
4.4. Vegetação.....	43
4.5. Hidrografia.....	44
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
5.1. Balanço hídrico e estimativa de recarga.....	45
5.2. Hidrogeologia.....	47
5.2.1. Domínio Hidrogeológico Sedimentar.....	47
5.2.2. Domínio Hidrogeológico Cristalino (Fraturado).....	48
5.3. Captação e Uso das Águas Subterrâneas.....	51
5.3.1. Tipos de Captação.....	52
5.4. Situação do Esgotamento Sanitário.....	57
5.5. Taxa de ocupação e impermeabilização dos solos.....	62
5.6. Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas.....	68
5.6.1. Mapas Temáticos.....	69
5.6.2. Mapas de dados Laboratoriais.....	72
5.6.3. Análise Multivariada.....	77
5.7. Fluxo da água Subterrânea.....	82
6. CONCLUSÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICE.....	105
ANEXO I.....	108
ANEXO II.....	111

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água é posta na atualidade como um dos principais problemas da humanidade, isso porque a água exerce papel fundamental para a existência da vida. Segundo Braga *et al.* (2005, p. 73) “Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo a sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas, necessário para o desenvolvimento e evolução da vida nas suas diversas formas”. A água é um fator determinante para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento da sociedade e, portanto, deve estar sujeita aos princípios conservacionistas (HELLER, 2010; COSGROVER, 2006; HESPANHOL, 2008).

A água é essencial à vida, mas também é considerada como um recurso natural aplicado como insumo produtivo na agricultura, indústria e utilizado para o abastecimento humano, nos seus diversos fins. Os principais usos consuntivos da água em termos globais são para fins de irrigação (69%), indústria (23%) e para o abastecimento doméstico (8%) (BASSOI; GUZELLI, 2004). No entanto, com relação ao uso para potabilidade se deve obedecer aos padrões físico-químicos e bacteriológicos mais exigentes.

Apesar da quantidade da água manter-se constante no ciclo hidrológico global, algo em torno de $1.403 \times 10^9 \text{ km}^3$, apenas 2,3% dessa quantia é água doce. No entanto, a demanda é crescente, advinda na necessidade de aumento de produção, crescimento da população mundial e do modo de vida consumista, consequência de uma sociedade moderna de base capitalista. Parte do problema da escassez hídrica é atribuída à forma de gerir esse recurso que tem se baseado frequentemente na gestão da oferta (CAMPOS, 2003). Ou seja, o aumento gradual de investimentos em medidas estruturais para disponibilizar maior quantidade de água para suprir a demanda crescente, sem, no entanto preocupar-se de fato com a gestão da demanda como uma ferramenta de conservação dos recursos hídricos.

À medida que o Estado se põe como agente interventor do espaço geográfico, este tem o dever de viabilizar a produção econômica e reprodução do capital (MORAIS; COSTA, 1987). O Estado deve, portanto, tornar disponível o suprimento de água e energia para viabilizar a produção. A garantia do abastecimento de água para a atividade econômica é fator determinante para atrair os investimentos e gerar empregos. De um modo geral, nos países emergentes, as tomadas de decisões são inclinadas para o crescimento a qualquer custo, onde esse crescimento é acompanhado pelo aumento pela demanda de recursos naturais, entre eles a água.

Os problemas relacionados à qualidade e escassez hídrica atingem milhares de pessoas todos os anos. Doenças relacionadas à água causam a morte de cerca de 8 milhões de pessoas por ano, dos quais 50% são crianças (CAMDESSUS *et al.*, 2005). Tal condição é altamente associada à escassez hídrica e falta de saneamento básico, que em termos de abastecimento de água e esgotamento sanitário possui um déficit mundial de 1,1 bilhões e 2,4 bilhões de pessoas, respectivamente (WWAP, 2003).

A forma ineficiente de gestão dos recursos hídricos é apontada por muitos autores como o principal empecilho para revertermos esse quadro. Tundisi (2008) aponta um caminho pela valoração dos serviços ambientais exercidos pelos ecossistemas aquáticos, a gestão descentralizada e a participação inclinada a promover a sustentabilidade ambiental, que devem ser a base para a governança hídrica. Segundo Roger (2006), a crise da água será real enquanto os planejadores envolvidos no gerenciamento da água ignorarem a influência política nos problemas que são estruturais e dependem da política para serem sanados.

Os preceitos atuais em torno da gestão dos recursos hídricos começaram a serem formados a nível global a partir da Conferência de Mar Del Plata em 1977. Mas foi apenas na Conferência de Dublin, em 1992, que foram traçados princípios para a moderna gestão dos recursos hídricos, concebendo a água como um recurso finito e escasso essencial para a sustentação da vida, do desenvolvimento e do meio ambiente (WWAP, 2003).

Em seguida, a Rio 92 foi um importante marco de inserção das questões hídricas nas discussões sobre meio ambiente e sustentabilidade, inserindo-as nas diretrizes postas na Agenda 21. Desde então, os esforços internacionais vem buscando traçar modelos mais eficientes de gestão de recursos hídricos, buscando solucionar ou amenizar a atual situação da crise da água.

Após a concepção dos princípios estabelecidos na conferência de Dublin, tem sido de consenso mundial reconhecer a água como um bem escasso e vulnerável dotado de valor econômico e, portanto, se deve geri-la tendo em vista a atual satisfação das necessidades sociais e sem comprometer as necessidades das gerações futuras. A gestão dos recursos hídricos é, nesse sentido, “a forma pela qual se pretende equacionar e resolver questões de escassez relativa dos recursos hídricos” sendo necessário para isso um conjunto de procedimentos organizados que visam o atendimento das demandas de água, considerando a disponibilidade restrita desse recurso (BARTH, 1987, p. 12). Segundo Grigg (1996), a gestão dos recursos hídricos é a aplicação estrutural, ou não estrutural, buscando o controle natural ou antrópico dos sistemas hídricos para benefício da sociedade e conservação ambiental.

A integração entre os recursos hídricos e o meio ambiente é vista como um ponto central nos dispositivos legais relacionados às respectivas Políticas em âmbito federal. A qualidade das águas depende do meio na qual ela escoar ou percola e, assim, a poluição do meio atinge direta ou indiretamente a qualidade hídrica, refletindo da redução de oferta para determinados fins mais exigentes. Para o estudo dessa dinâmica, a bacia hidrográfica é um recorte espacial apropriado para gestão e, de acordo com Yassuda (1993), a bacia hidrográfica é o palco unitário de interação das águas com o meio físico, o meio biótico e o meio social, econômico e cultural.

Além de unidade de gestão, a bacia hidrográfica também é reconhecida como unidade espacial de análise dos impactos humanos no meio ambiente. Tal impacto atinge sua máxima expressão crônica nas cidades, que possuem gênese relacionada com a proximidade da água, isso porque a necessidade de suprimento de água é constante. O homem é refém da água e um dos objetivos da sociedade é buscar meios de suprir suas necessidades, sejam essenciais sejam socialmente construídas.

As cidades são espaços socialmente construídos, por relações de fluxos e fixos, resultando em uma natureza construída, ou segunda natureza (SANTOS, 1997). A mudança do grau de intensidade dos processos ambientais são modificados por qual a natureza empreendeu tempo em escala geológica para construir, mas que a sociedade o modifica de imediato tendo em vista o atendimento de suas necessidades que são imediatas. De acordo com Harvey (2006), existe cada vez mais capital embutido no espaço como capital-terreno, capital fixado na terra, criando uma segunda natureza e uma estrutura de objetos geograficamente organizada. A cidade é um ambiente onde o homem chegou ao ápice de seu impacto sobre a natureza, e a sua construção altera de modo drástico os ambientes naturais, onde são construídos para fins não naturais um novo ambiente, os sistemas humanos (DIAS, 1998)

No entanto, segundo Rodriguez *et al.* (2004), a paisagem, por maior que seja a sua modificação, ainda continua como parte da Natureza subordinada as leis naturais, e o Homem se utiliza de suas leis para alcançar seus propósitos, modificando espontaneamente, ou não, os processos naturais e a paisagem; isso ocorre principalmente no espaço onde está inserida a cidade.

O reconhecimento do impacto da urbanização sobre o ciclo hidrológico local é de conhecimento prático para milhares de pessoas, que são afetadas, sobretudo, pelas inundações urbanas nos períodos chuvosos. Sobre isso, Tucci (2004) atenta para outros problemas, como a maior frequência de inundações nas últimas décadas, drástica redução da qualidade da água captada

para o abastecimento residencial e aumento de materiais sólidos no escoamento pluvial. Ressalta-se, ainda, a diminuição de áreas de recarga dos aquíferos, que podem sofrer perdas quantitativas e qualitativas.

Na cidade de Fortaleza, estudos evidenciam o impacto ambiental que a metrópole vem causando à qualidade das águas subterrâneas. Essas águas são utilizadas, na Região Metropolitana de Fortaleza, prioritária ou estrategicamente por 40 a 60% da população (CAVALCANTE, 1998). Contudo, a evidência da contaminação das águas subterrâneas de áreas no município para fins de potabilidade foi comprovada em vários estudos. Um dos parâmetros que mais frequentemente se encontra acima do permitido é o N-NO_3^- (CAVALCANTE *et al.* 1990; LEMOS, 2013; GOMES, 2013).

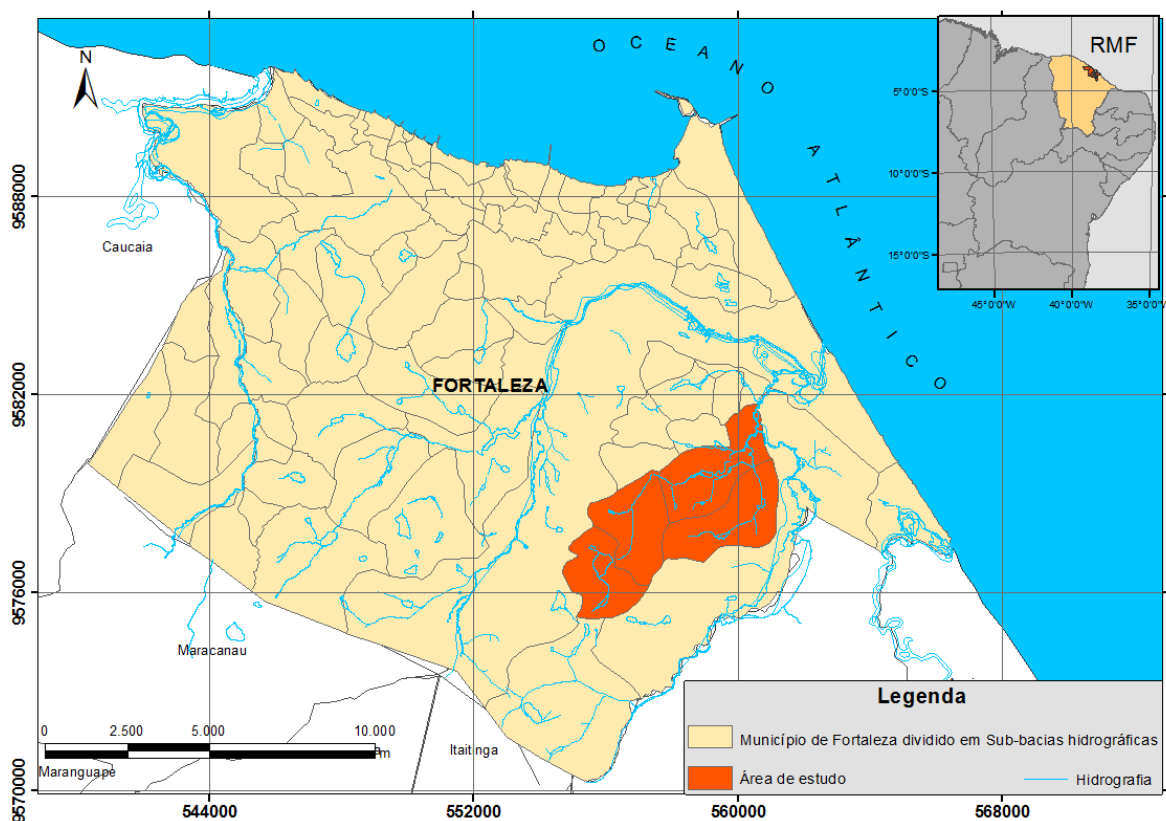
Há outros trabalhos mais pontuais dentro da cidade de Fortaleza, como o de Pereira (2012), que observou valores de N-NO_3^- de até 56 mg/L e mais de 80% das amostras apresentando valores acima do permitido pela legislação na água subterrânea de bairros da porção noroeste do município. Oliveira (2012), em estudo no entorno da Lagoa da Parangaba, constatou contaminação por N-NO_3^- de até 36 mg/L, onde 73,6% e 60% das amostras coletadas no período chuvoso e seco, respectivamente, estavam contaminadas. A contaminação por nitrato foi, ainda, tida como a mais frequente, em outros estudos como em Ribeiro (2001), Souza (2002), Lemos e Medeiros (2006), Maia (2008), Pereira (2008), Bonfim (2008), Carneiro *et al.* (2009), Costa (2011), Oliveira (2012) e Araújo (2012).

O estudo propõe o avanço no conhecimento dos mecanismos de contaminação das águas subterrâneas. As condições de uso e ocupação do solo foram avaliadas por técnicas de geoprocessamento de maneira a investigar a associação entre taxas de ocupação, impermeabilização do solo e a situação sanitária nas concentrações de compostos nitrogenados nas águas subterrânea.

1.1. Localização e acesso a área

O Município de Fortaleza está inserido na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) – Ceará, possuindo como principal bacia hidrográfica a do Rio Cocó, sendo o rio homônimo o mais representativo. A área de estudo está inserida na Secretaria Regional VI, abrangendo total ou parcialmente os bairros de Messejana, Curió, Guajerú, José de Alencar, Cambéba, Sapiranga, Lagoa Redonda e Cidade dos Funcionários (Figura 1.1).

Figura 1.1 - Localização da área de estudo



1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Analisar os impactos do uso/ocupação do solo e esgotamento sanitário na concentração dos compostos nitrogenados nas águas subterrâneas.

1.2.2. Específicos

- Caracterizar a hidrogeologia, os aspectos de captação e uso das águas subterrâneas;
- Observar se há relação entre as áreas de maiores taxas de ocupação e condições sanitárias precárias;
- Relacionar as condições sanitárias, as taxas de ocupação e impermeabilização do solo com as características hídricas qualitativas;
- Definir as principais fontes de recarga dos aquíferos e a associação do fluxo hídrico com as cargas contaminantes.

1.2.3. Hipótese de trabalho

A densidade populacional causada pela ocupação urbana provoca o aumento da demanda de água subterrânea. Ao mesmo tempo em que se observa que as taxas de ocupação aumentam com a densidade demográfica nas áreas periféricas. Essa condição está associada a demanda por espaço no meio urbano, além do aumento de ocupações irregulares sem as devidas condições sanitárias e urbanas. Essa condição aumenta os aglomerados subnormais, ao passo que, a falta de fiscalização e atuação do poder público impede uma ocupação regular de maneira a respeitar a resiliência ambiental local. Tal contexto, provoca o aumento da impermeabilização do solo, além de falta de serviços sanitários necessários para garantir o eficiente transporte de dejetos, influenciando, desse modo, nas concentrações de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas.

2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico consistiu na pesquisa de trabalhos na área de estudo, sejam estudos localizados dentro da área de pesquisa, sejam estudos realizados na área municipal. Estes dispoño de conclusões e dados para fins comparativos e de investigação deste estudo.

2.1. Estudos realizados na área

Os trabalhos realizados na área de estudo possuem um recorte espacial diferente, por tratarem principalmente de unidades político-administrativas. Tem-se, então, uma diversidade bibliográfica representativa para o presente estudo. Foram ainda realizados trabalhos acadêmicos que tiveram como objetivo a identificação de contaminação e poluição dos corpos hídricos superficiais.

Mavigner (1992) realizou estudo de qualidade da água do rio Cocó, comprovando a contaminação e qualidade fora das condições de balneabilidade, a partir do 3º km a montante da foz do rio em direção ao continente e caracterizou atividades poluentes realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó. Observou que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) oscilou com < 5 mg/L nos 3 primeiros km a partir da foz, e no segundo trecho com valores variando de 5 à 10 mg/L. As concentrações de nitrito revelaram-se acentuadas principalmente no período chuvoso, enquanto os coliformes fecais alcançaram até 240.000 NMP/100 ml, sendo as maiores observadas no período seco.

Almeida (1999) realizou estudo qualitativo nas águas do rio Cocó, tendo observado DBO, Oxigênio Dissolvido (OD), Coliformes Fecais (CF), pH, Amônia, Nitrato, Fosforo Total (PT) e STD. Observou que as águas deste rio não podem ser enquadradas na Classe 2, principalmente devido aos altos valores de Amônio e Fósforo total, com 0,10 mg/L e 0,20 mg/L respectivamente. As concentrações de Coliformes Fecais variaram de 2.000 a 13.000 NMP/100mL.

Lima (2010) constatou o aporte de poluentes proveniente de impactos antrópicos no rio Cocó, concluindo que o reflexo da poluição torna-se mais evidente durante o período chuvoso, especialmente no início deste período e em decorrência de maior aporte de poluentes a partir da bacia de drenagem resultando em pH básico (média de 8,49) e teor médio de clorofila de 281 µg/L, o que ultrapassa o padrão legal e gera uma DBO de oxigênio de 12,11 mg/L, em média, além de elevados níveis de Coliformes Termotolerantes (CT), variando entre $5,42 \times 10^2$ NMP/100mL e $1,36 \times 10^4$ NMP/100mL no período chuvoso, e entre $4,89 \times 10^2$ NMP/100mL a $1,24 \times 10^4$ NMP/100mL no período seco. A concentração de *Echerichia Coli* foi de 954 NMP/100mL para o período seco, e de 1251 NMP/100mL para o período chuvoso, estando todas as concentrações acima do Valor Máximo Permitido (VMP), tendo como referência a Classe 2 da resolução CONAMA nº 357/05.

Santos *et al.* (2010) realizaram estudo sobre a qualidade da água na lagoa da Sapiranga em temporalidade sazonal, no qual foram analisados os parâmetros para o Índice de Qualidade da Água (IQA-CETESB), que mostrou-se com melhores valores na quadra chuvosa. Os pontos na entrada e exutório da lagoa obtiveram os piores índices. Observou-se valores máximos de DBO de 99,2 mg/L acima do VMP para todas as classes de água doce, e cobre de 0,013 mg/L atingindo o VMP para Classe 3 de água doce da Resolução do CONAMA nº 357/05.

Moura *et al.* (2014) estudaram as condições qualitativas das águas da lagoa da Sapiranga comparando análises datadas de 1978, 1997 e 2011, constatando a ausência de amônia no ano de 1978 e uma concentração crescente nos anos seguintes de 0,20 mg/L em 1997 e de 0,94mg/L em 2011. Tais valores não estão de acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/05 que estabelece 0,02 mg/L para amônia.

Na lagoa de Messejana, Alcântara *et al.* (2010) realizaram estudo qualitativo no qual foram analisados: a transparência (TRANS), cor verdadeira (CV), sólidos suspensos totais (SST), Alcalinidade (ALC), pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Sulfetos (S), Ortofosfato solúvel (OPS), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Ferro (Fe) e Nitrito (NO_2^-), tendo em vista estabelecer uma correlação

entre os parâmetros com a sazonalidade climática regional. Observaram distintos comportamentos com relação à presença de metais pesados (Pb, Cd), que tendeu à uma maior concentração no período seco, com níveis de Cd de até 0,004 mg/L enquanto o aporte de material orgânico, no qual o OD que reflete esse aspecto, obteve valores mínimos de 4,7 mg/L.

Sales *et al.* (2009) realizaram estudo na lagoa de Messejana através de coletas de amostras de água entre agosto/2006 e julho/2007, em intervalos mensais. Foram analisados parâmetros de temperatura, turbidez (Tu), pH, CE, DBO, demanda química de oxigênio (DQO), OD, SST, STD, amônia total (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), P, ALC, DT e CT. Foi constatado que OD é o principal fator de deterioração do ecossistema, o que evidencia o aporte excessivo de matéria orgânica, provindo de fontes contaminantes geradas por efluentes de natureza doméstica. A análise bacteriológica no ponto de entrada de água da lagoa foi definida por um grupo dos contaminantes que caracterizam esgotos domésticos *in natura*.

Os primeiros estudos exploratórios de água subterrâneas no litoral do Ceará foram realizados a partir da década de 1970, onde consta as contribuições de Silva *et al.* (1970) relativo ao Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste - Folha nº 6, caracterizando as estruturas geológicas para levantar a ocorrência de água subterrânea e seus aspectos quantitativos.

Beltrão e Manuel Filho (1970) realizaram estudos da Hidrogeologia da Folha nº 6, que corresponde ao município de Fortaleza, admitindo para o cristalino valores de infiltração na ordem de 0,15% a 0,76%. Com relação aos terrenos sedimentares, considerou-se no litoral que as aluviões estão em conexão principalmente com a Formação Barreiras, estabelecendo uma condição de intercâmbio de reservas; também participam desse processo o meio cristalino, quando há presença de fraturas, associadas aos rios, ou áreas com ocorrência do Barreiras. Nos terrenos sedimentares a presença dos sistemas aquíferos é mais bem representada pelas Dunas, consistindo em aquíferos livres paralelos à linha de costa, que possuem características hidrodinâmicas de Transmissividade (T) de $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. A Formação Barreiras repousa diretamente sobre os xistos e gnaisses do embasamento cristalino com Transmissividade (T) = $4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, e condutividade hidráulica – (K) de $4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. As principais águas foram as Bicarbonatadas Mistas, Cloretadas Sódicas, Mistas e Bicarbonatadas Sódicas. Existe uma pequena restrição ao consumo humano, onde as presenças de NO_3^- e NO_2^- denotam o grau de contaminação, que se estabelece maior justamente em áreas de maior concentração demográfica.

Small (1979) desenvolveu pesquisa exploratória onde caracterizou faixas irregulares de coberturas sedimentares referentes à Formação Barreiras e Dunas, com relação à linha de costa, indicando uma cobertura sedimentar total de 35 a 40 m de profundidade. Catalogou, ainda, 31 poços em Fortaleza e, destes, 65% apresentaram águas de excelente a média qualidade, sendo que 19% são poços abandonados devido a defeitos técnico-construtivos e 16% abandonados por não apresentarem vazões consideráveis.

Pholing *et al.* (1981) classificaram as águas subterrâneas de 65 poços situados no município de Fortaleza, concluindo sua natureza de Cloretadas em 95% das amostras, além das concentrações de nitrato acima dos padrões da *U.S. Public Health Authority*, em 45% das amostras.

Campos e Menezes (1982) realizaram investigação do Aquífero Dunas através de estimativa de reservas, características hidrogeológicas e parâmetros hidrodinâmicos através de testes de produção, e o caracterizaram como sendo livre, sobreposto diretamente sobre a Formação Barreiras e morfologia ondulada proporcionando a presença de lagoas costeiras perenes ou subperenes. Foi avaliada a condutividade hidráulica em $1,94 \times 10^{-3}$ e $2,50 \times 10^{-4}$ m/s utilizando-se testes de aquífero.

Bianchi *et al.* (1984) realizaram mapeamento na escala 1:20.000 dos sistemas hidrogeológicos na RMF investigando características hidrodinâmicas destes e objetivando estabelecer características importantes para a formulação estratégica do desenvolvimento metropolitano. Enfatizou-se como de melhores vocações aquíferas o Sistema Dunas/Paleodunas.

Morais *et al.* (1984) realizaram, pela CPRM, o acompanhamento da construção de 101 poços tubulares no município de Fortaleza, com o objetivo de levantamento de dados para maximizar a exploração de água subterrânea para o abastecimento local. As unidades sedimentares foram classificadas como melhores capacidades aquíferas, sendo elas divididas em 3 sub-unidades: o Aquífero Dunas e sedimentos de praia, com valores de Transmissividade (T) = $1,8 \times 10^{-3}$ m/s e Condutividade Hidráulica K = $1,8 \times 10^{-4}$ m/s respectivamente. Além de qualidade natural da água apropriadas ao consumo humano, as aluviões possuem espessuras variando entre 8 e 14m, com espessura saturada de 8m e porosidade efetiva de 10% denotando reservas totais de 20×10^6 m³, em Fortaleza; o Barreiras, classificado como aquífero, dispõe de variadas vazões e é o sistema mais representativo, com porosidade efetiva de 10% e reservas totais de 2750×10^6 m³.

Cavalcante *et al.* (1990) realizaram classificação hidroquímica das águas subterrâneas de Fortaleza através do diagramas de Piper utilizando análises físico-químicas de 124 poços. Existe a predominância de águas Cloretadas Sódicas e Bicarbonatadas, tendendo a Cálcicas no contexto sedimentar e cristalino. Observou-se, de acordo com o diagrama de Shoeller & Berkaloff, que 71,4% das amostras estão dentro dos limites de potabilidade. Quanto ao nitrato foi observado que em áreas densamente ocupada a concentração chega a 528,9 mg/L de NO_3^- .

Cavalcante (1998) propôs diretrizes para maximizar o aproveitamento integrado dos recursos hídricos na RMF, através de caracterização hídrica, correlacionando aspectos construtivos e dados de poços, e possíveis fontes de abastecimento. Foi realizado um levantamento de 4.465 poços tubulares, 309 lagoas e 426 açudes, além de 1.478 análises físico-químicas e 1.073 bacteriológicas até o ano de 1995. Foram ressaltadas fontes potenciais de contaminação, sendo que a área de maior potencial de contaminação foi a cidade de Fortaleza onde 70% das amostras de água de poços possuem a presença de coliformes fecais e concentrações de nitrato de até 78,9 mg/L N-NO_3^- .

Vasconcelos (1999), em área de ocorrência de Dunas/Paleodunas no setor nordeste de Fortaleza, realizou uma estimativa da infiltração eficaz através do método do balanço hídrico, e comparou dados da medida direta do nível potenciométrico de 06 poços, além de análises físico-químicas para definir as variações e oscilações da recarga, medidas em 1996 e 1997, refletindo 10% e 16% da infiltração eficaz, respectivamente. Também foi observada uma diminuição da salinidade das águas subterrâneas no sentido descendente do fluxo, por meio do aporte de recarga direta.

Quesado Junior (2001) analisou a qualidade das águas subterrâneas do município de Fortaleza, relacionando-a com os problemas das doenças de veiculação hídrica. A partir de 416 análises bacteriológicas, concluiu que 34% das águas eram potáveis e 66% não potáveis, apresentando contaminação por coliformes fecais, predominando as bactérias *Escherichia coli* (62%), *Pseudomonas sp* (16%) e *Klebsiella* (13%).

Fernandes (2005) realizou um estudo integrado sobre o abastecimento de água na RMF, que revelou diferentes aspectos que influenciam na escolha de áreas estratégicas como possíveis fontes de abastecimento, por meio de critérios quantitativos e qualitativos, os quais estão ligados ao uso e ocupação do solo e com esse, ao crescimento urbano e industrial e aumento da demanda por água. Utilizando uma compilação de dados do Consórcio Golden/Pivot (2005), avaliou que as águas da margem esquerda do rio Coaçu, na cidade de Fortaleza, que corresponde a parte da área de estudo

do presente trabalho, possuem valores máximos de nitrato de 23,13 mg/L no período chuvoso e 28,75 mg/L no período seco, sendo que os mínimos ficaram são de 2,16 mg/L no período seco e 2,05 mg/L no período chuvoso e, portanto, existem concentrações muito variadas de NO_3^- , revelando heterogeneidade do uso e ocupação do solo refletindo na qualidade das águas subterrâneas.

O único estudo de águas subterrâneas realizados especificamente para área de estudo considerada foi realizado por Maia (2008), que analisou a qualidade físico-química e bacteriológica e sua relação com doenças de veiculação hídrica no bairro de Messejana. Apontou a problemática do uso e ocupação do solo na contaminação das águas subterrâneas que se apresentam captadas dos Sistemas Hidrogeológicos Coberturas Colúvio-Eluviais, Barreiras, Cristalino e Misto Barreiras/Cristalino, cadastrando 92 poços em uso, sendo 35 poços tubulares e 57 poços escavados (cacimbas). Os resultados físico-químicos mostraram que 100% das águas das cacimbas analisadas e apenas 1 (11%) das águas dos poços tubulares apresentavam concentração de nitrato N-NO_3^- acima da estabelecida pela Portaria nº 518/04.

Morais (2011), ao propor diretrizes para o aproveitamento hídrico do Aquífero Dunas na RMF, realizou cálculo de reserva renováveis, permanentes e totais para essa unidade, considerando também a potencialidade aquífera e disponibilidade hídrica. Observou a não distinção entre as Dunas Fixas e Dunas Móveis por conta da semelhança hidráulica entre estas e, a partir, designou-as como um único aquífero (Aquífero Dunas). A área de ocorrência do Aquífero Dunas foi dividida em 10 blocos com área total de 29.638,76 ha, caracterizando uma vazão média por poço de 3,62 m^3/h e reservas totais de $345,84 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Lemos (2013) estudou os efeitos do uso e ocupação do solo desordenado na cidade de Fortaleza, contribuindo para o reconhecimento destes nos impactos quali-quantitativas sobre as águas subterrâneas caracterizando, de modo geral, a produção anual de 25.225.827 L de necrochorume através dos cemitérios existentes na cidade, além de concentrações de nitrato entre 1 e 48 mg/L, em que a média ficou em torno de 11,4 mg/L, considerando 199 amostras de N-NH_3^- , resultado atribuído aos fortes impactos da expansão desordenada do uso e ocupação do meio físico, identificando nestes o aterramento de lagoas para construções residenciais, e baixo percentual de imóveis ligados a rede de saneamento.

Gomes (2013) realizou análise qualitativa das águas subterrâneas de Fortaleza com base em 291 amostras, as quais predominavam águas Cloretadas Sódicas, com pH variando entre 4 e 9. Observou-se que das 87 análises bacteriológicas, 77% delas apresentaram coliformes fecais/ou totais. As análises de amônia e nitrito apresentaram concentrações máximas de 5,16mg/L e 17,87 mg/L respectivamente, enquanto as concentrações de nitrato apresentaram concentrações máximas de 56 mg/L no período seco e 57 mg/L no período seco revelando, ainda, que 50% das análises estão acima do VMP para esse parâmetro.

Lima (2014) buscou caracterizar a geometria aquífera a partir de perfis de poços no município de Fortaleza. Elaborou 14 perfis litológicos utilizando dados de 274 perfis de poços. Concluiu que o pacote sedimentar aumenta de espessura à medida que se aproxima do litoral e possui ocorrências carbonáticas no setor N/NE da área. A espessura saturada média é de 24,4 m com desvio padrão de 20%.

Dentre outros estudos ambientais, há aqueles que utilizaram a bacia hidrográfica como unidade de estudo na região, tendo como objetivos a análise ambiental e estudo das condições sanitárias urbanas.

Viana (2000) propôs o diagnóstico e zoneamento ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó em Fortaleza - CE, com base em estudos realizados e caracterização de elementos físicos da paisagem e zoneamento destes conforme Bertrand (1972) e Sothava (1977). Considerou a relação dos fatores naturais e antrópicos no diagnóstico, observando que as paisagem das Planícies Fluviais na porção leste da município de Fortaleza encontra-se descaracterizada por ocupações de tipos diversos, muitas sujeitas a inundações sazonais. Em alguns corpos hídricos superficiais foram notados lançamentos de esgotos domésticos. Foi constatado nos Campos de Dunas, Planícies Fluviais e Tabuleiros Pré-litorâneos o efeito do desmatamento na erosão do solo, modificações climáticas em microescala acarretando em uma maior evaporação dos corpos hídricos. Também foi notada alteração das propriedades físico-químicas e bacteriológicas das águas superficiais, contaminação do solo e aumento de enfermidades devido a lançamento de resíduos e construção de residências e vias de acesso sem critérios sustentáveis de execução. A área de planície fluvial e lacustre foi classificada como Zona de Proteção Espacial (ZPE) com vulnerabilidade moderada a ocupação restrições legais do solo, tendências à salinização e inundações, enquanto os tabuleiros litorâneos foram considerados como Zona de Uso Intensivo (ZUE), que suporta a expansão urbana

ordenada com o devido controle sanitário, implantação de saneamento básico e proteção de mananciais.

Bento (2011) buscou identificar as relações centro periferia em Fortaleza, focando as disparidades de infraestrutura de saneamento básico ao elaborar o índice de saneamento básico para os bairros da cidade. Colocou que, a partir da década de 1990 ocorreu uma expansão no serviço de saneamento por meio dos projetos SANEAR I e II, porém ocorreu de forma desigual pela cidade, beneficiando alguns bairros, enquanto em outros os cidadãos permanecem excluídos desses serviços, recorrendo a formas inadequadas e rudimentares de saneamento, como fossas, poços, chafarizes e cacimbas, sem seus devidos cuidados sanitários por parte do poder público. Em 1991 dentre os bairros com residências mais abastecidas por poços e nascentes constavam Sapiranga (57,92%), Cambeba (52,33%) e Lagoa Redonda (41,42%). Os bairros periféricos são os que possuem maior percentual de domicílios sem instalação de esgoto, dentre eles Sapiranga com 31,41%. Além disso, a distribuição do esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial em Fortaleza está concentrado em bairros mais centrais direcionando-se para as localizações com predomínio de famílias com maior rendimento e zonas potencialmente turísticas da cidade: Meireles (94,76%), Aldeota (86,69%), Centro (79,42%) e Praia de Iracema (74,90%). Com exceção dos Conjuntos Ceará I e II, se destacam com quase a totalidade das residências adequadamente conectadas a rede de esgoto com 90,65% e 99,40%, respectivamente.

Salvador e Carleial (2010) estudaram a relação entre a produção do espaço urbano e aspectos ambientais no bairro Sapiranga, apontando que a ocupação efetiva desse bairro veio somente a acontecer a partir da segunda metade do século XX, o que resguardou características e atributos ambientais com relação à outros bairros situados a oeste da cidade. Ressaltando ainda a importância da construção do Centro Administrativo do Cambeba entre 1978 e 1982, e da Avenida Washington Soares como vetores de ocupação dos bairros situados na porção leste de Fortaleza. O estudo indicou, ainda, a tendência do uso de atributos naturais capturada de maneira simbólica para promoção da especulação imobiliária, o que supervaloriza as áreas propícias à ocupação, resultando em uma ocupação em áreas de risco pelas populações mais pobres.

Lima (2010) analisou a Bacia do Rio Coaçu como um sistema quase independente da Bacia do Rio Cocó, haja vista que o rio Coaçu deságua no rio Cocó, próximo a foz. Averiguou-se, assim, a formação sócioespacial da bacia e os problemas ambientais decorrentes da atuação humana. Contudo, utilizou a análise ambiental integrada, tendo como referencial teórico o Geossistema e a

identificação da fragilidade e grau de vulnerabilidade ambiental, inerentes aos sistemas ambientais. Identificou, ainda, atividades incompatíveis com o grau de fragilidade do sistema ambiental, tais como: desvios no leito natural de riachos para implantação de empreendimentos comerciais, diminuição de Áreas de Proteção Permanente (APP's) para construção de prédios, principalmente para condomínios residenciais.

Silva *et al.* (2011) realizaram uma análise do uso e ocupação com auxílio de SIG, nas imediações da lagoa de Messejana, definindo como parâmetro a APP, inerente a esse corpo hídrico. A análise foi realizada ao comparar ortofotocartas de 1995 e 2004. Foi verificado um acentuado crescimento populacional que resultou no estreitamento de ruas e maiores aglomerados de residências por quadras. Além de substituição da vegetação primária ou de áreas antes destinadas a pequenos cultivos por conjuntos habitacionais, que também influenciam no tamanho do espelho d'água aterrando margens antes marcadas por inundações periódicas. Além disso, encontram-se avenidas, ruas, bares, residências e restaurantes, ocupando áreas em torno da lagoa, inserindo-se nos 30m destinados preservação ambiental de acordo com o código florestal.

2.2. Ciclo do nitrogênio

Os compostos nitrogenados fazem parte de um ciclo biogeoquímico, que interage com diversos ambientes e contribui para a formação dos tecidos orgânicos. O ciclo do nitrogênio ocorre através de processos químicos e biológicos, envolvendo a atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera (HEM, 1985). O nitrogênio desempenha importante papel na constituição de moléculas de proteína, ácidos nucleicos, vitaminas, enzimas e hormônios (BRAGA *et al.*, 2005).

Os processos ocorridos no ciclo do nitrogênio permite a fixação deste em formas estáveis. Existem 4 mecanismos importantes que dão suporte a e renovabilidade do nitrogênio que compõe a parte biótica dos ecossistemas. São estes os mecanismos de fixação, amonificação, nitrificação e desnitrificação.

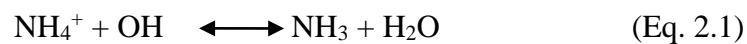
2.2.1. Fixação do Nitrogênio

A fixação do nitrogênio atmosférico em nitratos: ocorre de dois modos, sendo o primeiro pela atuação das descargas elétricas dos raios que oxidam o N₂ em NO₃⁻ na própria atmosfera. O

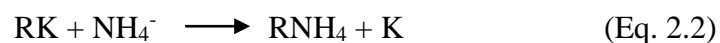
segundo é a fixação do N₂ por via biológica por meio dos organismos simbióticos fixadores de oxigênio, são elas as espécies *Rhizobium* que vive em associação simbiótica com raízes de leguminosas, de vida livre e algumas bactérias aeróbicas e anaeróbicas (BRAGA, 2005). De acordo com Odum (1971), cerca de apenas 5% do nitrato é fixado por mecanismos físico-químicos. O nitrogênio fixado é dissolvido em água e fica disponível às plantas na forma de NO₃⁻, participando da composição de moléculas nitrogenadas e moléculas orgânicas nitrogenadas (SILVA & BROTO, 2014).

2.2.2. Amonificação

O nitrogênio incorporado à matéria orgânica entra na cadeia alimentar e é reincorporado ao solo por meio da excreção animal primária ou decomposição de detritos por via microbiana o que leva a renovação dos nutrientes (ODUM, 1971), onde o nitrogênio é mineralizado produzindo gás amônia - NH₃ em ambiente com pH > 9, e íons de amônio (NH₄⁺) em ambiente de pH < 9.2 (Equação 2.1).



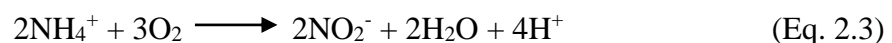
Parte do amônio produzido é adsorvido por argilominerais do solo por meio de processos de troca catiônica, de acordo com a (Equação 2.2):



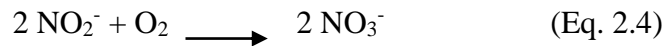
R = Argilomineral

2.2.3. Nitrificação

O processo de degradação de compostos nitrogenados com NH₄⁺ e NH₃, em NO₂⁻, e *a posteriori* em NO₃⁻ são promovidos por bactérias aeróbicas. A conversão em NO₂⁻, ocorre por meio da ação de bactérias *Nitrossomas* (Equação 2.3):



Em ambiente hídrico a oxidação do NO₂⁻ em NO₃⁻ (Equação – 2.4) ocorre de forma rápida. Por isso a ocorrência de baixa concentração de NO₂⁻ nas águas subterrâneas.

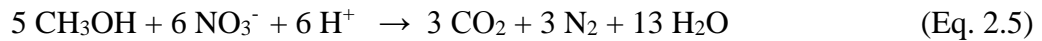


Esse processo de oxidação é promovido pela bactéria *Nitrobacter* e ocorre de maneira lenta conforme o potencial de oxidação do meio. Em geral existe a tendência de diminuição do pH da água na ocorrência desse processo (HEM, 1959). O NO_3^- possui boa mobilidade na água subterrânea por se encontrar em dissolução da água.

2.2.4. *Desnitrificação*

Ocorre em ambientes redutores, onde as bactérias aeróbicas tendem a utilizar o oxigênio disponível na molécula de NO_3^- . Tal condição provoca a redução do NO_3^- para o N_2O óxido de nitrogênio e o nitrogênio molecular N_2 , estes não existem como espécies dissolvidas nas águas subterrâneas, pois eles se perdem na forma de gases (BARBOSA, 2005).

Nas águas subterrâneas a desnitrificação está associada ao nível freático considerando os aquíferos livres. A zona saturada é pobre em O_2 , tendendo assim a condições redutoras. Sedimentos com boa disponibilidade de carbono, ou gases como o metanol (CH_3OH), também podem atuar na desnitrificação, transformando o NO_3^- em N_2 (SILVA; BROTO, 2014). (Equação 2.5).



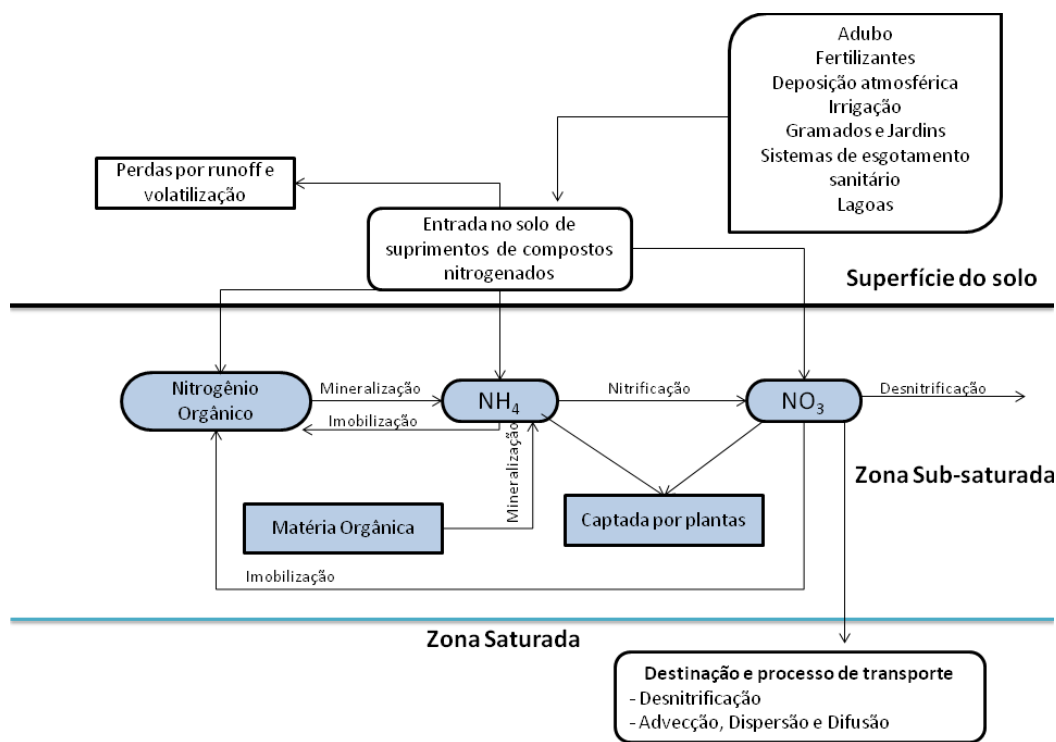
2.3. Fontes potenciais de contaminação por nitrato

Algumas atividades humanas podem incorporar à água subterrânea, grandes quantidades de NO_3^- , gerando a contaminação e inviabilização de vários usos para a água. A incorporação da matéria orgânica à parte superficial ou subsuperficial do solo aumenta o mecanismo de amonificação. Com isso, o uso do solo é uma importante variável da contaminação por nitrato, visto que a única fonte alternativa a atmosférica é a incorporação de matéria orgânica, incluindo as provenientes de atividades humanas (BRAGA, 2005). Quanto à natureza dos compostos contaminantes, de acordo com Chappelle (2000), como excrementos animais, fertilizantes nitrogenados e efluentes domésticos.

As distribuições das zonas saturadas e insaturadas no meio subterrâneo possuem estreita relação com os mecanismos do ciclo do nitrogênio. O uso do solo é vetor principal de contaminação promovendo o aumento do *input* de compostos de nitrogênio (Figura 2.1). Outros fatores, também

influenciam no balanço de compostos nitrogenados no solo a recarga pluvial de água subterrânea, a dinâmica do nitrogênio no solo, as características do meio subterrâneo e a profundidade e oscilações do lençol freático (ALMASRI, 2007; DEL CAMPO *et al.*, 2014).

Figura 2.1 - Relação do ciclo do nitrogênio com as zonas de água no solo



Fonte: Adaptado de Almasri (2007).

As fontes potenciais de contaminação de água subterrânea são classificadas em difusas e pontuais: as difusas são caracterizadas por extensão relativamente grande e baixa concentração de contaminação generalizada; as pontuais causam contaminação concentrada em uma pequena superfície (FEITOSA, 2008).

2.3.1. Fontes Difusas

Esse tipo de fonte está associado a entrada de contaminantes no sistema de maneira contínua e geralmente associado a baixas concentrações, mas elevadas cargas, considerando a área potencialmente contaminante. As atividades agrícolas contribuem majoritariamente para esse tipo de contaminação em áreas rurais, sobretudo pelo uso de fertilizantes sintéticos a base de amônia e

outros compostos nitrogenados (RESENDE, 2002). A inviabilização da potabilidade da água utilizada por vilarejos, vilas e pequenas cidades por consequência do aumento das concentrações de NO_3^- é um problema crônico, principalmente em países exportadores de *commodities* agrícolas (WWAP, 2003; SUTAR *et al.*, 2009; GAO *et al.*, 2012).

As ruas, parques e calçadas das cidades também podem atuar como fontes contaminantes difusas, frequentemente associados à decomposição da matéria orgânica. Martius (1991 *apud*. PORTO, 1995) observou uma concentração de 23 mg/L a 27 mg/L de nitrogênio total de amostra de água proveniente do escoamento pluvial. Há diversas origens para contaminantes dispersos no solo das cidades, como: fezes de animais; em alguns casos a disposição de esgoto; aterros sanitários abandonados; e sítios industriais abandonados; deposição atmosférica; uso urbano de fertilizantes (WAKIDA & LERNER, 2005).

Fontes pontuais também podem ser classificadas conceitualmente como fontes difusas. Desde que a análise contínua no espaço condicione o estudo de contaminação proveniente de várias fontes contaminantes pontuais o que não permite o efeito individualizado da contaminação, caracterizando assim uma análise de contaminação difusa (MITCHEL, 2005; HAYASHI *et al.* 2009; LASSERE *et al.* 1999). Estudos nessa condição permitem investigar a atuação das várias fontes de contaminantes na água subterrânea (TRAUTH & XANTHOPOULOS, 1997).

2.3.2. Fontes Pontuais

As fontes pontuais associados à contaminação por nitrato são analisadas individualmente, como exemplos deste, têm-se: barragens e lagoas de estabilização de efluentes ou rejeitos; poços de captação que possam, por ventura, agir como condutor de contaminação entre a superfície do solo e o aquífero, ou entre aquíferos distintos; poços de injeção; sistemas estáticos de esgotamento sanitário (WAKIDA & LERNER, 2005).

Os problemas relacionados ao saneamento básico estão associados à maioria dessas fontes. A disposição incorreta de efluentes, domésticos e industriais em sistemas ineficientes de tratamento foi identificada como as principais causas de contaminação por nitrato em áreas urbanas (NAS & BERKTAY, 2005; LEE, *et al.*, 2003; WILHELM, *et al.*, 1996).

2.4. Riscos para saúde da contaminação da água por nitrato

A contaminação da água está associada ao risco desta causar enfermidades. A principal forma de acesso dos agentes patogênicos é através da ingestão da água contaminada, de forma que, a potabilidade é a principal preocupação quanto à qualidade da água. Para estabelecimento de padrões de potabilidade é necessário se considerar os agentes químicos, físicos, microbiológicos e radiológicos contaminantes e avaliar os efeitos destes na saúde humana (ONU, 1996).

As doenças relacionadas a ingestão de compostos nitrogenados em água subterrânea começaram a ser estudadas a partir da década de 1940. Com o surgimento de vários casos de meta-hemoglobinemia conhecida como “síndrome do bebê azul” em cidades americanas, dentre as quais 278 casos registrados na cidade de Walton em 1951 (ADDISCOTT & BENJAMIN, 2004).

Nesses casos, a meta-hemoglobinemia estava ligada a ingestão de água subterrânea contaminada por nitratos. O desenvolvimento da doença depende da transformação do nitrato em nitrito na saliva e no trago intestinal (ALABURDA & NISHIMIRA, 1998). As condições alcalinas dos estômagos dos bebês com menos de 3 anos, assim como adultos que apresentam gastroenterites, anemias, porções do estômago cirurgicamente removidas (BOUCHARD *et al.*, 1992).

O nitrito, dentro do sistema gastrointestinal, reage com a hemoglobina diminuindo sua capacidade de transmitir oxigênio no corpo (FEWTRELL, 2004 *apud* BARBOSA, 2005):

“Quando adsorvidos pelo sistema gastrintestinal, são levados à corrente sanguínea e lá oxidam o Fe_2^+ da hemoglobina a Fe_3^+ e transformando-a em metahemoglobina, que é incapaz de transportar oxigênio às células do nosso corpo e levando-as à anoxia (falta de oxigênio) e até mesmo à morte” (p. 21).

Foi estabelecido na legislação americana um VMP de 10 mg/L de $N-NO_3^-$, para evitar essa doença (BAIRD; CANN, 2001). No Brasil esse mesmo valor foi estabelecido pela Portaria nº 518/04 e posteriormente mantido na Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Atualmente, alguns estudos apontam o risco de alguns tipos de câncer também associados a concentrações de nitrato. As *nitrosaminas* e *nitrosamidas* podem surgir como produto de redução microbiana, essas substâncias estão relacionadas com o surgimento de tumores em animais de laboratório (ALABURDA & NISHIMIRA, 1998). Segundo Silva & Broto (2014, p. 9) “mulheres

que beberam água de abastecimento público com nível de nitrato ($> 2,46$ mg/L) apresentam três vezes mais probabilidade de serem diagnosticadas com câncer de mama do que as menos expostas”.

2.5. Uso e ocupação do solo

A necessidade do Estado em planejar e corrigir as externalidades causadas pelo processo de acumulação e reprodução do Capital cresce juntamente com o crescimento econômico e físico das cidades. A urbanização tem suas características próprias na sociedade moderna, sendo indissociada e induzida pela industrialização (LEFEBVRE, 1968). No Brasil, esse acelerado crescimento se deu à partir da segunda metade do século XX, o que resultou em uma crescente expansão física desordenada das grandes cidades do país, principalmente nas últimas duas décadas, impulsionado pelo crescimento econômico.

Os efeitos da urbanização acelerada e as lutas pela reforma urbana na década de 1980, assim como a Constituição de 1988, possibilitaram avanços importantes no que tange as políticas urbanas. Nesse contexto, essas foram melhores contempladas a partir da implantação do Estatuto da Cidade Lei Federal nº 10.257/01, instituindo instrumentos para política urbana e ordenamento territorial, dentre estes o Plano Diretor Urbano.

O planejamento e gestão urbana são de fundamental importância para a cidade. São eles termos complementares, sendo que o primeiro possui a capacidade de prever um fenômeno futuro de forma a precaver seus efeitos negativos, e o segundo se trata de administrar dentro da situação institucional e dos recursos disponíveis atuais. A implementação desse arcabouço teórico propõe uma mudança social positiva, o desenvolvimentista (SOUSA, 2010). As mudanças empreendidas devem “promover o desenvolvimento sustentável, sendo necessário considerar uma base territorial e compreender a produção espacial urbano” (RODRIGUES, 1998, p. 119). A atuação do Estado por meio do planejamento e gestão do espaço urbano possui, portanto, o objetivo de intermediar o crescimento econômico, com a conservação ambiental para promoção da qualidade de vida urbana e equidade social.

Nesses princípios, a conseqüente expansão física da cidade é gerida com base no ordenamento territorial, obedecendo à capacidade de suporte local e articulada com a estrutura física necessária para a garantia dos serviços urbanos. Os planos diretores e planos setoriais são os instrumentos legais utilizados pelo o poder público, para o ordenamento territorial, principalmente nas cidades.

Em Fortaleza, o único plano de uso e ocupação do solo foi instituído pela Lei Orgânica nº 7.987/96, mas que foi consolidada somente 10 anos depois, em 2006. Contudo, um importante aspecto do plano foi estabelecer a taxa máxima de ocupação por lote, dada a importância de estabelecer diretrizes para a não aglomeração de residências, além de impor limites à impermeabilização do solo por conta dos consequentes impactos sobre o meio ambiente urbano.

O reconhecimento do impacto da urbanização sobre o ciclo hidrológico local é de conhecimento prático para milhares de pessoas que são afetadas, sobretudo pelas inundações urbanas. Sobre isso, Tucci (2004) atenta para outros problemas, como a maior frequência de inundações, drástica redução da qualidade da água e aumento de materiais sólidos no escoamento pluvial. Ressalta-se, ainda, a diminuição de áreas de recarga dos aquíferos, que podem sofrer perdas quantitativas e qualitativas.

Apesar da área estudada se localizar na periferia urbana da cidade de Fortaleza, ela está em consoante processo de expansão urbana nos últimos 15 anos, porém não dispõe de obras para controle da drenagem e oferta de saneamento básico de esgotamento sanitário. Assim, a necessidade de investigação dessa área consolida-se no aspecto preventivo da implementação da Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Fortaleza e investigação da eficácia desta.

Para isso, Campana e Tucci (1994) consideraram características de densidades demográficas para dimensionamento de projetos de drenagem na cidade de São Paulo/SP, o que pode resultar em erros de projeto, dado as variabilidades de uso e ocupação do solo intraurbano de uma cidade para outra. Os estudos de impactos do uso e ocupação do solo no meio urbano vêm incorporando metodologias que aplicam ferramentas de geotecnologias, melhorando a qualidade e disponibilidade de dados, principalmente pelo poder de processamento de maior número de dados com maior rapidez e qualidade que envolve técnicas computacionais para estudos quanti-qualitativos (LANG & BLASCHKE, 2009).

Diversos estudos foram realizados para determinar o fator da impermeabilização do solo nas cidades, dentre eles Polidoro *et al.* (2011) e Lechiu (2012). Para quantificação desse fenômeno são frequentemente utilizadas técnicas de classificação supervisionadas manuais, exemplificada em Gutierrez *et al.* (2010), que utilizaram a classificação supervisionada manual em estudo temporal para classificação de imagens Landsat 5 – TM, com resolução espacial de 30m, na cidade de Campo Grande/MS. Reis (2011) aplicou esse mesmo método de classificação para as imagens IKONOS

que tem 1m de resolução espacial na banda pancromática, para quantificar a impermeabilização na perspectiva intraurbana, comparando com valores de densidade demográfica numa sub-bacia hidrográfica na cidade de Santa Maria/RS. Todos eles consideraram a importância dos estudos de bacias hidrográficas urbanas para o planejamento e gestão das cidades, haja vista a necessidade de gerir as águas urbanas para mitigação de problemas decorrente destas.

Pirolì *et al.* (2012) utilizaram a mesma metodologia para analisar a transformação da paisagem urbana numa microbacia na cidade de Ourinhos/SP, classificando manualmente aerofotografia e imagem do satélite Quickbird-II de 0,6m de resolução espacial na banda pancromática, em fusão com as bandas do VINIR. Pappas *et al.* (2011) realizaram experimento de simulação de diferentes intensidades de chuva e de percentuais de impermeabilização do solo, encontrando interferência desta causando o aumento do regime de sedimentação. Ambos buscaram demonstrar a relação entre o aumento do escoamento superficial (*runnoff*) causado pela impermeabilização, e o conseqüente aumento da erosão do solo na área urbana.

Atualmente, a principal aplicação de estudos de impermeabilização dos solos é por meio da calibração de modelos hidrológicos para o desenvolvimento de projetos voltados a drenagem urbana. Nunes (2012) mensurou a impermeabilização do solo conforme os tipos de ocupação do solo, utilizando a malha municipal em formato vetorial, interpretando e definindo as classes para o modelo hidrológico. Também para esse fim, Dans *et al.* (2013) utilizaram do estudo multiescalas, definindo níveis de impermeabilização do solo por meio de imagem de altíssima resolução espacial IKONOS datada de 2003, com 1m de resolução na banda pancromática, na qual foi realizada a classificação manual em áreas estratégicas na Bacia Hidrográfica de Kleine/Bélgica, para calibração de imagens Landsat TM de 1982 e Landsat ETM+ de 2002, buscando avaliar o impacto da impermeabilização do solo na recarga dos aquíferos da bacia estudada entre os anos de 1982 e 2003.

As aplicações do método GEOBIA no meio urbano tem sido diversas, e vem ocorrendo uma grande evolução das técnicas de classificação, além da diversidade e finalidade destas. O método *Geobject Based in Information Analysis* (GEOBIA), já utilizado na Cidade de Dresden/Alemanha onde Kampouraki *et al.* (2008) aplicaram-no na quantificação de áreas impermeáveis através de fotografias aéreas, realizando a segmentação das informações a partir da transformação de diferentes propriedades nas imagens em geobjetos, a qual a classificação foi obtida por interpretação visual de aerofotografias por meio do *software* eCognition.

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos da pesquisa foram divididos em 3 etapas: *pré-campo*, relativo a obtenção de cadastro e seleção de poços para a pesquisa, bases temáticas, dados dos censos do IBGE 2000 e 2010, imagem de satélite de alta a altíssima resolução e levantamento da bibliografia correlata; *etapa de campo*, no qual consta a atualização de cadastro de poços, medições de campo, coleta de amostras de água de poços, pontos de observação da verdade terrestre ou verdade de campo, levantamento de dados de uso e ocupação do solo, e; *etapa pós-campo* correspondente ao tratamento e integração dos dados climatológicos, uso e ocupação do solo, hidrogeologia e qualidade da água, análise estatística de correlação entre as variáveis.

3.1. Etapa pré-campo

Os dados preliminares dos poços foram obtidos do cadastro de 219 poços realizado pelo consórcio Golder-Pivot para a SRH/COGERH (CEARÁ/SRH, 2002) (Apêndice I), e 40 poços do Banco de Dados do SIAGAS até novembro de 2015 (Tabela 3.1). Os dados foram integrados na base geológica da CPRM (2003) e ATLAS dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará (SRH, 1992). A base preliminar de distribuição de poços foi trabalhada na escala 1: 35.000 em ambiente SIG integrado para subsidiar a pesquisa de campo.

Tabela 3.1 – Numero de poços do pré-cadastro

Referências	Nº de poços
SIAGAS (CPRM, 2015)	40
SRH (2002)	219
Total	259

Para a seleção dos poços a serem amostrados foram considerados os seguintes critérios:

- 1º. Existência de perfil técnico-construtivo e litológico;
- 2º. Poços em funcionamento;
- 3º. Distribuição espacial favorável à representatividade da área de estudo;

4º. E acesso ao poço em termos de segurança física.

Os dados do Censo de 2000 e 2010 estão disponibilizados no endereço eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As imagens foram obtidas do satélite Quikbird - II por cortesia da Secretaria de Meio Ambiente do Ceará (SEMACE). Esse satélite possui sensor *Charge Coupled Device*, (CCD) capaz de captar imagens de resolução espacial 0,6 m na banda pancromática. As imagens adquiridas datam de julho de 2011, são compostas por 4 bandas espectrais no VINIR (Visível e Infravermelho próximo) e possuem resolução radiométrica 8 bits Digital Globe (2003).

Os dados meteorológicos, para a caracterização climática e do balanço hídrico-climático da área, foram disponibilizados pela Estação Agrometeorológica do Campus Universitário do Pici da Universidade Federal do Ceará/UFC.

3.2. Etapa de campo

A etapa de campo foi dividida em 2 fases:

3.2.1. Fase de cadastro e análises in situ

Foram visitados em campo 64 poços entre 18 de junho e 10 de julho de 2015, dos quais 38 são novos poços cadastrados durante a pesquisa (Tabela 3.2). Além de serem obtidas suas coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM), *Datum* SIRGAS 2000, utilizando o receptor GPS de bolso Garmim (Figura 3.1).

Tabela 3.2 – Numero de Poços do cadastrados

Tipo	Nº de poços
Visitados que constam no pré-cadastro	26
Novos poços cadastrados	38
Total	64

Foram levantadas informações de acordo com o cadastro de poços elaborado (Anexo I). As medidas realizadas em campo buscaram resultados preliminares relativos à qualidade da água: pH por meio do medidor de pH Q-400BD (Quimis) (Figura 3.3); e STD, e CE, por meio de Condutivímetro Mettler Toledo GmbH (Figura 3.2). Os parâmetros hidrodinâmicos e aspectos

3.2.2. Fase de coleta de amostras

A segunda fase da etapa de campo correspondeu na coleta de 24 amostras de água de poços selecionados do cadastro. Os critérios para essa amostragem foram:

- 1°. Existência de perfil técnico construtivo;
- 2°. Poços em funcionamento;
- 3°. Distribuição espacial favorável à representatividade da área de estudo;
- 4°. Poços destinados a abastecimento doméstico;
- 5°. Maior número de famílias abastecidas.

As amostras foram coletadas entre 01/10/2015 e 4/10/2015 das saídas diretas do sistema de bombeamento, acondicionadas em garrafas de vidro fosco de 100 mL, para análise do nitrogênio amoniacal, e garrafas de polipropileno transparente de 100 mL para amostras de pH, STD, NO_3^- e NO_2^- . Todas foram devidamente esterilizadas, hermeticamente fechadas, etiquetadas (contendo os dados relativos ao número do ponto amostrado, data e hora de coleta) e acondicionadas em caixa térmica com gelo para, em seguida, serem encaminhadas ao Laboratório de Geoquímica Ambiental do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (LAGEO/DEGEO/UFC). Os métodos utilizados para as respectivas análises estão de acordo com as diretrizes analíticas gerais do *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005) (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 - Métodos para amostragem dos parâmetros analisados.

Parâmetro	pH	Amônia ($\text{mg.L}^{-1} \text{NH}_3$)	Nitrito ($\text{mg.L}^{-1} \text{N-NO}_2^-$)	Nitrato ($\text{mg.L}^{-1} \text{N-NO}_3^-$)	Sólidos Totais Dissolvidos ($\text{mg.L}^{-1} \text{STD}$)
Método	Potenciométrico (APHA, 2005)	Azul de endofenol (Aminot, 2004)	Diazotação (APHA, 2005)	Coluna redutora de cádmio (APHA, 2005)	Condutivimétrico (APHA, 2005)

3.3. Etapa pós-campo

A etapa pós-campo constituiu-se do tratamento estatístico. A compilação e representação dos dados foram realizadas a avaliação do uso e ocupação do solo, a situação sanitária, tipos de captação e hidrogeologia, balanço hídrico e fluxo da água subterrânea.

3.3.1. *Uso e ocupação do solo*

Os usos do solo, assim como seus aspectos de ocupação do espaço urbano, foram estabelecidos em torno de dois aspectos: a taxa de ocupação, que é o percentual de área ocupada pelos diversos tipos de construções, sendo calculada conforme a área dos setores censitários, e área ocupada por atividades agrícolas.

Tendo em vista a complexa realidade do espaço urbano, definida pela dinâmica das suas relações entre objetos que seriam mapeados, buscou-se por uma imagem que pudesse detalhar essas informações pelo método de classificação *Geo-object Based Information Analysis* (GEOBIA), também chamado de classificação orientada ao objeto. Jensen (2011) coloca que, quando se extrai informações urbanas/periurbanas de uso do solo a partir de dados de sensores remotos, é importante ter resolução espacial entre 0,25 a 5 m pois, geralmente, quanto mais elevada a resolução espacial dos dados, mais detalhada é a informação que se pode extrair do ambiente urbano. Assim, foi escolhida a imagem Quickbird, que possui uma resolução espacial de 2,8m para as 4 bandas do VINIR (espectro eletromagnético do visível e infravermelho próximo) e de 0,65m para a banda pancromática. O uso das bandas espectrais da imagem Quickbird combinadas com a sua banda pancromática resulta no melhoramento da resolução do produto final, permitindo que os mapas sejam confeccionados na escala de 1:10.000.

Definido o método, a imagem e a escala dos mapas, a execução do trabalho foi segmentada em três etapas (Figura 2). A *Etapa 1* consistiu na aquisição das imagens Quickbird perante a Secretaria de Meio Ambiente do Ceará (SEMACE). Depois de adquiridas, elas foram mosaicadas e georreferenciadas a partir de uma base cartográfica pelo sistema de coordenadas UTM de projeção e utilizando o *Datum* SIRGAS 2000, implementado pelo IBGE (2015), validadas pelo levantamento em campo por meio do GPS geodésico L1. Além disso, as imagens foram processadas por meio de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para realçar as informações superficiais com emprego da composição colorida, no sistema de cores (RGB). Na composição foi posta a banda 3 –

Red, 2 – Green e 1 – Blue, mais a fusão com a banda pancromática para melhorar a resolução espacial das imagens transformando-as em RGBI.

Na *Etapa 2* aplicou-se a classificação da imagem seguindo o *workflow* metodológico (Figura 3.5). Se optou por esse tipo de classificação dado o avanço dessa técnica, sobretudo em áreas urbanas (LANG & BLASCHKE, 2009). Tal método vem sendo bastante utilizado em estudos intraurbanos dado sua capacidade de melhor extrair informações de imagens de altíssima resolução espacial. O Termo GEOBIA evoluiu do conceito de *Object Based in Informaion Analisis* (OBIA), um conceito que emergiu das chamadas *GIScience*, de acordo com Lang (2008, p. 6) “a principal proposta do OBIA no contexto de aplicação em sensoriamento remoto é fornecer método automático de análise para imagens de altíssimas resoluções espaciais descrevendo as propriedades da imagem usando atributos espectrais, texturais, espaciais e topológicas”.

O que difere esse método dos demais é a formação de objetos atribuídos à imagem conforme a escala trabalhada. Há, portanto, a transformação da imagem em conjunto de objetos formados pela segmentação, e posteriormente agregados conforme a escala de aplicação, com a regionalização ou merge (LANG, 2008). Addink *et al.* (2012) colocaram que estudos apontam que ao considerar o objeto definido melhora a acurácia da classificação, assim como a facilidade e eficiência desta.

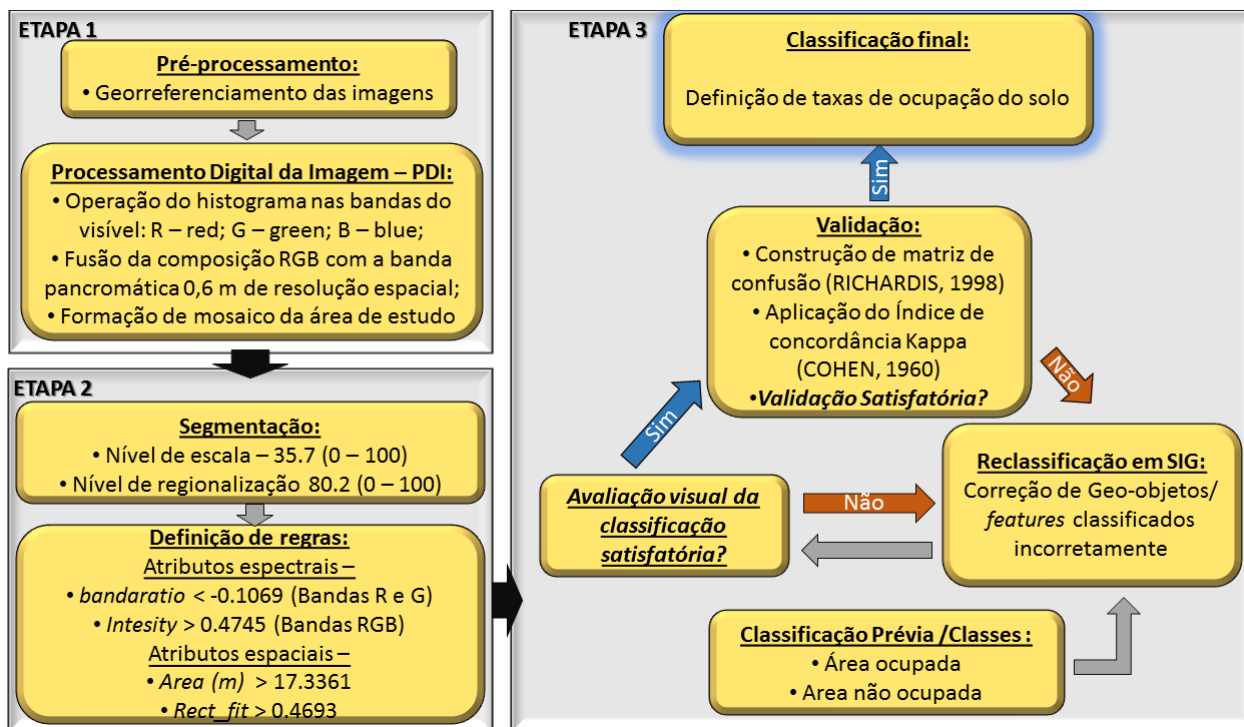
O GEOBIA foi posto de acordo com Hay e Castillo (2008) como apropriado para a aplicação em Geociências, pois os objetos estudados possuem o atributo geoespacial central, além de possibilitar a integração com conceitos geográficos e ecológicos quanto à diferenciação dos espaços. Os autores colocam o GEOBIA como uma subdisciplina agregada as *GISiences*, que objetiva melhorar o processo de classificação automatizado ao aproximar este da interpretação e classificação manual.

“O desenvolvimento de métodos automatizados repartindo as imagens de sensoriamento remoto em significativos imagens-objetos, e avaliar suas características através de escala. Este é o principal objetivo na geração de informações geográficas em formato para integração em ambiente SIG a qual uma nova perspectiva é obtida” (HAY; CASTILLO, 2008, p. 87).

Além de sua característica de identificar as mudanças explicitamente através da superfície imageada em várias escalas, podem ser gerenciadas como objetos relatando a complexidade da cena, e assim facilmente trabalhadas e articuladas em ambiente SIG (BLASCHKE *et al.* 2008). A

implantação do método de classificação segue em pleno desenvolvimento no campo de conhecimento GEOBIA, articulando informações espectrais, de forma e textura, dos objetos formados pela análise da imagem por segmentação e regionalização (BLASCHKE *et al.* 2008).

Figura 3.5 – Fluxograma metodológico



A segmentação é uma técnica crucial para GEOBIA, mas não é exclusiva e nem isolada de outros procedimentos importantes para a análise dos geobjetos. Tal processo transforma a agregação ou agrupamento dos *pixels* vizinhos em médias formando um objeto-imagem, distinguindo por contraste dos objetos formados em suas imediações. Aplicou-se, desse modo, a segmentação obedecendo aos seguintes critérios nas seguintes ordens: I - Teve-se como base o objetivo da classificação de residências cuja proeminência no terreno se dá, sobretudo por causa de telhado formado material transformado de argila; II – Foi buscado um nível de segmentação evitando a fusão entre objetos (*oversegmentation*), procurando minimizar os objetos que foram posteriormente regionalizados.

Optou-se, portanto, por segmentar a imagem utilizando o *ENVI.EX 4.5* em um nível de escala refinado de 37.4, em um ranger de 0-100, realizando a regionalização no valor 80.2 em um ranger de 0 -100, para agrupar objetos que correspondem a área ocupada por residências (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Processo de segmentação dos objetos.



A classificação das imagens foi o passo seguinte, onde buscou-se distinguir dois tipos de objetos:

- Classe 1/Áreas de residências – correspondem a esse tipo de ocupação haja vista a limitação espectral inerente à imagem optou-se por extrair apenas essa classe.
- Classe 2/Áreas de não residências – correspondem a todos os objetos não identificados como residências.

Os atributos espectrais do *ENVI. EX 4.5* (Quadro 3.1), que correspondem ao *bandratio* (Figura 3.7), é um tipo de classificador e resulta da diferença normalizada entre duas bandas, sendo escolhidas para o presente trabalho as bandas 1 (vermelho) e 2 (verde), onde se conseguiu separar objetos considerados como cobertura vegetal (Figura 3.8) e, por sua vez, o *intensity*, (Figura 3.9) que separa as diferentes intensidades de brilho entre os objetos, solo exposto de alta reflectância e asfalto de baixa reflectância (Figura 3.10). Os atributos espaciais aplicados são a área e o *rect_fit* que calcula o quão próximo o objeto é de um retângulo, sendo eficiente para subtrair formas irregulares da classe almejada (Figura 3.11).

Quadro 3.1 – Regras para atributos aplicados na classificação.

	Atributos			
	Espectral		Espacial	
Propriedades	<i>Bandratio</i>	<i>Intensity</i>	Área	<i>Rect_fit</i>
Intervalo de valores	-1.0 – 1.0	0 – 1.0	-	0 - 1
Regras para classificação	< -0.1059	> 0.4745	> 17.3361	> 0.4693

Figuras 3.7 – Filtro conforme *bandratio*.



Figura 3.8 – Cobertura vegetal



Figura 3.9 – Filtro conforme *intensity*.



Figura 3.10 – Solo exposto.



Figura 3.11 – Filtro conforme *rect_fit*.



As dificuldades que envolveram a classificação se encontram na limitação da resolução radiométrica da imagem de 8 bits na composição escolhida, sendo distinguidos 255 tons de cinza, frequentemente insuficientes para realizar boa classificação em imagens de altíssima resolução, tendo em vista a diversidade e quantidade de objetos que podem ser diferenciados no espaço urbano, e complexidade de diferenciá-los (JENSEN, 2011).

Ao aplicar-se os filtros nas regras determinadas, houve na avaliação das regras relativas ao atributo espectral (Tabela 2) uma boa extração dos objetos correspondente as áreas ocupadas por construções com cobertura de assinatura espectral característicos de telhas de argila, como grande parte das residências possuem esse tipo de telhado; estima-se que 90% das construções foram identificadas por esse processo. No entanto, existem residências, ocupações industriais e comerciais que possuem assinaturas espectrais do telhado fora do padrão investigado. Realizou-se, então, reclassificação da imagem de maneira manual em ambiente SIG, visando incorporar esses objetos. Por processo metodológico de classificação supervisionada manual, foi realizado classificação de áreas cultivadas e espelhos d'água, através da interpretação visual da imagem em ambiente SIG.

A reclassificação consistiu em integração das informações extraídas em ambiente SIG, sendo estas agregadas à informação em formato *shapefile*, à classe de área urbana ocupada.

Para a validação houve campanhas de campo para identificação da verdade terrestre. A análise da exatidão global foi realizada através da matriz de confusão de Richards (1998) amostrada em pontos randômicos no total de 300 (Quadro3.4).

Quadro 3.4 – Matriz de confusão

<i>Comparação Modelo vs Verdade</i>		Verdade de campo		Total de Pixels	Erros de Inclusão (%)	Pixels bem classificados (%)
		<i>Área ocupada</i>	<i>Área não ocupada</i>			
Classificação	<i>Área ocupada</i>	42	9	51	17,65	82,45
	<i>Área não ocupada</i>	9	240	249	3,61	96,49
Total de pixels		51	249	300	Exatidão Global	94%

Por meio da matriz de confusão foi composto o coeficiente de concordância Kappa, utilizado por Cohen (1960) para validação da classificação, sendo este coeficiente um dos mais utilizados para a função, pois proporcionam que todos os elementos da matriz são considerados, tais como erros de omissão, erros de inclusão, assim como o percentual de pixels bem classificados e total de pixels analisados (Equação 3.1)

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_i}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_i} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

Onde:

$\sum x_{ii}$ = Somatório de pixels classificados corretamente;

$\sum x_i$ = Somatório de pixels classificados incorretamente;

N = Número total de pixels;

r = Número de linhas e colunas.

Os valores de taxa de ocupação foram calculados conforme a classificação realizada. A taxa de impermeabilização foi calculada de acordo com (Equação 3.2):

$$TI = To + 15 \quad (\text{Eq. 3.2})$$

TI= Taxa de impermeabilização do solo

To = Taxa de Ocupação

O valor 15 é o valor em porcentagem da taxa de impermeabilização média na área, relativa às vias asfaltadas, de acordo com a Lei orgânica nº 7.987/96 da Prefeitura de Fortaleza. Sendo que os dados foram compilados em setores censitários, para melhor representação espacial na área de estudo.

A taxa limite de impermeabilização do solo é uma importante medida não estrutural para controlar o problema. Ela é diretamente ligada à taxa de ocupação e foi indicada como fundamental para diminuir o impacto da urbanização sobre o ciclo hidrológico.

Na área estudada há o limite de taxa de ocupação de 45%, ou seja, as construções podem ocupar somente esse percentual da área do lote urbano, enquanto o mínimo de área permeável é de 40%. Portanto, há na Lei nº 7987/96 uma diferença percentual de 15% entre a área ocupada e o limite de impermeabilização do solo, que é de 60%. Esses 15% são constituídos de impermeabilização causada pela pavimentação asfáltica e/ou calçadas. Tal valor é geralmente identificado como um padrão urbanístico que é adicionado à taxa de ocupação, identificando assim a quantificação da impermeabilização do solo (TUCCI, 2006).

A quantificação das taxas de ocupação foi definida por setor censitário, dada seu atributo de escala que possibilitou melhor espacialização do fenômeno estudado. A classificação foi validada pelo Índice de Conformidade de Kappa, sendo calculado o valor de 78.7 e, portanto, há conformidade substancial, de acordo com Landis; Koch (1977) (Tabela 3.1).

Quadro 3.1 – Valores do Índice de Conformidade de Kappa.

Valores de Kappa	Interpretação
<0	Sem conformidade
0 - 0.19	Pouca conformidade
0.20 - 0.39	Média conformidade
0.40 - 0.59	Moderada conformidade
0.60 - 0.79	Conformidade substancial
0.80 - 1.00	Conformidade quase perfeita

Fonte: LANDIS, J.; KOCH, G., 1977

3.4. Aspectos de esgotamento sanitário

A investigação da área quanto ao saneamento foi baseada em análise de dados dos censos de 2000 e 2010 do IBGE, observando-se a evolução da área estudada quanto aos dados de domicílios com serviço de captação de efluente via esgoto sanitário, fossas sépticas e fossas rudimentares. Os dados de densidade de abastecimento, fossas sépticas e rudimentares, relativos ao censo de 2010, foram representados por setor censitário através da ferramenta SIG.

Os dados de quantidade de domicílios com esgotamento sanitário via sistemas estáticos, ou seja, fossas sépticas e rudimentares, foram representados através de valores normalizados pela área dos setores censitários (Equação 3.3):

$$D = N_{sr}/A_{sc} \quad (\text{Eq. 3.3})$$

D = Densidade de domicílios com esgotamento sanitário via fossa séptica ou rudimentar;

N_{sr} = Número de domicílios com esgotamento sanitário via fossa séptica ou rudimentar;

A_{sc} = Área de cada setor censitário (km²).

Tal procedimento foi realizado para fins de comparação com a legislação pertinente e entre os próprios setores censitários que possuem áreas diferentes.

3.5. Balanço hídrico climático e estimativas de recarga

O balanço hídrico foi realizado com dados climatológicos da Estação Meteorológica de nº 356 localizada no *Campus* Universitário do Pici – UFC. O cálculo de balanço hídrico foi baseado na Equação 3.4.

$$P - ETR - R - I = \Delta S \quad (\text{Eq. 3.4})$$

Onde:

P = Precipitação (mm);

ETR = Evapotranspiração real (mm);

R = Deflúvio (mm);

I = Infiltração (mm).

Para o cálculo da recarga foi utilizado Castany (1975), pois a hidrogeologia da área é caracterizada pela ocorrência de aquíferos livres, nos quais a principal fonte de recarga é a precipitação. Castany (1975), partindo da equação geral do balanço hídrico, propõe a aplicação da Equação 3.5.

$$PPT = ES + ETR + I \quad (\text{Eq. 3.5})$$

Onde:

PPT = Precipitação (mm);

ES = Escoamento superficial (mm);

ETR = Evapotranspiração real (mm);

I = Infiltração (mm).

Conforme a Equação 3.6, a lâmina de água superficial virá a fazer parte do escoamento superficial, evapotranspiração real ou da infiltração. Desta última, considera-se a contribuição hídrica para atingir a capacidade de campo do solo, como infiltração efetiva, que contribuirá para a recarga hídrica subterrânea (Castany, 1975).

$$I_e = PPT - ETR \quad (\text{Eq. 3.6})$$

Onde:

I_e = Infiltração Efetiva (mm);

PPT = Precipitação (mm);

ETR = Evapotranspiração Real (mm).

Tal formulação considera que o escoamento superficial é insignificante, por conta de características morfológicas do solo que propiciam boa permeabilidade e infiltração.

Os dados foram dispostos em tabelas e gráficos, conforme a descrição hidroclimática da área de estudo e a estimativa de recarga anual. Foram utilizados dados de 1966 à 2014, ou seja, uma série histórica de 48 anos.

A ETP é calculada segundo a expressão de Thorntwait (1975) (Equação 3.7).

$$ETP = 16 (10T / I)_a \times K \quad (\text{Eq. 3.7})$$

Onde:

ETP = Evapotranspiração potencial (mm);

T = Temperatura média mensal (°C) (referente ao período considerado);

I = Índice térmico anual;

K = fator de correção que depende da latitude do lugar e da insolação média mensal, valores tabelados por Vilella & Matos (1975).

O índice térmico anual (I) é calculado conforme a Equação 3.8:

$$I = \sum_{i=1}^{12} I_i \quad (\text{Eq. 3.8})$$

$i=1$;

Em que: $I_i = (T_i / 5) 1,5$;

T_i = temperatura média mensal;

i = índice térmico mensal, que varia de 1 a 12 e somados dão o índice térmico anual (I).

O índice “a” foi obtido em função do índice térmico, sendo dado pela Equação 3.9.

$$a = 0,49239 + (1792 \times 10^{-5} I) - (771 \times 10^{-7} + I^2) + (675 \times 10^{-9} I^3) \quad (\text{Eq. 3.9})$$

O volume de recarga anual foi calculado com base na Equação 3.10.

$$R = I_e \cdot A \quad (\text{Eq.3.10})$$

R = Recarga anual (mm)³

I_e = Infiltração efetiva

A = Área

3.6. Hidrogeologia, captação e abastecimento por água subterrânea

A caracterização hidrogeológica da área foi realizada por meio do mapa hidrogeológico obtido do Atlas do Ceará e perfis de poços na área, buscando individualizar os sistemas hidrogeológicos da área, identificando as vazões relativas aos aquíferos e a disposição dos filtros dos poços tubulares. Os dados de vazão dos poços foram extraídos do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS/CPRM.

A captação e abastecimento com água subterrânea foi obtida dos dados dos Censos de 2000 e 2010 do IBGE, buscando a evolução histórica de 10 anos do tipo de abastecimento de água, considerando a expansão urbana ocorrida na área. Também foi utilizado o cadastro dos 64 poços na

área. Os dados considerados foram: tipo de poço (poços manuais e tubulares); tipo de revestimento; tipo de distribuição; uso da água; famílias abastecidas e fontes alternativas aos poços.

3.7. Qualidade da água

Nesta etapa, houve a elaboração dos mapas de campo de condutividade elétrica e pH, ambos medidos *in situ* em 50 poços. Após a fase de coleta de água, as amostras foram analisadas no Laboratório de Geologia Ambiental DEGEO/UFC. Na interpretação dos resultados utilizou-se a aplicação de krigagem ordinária por meio do *software* Surfer 12, produzindo mapas preliminares de zoneamento.

Os resultados dos dados de laboratório foram dispostos e mapas de zoneamento de pH, NO_3^- , STD, utilizando krigagem ordinária do *software* Surfer 12. A interpretação dos parâmetros pH, NO_3^- , NO_2^- , nitrogênio amoniacal e STD foram realizadas por meio de estatística multivariada, método de Análise de Componentes Principais – ACP, por meio do *software* ANDAD (SOUSA; SOUZA, 2000).

3.8. Fluxo da água subterrânea

O fluxo hídrico foi calculado conforme os dados de carga hidráulica medidas a partir do nível estático dos poços e da cota da boca do poço. De acordo com Fetter (1993), a carga hidráulica pode ser expressa na Equação 3.11.

$$h = z + p/\gamma \quad (\text{Eq. 3.11})$$

Onde:

h = Carga hidráulica (m);

z = elevação do nível (m);

p = massa específica sobre o volume;

γ = peso específico sobre o volume.

Em aquíferos livres a “ p ” é nula, pois a pressão será sempre correspondente à atmosférica, portanto $h = z$. Conforme os dados levantados em campo, a carga hidráulica foi calculada segundo a Equação 3.12.

$$h = ne - (c - ab) \quad (\text{Eq. 3.12})$$

Onde:

h = Carga hidráulica (m);

ne = Nível estático (m);

c = Altitude (m);

Ab = Altura da boca do poço (m).

O nível estático foi obtido com um medidor de nível d'água, e a altitude foi extraída da carta topográfica de Fortaleza, escala 1:5.000 com intervalo de 2 m.

Em aquíferos livres formados por sedimentos ou rochas sedimentares que apresentam comportamento típico de meios porosos, o mapa de fluxo pode identificar áreas de recarga, principalmente quando está diretamente associada a contribuição pluvial. A caracterização do fluxo hídrico subterrâneo foi baseada em dados de carga hidráulica de 25 poços amostrados na área de estudo.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O reconhecimento das características físico-naturais da área de estudo é um importante aspecto de estudo para a compreensão do fenômeno estudado na área de estudo, estas foram descritas conforme as características climáticas, geologia, geomorfologia solos e vegetação.

4.1. Clima

Para a classificação climática do Brasil, Alvares *et al.* (2014) aplicaram os critérios utilizados por Köppen (1934, *apud* Alvares *et al.* 2014), que coloca a faixa do litoral avançando continuamente para N e NW da região Nordeste, que abrange a área de estudo como (As) clima tropical e verão seco. As temperaturas médias anuais entre estão entre 26 e 28 °C, com máximas frequentes de 31 e 32 °C (CEARÁ, 2006). A pluviométrica média é entre de 1.592 (mm) com predominância de chuvas de fevereiro a maio. Na zona litorânea a evapotranspiração anual é de 2.300 mm, podendo alcançar 3.300 mm em anos mais secos (CEARÁ, 1992).

As condições climáticas são marcadas pela sazonalidade. As chuvas são concentradas em quatro meses do ano, a nebulosidade apresenta índices de 6 décimos, atingindo mais de 7,6 décimos no período chuvoso, e durante a estiagem de 2 a 4 décimos, além da exposição ao Sol de cerca de

2.650 h/dia a 3.000 h/dia com incidência de luz que atinge de 6h/dia, no período chuvoso, a 9 h/dia (CEARÁ, 1992).

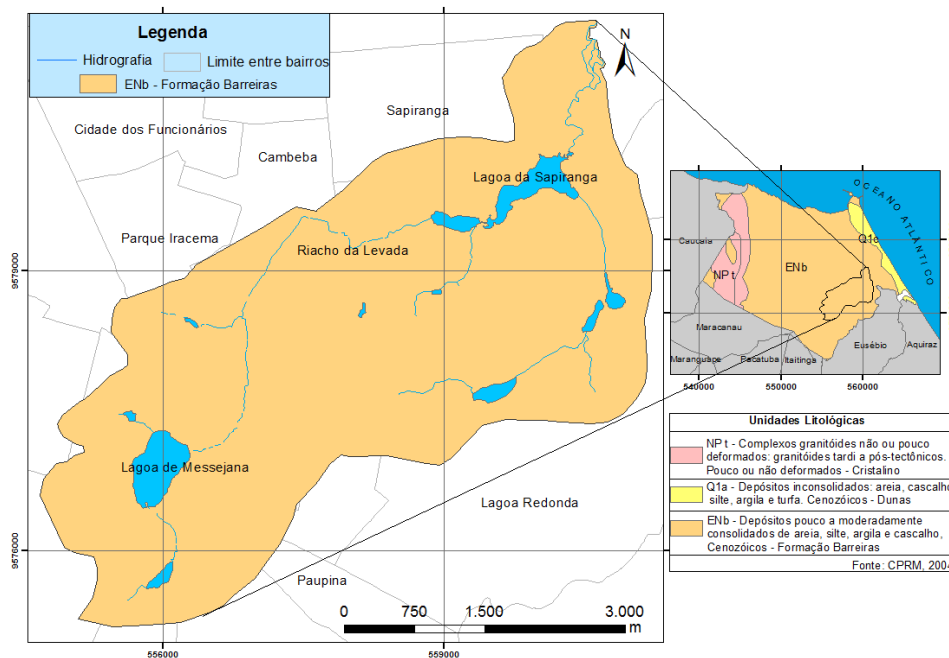
Os sistemas atmosféricos que influenciam o comportamento hidroclimático do município de Fortaleza produzem estabilidade atmosférica em pelo menos seis meses do ano. Esses podem ser classificados como fenômenos de grande escala, cujos principais são: a ZCIT – Zona de Convergência Intertropical que, segundo Nimer (1989), é o sistema atmosférico mais atuante nessa parte na Região Nordeste, chegando à máxima meridional no final do verão. A orientação da ZCIT está sujeita a variações tanto pela atuação do El niño e La niña, quanto pelo dipolo do atlântico (MAGALHÃES; ZANELA, 2011); Os Vórtices Ciclones de Altos Níveis – VCAN's atuam como sistema de baixa pressão, causando estabilidade climática no seu centro e instabilidade ao longo das bordas, onde se encontra com frequência aglomerados de nuvens que giram em sentido horário; e o Sistema Tropical Atlântico – STA que ao adentrar no continente perde suas taxas de umidade, chegando a causar estabilidade meteorológica na região do município de Fortaleza (ZANELLA, 2005).

Outros sistemas meteorológicos que atuam na área são conhecidos como Sistemas de Mesoescala representados pelos Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM's, que atuam nos meses de fevereiro e maio, causando chuvas torrenciais principalmente na Faixa Atlântico Norte da Região Nordeste; Linhas de Instabilidade – LI provocadas pelo efeito da maritimidade associada ao sistema de brisas marítimas que atingem o litoral entre os meses de março a novembro, com o progressivo fortalecimento da ZCIT na região (MOURA, 2008). Existem, também, as Ondas de Leste que se originam na costa, atingindo o setor oriental da região nordeste, mas que podem provocar chuvas no Ceará quando ocorrem condições atmosféricas favoráveis (NIMER, 1989).

4.2. Geologia

A geologia da área de estudo corresponde à ocorrência aflorante de sedimentos pouco ou não litificados da Formação Barreiras (ENb) sotopostos ao embasamento cristalino (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Unidades litológicas existentes na área de estudo.



4.2.1. Formação Barreiras

A Formação Barreiras (ENb) ocorre da zona costeira cearense, sendo litologicamente formada por arenitos, conglomerados e por níveis de sedimentos siltoargilosos, não ou pouco litificados (BRANDÃO 1995). Tais sedimentos são de origem terrígena do Mioceno ao Pleistoceno Inferior. Ocorrem ao longo da faixa costeira do país da Região Norte até o Rio de Janeiro, correspondendo outrora a rampas detríticas coalescentes mergulhando em direção ao Oceano Atlântico. As fontes de sedimentação são correlatas com eventos de soerguimento epirogenético, que edificaram as superfícies culminantes em diversos pontos do interior brasileiro (BEZERRA, 2001).

A disposição de material disponível para erosão é associada às flutuações climáticas que impulsionaram o aumento do material deposicional. Segundo Nunes *et al.* (2011, p. 26), tal condição proporcionou que “a contribuição de materiais-fonte variados fossem depositados em diversas condições de relevo e em plataformas continentais com extensões distintas, o que oportunizou a formação de diferentes rochas sedimentares”. Desse modo há variedade textural dos sedimentos assim como materiais de complexa descrição composicional detalhada.

4.1.1. Embasamento Cristalino

A origem dessas rochas está associada a eventos tectônicos pretéritos e formação de cadeia de montanhas resultante de falhas convergentes. De acordo com Maia *et al.* (2010), formações orogêneses Neoproterozóicas conhecidas como Ciclo Transbrasiliano, que originou o megacontinente Panófia, sofreu reorganização durante o Cretáceo com a divisão do Pangéia. As paisagens foram esculpidas por sucessivas fases erosivas preferencialmente sobre zonas de cisalhamento reativadas e algumas arqueadas durante reativação no Cretáceo e Cenozóico (MAIA; BEZERRA, 2014).

Tal condição tornou algumas áreas aplainadas caracterizadas por fases erosivas. São marcadas as feições de pediplano modelado no embasamento pré-cambriano, posteriormente recoberto ao norte por sedimentos neogênicos (CLAUDINO-SALES; PELVAST, 2007). No caso da área de estudo, o embasamento encontra-se sotoposto a Formação Barreiras, representado pelas rochas do Complexo Ceará, sendo caracterizado como Complexo Paragneiss, migmatizado do Proterozóico Superior (CPRM, 2004).

4.2. Geomorfologia

Na área de estudo, a feição do relevo é representada por Tabuleiros Pré-litorâneos caracterizados como *glacis* de deposição constituídos por sedimentos da Formação Barreiras, durante o Mioceno e Pleistoceno Inferior, onde sua morfologia característica ocorre entre os interflúvios, se dispondo de modo paralelo à linha da costa, na retaguarda de sedimentos que compõem a Planície Litorânea (SOUZA, 2009).

Os relevos plano e suave ondulado proporcionam maior espalhamento dos corpos hídricos superficiais, que apresentam uma susceptibilidade natural às inundações ribeirinhas, principalmente em áreas periodicamente ocupadas pelas lagoas costeiras. Os inter-flúvios são recortados por Planícies Fluviais relativamente extensas, e mesmo Planícies Flúvio-lacustres onde vales rasos e alongados favorecem sua presença (CARLEIAL; ARAÚJO, 2010).

4.3. Solos

O mosaico de solos reflete principalmente as características da rocha matriz ou sedimentos, além do feitiço geomorfológico. De uma forma geral, a disposição dos solos sobre relevos tabuliformes nas áreas de interflúvios, ocorre em associação de Argissolo vermelho-amarelo

abrupto plúntico ou equivalente eutrófico com textura argilosa, ambos com vegetação subcaducifólia e caatinga arbórea e horizonte A moderado. Nas Planícies Fluviais Lacustres há ocorrência de Planossolos Solódicos e Planossolo Nátrico, com mata ciliar de carnaúba (BRASIL, 1973).

A predominância de Argissolos refletindo pedogênese e acréscimo do material argiloso resulta em horizonte B – textural ou Bt de base fraca. No entanto, a urbanização e elevadas taxas de ocupação em algumas áreas mascaram a investigação pedológica e mudam as características do solo de forma a alterar sua morfologia por construções e pavimentação, além da retirada da vegetação nativa.

4.4. Vegetação

A vegetação é atributo-espelho do equilíbrio natural do sistema ambiental e reflexo da pressão exercida sobre este. O contexto paleo-climático durante o Quaternário resultou em fases mais frias acompanhadas pelo rebaixamento do nível do mar, que corresponde à retração das áreas úmidas, com o avanço da vegetação aberta (Campo, Cerrado e Caatinga), enquanto as fases mais quentes relacionavam-se possivelmente no nível oceânico mais elevado, quando então ocorreriam as maiores expansões das florestas (FERNANDES, 2003). As áreas atuais, mais úmidas da região nordeste, configuram-se como áreas de refúgios, inclusive de espécies arbóreas, que outrora constituíam a vegetação sob um clima mais úmido (SILVA, 2011).

No litoral encontra-se vegetação mista, que resulta das condições ambientais mais favoráveis às espécies arbórea-arbustivas sob influência climática de maior umidade comparando-se as áreas de ocorrência da caatinga típica. Na área de estudo, a vegetação dominante é o Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, descrita como uma zona de transição entre litoral propriamente dito e a caatinga, nessas áreas são comuns no litoral nordestino vegetação conhecidas como Mata de Tabuleiro, identificados como Complexo Florístico (BRITO *et al.*, 2006).

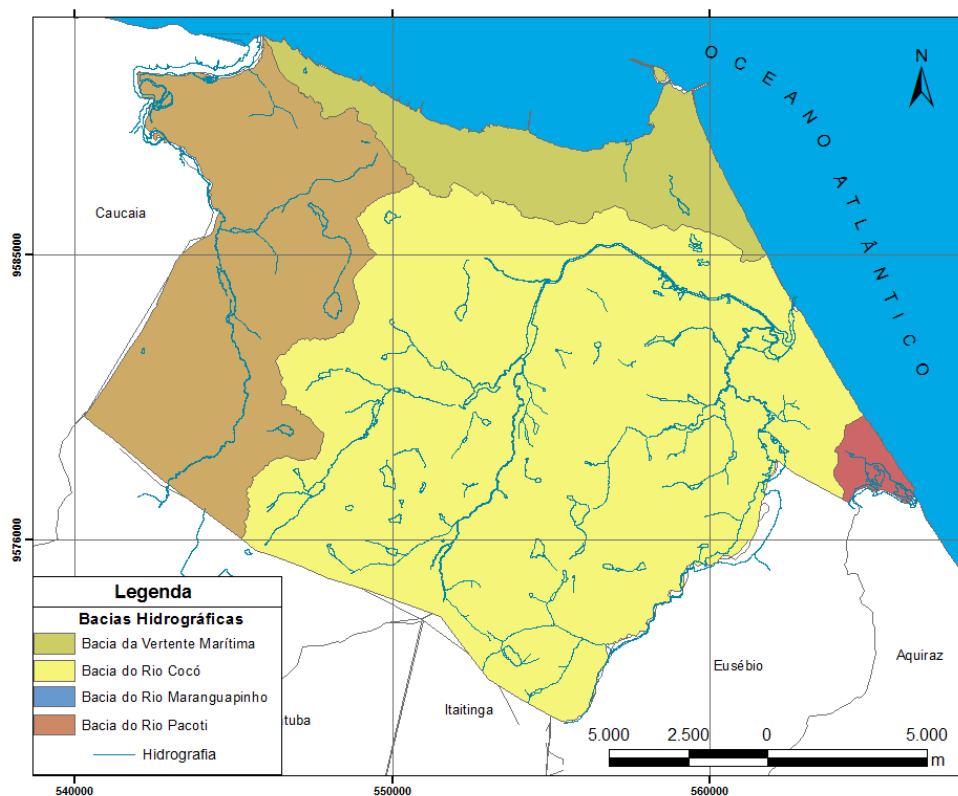
Apresentam um porte predominantemente arbóreo-arbustivo onde se destacam as seguintes espécies: murici (*Byrsonima crassifolia*), carrasco (*Coccoloba* sp), erva de rato (*Eugenia* sp), casca-grossa (*Maytenus rígida*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), pau d'arco roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) (MORAIS *et al.*, 2006). No entanto, devido aos impactos decorridos principalmente da urbanização, avalia-se que poucas áreas verdes de vegetação natural são presentes na área de estudo, reflexo também da introdução de muitas espécies exóticas.

4.5. Hidrografia

O município de Fortaleza faz parte da Bacia Metropolitana, sendo esta um conjunto de rios que se direcionam a zona costeira. Ela possui 10.825 km² e um escoamento médio anual de 1554 hm³ (CEARÁ, 2010). Os rios são intermitentes, reflexo do efeito de sazonalidade climática e escoamento resultante das águas pluviais. Tal condição se expressa em menor grau na zona costeira onde os sedimentos cenozóicos possuem maior contribuição do fluxo de base em uma topografia plana a suave ondulada.

Nesse contexto, o Município de Fortaleza é dividido em quatro bacias hidrográficas, sendo elas: as Bacias do Rio Maranguapinho; Bacia do Rio Cocó, que abrange maior parte do município; Bacia do Rio Pacotí, no extremo Leste da cidade, e; Bacia da Vertente Marítima, que corresponde a riachos que deságuam diretamente no mar (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Bacias hidrográficas do Município de Fortaleza



Os rios são de baixa competência e formam vales de pouca expressão topográfica (SOUZA, 2009) resultando, por vezes, em lagoas costeiras que são elementos marcantes na dinâmica

hidrográfica, resultando do nível freático que alimenta esses corpos hídricos e, em muitos casos, são identificados como nascentes. Na área de estudo os principais corpos hídricos superficiais são representadas pela lagoas de Messejana e da Sapiranga, perenes e interconectadas pelo riacho da Levada, principal ambiente lótico da área.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação e discussão tratam da interpretação dos dados de modo a identificar os elementos importantes acerca da hipótese trabalhada. É composta por: Balanço hídrico e estimativa de recarga; Hidrogeologia; Captação e uso das águas subterrâneas; Situação sanitária; Uso e ocupação do solo; Qualidade das águas.

5.1. Balanço hídrico e estimativa de recarga

O balanço hídrico climático anual é um importante indicador que reflete a disponibilidade hídrica natural quanto às características climáticas. Ele consiste basicamente na diferença entre Precipitação média (P) e Evapotranspiração média (ETP) mensal. De acordo com Sokolov e Chapman (1981) “A partir de um estudo de balanço hídrico é possível fazer uma avaliação quantitativa de recursos hídricos e suas modificações por influência de atividades humanas” (p. 12).

Os cálculos do balanço hídrico são utilizados para estimar a recarga de aquíferos. Vasconcelos (1999, p. 174) coloca que “a quantificação da recarga de águas subterrâneas através do balanço hídrico é um processo estimativo, uma vez que utiliza valores médios de séries históricas na equação de balanço de massa”. Sokolov e Chapman (1981) consideram que o conhecimento do balanço hídrico de uma região possibilita uma avaliação indireta de qualquer componente hídrico dentro desta. Assim, a partir dos dados de balanço hídrico climático de uma série histórica que vai de 1966 a 2014, estimou-se a infiltração média efetiva.

A lâmina de água (mm) disponível para a infiltração resulta da diferença entre P (Precipitação) – ETP (Evapotranspiração Potencial), quanto P não ultrapassa o valor da ETP considera-se $ETR = P$. Quando P ultrapassa a ETP ocorre então o disponibilidade de água para que haja o suprimento da capacidade de campo (C) do solo e, ultrapassado este, ocorre então a Infiltração efetiva - I_e . (Quadro 5.1).

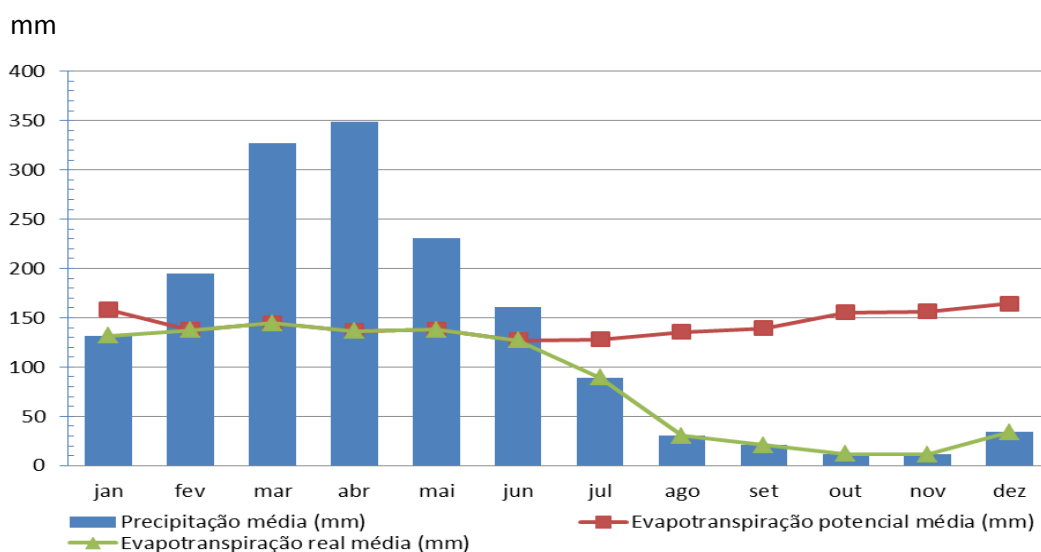
Quadro 5.1 – Dados para cálculo de infiltração efetiva anual – Ie

	P (mm)	T °C	I	K	ETP (mm)	P-ETP	C (mm)	ETR (mm)	Ie (mm)
jan	131,81	27,33	12,78	1,06	158,12	-26,31	0	131,81	0
fev	195,01	27,10	12,62	0,95	137,34	57,67	57,67	137,34	0
mar	327,46	26,74	12,37	1,05	144,44	183,02	100	144,44	125,35
abr	348,73	26,69	12,33	1	136,63	212,09	100	136,63	212,09
mai	230,94	26,62	12,28	1,02	137,91	93,03	100	137,91	93,03
jun	160,97	26,25	12,03	0,99	127,11	33,86	100	127,11	33,86
jul	89,43	26,08	11,91	1,02	127,90	-38,46	62,54	89,43	0
ago	30,22	26,42	12,14	1,03	135,43	-105,21	0	30,22	0
set	20,69	26,83	12,43	1	139,24	-118,55	0	20,69	0
out	12,07	27,27	12,74	1,05	155,25	-143,18	0	12,07	0
nov	11,41	27,47	12,88	1,03	156,55	-145,14	0	11,41	0
dez	33,88	27,63	12,99	1,06	164,51	-130,63	0	33,88	0
Total	1592,61	-	149,50	-	1720,42	-	-	1012,94	464,33

Legenda: P – Precipitação; T – Temperatura; K – Fator de correção dependente da Latitude (VILELA & MATOS, 1975); ETP – Evapotranspiração Potencial; C – Capacidade de campo; ETR – Evapotranspiração Real; Ie – Infiltração efetiva.

Ressaltam-se os altos valores de ETP, maiores que P em sete meses do ano, resultando em déficit hídrico climático anual de 127,8 mm. O déficit hídrico cessa entre os meses de fevereiro e junho, quando a $P > ETP$, e a $ETR = P$ por haver água disponível para tal (Figura 5.1). No entanto, a Ie ocorre nos meses entre março e abril quando $C = 100$, o que provoca recarga anual de 464,3 mm (Tabela 5.1).

Figura 5.1 – Balanço hídrico climático e infiltração



A recarga é a contribuição hídrica que pode aumentar o volume de água do aquífero, sendo esta a principal recarga das águas subterrâneas em aquíferos livres. Esse processo ocorre por força gravitacional e/ou condicionamento hidráulico em uma direção específica (VASCONCELOS, 1999). O fluxo hídrico descendente que ocorre após ultrapassada a capacidade de campo do solo, continua pela zona subsaturada até atingir o nível freático. Segundo Bogomolov (1949), essa porção de água é chamada de *água gravitacional* sendo sujeita ao fluxo descendente livre e ao efeito de capilaridade.

Com $I_e = 0,46$ m que corresponde à lâmina subsuperficial renovada a cada período chuvoso em anos de normal pluviométrica, e área de $20,92 \text{ km}^2$, tem-se que o volume da recarga natural é de $9,72 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. Essa estimativa também pode ser chamada de recarga potencial, pois associa principalmente os fatores climáticos buscando determinar a disponibilidade de água para uma potencial recarga efetiva do aquífero.

5.2. Hidrogeologia

Os sistemas hidrogeológicos da área são divididos em dois, conforme suas vocações aquíferas: O Sistema Sedimentar representada como Barreiras; e o Sistema Cristalino, que consiste em rochas de baixa porosidade primária, formando embasamento sotoposto ao Barreiras (Figura 5.2).

5.2.1. Domínio Hidrogeológico Sedimentar

- **Barreiras**

O Barreiras é formado por rochas clásticas cuja espessura varia de 20 a 60m e comporta grande variação de fácies (GOMES, 2013). No município de Fortaleza esse sistema possui comportamento variada condutividade hidráulica, podendo apresentar características de aquífero de Bianchi *et al* (1984), o que dificulta o fluxo hídrico, e conseqüentemente, a captação de vazões consideráveis. O rebaixamento médio do nível de água dos poços que captam o Barreiras é de 20 m e nível estático inferior a 15 m (CAVALCANTE, 1998).

No entanto, as características hidrodinâmicas são muito variáveis, com vazões que podem atingir $12 \text{ m}^3/\text{h}$, predominantemente nos bairros do Pici, Conjunto Palmeiras porção sul e Pirambú e Álvaro Weyne (GOMES, 2013). Contudo, as vazões predominantes são inferiores a $2,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (40,5%) e média de $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$ para a Região Metropolitana (CAVALCANTE, 1998).

O Barreiras aflora em quase toda a área de estudo com espessura média de 28m (Quadro 5.2). Dos 19 perfis de poços tubulares analisados no cadastro de poços do SIAGAS, 16 (84%) captam água do Barreiras, em regime exclusivo dessa sistema, refletindo vazões variando de 0,2 a 11,7 m³/h com mediana de 5,3 m³/h (Figura 5.3). O nível estático varia entre 3,6 a 10,2m, com média de 6,6m conforme os dados de campo.

5.2.2. Domínio Hidrogeológico Cristalino (Fraturado)

Nesse sistema a porosidade primária é normalmente inferior a 1%. Segundo Cavalcante (1998, p. 43) “As rochas do embasamento Pré-cambriano representam um contexto de pequena vocação para armazenamento e captação de água subterrânea, decorrente da ausência quase que total de porosidade e condutividade hidráulica primárias”.

Nesse tipo de rocha, a característica aquífera fica sujeitas às fraturas que resultam em porosidade secundária capaz de ceder vazões consideráveis, ou do manto de alteração da rocha matriz. Em Fortaleza, os poços que captam essa unidade possuem profundidade média de 60m com nível estático oscilando entre 10 e 20m. A vazão média é de 2 m³/h, e capacidade específica inferior a 1[(m³/h)/m] (GOMES, 2013).

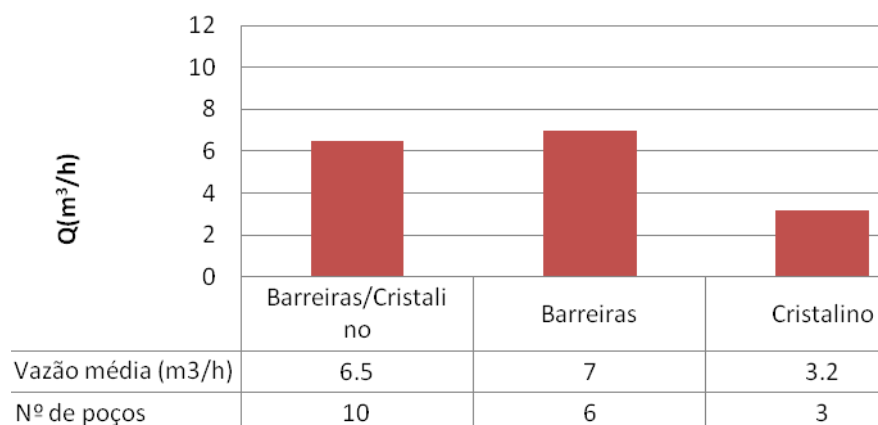
Na área estudada e dos perfis analisados, 58% dos poços do cadastro do SIAGAS captam água do cristalino (Figura 5.3). O topo do cristalino ocorre em profundidades variáveis de 20 a 36m com média de 28m, correspondente ao manto de alteração, que possui espessura média de 3m e tem comportamento de aquífero poroso transferindo água para os aquíferos fissurais (Quadro 5.2). As vazões de poços que captam exclusivamente esse sistema variam entre 2,2 e 4,4 m³/h, com média de 3,2 m³/h de acordo com os dados dos perfis construtivos do SIAGAS na área.

Quadro 5.2 – Profundidade e espessuras médias dos aquíferos na área

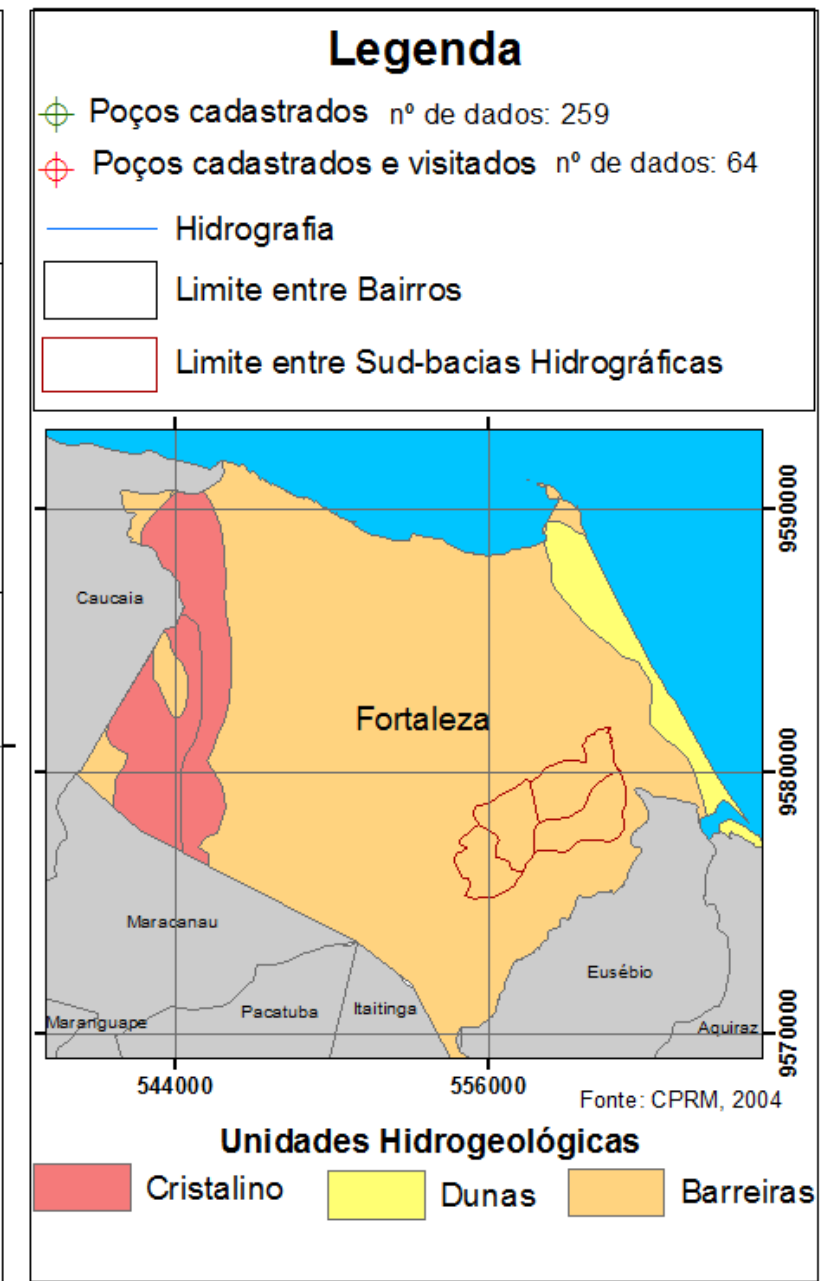
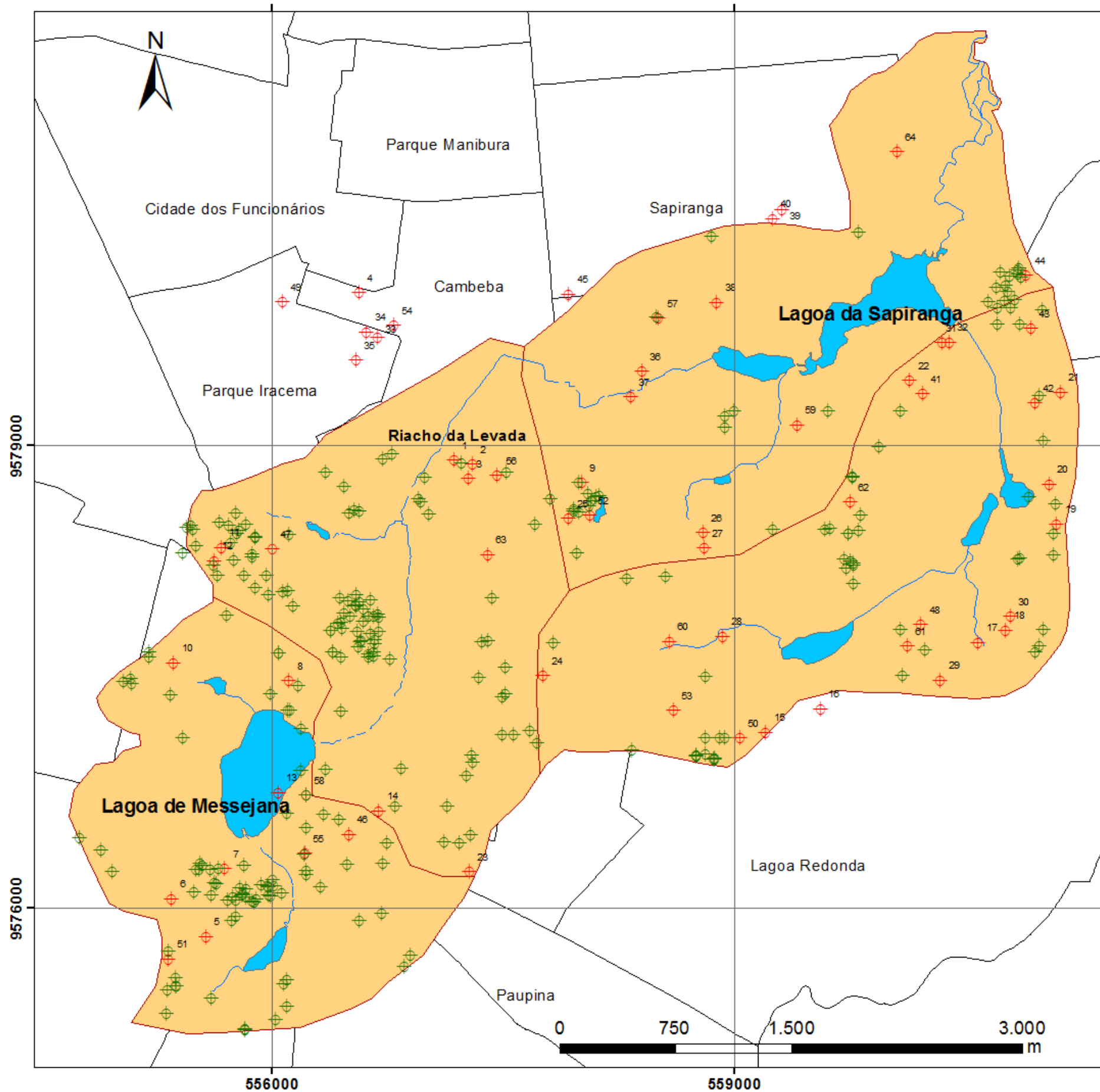
Unidade Hidrogeológica	Sedimentar	Cristalino	
	Barreiras	Manto de alteração	Rocha sã
Espessura média (m)	28	3	-
Profundidade média do topo (m)	-	28	31

Fonte de dados: baseado em 19 perfis de poços (SIAGAS, 2015).

Figura 5.3 – Vazões médias dos poços tubulares em sistemas aquíferos da área



Obs: baseados em 19 perfis seleccionados (SIAGAS, 2015).



Universidade Federal do Ceará
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia
 Programa de Pós-graduação em Geologia

Figura 5.2 - Distribuição de poços e hidrogeologia

Autor: Filipe da Silva Peixoto

Local: Fortaleza Data: 24/01/16

5.3. Captação e uso das águas subterrâneas

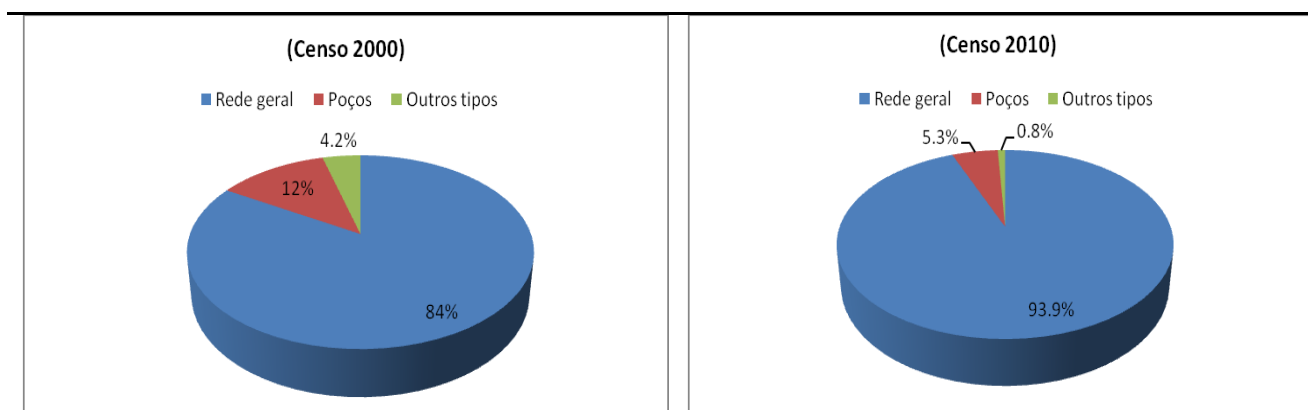
Quanto aos aspectos de captação de água subterrânea, observa-se de modo geral uma associação do crescimento urbano com o uso da água subterrânea. De acordo com Gomes (2013, p. 76) “até o ano de 2002, foram cadastrados na RMF 12.704 poços, sendo que em Fortaleza possui um número de 7.281, dos quais 6.519 são particulares, 695 públicos e 67 não se tem informações”.

Na área de estudo observa-se uma expansão da infraestrutura urbana que exerce padrões diferenciados de uso e ocupação do solo, bem como uso dos recursos naturais disponíveis. No ano 2000 o número de domicílios era de 24.395 e no ano de 2010 esse número cresceu para 25.207, houve um acréscimo de 812 domicílios, o que aumentou, sobretudo, a expansão horizontal na área.

Houve, contudo, uma diminuição do número de domicílios abastecidos por água subterrânea, e a grande maioria das residências são abastecidas com água da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Mesmo com a expansão no número de domicílios, ocorreu uma substituição de fontes de abastecimento de água, por consequência da expansão do serviço de abastecimento de água. Entre 2000 e 2010 houve decréscimo de número de domicílios que utilizam água via captação subterrânea de 2.955 para 1324. Desse modo, 94% dos domicílios da área são abastecidos pela rede geral de distribuição. Houve uma diminuição percentual de 12% para 5,3% da proporção de domicílios que utilizam poços como fontes principais ou alternativas de abastecimento de água (Figura 5.4).

Esses dados significam, evidentemente, expansão no serviço de abastecimento de água, tendo em vista o objetivo de universalização desse serviço na cidade. No entanto, a diminuição de abastecimento proveniente da água subterrânea pode diminuir a preocupação da população com o meio ambiente subterrâneo local, além do não provimento adequado de esgoto doméstico, o que tende a aumentar a utilização do sistema subterrâneo como área de disposição desses efluentes.

Figura 5.4 – Tipos de abastecimento de água na área de estudo



Fonte: Censos (IBGE, 2001 – 2011).

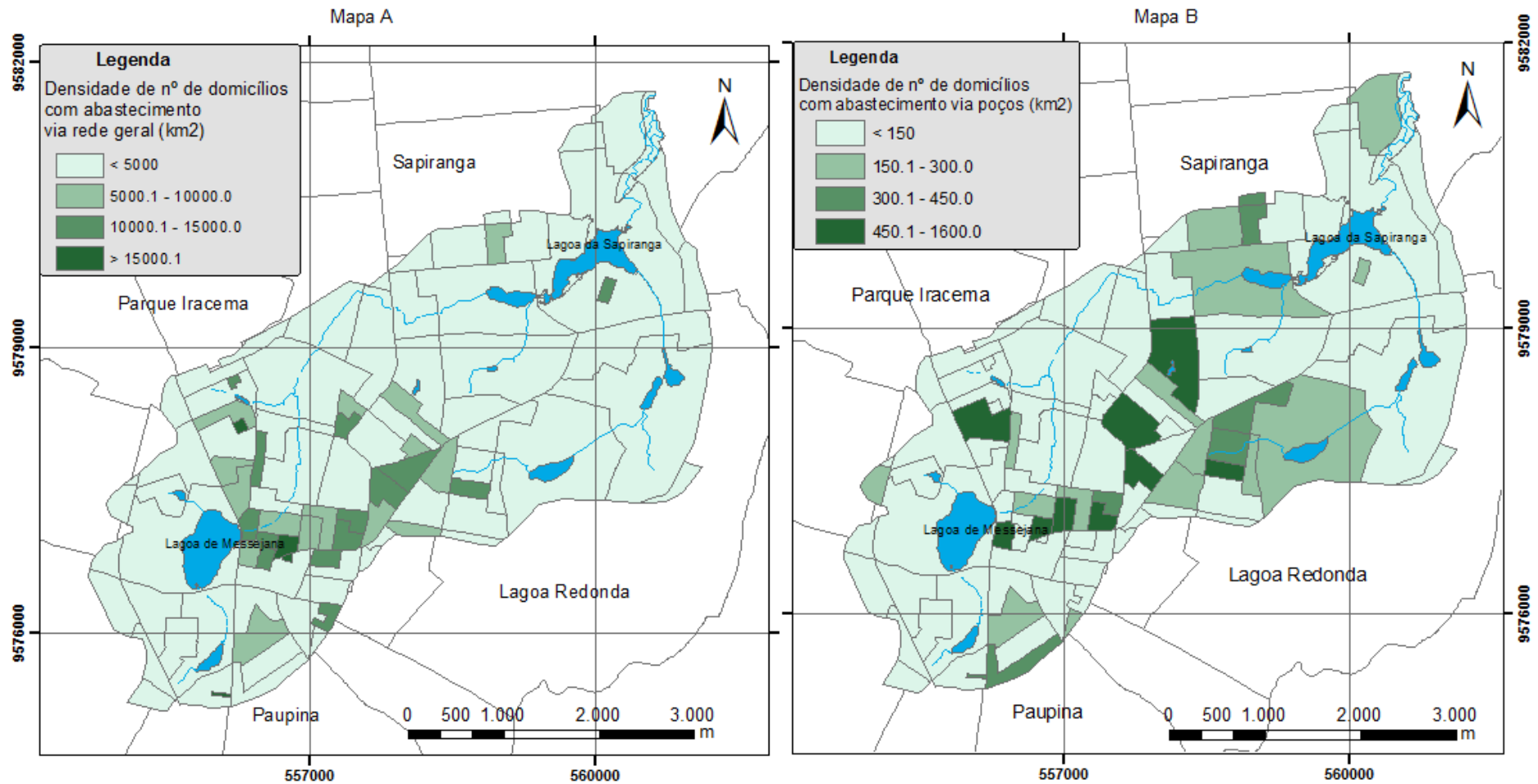
O aumento de domicílios abastecidos por poços não necessariamente representa a substituição completa do abastecimento e a consequente desativação do poço. Em algumas áreas observa-se que há uma similaridade entre as maiores densidades de domicílios abastecidos por rede geral e por poço (Figuras 5.5 A e B).

5.3.1. Tipos de captação

A captação da água subterrânea na área ocorre através de poços manuais simples (cacimbas), e poços tubulares. Os primeiros são caracterizados por escavações realizadas com ferramentas manuais, com diâmetro próximo de um metro, e os segundos podem ser classificados como poços tubulares rasos e poços tubulares profundos (CARMO; COSTA, 2010). A escolha quanto ao tipo de captação depende da demanda hídrica, a qualidade da água exigida, o nível estático, além da disposição financeira a empregar-se na obra.

Foi observada uma densidade considerável de poços, com 297 poços e, destes, 259 são provenientes dos cadastros prévios. Foram cadastrados e/ou visitados 64 poços, onde cadastrou-se 38 novos poços (Anexo I). Dos 64 poços visitados, 11 se encontram fora da área de estudo e foram utilizados somente como pontos de amarração na krigagem para a produção dos mapas de zoneamento de pH e STD *in situ*.

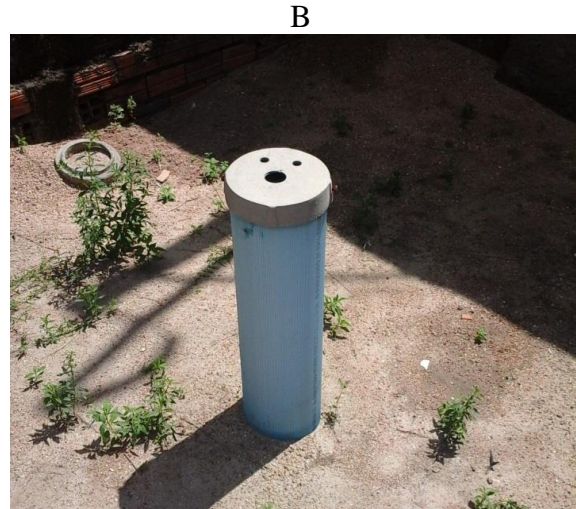
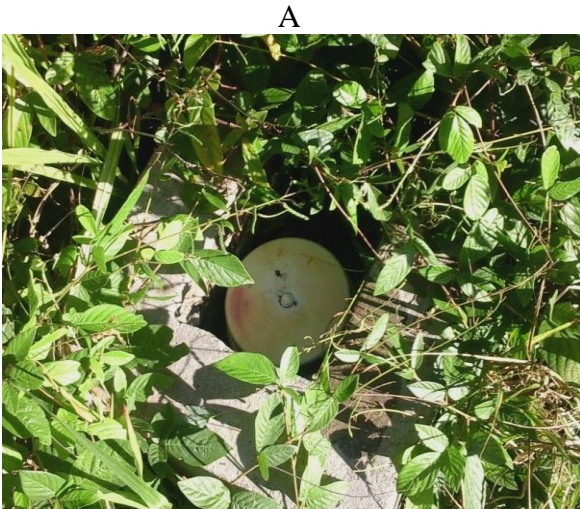
Figura 5.5 – (A) Distribuição da densidade de domicílios com abastecimento de água via rede geral; (B) Distribuição da densidades de domicílios com abastecimento via poços.



Fonte de dados: Censo 2010 (IBGE, 2011)

Portanto, para os aspectos construtivos foram trabalhados dados de 43 poços. Foi verificado inatividade em 11 (21%) dos poços, cujo os principais motivos são entulhamento, quebra de bomba e contaminação (Figura 5.6 A e B).

Figuras 5.6 – (A) e (B) poços tubulares inativos.



A maioria dos poços é tubular (80%) com profundidades que variam entre 78 m e 4 m, média de 55 m (Figura 5.8). Destes, 4 (8%) possuem formas de abastecimento coletivo (chafarizes), dos quais 3 são públicos e 1 privado. Os chafarizes são responsáveis pelo abastecimento alternativo de 10 a 15 famílias (Figura 5.7 A e B).

Figuras 5.7 – A e B: Abastecimento coletivo via chafariz público no Bairro Sapiranga na Rua Dr. Airton Bezerra.

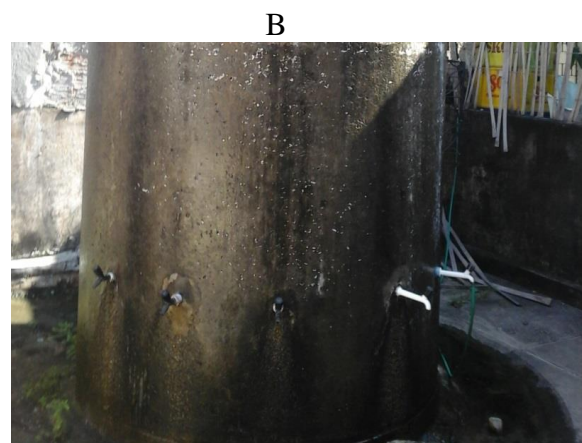
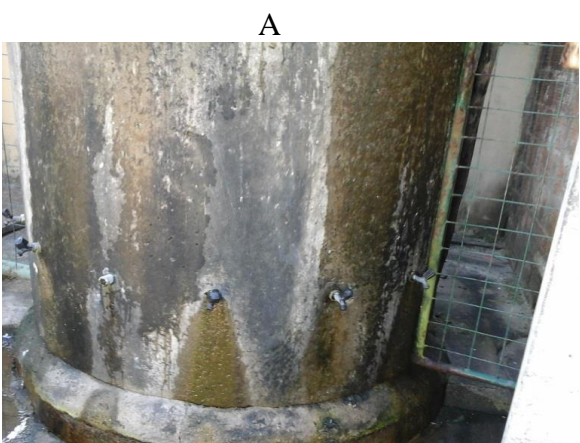
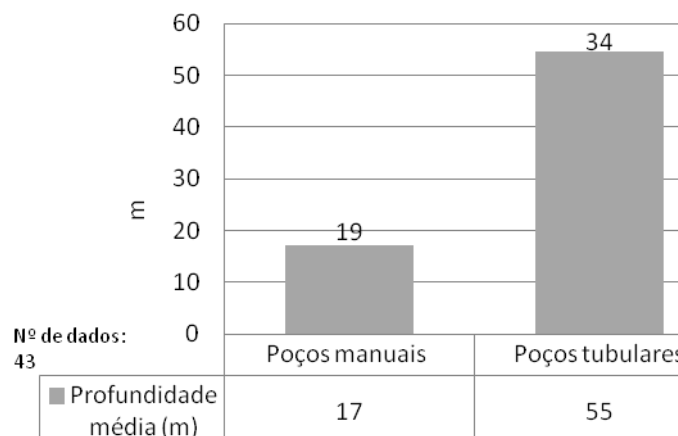
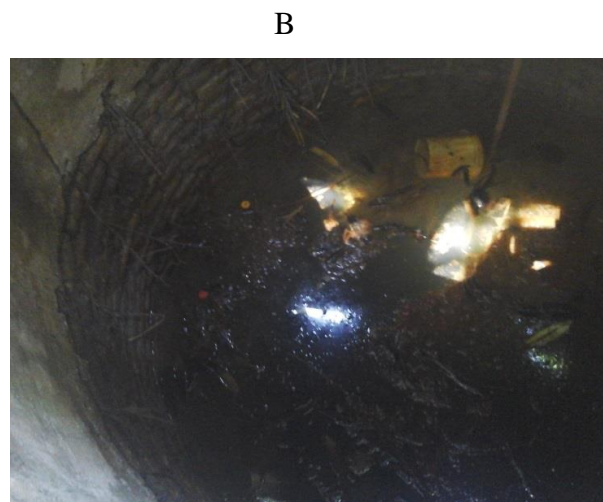


Figura 5.8 - Número e profundidade de poços.



Os poços manuais possuem boa representatividade na área e estão associadas a tipos de abastecimento doméstico alternativo. São responsáveis por 36% do número de captações, com profundidade média de 17 m, oscilando entre 4 e 29 m. Na maioria dos poços manuais foram observadas condições inadequadas de manutenção e limpeza, sobretudo com relação à manutenção da obra (Figuras 5.9 A e B).

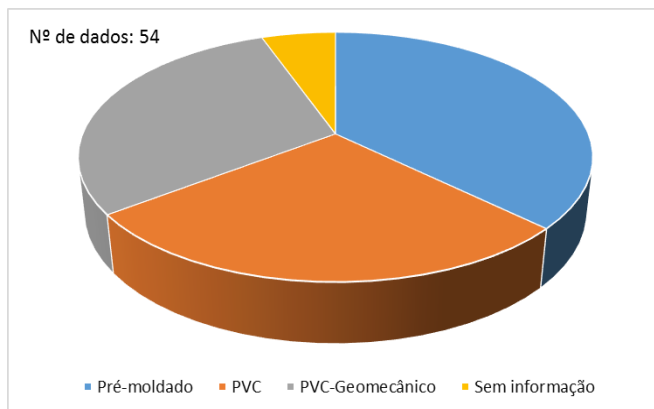
Figuras 5.9 – (A) Más condições de isolamento; (B) Poço com presença de matéria orgânica na superfície da água.



Quanto aos aspectos construtivos, os tipos de revestimentos marcaram as principais diferenças. Da totalidade dos poços, há variação de quatro tipos de revestimentos: pré-moldados, que atingiram a quase totalidade das cacimbas, dentre as quais apenas uma possuía revestimento de alvenaria; dos poços tubulares, 28% são revestidos com PCV, sendo que o PVC Geomecânico

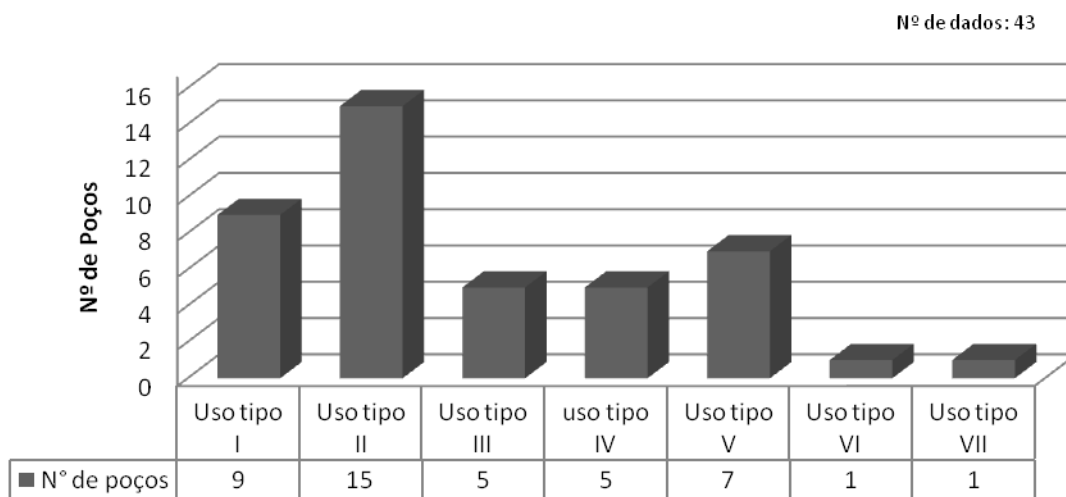
estabelecido pela NBR 13.895 (ABNT, 1997) como material apropriado para esse fim, foi utilizado na maioria dos poços tubulares (Figura 5.10).

Figura 5.10 – Tipos de revestimento dos poços



O abastecimento doméstico é o principal uso, ao qual está associado a outros tais como irrigação e recreação. Cerca de 44% dos poços são direcionados para o abastecimento doméstico, incluindo-se o consumo humano. 23% dos poços não apresentaram usos alternativos a destinação principal da água (Figura 5.11).

Figura 5.11 – Tipos de uso da água captada por poços



Legenda: I - Abastecimento doméstico
 II - Abastecimento doméstico incluindo ingestão
 III - Abastecimento doméstico e recreação
 IV - Abastecimento doméstico e irrigação
 V - Uso para serviços gerais e irrigação
 VI - Irrigação
 VII - Industrial

5.4. Situação do esgotamento sanitário

O esgotamento sanitário é uma das vertentes de atuação do saneamento básico, tendo como função a disposição e tratamento de dejetos viabilizando seu retorno ao ambiente natural de forma a não causar impactos negativos neste. O saneamento básico é entendido pela WHO (2015) como o controle dos fatores resultantes da influência do homem capazes de gerar efeitos nocivos ao seu bem estar físico e mental.

O esgotamento sanitário é um serviço necessário para garantir a salubridade e controle de fatores que podem gerar doenças na saúde humana, sobretudo em ambientes urbanos e de grandes contingentes populacionais, onde a produção e a diversidade dos esgotos aumentam drasticamente com o aumento da população. De acordo com Heller *et al.* (1995), o serviço de esgoto deve resultar em “coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura dos resíduos, nestes incluídos os rejeitos provenientes das atividades domésticas, comerciais, serviços, industriais e públicas” (p. 13). Azevedo Neto e Botello (1995) afirmam que a oferta de esgotamento sanitário em toda a sua área é o mínimo de salubridade para uma grande cidade.

Nas cidades, os resíduos mais comuns são de natureza industrial e doméstica. Os esgotos industriais possuem, em geral, quantidades de metais pesados acima do VMP's e, assim, necessitam de tratamento geralmente realizado no próprio empreendimento. Os esgotos domésticos, contudo, possuem mais de 70% de matéria orgânica e podem ser variáveis quanto a sua composição (DALTRON FILHO, 2004).

As principais formas de esgotamento sanitário de efluentes domésticos são redes gerais coletoras e sistemas estáticos. Os primeiros são coletivos e promovem a captura dos efluentes realizando o transporte destes para locais de tratamento (DALTRON FILHO, 2004). O segundo representa soluções individuais que, de acordo com Oliveira & Von Sperling (2011), podem ser opções de baixo custo, como fossas de diversos tipos ou de custo mais elevado como tanques sépticos, também chamados de fossas sépticas.

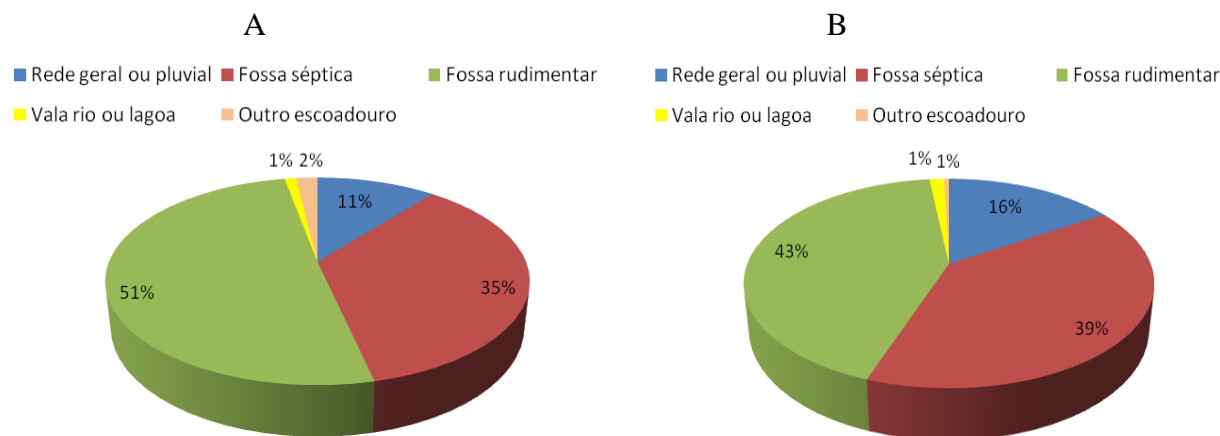
As fossas sépticas se encaixam como soluções alternativas ao sistemas coletores. Daltron Filho (2004) coloca que as fossas sépticas são soluções para áreas periurbanas com infraestrutura de água encanada. De acordo com a NBR-7229 da ABNT (1993), o tanque séptico é uma unidade cilíndrica ou prismática retangular, que permite o tratamento do efluente por meio do fluxo

horizontal, que realiza processos de sedimentação, flotação e digestão podendo ser de câmara única ou câmaras em série.

A fossa rudimentar, ou fossa negra, é aquela que não obedece aos requisitos construtivos e de operação estabelecidos na ABNT, tratando-se basicamente de resíduos dispostos diretamente em buracos ou valas sem qualquer tipo de mecanismos próprios para mitigação da carga poluente. Além destas, as valas também são obras inadequadas para disposição de esgotos. Na área de estudo, apenas 16% dos domicílios estão ligados ao sistema coletor de esgoto via rede geral ou pluvial, sendo que, 72 setores censitários (78%) não possuem rede coletora de esgoto.

Há evidência de condições inadequadas de esgotamento sanitário e um incipiente quadro de melhoria nessas condições, muito longe das ideais. Entre os anos de 2000 e 2010 houve um pequeno aumento do percentual de domicílios ligados à rede geral de serviço de esgoto, ou pluvial, além da diminuição percentual de fossas rudimentares; porém, em 2010 elas ainda representaram mais de 10.665 unidades responsáveis pela disposição de esgoto doméstico de 43% dos domicílios (Figura 5.12 A e B).

Figura 5.12 – (A) Sistemas de esgotamento sanitário de domicílios em 2000; (B) Sistemas de esgotamento sanitário de domicílios em 2010.



Fonte: Censos 2001 e 2011 (IBGE)

O risco desses dispositivos atuarem como agentes contaminantes depende das condições hidrodinâmicas do meio subterrâneo, assim como a densidade destes por área. Beal *et al.* 2005 (*apud* OLIVEIRA & VON SPERLING, 2011) apontam os principais valores de densidade estabelecidos de densidade de fossas sépticas de acordo vários estudos realizados (Figura 5.1). Segundo Oliveira e Sperling (2011) “um fator essencial para o gerenciamento sustentável de

sistemas estáticos de esgoto é a existência de área suficiente para a assimilação da carga potencial contaminante” (p. 100).

Tabela 5.1 – Estudos que mostram risco de contaminação por meio da densidade de fossas sépticas.

Área média abrangida por cada sistema (m ²)	Densidade de Sistemas (por km ²)	Comentários	Referência
65.000	15	Densidade de tanques sépticos acima deste valor representa região com potencial problema de contaminação de águas subterrâneas	USEPA, 1977; Geary e Whitehead, 2001
2.000 – 4.000	250 - 500	Modelamento simplificado mostrou aumento da concentração de N abaixo de TAS, quando a densidade média aumentava.	Perkins, 1984, <i>apud</i> Beal <i>et al.</i> , 2005b.
1.000 – 12.000	85 – 1.000	Faixa de densidades onde a contaminação da água subterrânea foi reportada	Yates <i>et al.</i> , 1986
10.000	100	Exemplo de densidade para sistemas não centralizados baseada na capacidade assimilativa de poluentes mínima (N, P, organismos patogênicos)	Jelliffe, 1999
2.000 – 4.000	250 - 500	Baseado nas cargas de aplicação média de nutrientes e hidráulica dos sistemas centralizados e nas distâncias mínimas para remoção de patogênicos.	Geary e Gardner, 1998
50.000 – 100.000	10 - 20	Recomendado para áreas ambientalmente sensíveis em termos de N e P.	Gerritse, 2002, <i>apud</i> Beal <i>et al.</i> , 2005b

$$\text{Área média (m}^2\text{/unidade)} = 1.000.000 \text{ (m}^2\text{/km}^2\text{)} / \text{densidade (unidades/km}^2\text{)}$$

Fonte: BEAL *Apud. et al.*, (2005 OLIVERA & VON SPERLING ,2011).

A NBR 13.969 da ABNT (1997) estabelece o limite de instalação de dispositivos de fossas sépticas por unidade de área, sendo esse limite de 10 dispositivos/ha, ou seja, 1000/km². Essa medida parte do princípio que é necessário que a densidade desses dispositivos não ultrapasse a capacidade de suporte local, que é correspondente a área, para remover os agentes contaminantes. No entanto, os valores de densidade de fossas sépticas capazes de causar contaminação nas águas subterrâneas são variáveis entre 10/km² e 1.000/km². Também oscilam em função das diferentes características do meio subterrâneo e natureza e grau mobilidade do contaminante. O recomendado pela USEPA é de que esse valor seja inferior a 15 unidades/km², enquanto a recomendação da ABNT é de estabelece um número 66 vezes maior.

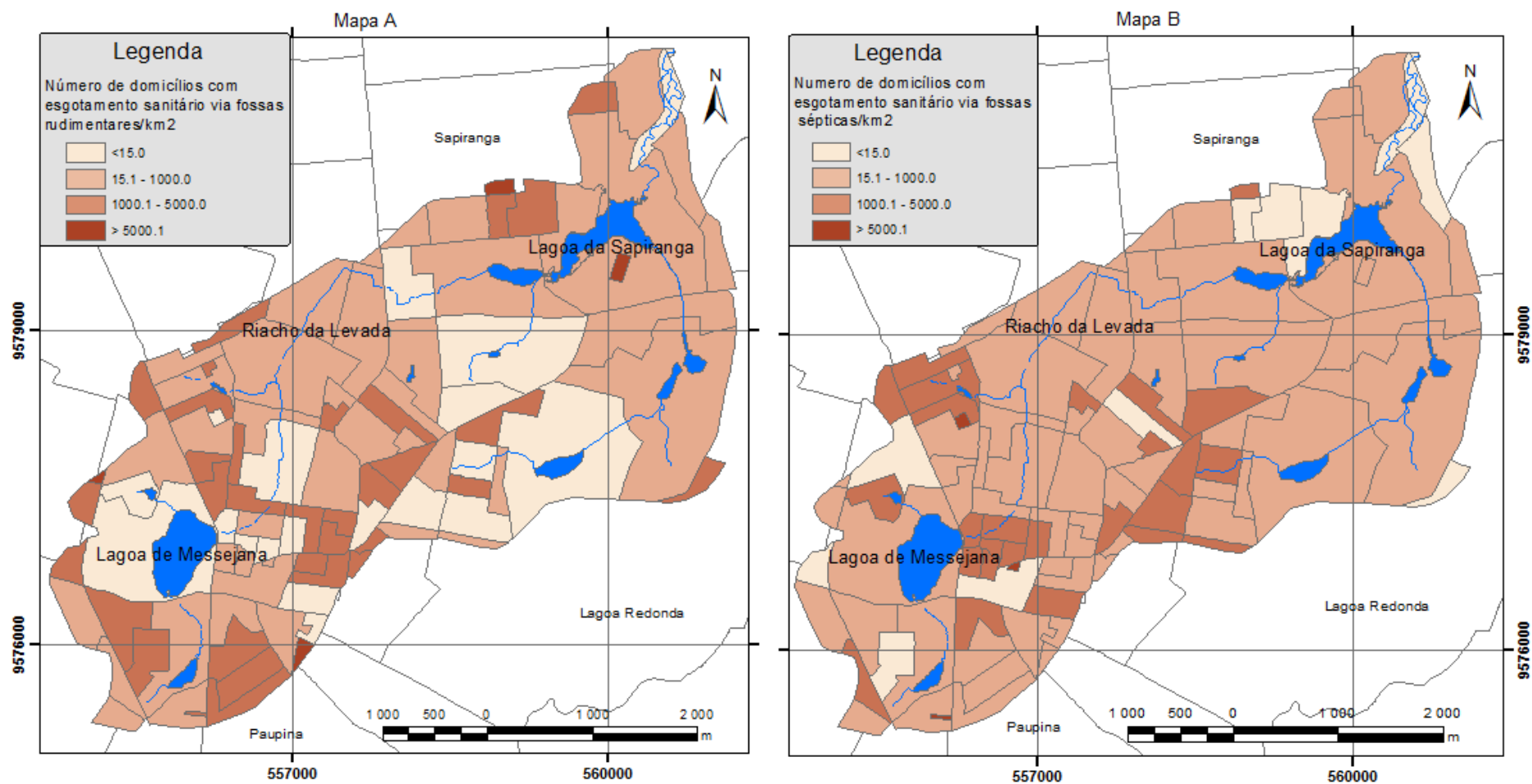
Estudos dos últimos 10 anos em cidades brasileiras atribuíram às fossas sépticas e rudimentares a principal fonte de contaminação por nitrato. Bernice (2010), na cidade de Urânia - SP, comprova a contaminação com valores de até 100 mg/L de NO₃⁻, ressaltando, ainda, que se fosse implantado rede de coleta de esgoto 100% eficiente, seriam necessários 10 anos para acabar com os efeitos da contaminação sobre os aquíferos rasos e 90 anos nos aquíferos mais profundos cujo topo se situa a 120 m de profundidade. Barbosa (2005) comprova concentrações acima de NO₃⁻

> 45 mg/L em até 36% das amostras associadas a presença de efluentes domésticos via fossas sépticas e rudimentares no bairro Pinanema na cidade de Sedopédica-RJ. Carneiro *et al.* (2009) em estudo no Morro Santa Teresinha na cidade de Fortaleza - CE detectaram concentrações elevadas de N-NO_3^- na água subterrânea, cuja principal fonte contaminante é atribuída ao péssimo serviço de esgotamento sanitário em sua maioria realizado por fossas sépticas e rudimentares.

As densidades de fossas sépticas e rudimentares mostram a grande deficiência do esgotamento sanitário na área. As densidades de domicílios com esgotamento sanitário via fossas sépticas corresponde ao número desses domicílios dividido pela área do setor censitário que ele pertence. Observa-se que em muitos setores é ultrapassada a densidade estabelecida pela NBR 7229 de no máximo 1000 fossas sépticas/ km^2 , esse limite é superado em 29 (30%) setores censitários, ao supor que cada um desses domicílios possui uma fossa séptica (Figura 5.13A).

A quantidade de fossas sépticas totalizou 9.842 dispositivos e a densidade possui média de 1.187 e mediana de 324,2 número de fossas sépticas / km^2 . Enquanto o número de fossas rudimentares é de 10.665, esses últimos, não atendendo padrão ou norma construtiva, desse modo, há maior probabilidade de atuarem como fonte contaminante, sobretudo, porque na área 38 (40%) dos setores censitários possuem densidades de domicílios com esgotamento via fossa séptica maiores que 1000, contendo densidade média de 2.363,5 e mediada de 413,0 que corresponde ao número de fossas rudimentares / km^2 , ao supor que cada um desses domicílios possuem uma fossa rudimentar (Figura 5.13B). Os valores da densidade de fossas sépticas e rudimentares são irrealis, ou seja, não correspondem ao número real de fossas, à medida que estes se caracterizam pelo número de fossas sépticas normalizado pela área em km^2 de cada setor censitário analisado e representado no mapa.

Figura 5.13 – (A) Densidades de fossas rudimentares/km²; (B) Densidades de fossas sépticas/km².



Fonte de dados: Censo 2010 (IBGE, 2011).

5.5. Taxa de ocupação de impermeabilização dos solos

A taxa de ocupação do solo, ou seja, a porcentagem de área construída, que reflete diretamente o percentual de impermeabilização, é estabelecida pela Lei Municipal de Uso e Ocupação do Solo. Para estabelecer os padrões de ocupação, a referida Lei considerou padrões diferenciados para unidades de ocupação, chamadas de Macrozonas de Densidade. Essas unidades são classificadas em: *Macrozona Urbanizada*, como área atendida integralmente pela rede de abastecimento d'água e parcialmente pela rede de esgotos, inclusive as expansões projetadas desta, onde se verifica a maior concentração da população e melhores condições de infraestrutura; *Macrozona Adensável* da área atendida em parte pelo sistema de abastecimento d'água, sem sistema de coleta de esgotos, onde se verifica uma tendência de expansão das atividades urbanas; *Macrozona de Transição*, constituindo-se da área do Município não adensada, sem infraestrutura de água e esgotos, com características urbanas e rurais, configurando-se como área de reserva para a expansão urbana, além de *Macrozonas Especiais* identificadas por características ambientais, culturais e econômicas diferenciadas (Tabela 5.2).

A área de estudo é parcelada no plano diretor como áreas com processos de ocupação relativamente menores, inseridas em Macrozona Adensável e Macrozona de Transição (Figura 5.14).

Figura 5.14 – Macrozonas de densidade na área de estudo

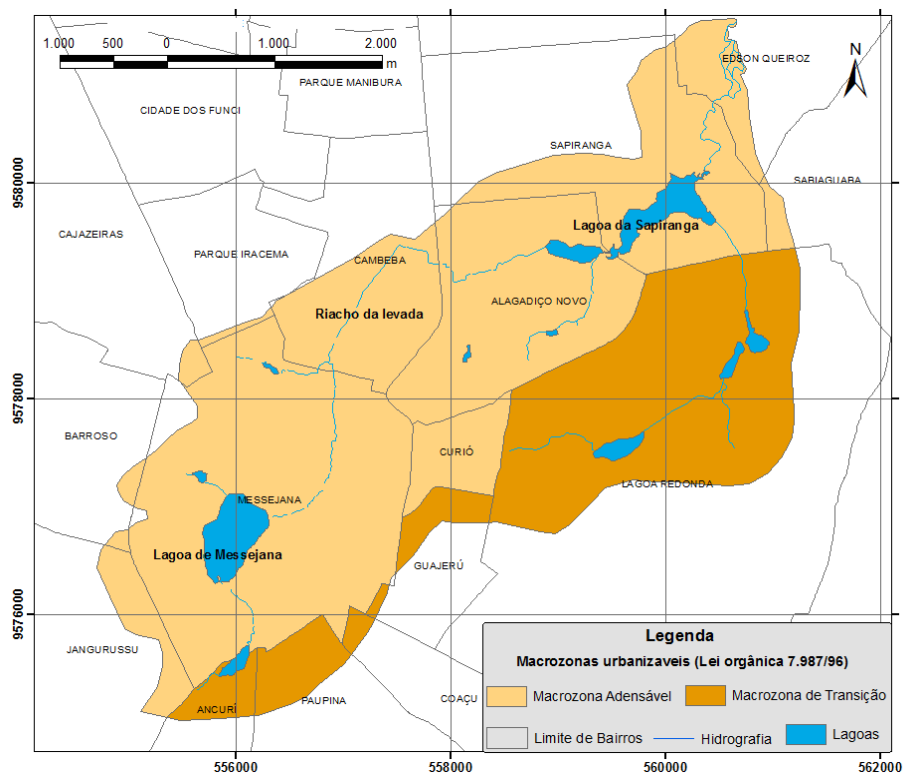


Tabela 5.2 – Macrozonas de Densidade

Macrozonas de Densidade	Mínimo de permeabilidade (%)	Taxa de ocupação (%)
Urbanizada	20 – 40 *	45 – 60*
Adensável	40	45
Transição	40	45
Especiais	10 - 50	80 – 33

* Variam conforme as subdivisões das zonas estabelecidas no plano

Fonte : Lei orgânica nº 7887/96.

Os valores atribuídos a cada Macrozona de Densidade é congruente com o planejamento municipal em torno da expansão física da cidade, decorrente de uma orientação de compatibilidade de uso do solo conforme a aptidão destes, tanto em decorrência das condições naturais, como dos serviços e equipamentos demandados pelo modo de vida urbano. Contudo, de acordo com alguns dos objetivos do plano, consta no Art. 1º, § 1:

§ 1 - A ordenação das funções da cidade através da utilização racional do território, dos recursos naturais, e do uso dos sistemas viário e de transporte, quando do parcelamento do solo, da implantação e do funcionamento das atividades industriais, comerciais, residenciais e de serviços; **II** - a preservação e a proteção do ambiente natural e cultural; **IV** - a compatibilidade da densidade das atividades urbanas com as condições naturais, bem como com a infra-estrutura instalada e projetada; **V** - a intensificação do processo de ocupação do solo, à medida que houver ampliação da capacidade da infra-estrutura preservando-se a qualidade de vida da coletividade;

A lei dispõe de forma a adquirir os princípios que presentes no desenvolvimento sustentável, quando a conservação dos recursos naturais aliados aos interesses econômicos, na tentativa de regulamentar o processo de ocupação. A taxa limite de impermeabilização do solo é uma importante medida não estrutural para isso, sendo diretamente ligada à taxa de ocupação e indicada como fundamental para diminuir o impacto da urbanização no aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, na maior frequência e magnitude das inundações.

A classificação da imagem foi realizada de maneira a extrair as áreas ocupadas por construções (Figura 5.15 A e B). Os dados de taxa de ocupação compilados em setores censitários permitiram melhor representação espacial, de modo a comparar as condições atuais de ocupação com os valores limites estabelecidos por lei. Além disso pode-se observar a relação das áreas ocupadas com os aglomerados subnormais definidos pelo IBGE (2010), os quais definem áreas sem regulação urbanística (Figura 5.16).

Figura 5.15 – (A) Imagens do satélite Quickbird; (B) Classes de áreas impermeabilizadas pela urbanização.

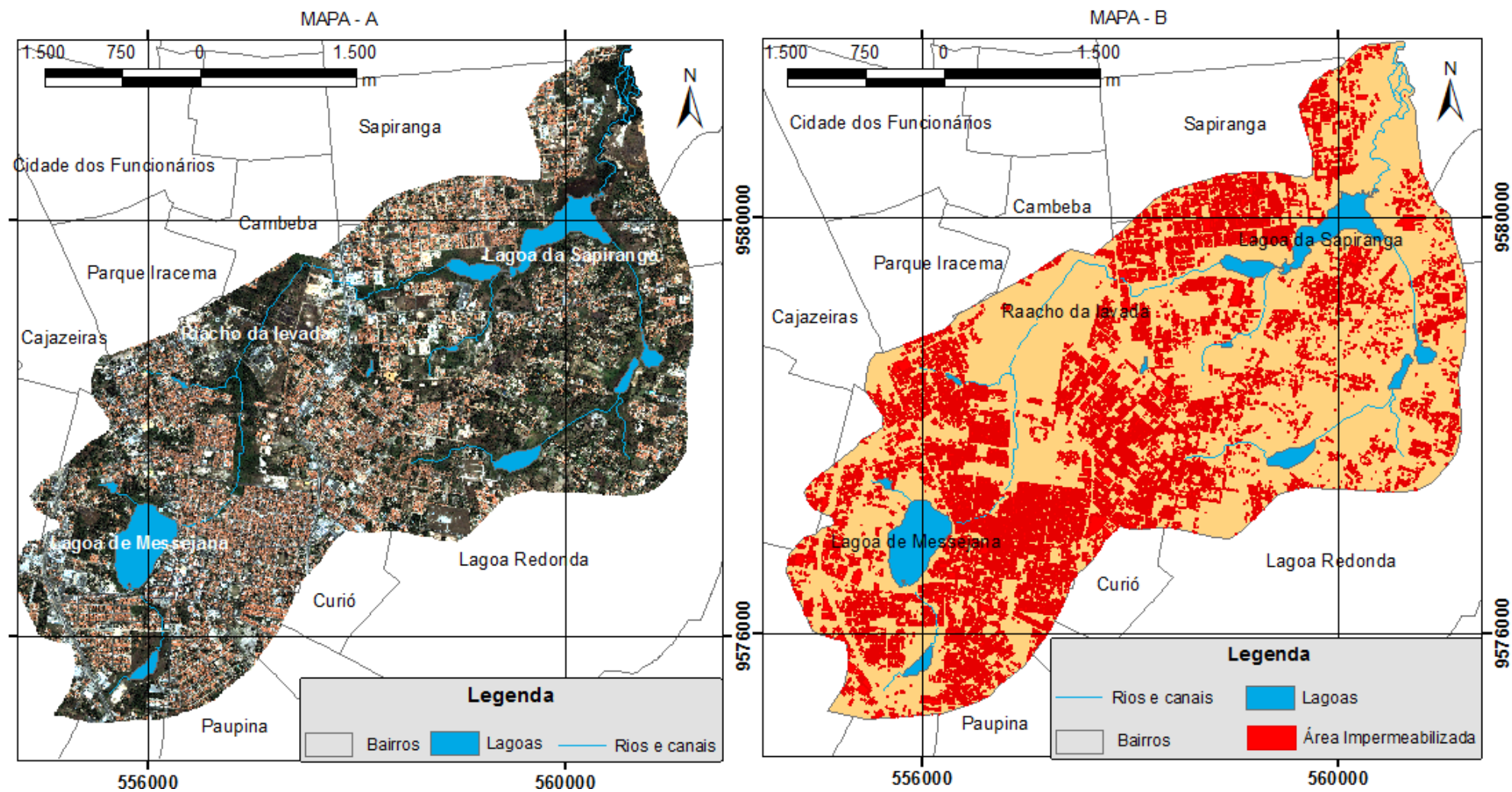
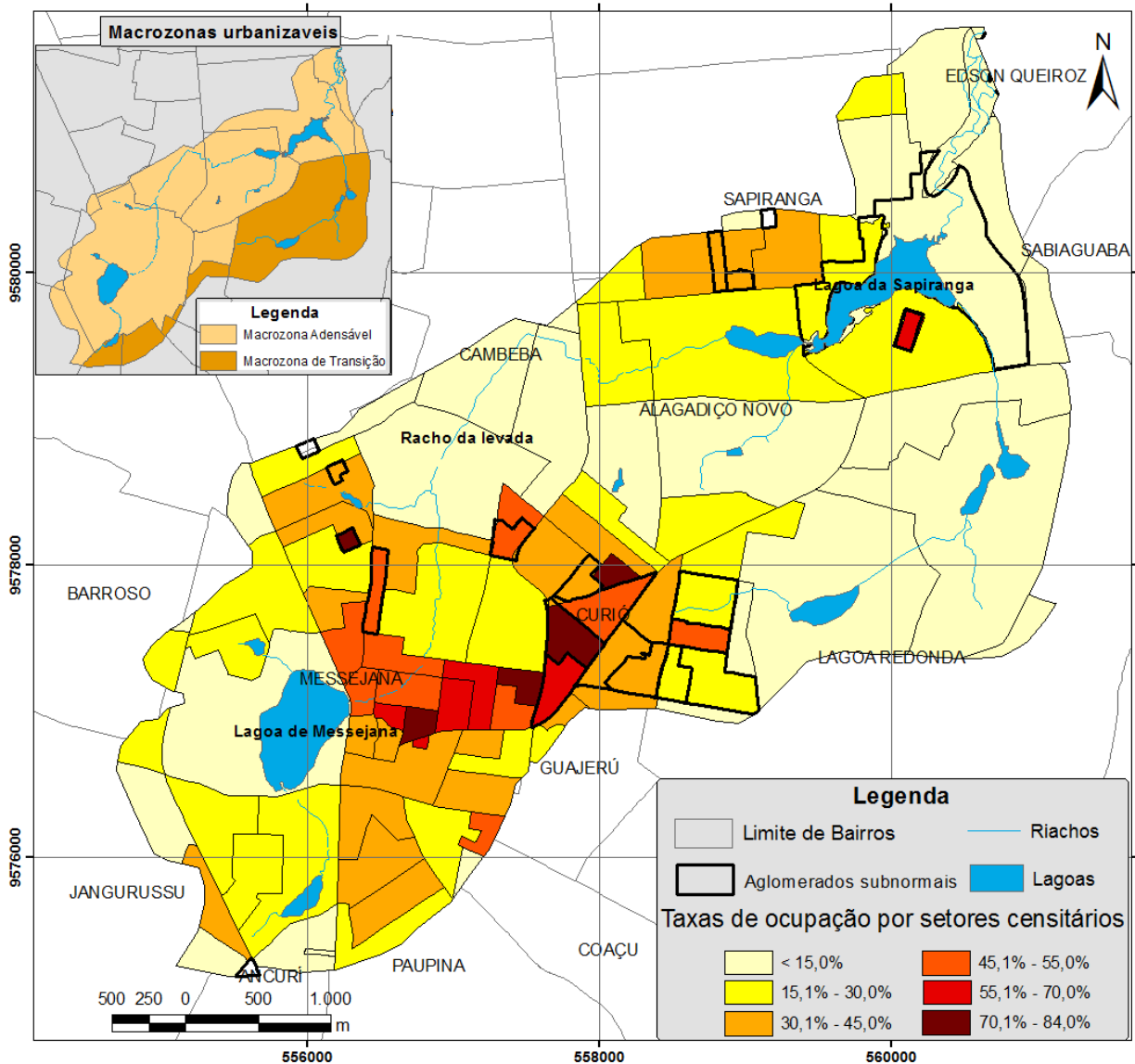


Figura 5.16 – Distribuição das taxas de ocupação por setores censitários na área de estudo.



O número de setores censitários na área é de 107. No entanto, 14 dessas unidades não são representativas para o estudo, pois se encontram em pequena parcela dentro da área. Desse modo, em 93 setores censitários foram calculadas a taxa de ocupação e a impermeabilização do solo. Alguns setores de maior taxa de ocupação correspondem a aglomerados subnormais. Os setores com menores áreas possuem altas taxas de ocupação, pois na escolha de seus critérios genéticos a quantidade de população foi um relevante atributo considerado. De acordo com a legislação municipal, que parte dos setores estudados, não se encontra em conformidade legal (Tabela 5.2).

Tabela 5.2. – Classes de ocorrência da impermeabilização dos setores censitários na área de estudo.

Taxas de Ocupação (%)	Área média impermeabilizada* por vias asfálticas* (%)	Área impermeabilizada* (%)	Valor Máximo de área impermeabilizada* (%)	Frequência de Setores Censitários por classe	Frequência de Setores Censitários por classe (%)
0 ≥ 15	15	15 ≥ 30	60	18	19.3
15 ≥ 30	15	30 ≥ 45	60	26	27.9
30 ≥ 45	15	45 ≥ 60	60	24	25.8
45 ≥ 55	15	60 ≥ 70	60	14	15.0
55 ≥ 70	15	70 ≥ 85	60	4	4.3
<70	15	< 85	60	4	4.3
				93	100

Obs.: impermeabilizada = impermeabilizada. * Valores estabelecidos pela Lei Orgânica nº 7.987/96.

Constatou-se que 22 setores estão fora dos padrões estabelecidos pela Lei nº 7987/96, apresentando níveis de impermeabilização entre 60 e 85 %, mesmo após nove (9) anos da aplicação desta. Com tal contribuição, a diminuição da espessura saturada de aquíferos livres em áreas urbanas pode ocorrer de forma mais acentuada. De acordo com Dans *et al.* (2013), áreas de 20 até 90% de impermeabilização podem resultar em uma depleção do lençol freático de até 34cm nos aquíferos livres de recarga pluvial.

Além de aumentar substancialmente a frequência e o volume de inundações, Leopold (1968) afirma que a taxa de escoamento superficial pode aumentar cerca de seis (6) vezes os valores de vazão média de pré-desenvolvimento. Gutiérrez *et al.* (2011) avaliam que áreas muito impermeabilizadas podem causar cerca de 80% de escoamento superficial em uma chuva de 100mm.

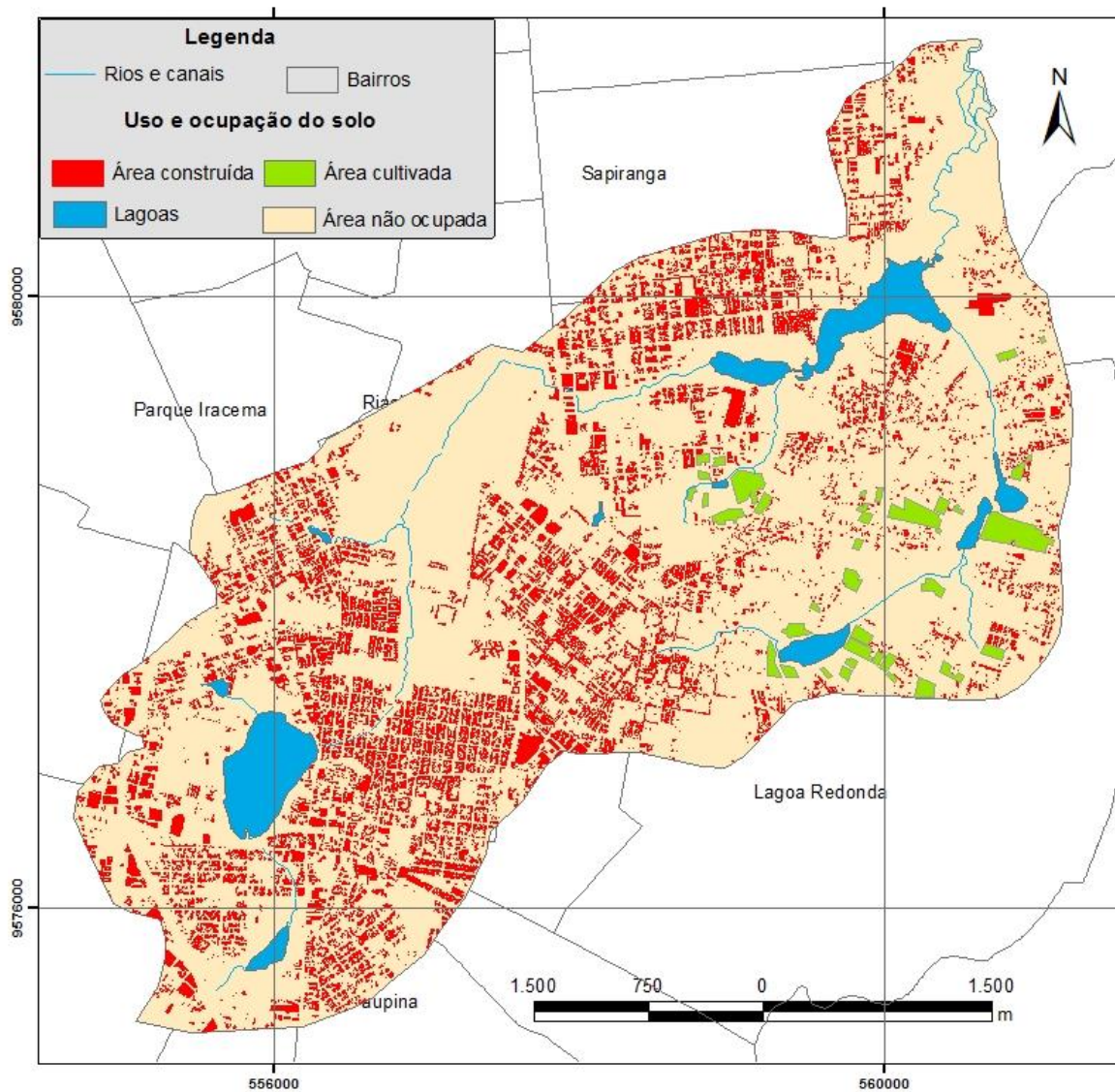
A ocupação urbana é a mais representativa forma de aproveitamento do espaço urbano na área, porém, há certa diferenciação dos padrões de uso e ocupação quanto à distribuição das áreas ocupadas, o que comprova a heterogeneidade das taxas de ocupação que é característica de áreas na periferia das grandes cidades (KURIAN, 2010).

Os principais usos atribuídos à área estudada foram (Figura 5.17):

1. Áreas ocupadas - aproveitamento do solo urbano para realização de construções em sua grande maioria das residências;

2. Áreas não ocupadas - desprovidas de quaisquer tipos de ocupação, incluindo vegetação e solo exposto;
3. Espelhos d'água - representados por sete (7) lagoas e um açude;
4. E áreas cultivadas - em sua maioria por hortaliças.

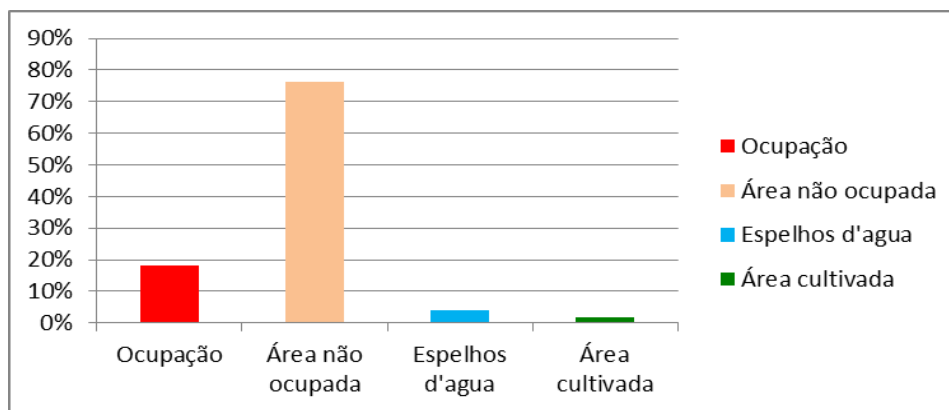
Figura 5.17 – Mapa de uso do solo



As áreas não ocupadas possuem grande expressão, todavia, há setores em que a ocupação é mais rarefeita, seja em função dos sistemas ambientais das Planícies Flúvio-lacustres não favoráveis a ocupação, seja pela tipo de uso associados a sítios e cultivos, principalmente na porção leste. A

ocupação urbana corresponde a 18,2% da área representando $381,6 \times 10^4 \text{ m}^2$, além de áreas cultivadas que representam 1,7%. Os espelhos d'água refletem a importância dos sistemas flúvio-lacustres na estrutura horizontal e correspondem a 3,8% da área (Figura 5.18).

Figura 5.18 – Percentual de superfície do solo na área estudada.



Os vetores de crescimento da área urbana na cidade, de forma geral no sentido W-E, dão as características de menor grau de ocupação em áreas mais a leste, mostrando que as características da área periurbana estão associadas a maior presença de áreas não construídas, onde há associação com os cultivos de hortaliças.

5.6. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas

Os estudos de qualidade das águas subterrâneas são importantes para definição do uso para o qual estas serão direcionadas, bem como os tipos de tratamento que deveram ser empreendidos para a correção de parâmetros fora do uso indicado. Os requisitos para definição de limites de concentrações dos parâmetros de qualidade da água são postos em função de seu uso (VON SPERLING, 2014).

Os mananciais subterrâneos em áreas urbanas são frequentemente utilizados para abastecimento. Tendo como exemplo a RMF, Cavalcante (1998, p. 97) estima que “As águas subterrâneas da RMF são utilizadas, de forma prioritária ou estratégica, por 40 a 60% da população para fins diversos”. No presente estudo, constatou-se o uso preponderante para abastecimento doméstico no qual parcela significativa incluía a ingestão da água. Diante do observado, a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde se mostra a mais apropriada para fins comparativos, diante dos riscos que o consumo de água inapropriada pode causar a saúde humana.

5.6.1. Mapas temáticos

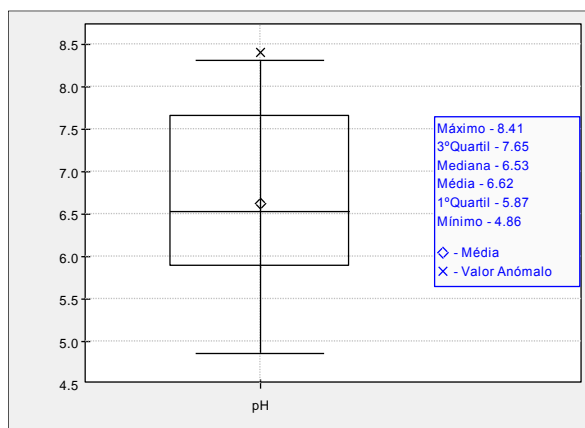
- *pH medido em campo*

O pH se refere a escala logarítmica inversa da concentração de íons H⁺, por unidade de volume na solução. Nas águas naturais, o pH tende a neutralidade. De acordo com Ferreira & Pádua (2010), isso se deve a sua capacidade de tamponamento. Santos (2008) coloca que na maioria das águas subterrâneas o pH se encontra entre 5,5 e 8,5 e, em casos excepcionais, pode apresentar valores entre 3 e 11. De modo geral, existem influências de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, além de despejos domésticos e industriais que também interferir no pH da água (VON SPERLING, 2014; HEM, 1985).

Para a potabilidade, o pH da água não necessita de tanto controle por apresentar geralmente valores dentro dos limites de exigência do organismo humano. No entanto, a tendência à acidez pode causar corrosão de modo a danificar tubulações e adicionar compostos danosos à saúde humana. Com isso, recomenda-se na Portaria nº 2.914/11 que o pH seja mantido entre 6,0 e 9,5. O pH também possui uma relação biogeoquímica com a oxidação da matéria orgânica e, desse modo, com a contaminação por NO₃⁻. Wihelm *et al.* (1995) e Liu *et al.* (2013) colocam que o crescimento da concentração de NO₃⁻ na água, resultado direto da oxidação do NO₂⁻, está relacionado ao decréscimo do pH.

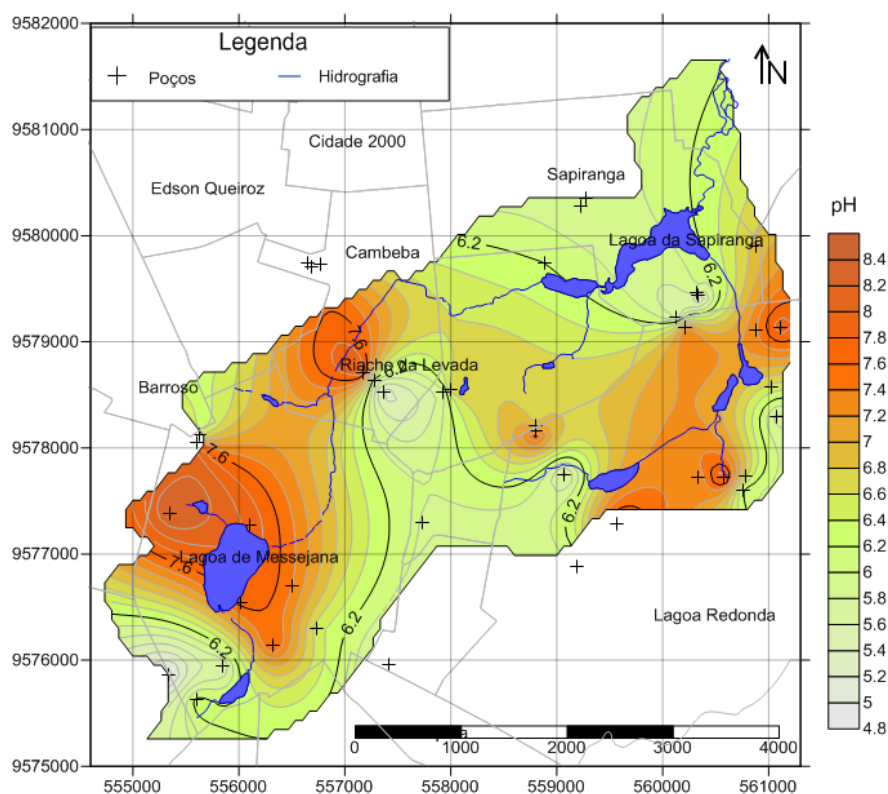
O mapa de zoneamento do pH referente a dados de medidas *in situ* foi elaborado a partir de 42 dados, dos quais 7 se encontram fora do limite físico da área de estudo, e foram utilizados como pontos de amarração (*background*) para realização da krigagem. Há uma considerável variação entre valores máximos e mínimos, denotando variância de 0.99. Os valores de tendência central mostram que a água é levemente ácida, assim como Gomes (2013) observou com base em 391 amostras de Fortaleza/CE, onde cerca de 81% das águas foram consideradas ácidas (pH<7) . No 1º quartil todas as amostras estão fora do Valor Máximo Permitido - VMP pela Portaria nº 2.914/11, correspondendo a 33% das amostras (Figura 5.19). Cerca de 100 amostras analisadas por Cavalcante & Araújo (2009) também mostraram essa tendência, onde em 44% delas constatou-se pH abaixo do VMP.

Figura 5.19 – valores de pH medido *in situ*.



A Figura 5. 20 demonstra que as áreas de interflúvio tendem a possuir pH ácido e podem estar associadas à recarga pluvial. Enquanto os valores de pH neutro a básico, associados com áreas próximas a drenagem, são relacionados as áreas de descarga do aquífero. Em Gomes (2013, p. 102) constata-se que “as águas subterrâneas com valores de pH na faixa de 5 a 6 são águas recentes, oriundas provavelmente da infiltração das águas das chuvas”.

Figura 5.20 – Mapa de zoneamento de pH medido em campo



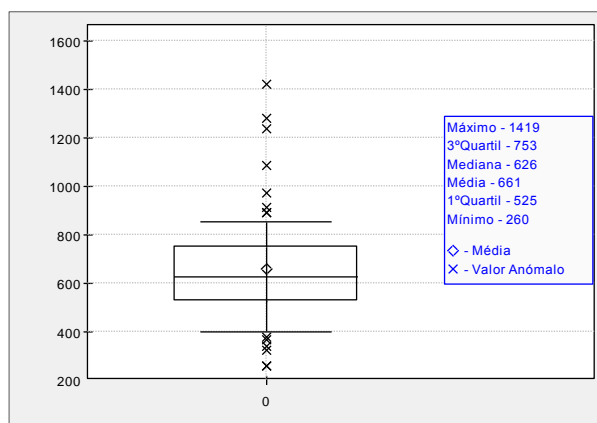
Há três valores pontuais acima de 8, incluindo um valor anômalo de 8.4, o que corrobora para a acentuada variação do pH. Mas este, de maneira geral, caracteriza a tendência de ácidas a levemente ácidas das águas subterrâneas.

- Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade de um corpo de conduzir eletricidade na água, e tal propriedade é proporcional à quantidade de sais dissolvidos na água (SANTOS, 2008). Existe uma relação entre o aumento de sais dissolvidos e o aumento da concentração de compostos nitrogenados na água subterrânea, que ocorrem na forma de aporte direto dos efluentes domésticos (LIU *et al.*, 2013; SUTHAR, 2009; ARVENA & ROBERTSON, 1998; ROBERTSON & CHERRY, 1992).

O mapa de zoneamento de Condutividade Elétrica (CE) foi elaborado com base em 50 medidas em águas de poços (Figura 5.22). Os valores medidos apresentaram alta variação e desvio padrão de 284,5 (Figura 5.21), comportamento também constatado por Lemos (2013) em Fortaleza/CE, com valor mínimo de 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e máximo de 3450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com média de 634 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e Gomes (2013) que estabeleceu desvio padrão de 243,2 e média de 697,6 para a mesma área.

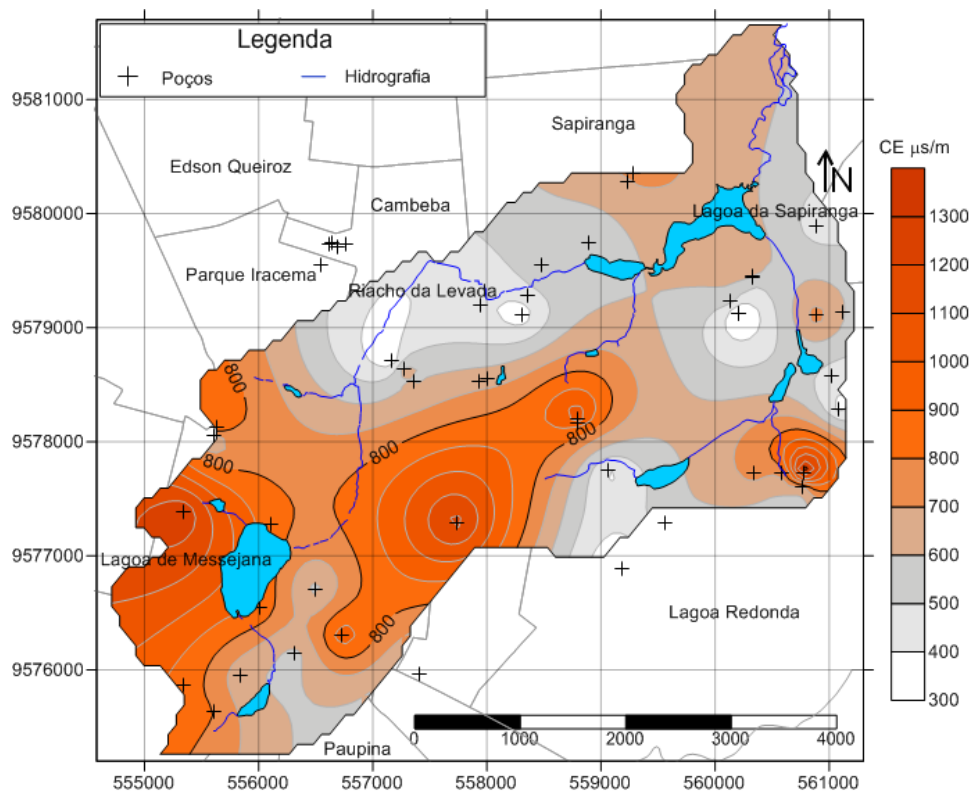
Figura 5.21 – Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a 25°C na área de estudo



Os maiores valores de condutividade elétrica foram encontrados ao sul, sudeste e sudoeste, ultrapassando 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mas não foi encontrada uma correlação direta com a drenagem, o qual seria uma tendência natural, já que o fluxo das águas subterrâneas ocorre em direção aos corpos hídricos superficiais; tal condição pode estar associada as variáveis naturais, como variações

litológicas e profundidade de poços, ou efeitos antropogênicos de incorporação de efluentes com altos teores de STD.

Figura 5.22 – Mapa de zoneamento da CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da área de estudo



5.6.2. Mapas de dados laboratoriais

- *pH medido em laboratório*

O mapa de pH medido em laboratório foi realizado com base em 24 amostras coletadas na 2ª fase de campo. Não há ocorrência de valores anômalos (Figura 5.23). Observa-se uma faixa menor que 6 de pH na porção norte e centro sul da área de estudo. E alguns valores acima de 7 estão associados a drenagem da área, principalmente na porção sudoeste (Figura 5.24)

Figura 5.23 – Medidas de pH em laboratório

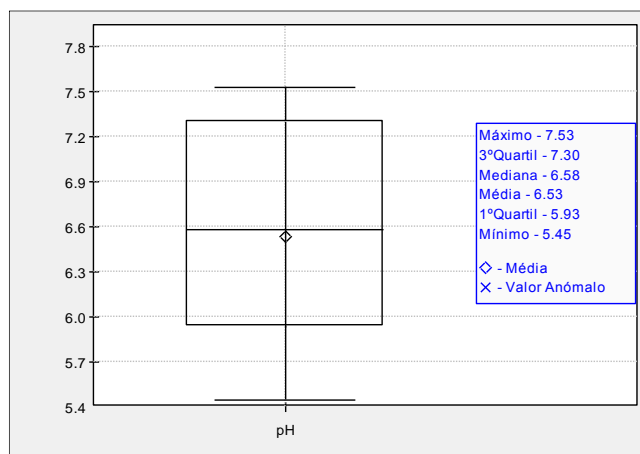
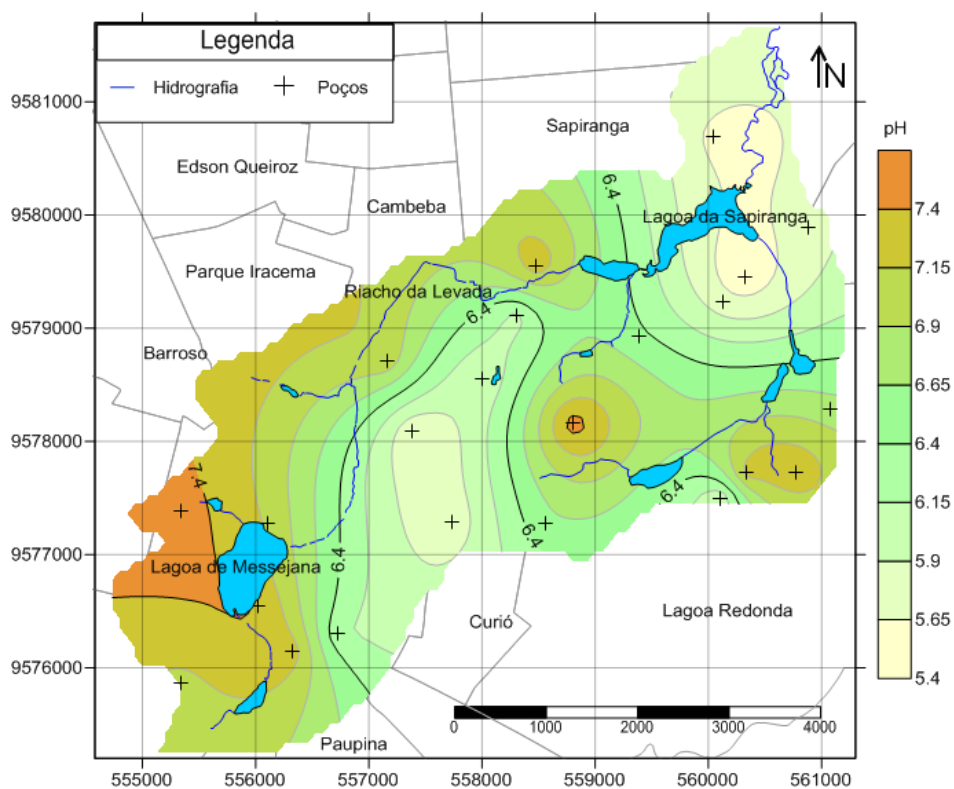


Figura 5.24 – Mapa de zoneamento de pH medido em laboratório



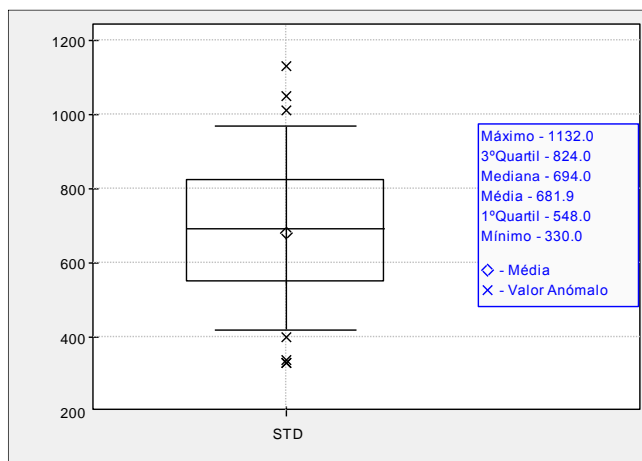
- Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

O STD consiste na quantidade de sais dissolvidos por unidade de volume na água. As concentrações são referentes ao grau de mineralização das águas e dependem de fatores geoquímicos e hidrológicos (HEM, 1985). Mestrinho (2008) coloca que a mineralização das águas

pode ser entendida por fatores endógenos: sistema de fluxo; tipo litológico; tipo de estruturas; processos geoquímicos e endógenos: climatológicos e geoambientais.

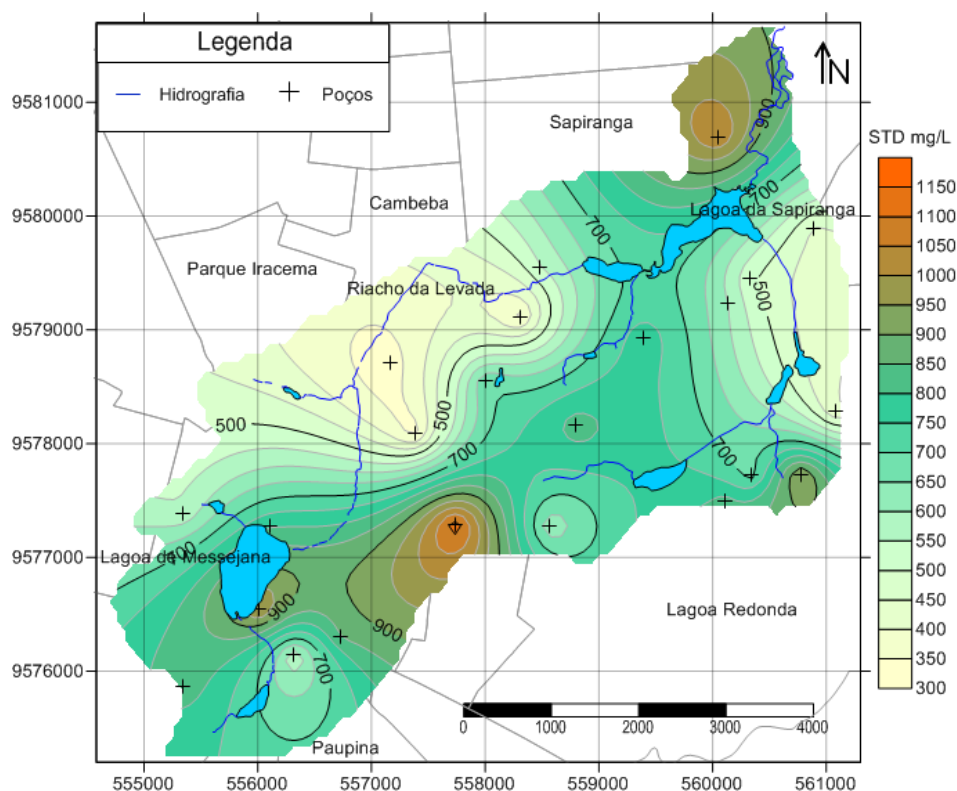
Nas águas doces, o STD varia de 50 a 1500 mg/L, porém a Portaria nº 2.914/11 MS estabelece o VMP de 1000 mg/L. O STD foi calculado em laboratório a partir da condutividade elétrica de amostras coletadas em 24 poços. As concentrações acima do 3º quartil estão próximas, ou ultrapassaram, o VMP estabelecido pela Portaria nº 2.914/11 MS que é de 1000 mg/L. Alguns dados anômalos refletem a variabilidade desse parâmetro e, com isso, o desvio padrão é de 230 e o coeficiente de variação é de 0.338 (Figura 5.25). Gomes (2013), analisando 120 amostras de águas subterrâneas em Fortaleza, conferiu valor máximo de 772 mg/L de STD e média de 347.3.

Figura 5.25 – Sólidos Totais Dissolvidos.



Observa-se, também, que os valores de STD mais elevados não estão necessariamente associados a drenagem, porém há uma associação regional desses valores com os dados de pH abaixo de 6, principalmente no centro sul e nordeste da área (Figura 5.30), o que pode ser um processo natural ou induzido por ação humana na incorporação de sais das rochas constituintes, entendido pelo mecanismo de equilíbrio do pH tendendo a ácido tendendo a facilitar a dissolução de minerais.

Figura 5.26 – Mapa de zoneamento de STD na área de estudo.



- Compostos Nitrogenados

A abordagem do estudo permitiu classificar as fontes contaminantes como difusas. Essas fontes se apresentam de modo contínuo, permitindo a investigação entre específicos usos do solo que estão associados a emissão de compostos nitrogenados. Análises de N-NH_3 , NO_2^- e N-NO_3^- foram realizadas em amostras de água subterrânea de 24 poços (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – Análises de compostos nitrogenados

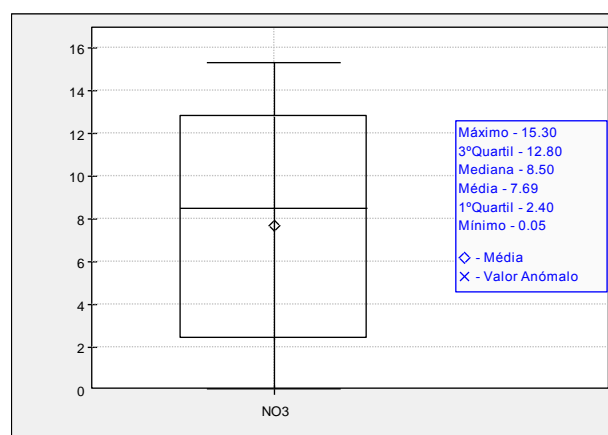
ID	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)	ID	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Nitrito (mg/L)	Nitrato (mg/L)
PT37	<0,01	<0,001	7,5	PT9	<0,1	<0,001	15,1
CH59	<0,01	0,03	15,3	C31	<0,1	0,01	6,2
PT8	<0,01	<0,001	6,7	PT55	<0,1	<0,001	<0,1
C6	<0,01	<0,001	10,3	PT63	<0,01	<0,001	8,8
C29	<0,01	<0,001	1,7	PT62	<0,01	<0,001	2,3
PT1	<0,01	<0,001	6,0	PT26	<0,01	<0,001	12,6
C30	4,7	0,34	10,9	CH61	<0,01	<0,001	8,5

C42	<0,1	0,01	2,4	CH60	<0,01	0,18	10,8
C13	0,7	0,01	<0,1	CH10	<0,01	<0,001	3,8
PT14	0,4	<0,001	13,3	PT55	<0,01	<0,001	1,0
CH19	<0,1	<0,001	0,0	C64	<0,01	<0,001	14,5
PT24	2,0	<0,001	13,8	CH44	<0,01	<0,001	12,8
VMP (Portaria nº 2914/11 MS)	1,5	1,0	10	-	1,5	1,0	10

Legenda: CH – Chafariz; PT – Poço Tubular; C – Cacimba ou poço manual

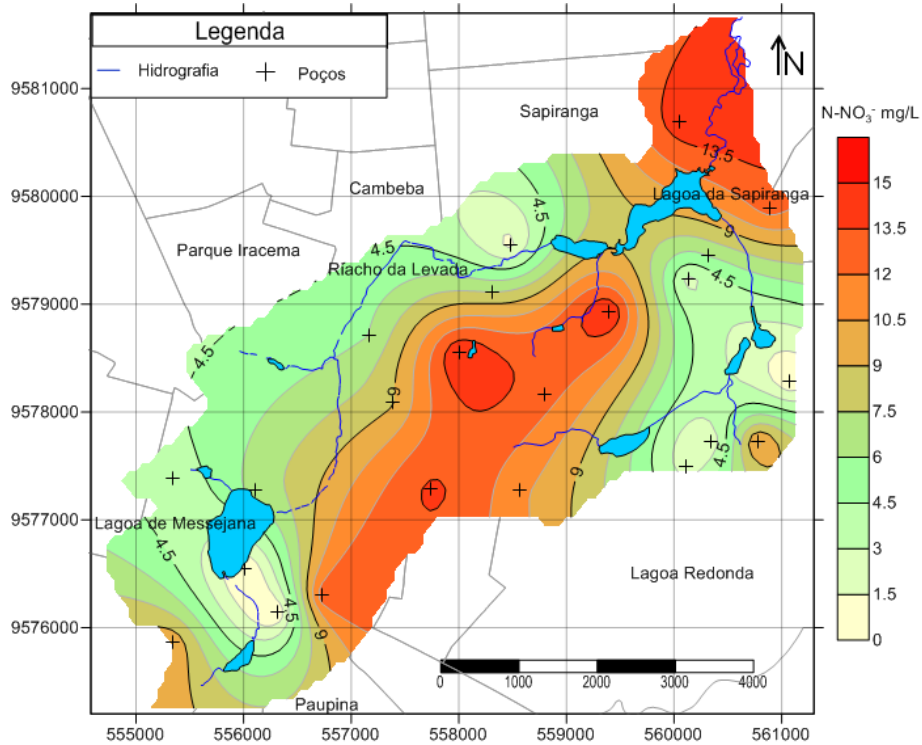
Os valores apresentaram na maioria dos dados condições favoráveis à oxidação resultando na presença do nitrato (N-NO_3^-). O nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+) e o nitrito (NO_2^-) apresentaram concentrações máximas de 4,7 mg/L e 0,3 mg/L, além de médias 0,33 mg/L e 0,03 mg/L respectivamente. Ambos foram detectados em 16,6% das amostras, por outro lado, em todas as amostras foram detectados o N-NO_3^- , com valores médios de 7,69 e mediana 8,50, sendo que mais de 20,8% das amostras apresentaram valores acima do 3º quartil correspondente a valores maiores do que 12 mg/L (Figura 5.27).

Figura 5.27 – Valores de concentrações de N-NO_3^- .



A contaminação das águas subterrâneas por nitrato ocorre em 41,6% das amostras, que apresentaram valores 53% acima do VMP de 10 mg/L de N-NO_3^- . Com 70,8% das amostras com valores acima de 3 mg/L de N-NO_3^- , indicados por Alaburda e Nishimira, (1998) como sinal de influência de contaminantes antropogênicos. No centro sul e nordeste da área verifica-se a predominância de valores acima de 10 mg/L de N-NO_3^- (Figura 5.28). Concentrações abaixo de 5 mg/L estão associadas aos sistemas fluviais e lacustres os quais oferecem uma menor camada subsaturada que reflete em maior potencial de redução.

Figura 5.28 – Zoneamento da concentração de N-NO_3^- .



5.6.3. Análise Multivariada

Na Análise de Componentes Principais - ACP realizada com base nas análises laboratoriais, a variável nitrogênio amoniacal está representada por NH, enquanto NO_2^- e NO_3^- , por NI e NO respectivamente.

Para proporcionar a melhor quantidade de informação extraída, foi utilizado o plano fatorial 1 e 2, cuja representatividade identificada pela frequência acumulada de maior que 70% foi aceitável de acordo com Sousa & Sousa (2000) (Quadro 5.5).

Quadro 5.5 - Valores de informação dos planos fatoriais estabelecidos pela análise ACP.

Planos Fatoriais	Valor Próprio	Informação (%)	Informação acumulada (%)
1	2.07657	41.531391	41.531391
2	1.443267	28.865339	70.396729
3	0.814631	16.29262	86.689346
4	0.449352	8.987049	95.676392
5	0.21618	4.323602	99.999992

A análise dos dados apresentara um comportamento de correlação negativa e positiva para determinadas variáveis. A informação do plano fatorial 1 é identificada pela contribuição das variáveis N-NH₄⁺, NO₂⁻ e STD, com valores acima de 0.5, enquanto a contribuição ao plano fatorial 2 se dá pelo NO₃⁻ e pH, ambas com valores acima de + - 0,5 conforme o Quadro 5.6.

Quadro 5.6 – Contribuições para os planos fatoriais analisados.

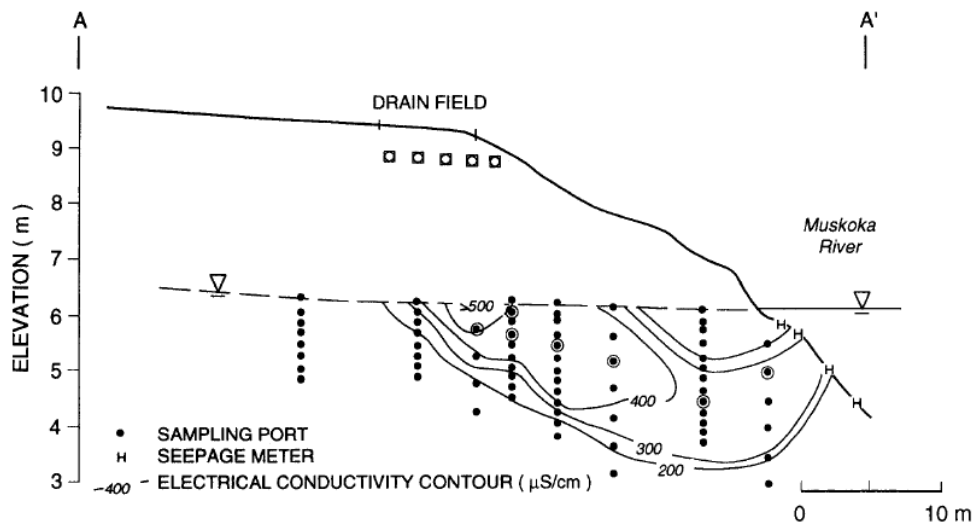
	1	2
N. Amoniacal	0.9149	0.1424
Nitrito	0.7928	0.2764
Nitrato	0.3687	-0.8013
pH	0.1291	0.8063
STD	0.677	-0.2334

A condição de agrupamento entre N-NH₄⁺ e NO₂⁻ pode significar a associação entre o aporte recente de afluentes. A mineralização e *input* de compostos nitrogenados na água subterrânea podem ser identificados por concentrações relativamente altas de NH₄⁺ e NO₂⁻. Valores elevados de N-NH₄⁺ significam contaminação recente por efluentes domésticos (CABRAL; LIMA, 2005; WILHELM *et al.*, 1996). Cabral e Lima (2005) colocam que valores de N-NH₄⁺ > N-NO₃⁻ são forte indício de contaminação recente por esse tipo de efluente.

As concentrações de N-NH₄⁺ foram, em geral, baixas. No entanto, observa-se nas amostras C30 e PT24 concentrações acima de 2 mg/L, o que evidencia contaminação recente nessas águas, mesmo com valores de N-NO₃⁻ maiores. Isso porque existe o caráter difuso da contaminação por N-NO₃⁻ devido a persistência desse agente contaminante na água.

O agrupamento de NH₄⁺, NO₂⁻ e STD pode significar um aumento de sais proveniente do próprio efluente, após isso há uma gradativa diminuição dos sais por meio da precipitação sujeitas ao reequilíbrio químico. De acordo com o modelo conceitual de Wilhelm *et al.*, (1996) na pluma de contaminação via tanque séptico, o efluente contém, a priori, alta concentração de N-NH₄⁺ e valores muito baixos de N-NO₃⁻, enquanto a condutividade elétrica apresenta valores maiores que 500 mS/cm na área mais concentrada da pluma de contaminação até 200 na área limítrofe desta (Figura 5.29).

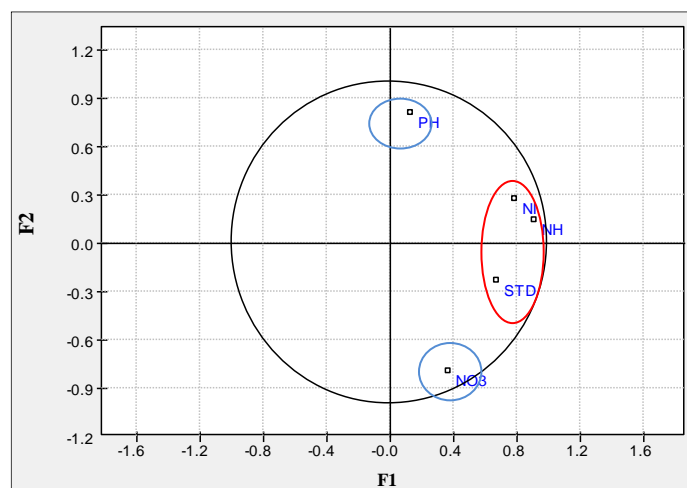
Figura 5.29 – Pluma de contaminação por tanque séptico na água subterrânea e evolução de Condutividade elétrica (mS/cm).



Fonte: WILHELM *et al.* (1996).

Os valores de pH estão inversamente relacionados com as concentrações de N-NO_3^- (Figura 3.30). Hem (1985) mostra que na oxidação para o nitrato ocorre a produção de íons H^+ , com isso a incorporação do H^+ na água diminui o pH. A correlação inversa entre N-NO_3^- e pH também foi constatada por Liu *et al.* (2013) ao aplicar um modelo regressão linear para concentrações de $\text{N-NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$.

Figura 5.30 – Relações entre as variáveis em ACP



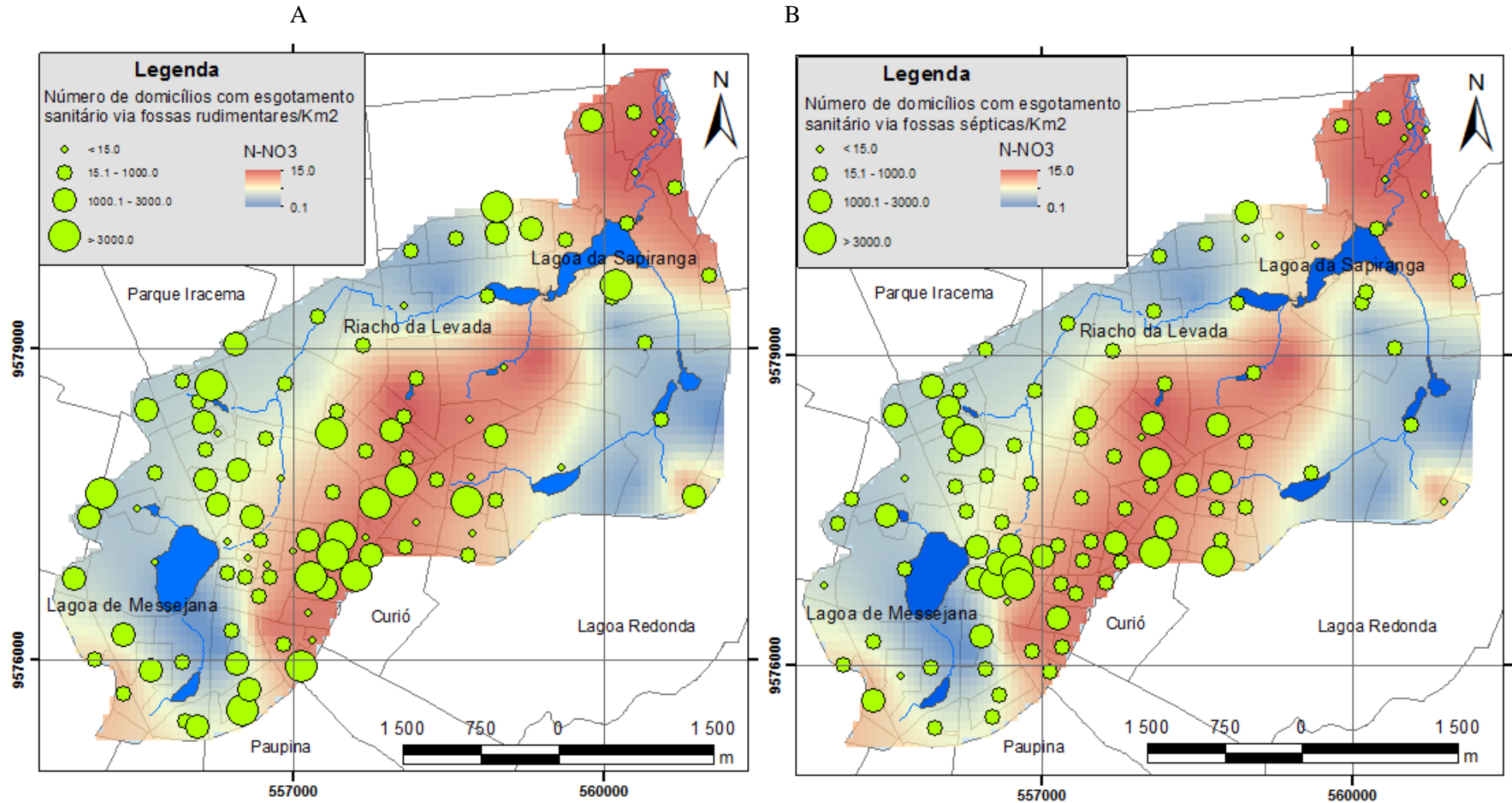
A relação inversamente linear entre o pH e o potencial de oxi-redução (Eh) condiciona o potencial de oxidação para o nitrato. Liu *et al.* (2013) mostram que áreas com potencial redox em até 80% há alta probabilidade de contaminação por Nitrato na cidade de Kinmem - Coréia do Sul. Gomes (2013) fez o diagrama de Krauskopf (1972) com base em 229 dados para o Município de Fortaleza, encontrando uma correlação de 0,9627, estabelecendo que (Equação 5.1):

$$Eh = -60,58 \text{ pH} + 430,64 \quad (\text{Eq. 5.1})$$

Os valores de pH < de 6 estão melhor associados com a contaminação por N-NO₃⁻. Utilizando a equação proposta por Gomes (2013), pode-se calcular que os valores de pH < 6 correspondem a Eh = 66,56. Esse valor é, portanto, um indicador de condições hidrogeoquímicas favoráveis à contaminação por N-NO₃⁻ na área estudada.

A relação espacial entre as concentrações de N-NO₃⁻ e as densidades de fossas sépticas e rudimentares estão dispostas na Figura 5.31. As maiores densidades de fossas sépticas e rudimentares estão claramente associadas a contaminação de nitrato, a qual parece estar mais associada a densidades de fossas rudimentares que não obedecem aos padrões estabelecidos pela NBR 7.229 ABNT (1993)

Figura 5.31 – Mapa A - concentrações de $N-NO_3^-$ e densidade de fossas rudimentares ; Mapa B - concentrações de $N-NO_3^-$ e densidade de fossas sépticas.



5.7. Fluxo da água subterrânea

O entendimento do fluxo da água subterrânea é de grande importância para a predição do transporte de contaminantes. Os íons NO_3^- dissolvidos em água possuem grande mobilidade, podendo se dispersar com facilidade a depender do fluxo hídrico e das condições geoquímicas e hidrodinâmicas do meio.

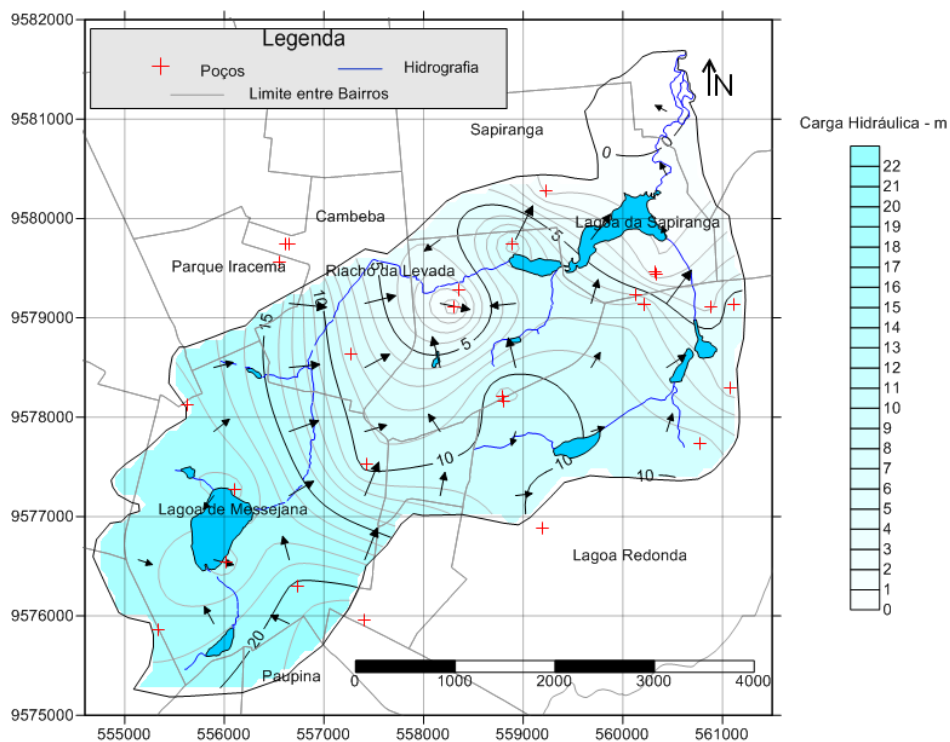
O direcionamento do fluxo hídrico foi calculado com base na carga hidráulica a partir das medidas de nível estático, altitude do ponto, e a altura da boca do poço (Quadro 5.7).

Quadro 5.7 – Dados para cálculo da carga hidráulica.

Id	Longitude (UTM)	Latitude (UTM)	Altitude - Altura da boca do poço (m)	Nível Estático (m)	Carga Hidráulica (m)
1	555632	9578126	23.2	4.87	18.33
2	557277	9578636	19.4	11.13	8.27
3	556648	9579746	10.0	1.91	8.09
4	556015	9576546	19.5	3.12	16.38
5	557411	9575960	23.9	1.6	22.3
6	558799	9578158	19.2	8.5	10.7
7	558798	9578202	19.4	7.5	11.9
8	556619	9579736	14.6	1.9	12.73
9	556548	9579554	21.0	5.31	15.72
10	558355	9579284	5.8	3.28	2.47
11	558309	9579114	7.1	7.03	0.09
12	558889	9579742	11.2	1.4	9.78
13	559228	9580274	4.9	4.2	0.67
14	556104	9577270	23.2	3.7	19.5
15	556732	9576298	26.0	5.67	20.33
16	555340	9575860	28.5	10.14	18.36
17	557424	9577524	13.2	3.75	9.45
18	561113	9579136	14.6	8.67	5.93
19	560777	9577728	14.1	4.5	9.6
20	560322	9579458	4.6	3.48	1.12
21	560333	9579438	4.7	3.3	1.4
22	560212	9579128	9.9	2.5	7.36
23	560885	9579106	10.8	7.1	3.67
24	560212	9579128	13.7	10	3.72
25	559190	9576884	19.7	10.22	9.48
26	560132	9579230	9.6	3.63	5.97

As áreas de recarga são caracterizadas por direção de fluxo dispersivo, ou seja, áreas de maiores valores de carga hidráulica. É observada uma disposição geral do fluxo hídrico na direção dos níveis de base de erosão. Esse comportamento é típico de meio poroso, com permeabilidade favorável ao fluxo hídrico no sentido regional do relevo (Figura 5.32). Os corpos hídricos superficiais possuem um comportamento efluente.

Figura 5.32 – Fluxo hídrico subterrâneo.



A recarga pluvial anual, estimada em 9,725 milhões de m³, contribui para o que aumento do grau de impacto do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água subterrânea. As fontes potenciais de contaminação, tanto dispostas superficialmente como em subsuperfície, podem ser percoladas pela água da chuva que em parte infiltra e condiciona plumas contaminantes. A condição de recarga pluvial do aquífero provavelmente estabelece uma relação espaço-temporal de aumento das concentrações de N-NO₃⁻ no período chuvoso confirmando o constatado por Gomes (2013), onde as médias de concentrações por nitrato são 74% maiores nos períodos chuvosos que nos secos para Fortaleza.

6. CONCLUSÕES

A hidrogeologia da área é caracterizada pelo aquífero Barreiras sobreposto ao embasamento cristalino, cujo topo se posiciona há uma profundidade média de 28 m. Os poços que captam apenas o Barreiras possuem 7 m³/h de vazão, os que captam apenas a unidade hidrogeologia cristalino possuem 3,2 m³/h, por sua vez os poços mistos a média de vazão é de 6,5 m³/h. A maioria dos poços (58 %) são poços tubulares o restante são poços manuais. O abastecimento doméstico é o principal uso das águas subterrâneas, sendo cerca de (35 %) direcionadas para ingestão.

A susceptibilidade natural do sistema aquífero se dá por sua característica de recarga majoritariamente pluvial, com nível estático regional raso 6,6 m. a recarga anual, também reconhecida como reserva renovável é de 9,72 x 10⁶ m³. O mapa de fluxo nesse sentido aponta para um comportamento efluente dos rios, que de modo geral, no setor litorâneo da costa cearense ganha características de perenidade.

O efeito da urbanização e o avanço da estrutura física da cidade é constatado pela impermeabilização do solo, que possui valores percentuais concentrados na parte centro sul da área de estudo. Tem-se que 22 dos 93 setores censitários não estão de acordo com a Legislação Municipal. As taxas de ocupação são diretamente proporcionais à impermeabilização dos solos, que por sua vez diminui a quantidade de recarga natural, aumentando o processo de escoamento superficial.

Tal situação aumenta a quantidade de recarga proveniente de fontes antropogênicas, dentre elas os sistemas estáticos de esgotamento sanitário, que são de grande expressão na área. Enquanto a oferta do serviço de abastecimento de água atingir a quase totalidade dos domicílios, apenas 16% destes possuem serviço de esgotamento sanitário, corroborando para a utilização demasiada de sistemas estáticos de esgotamento sanitário (fossas sépticas e rudimentares). Além disso, as densidades de fossas sépticas ultrapassam em muito as normas brasileiras e americanas, que são de 1000/km² e 15/km² respectivamente. Desse modo, a aumento das taxas de ocupação estão indiretamente ligados a contaminação das águas subterrâneas, já que os domicílios não possuem condições adequadas de esgotamento sanitário, apontado como a principal causa da contaminação local. São nas maiores taxas de ocupação sem assistência de rede coletora de esgoto que se tem contaminação por nitrato. Isso porque são nessas áreas onde há maiores densidades de fossas sépticas e rudimentares.

Nos dados de qualidade da água observou-se comportamento típico de contaminação por efluentes domésticos. Houve associação entre as variáveis nitrogênio amoniacal, nitrito e STD. Como as concentrações mais elevadas de nitrogênio amoniacal e o nitrito são frequentemente associadas a contaminação recente, o STD pode estar influenciado pela presença de efluentes domésticos que incorporam os sais e aumentam as concentrações destes em forma de íons. Constatou-se, também, a associação inversa entre o pH e concentrações de nitrato. Observa-se que o pH abaixo de 6,2 está relacionado espacialmente com a contaminação difusa do nitrato na área. Tal fato se deve ao processo de oxidação que tende a tornar a água mais ácida.

A contaminação por nitrato possui associação com áreas de interflúvios, que também se caracterizam como áreas preferenciais de recarga dos aquíferos, conforme é apresentado no mapa de direcionamento de fluxo hídrico subterrâneo. No entanto, essas áreas também apresentam maiores taxas de ocupação, assim como maiores densidades de sistemas estáticos de esgotamento sanitário.

No entanto, outros fatores podem favorecer ou não a concentração de $N-NO_3^-$. A oxidação de amônia até nitrato ocorre na zona subsaturada do solo, onde há disponibilidade de oxigênio. Após atingir a zona saturada o processo de redução do nitrato é favorecido.

É importante se considerar os efeitos dos contaminantes por efluentes domésticos na área, principalmente evitando a construção de poços rasos, ou poços que explotam águas rasas. Todavia, a capacidade hidrogeológica do meio em diminuir as concentrações de nitrato deve ser melhor estudada. Ressalta-se o potencial do meio subterrâneo como corpo capaz de exercer o tratamento de efluentes mesmo não intencionais. A capacidade deste de diluir e tratar os efluentes dispostos deve ser alvo de investigação, sobretudo no que se trata ao conhecimento hidrogeológico do meio subterrâneo, como do monitoramento da qualidade da água e controle prévio dos efluentes a serem dispostos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.229**. Projeto, construção e operação de sistemas de tanque sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
-
- _____. **NBR 12.244**. Construção de poços para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992.
- ADDISCOTT T.M.; BENJAMIN N. Nitrate and human health. N. 20, **Soil Use and Management**, 2004 p. 98-104.
- AELION, J. M.; BRIAN, C. C. Susceptibility of Residential Wells to VOC and Nitrate Contamination. n. 38. **Environmental Science and Technology**. 2004. p. 1648 – 1653.
- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. n. 32, v. 2. **Revista de Saúde Pública**, 1998, p. 160 – 165.
- ALCÂNTARA, L. O.; SANTOS, M. R. P.; BARROS, E. C. M.; MENDONÇA, M. J. N.; BUARQUE, H. L. B ; GOMES, R. B. . Avaliação dos fatores que influenciam a qualidade a água do ecossistema lacustre de Messejana, Fortaleza, Ceará, utilizando análise estatística multivariada. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica 5. Maceió: **Anais... V CONNEPI**, 2010.
- ALMASRI, M. N. Nitrate contamination of groundwater: a conceptual management framework. n. 27, **Environmental Impact Assessment Review** 2007. p. 220 – 242.
- ALMASRI, M. N.; KALUARACHCHI, J. J. Multi-criteria decision analysis for the optimal management of nitrate contamination of aquifers. n. 74 **Journal of Environmental Management** 2005. p. 364 – 381.
- ALVARES, A. C.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, M. L. J.; SPAROVEK, G. Koppen’s climate classification map for Brazil. Vol. 22, No. 6, **Meteorologische Zeitschrift**, 2014. p.711–728
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). “**Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**”. 19. ed. Washington: D.C. 1998.

ARAÚJO, K. V. **Aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos nos bairros Benfica, José Bonifácio, Fátima e Jardim América – Fortaleza, Ceará.** 2012. 90 f. Monografia (Graduação em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

AZEVEDO NETTO, J. M.; BOTELHO, M. H. C. **Manual de Saneamento de Cidades e Edificações.** São Paulo: PINI Editora, Reimpressão, 1995.

BAIRD, C.; CANN, M. C.; **Química ambiental.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. p. 844

BARBOSA, C. F. **Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em águas subterrâneas no Bairro Piranema, Seropédica – RJ.** Dissertação (Mestrado em Geociências), 2005. 93. f. Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

BARRON, O. V.; BAR, A. D.; DONN, M. J. Effect of urbanization on the water balance of a catchment with shallow groundwater. n. 485. **Jornal of Hydrology**, 2013. p. 162 – 176.

BARTH, F. T. **Fundamentos para a Gestão dos Recursos Hídricos.** In: BATH, F. T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA Jr. B. P. F.; (Org's). Modelos para o gerenciamento dos Recursos Hídricos. São Paulo: Nobel ABRH, 1987.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da Água.** In: PHILLIPI JR, A. ROMÉRIO, M. A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004. p. 53 – 100.

BELTRÃO, A. E.; MANOEL FILHO, J. **Abastecimento de Água da Área Metropolitana da Cidade de Fortaleza – CE.** SUDENE. Série Hidrogeológica 44, Recife – PE. 1970, p. 294.

BENTO, V. R. S. **Centro e Periferia em Fortaleza Sob a Ótica das Disparidades da Infraestrutura do Saneamento Básico.** Dissertação (Mestrado em Geografia). 2011. 173 f. Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

BERNICE, A. M. **Evolução da Contaminação por Nitrato em Aquíferos Urbanos: estudo de caso em Urânia (SP).** Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). 2010. 141 f. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BERTRAND.G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra.** São Paulo, n.13, 1972. p. 1-27

- BEZERRA, F. H. R. et al. Pliocene-quadernary fault control of sedimentation and coastal plain morphology in NE Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**. Amsterdam, 2001. p. 61-75.
- BIANCHI, L.; PADILHA, M.W.M.; TEIXEIRA, J. E. M. Recursos de Água Subterrânea na RMF. Fatores condicionantes. *In: Plano de aproveitamento dos recursos hídricos da R.M.F - Fase I*. Fortaleza: SEPLAN-AUMEF, 1984.
- BLASTHKE, T.; LANG, S.; J. HAY. **Object-Based Image Analysis: spatial concept for knowledge driven remote sensing application**. Springer: Berlin, 2008. p. 3 – 28.
- BRITO, A. E. M; MADEIRA, Z. R.; COSTA, F. A. P. **Vegetação Costeira do Nordeste Semiárido: Guia Ilustrado**. Fortaleza: Edições UFC, 2006.
- BOGOMOLOV. G, **Hydrogéologie et notions de géologie dingénieur**. Moscou: Éditions de la paix,1966.
- BONFIM, V. Y. M. **Características Hidrogeológicas e Físico-Químicas das Águas Subterrâneas dos Bairros Joaquim Távora, Dionísio Torres e São João do Tauape**. 2008. 73 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- BOUCHARD, D.C.; WILLIAMS, M.K.; SURAMPALLI, R.Y. Nitrate contamination of ground water: sources and po-tencial health effects. **Jornal Water Works Ass.**, 84: 85-90,1992.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, L.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 1. ed. Prentice Hall, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. p. 305.
- BRANDÃO, R. L. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Fortaleza: CPRM. 1998. p. 88
- BRASIL, Ministério da Agricultura; Ministério do Interior. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1967. 1 mapa color. Escala 1:600.000.
- BRASIL. Ministérios de Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAM BRASIL. Folha AS. 24 – Fortaleza V. 21, 1981. p. 309 – 360. Rio de Janeiro.

BRITO, A. E. M.; MADEIRA, Z. R.; COSTA, F. A. P. **Vegetação Costeira do Nordeste Semiárido**: Guia Ilustrado. Fortaleza: Edições UFC, 2006.

CABRAL, N. M. T.; LIMA, L. M. Qualidade da Água do Aquífero Barreiras em Bairros de Belém/PA. v. 19, n. 20, **Águas Subterrâneas**. 2005, p. 37 – 55.

CAMDESSUS, M.; BADRÉ, B. CHÉRET, I.; TÉNIERÉ-BUCHOT, P. **Água** : Oito milhões de mortos por ano, um escândalo mundial. Tradução: Maria Angela Villela. São Paulo: Bertrand Brasil. 2005.

CAMPANA, N. A., TUCCI, C. E. M. Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. In: **RBE – Caderno de Recursos Hídricos**. Vol. 12, n° 2, 1994, p. 79-94.

CAMPOS, L. A. S.; MENEZES, M. A. S. Pesquisa e Aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas Dunas Costeiras do Ceará. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2. Salvador, 1982. **Anais**. Salvador: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 1982 p. 29-42.

CAMPOS, N. Gestão de Águas: Novas visões e paradigmas. In: CAMPOS, N.; STUDART, T. (Ed's). **Gestão de Águas**: princípios e práticas. Porto Alegre: ABRH, 2003. P. 19-26.

CARMO, J. C. C.; COSTA, P. C. C. G. Captação de Água Subterrânea. In: HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed., rev. e atual. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2010. 2 v.

CARNEIRO, F. A.; VASCONCELOS, S. M. S.; SILVA, C. M. S. V.; SANTIAGO, M. M. F. Identificação das Fontes Potenciais de Poluição das Águas Subterrâneas do Morro Santa Terezinha, Fortaleza – Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 18. Fortaleza: **Anais**. XVIII SBRH, 2009.

CASTANY, G. **Prospeccion y exploracion de las aguas subterraneas**. Barcelona: Omega, 1975. 738p

CAVALCANTE, I. N.; VASCONCELOS, S. M. S.; ARAÚJO, A. L. LEAL, S. E. C. BIANCHI, L. Qualidade das Águas Subterrâneas de Fortaleza - CE. **Revista de Geologia**, v. 3, 1990. P. 89 – 99.

CAVALCANTE, I.N. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará.** 1998. 153f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

CEARÁ. **Plano Estadual de Recursos Hídricos.** Secretaria dos Recursos Hídricos. Fortaleza: Atlas, 1992. v.1.

CEARÁ/SRH. **Projeto de monitoramento/gestão de água subterrânea de micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Cadastramento de Poços. Relatório de Atividade II. Fortaleza/CE: 2002. 33 p.

CENSO DEMOGRÁFICO 2000. **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso em: mar. 2013

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características da população e dos domicílios:** resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Acesso em: mar. 2013

CHAPELLE, F.H. **Ground-water microbiology and geochemistry.** 2. ed. John Wiley & Sons, 2000.

CLAUDINO-SALES, V.; PELVASTE, J. P. Evolução Morfoestrutural do Relevo da Margem Continental do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Caminhos de Geografia Uberlândia** v. 7, n. 20 Fev/2007 p. 1 – 21.

COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scale. n. 3, **Education Psychology.** New York, 1960.

COSGROVE, W. J. Water for Growth and Security. In: Roger, P. P.; LLAMAS, R. M.; MARTINEZ-CORTINA, L. (Ed's). **Water crisis myth or reality?**. London: Francis & Taylor, 2006. P. 37 – 42.

CPRM, Serviço Geológico Brasileiro. Carta do Brasil ao Milionésimo. Folha SA. 24, Fortaleza, 2004, 1 mapa color. Escala 1:1.000.000.

DALTRON FILHO, J. **Saneamento Ambiental: Doença, Saúde e o Saneamento da Água**. Aracaju: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2004.

DANS, J.; DUJARDIN, J.; REGGERS, R.; BASHIR, I.; CANTERS, F.; BATELAAN, O. Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling. **Jornal of Hidrology**. N. 485, 2013, p. 84-95.

DEL CAMPO, M. A.; ESTELLER, M. V.; EXPÓSITO, J. L.; HIRATA, R. Impacts of urbanization on groundwater hydrodynamics and hydrochemistry of the Toluca Valley aquifer (Mexico). *Environ. Monit. Assess.* n. 186, p. 2979 – 2999.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 5ª. ed. São Paulo: Global, 1998.

ELLIS, J. B.; REVITT, D. M.; LUNDY, L. A impact assessment methodology for urban surface runoff quality following practice treatment. 416. **Science of the Total Environment**, 2012. P. 172 – 179.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 3ª. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 2008.

FENECH, C.; ROCK, L.; NOLAN, J.; TOBIN, J.; MORRISSEY, A. The potencial for a suite of isotope and chemical markers differentiate sources of nitrate contamination: A review. n. 46, **Water Resource**, 2012. p. 2013- 2041.

FERNANDES, A. F. **Gestão integrada de águas subterrâneas: critérios gerais orientadores para definição e caracterização de áreas estratégicas de abastecimento**. Tese. (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). 2005. 419 f. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

FETTER, C. W. **Applied Hydrogeology**. New Jersey: Prentice Hall, 1994.

FERNANDES, D. **Fitogeografia brasileira: fundamentos fitogeográficos: primeira parte**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 183 p

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de Fortaleza. Lei de Uso e Ocupação do solo. **Lei Nº. 7987 de 23 de Dezembro de 1996**.

FOSTER, S. S. D. The interdependence of groundwater and urbanization in rapidly developing cities. n. 3, **Urban Water**, 2001. p. 185 – 192.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. N. 17, v. 3. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 2001, 651 – 660.

GAO, Y.; GUIRUI, Y.; CHUNYAN, L.; ZHOU, P. Groudwater Nitrogen Pollution and Assessment of Its Health Risks: A Case Study of Typical Village in Rural-Urban Continuum, China. v. 7 n. 4, **Plos One**, 2012.

GOMES, M. C. R. **Análise situacional qualitativa sobre as águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil como subsídio a gestão dos recursos hídricos**. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2013. p. 194.

GRIGG, N. **Water resources management: principles, regulations and cases**. New York: McGraw-Hill, 1996, 540, p.

GURDAK, J. J.; QI, S. L. Vulnerability of Recently Recharged Groundwater in Principle Aquifers of the Unite States to Nitrate Contamination. N. 46, **Environmental Science and Tecnology**. 2012. p.6004 – 6012.

GUTIERREZ, L. A. R.; SOUZA, G. F.; PEREIRA, G.; PARANHOS FILHO, A. C.; ARIMA, G. A.; BARBASSA, A. P. Mapeamento Temporal dos Índices: Área de superfície impermeável e Escoamento Superficial da Área Urbanizada de Campo Grande/MS. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia, v. 12, n. 37, 2011, p. 269-288.

HARVEY, D. A globalização contemporânea. In: HARVEY, D. **Espaços de Esperança**. 2. Ed. São Paulo: Edições Loyola. 2006, p. 79-105.

HAY, J.; CASTILLA, G. Geographic Object-Based Analysis (GEOBIA): a new name for a new discipline. In: BLASTHKE, T.; LANG, S.; J. HAY. (Orgs). **Object-Based Image Analysis: spatial concept for knowledge driven remote sensing application**. Springer: Berlin, 2008. p. 3 – 28.

HAYASHI, T.; TOKUGANA, T.; AICHI, M.; SHIMADA, J.; TANIGUCHI, M. Effects of human activities and urbanization on groundwater environments: Na exemple from the aquifer system of Tokyo and the surrounding area. n. 407, **Science of Total Environmental**, 2009. p. 3165 – 3172.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed., rev. e atual. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2010. 2 v.

HEM J. D.. **Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water**. U.S.G.S. Water Supply Paper, 1473. 1. ed. 1959. 269 p.

HESPANHOL, I. Um Novo Paradigma para a Gestão dos Recursos Hídricos. n. 22 v. 63. **Estudos Avançados**. 2008.

HOUNSLOW, A. W. **Water quality data: analysis and interpretation**. Lewis Publishers New York. Boca Raton. 1995. 395 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. tradução José Carlos Neves Epiphany (Coord.) ... et al. São José dos Campos, SP : Parêntese, 2009.

JEONG, C. H. Effect of land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Teajon area, Korea. n. 253, **Jornal of Hydrology**. 2001 p. 194 – 210.

JOEAKAR-NIASAR, V.; ATAIE-ASHTIANI, B. Assessment of nitrate contamination in unsaturated zone of urban áreas: The case study of Tehram, Iran. n. 57, **Environmental Geology**, 2009, p. 1785 – 1798.

KAMPOURAKI, M.; WOOD, G. A.; BREWER, T. R. Opportunities and limitations of object-based image analysis for detecting urban impervious and vegetated surfaces using true-colour aerial photography. In: BLASTHKE, T.; LANG. S.; J. HAY (Org's). **Object-Based Image Analysis: spatial concept for knowledge driven remote sensing application**. Springer: Berlin, 2008. p. 555-570.

KAYE, J. P.; GROFFMAN, P. M.; GRIMM, N. B.; BAKER, A. L. POUYAT, R. V. A distinct urban biogeochemistry?. v. 21. n. 4, **Trends in Ecology and Evolution**, 2006. P. 192 – 199.

KURIAN, M. MCCARNEY, P. Periurban water and sanitation service. Springer, 2010.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. 1977; 33: 159-174.

LANG, S. Object Based Analysis for remote sensing applications: modeling reality – dealing with complexity. In: BLASCHKE, T.; LANG, S.; J. HAY. (Orgs). **Object-Based Image Analysis: spatial concept for knowledge driven remote sensing application**. Springer: Berlin, 2008. p. 3 – 28.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

LASSERRE, F.; RAZACK, M.; BANTON, O. A Gis-linked model for the assessment of nitrate contamination in groundwater. n. 224. **Jornal of Hidrology**, 1999, p. 81 – 90.

LECHIU, B. C. G. ; OLIVEIRA FILHO, P. C. SOUSA, J. B. Utilização de imagens orbitais de alta resolução em superfícies com níveis distintos de impermeabilização do solo: caso de Irati – PR. v. 33, n. 2, **Semina: Ciência e Tecnologia**: Londrina. 2012, p. 127 – 140.

LEE, S. M.; MIN, K. D; WOO, N. C.; KIM, Y. J.; AHN, C. H. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. n. 44, **Environmental Geology**, 2008. P. 210 – 221.

LEFEBVRE, H. **Le Droit a la Ville**. Paris. Anthropos: Paris, 1968, p. 166.

LEMOS, E. C. L. **Análise Integrada dos Efeitos da Expansão Urbana nas Águas Subterrâneas do Município de Fortaleza – Ceará**. Tese (Doutorado) 2013. 198 f. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

LEMOS, E. C. L; MEDEIROS, F.W. **Águas subterrâneas e as doenças de veiculação hídrica. Área piloto: Bairros Bom Jardim e Granja Portugal. Município de Fortaleza - Ceará**. 2006. 95 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.

LERNER, D. N. Groundwater Recharge in Urban Areas. v. 24B, n. 1, **Atmospheric Environmental**, 1990, p. 29 – 33.

LIMA, P. R. C. **Análise da geometria dos domínios geológicos de sub-superfície a partir de perfis de poço tubulares no município de Fortaleza**. 2015. 135 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, 2015.

LIMA, J. A. G. **Relação sociedade/natureza e degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do rio Coaçu – Região Metropolitana de Fortaleza/CE**: subsídios ao planejamento ambiental.

Dissertação (Mestrado em Geografia) 2010. Centro de Ciências e Tecnologia Fortaleza Universidade Estadual do Ceará, 2010.

LIMA, M. F.; FIGUEIREDO, M. A. **Plano de Recuperação, Formação e Manejo de Cobertura Vegetal Visando a Preservação dos Recursos Hídricos da R.M.F.** esboço Preliminar. 26 p. Relatório Técnico-Científico. AUMEF-SEPLAN/CE. Fortaleza, 1984.

LIU, C. W.; WANG, Y.; B. JANG, C. S. Probability-based nitrate contamination map of groundwater in Kinmen. n. 185. **Environmental Monit. Asses**, p. 10147 – 10156.

KURIAN, M. Institutions and Economic Development: a framework for understanding water services. In: Kurian, M.; McCarney, P. Peri-urban Water and Sanitation Services: policy, planning and method. New York: Springer, 2010. p. 1 – 26.

MAGALHÃES, B. G.; ZANELLA, M. E. Comportamento Climático da Região Metropolitana De Fortaleza Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 10, núm. 23, 2011. pp. 129-145.

MAIA, L. P.; JIMÉNEZ, J. A; FREIRE, G. S. S; Morais, J.O. . Dune Migration and Aeolien Transport Along Ceará (NE Brazil). Downscaling and Upscaling Aeolian Induced Processes. **Coastal Management**. Holanda, p. 1220-1232, 1999.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, jan./abr. 2014.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste: Concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento. V. 27, **Revista de Geografia**. Recife, 2010. p. 6 – 19.

MAIA, V. J. T. **A Qualidade das Águas Subterrâneas no Bairro de Messejana, Fortaleza - CE.** Monografia (Graduação em Geologia) 2008, Centro de Ciências. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MANUEL FILHO, J. **Ocorrência das Águas Subterrâneas.** In: FEITOSA, A. C. F.; MANUEL FILHO, J. (Org's). Hidrogeologia: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. p. 391.

MARINHO, A. M. C. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios, Estudo do caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza, Ceará.** 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

MARTÍN DEL CAMPO, A. M.; ESTELLER, M. V.; EXPÓSITO, J. L.; HIRATA, R. Impacts of urbanization on groundwater hydrodynamics and hydrochemistry of Toluca valley aquifer (Mexico). n. 186. **Environmental monitor. Assessment**, 2014. p. 2979 – 2999.

MAVIGNIER, A. L. **Estudo físico, químico e bacteriológico do Rio Cocó.** Fortaleza: Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará. 1992. 108p.

MAZLUN, N.; OZER, A.; MAZLUN, S. Interpretation of the Water Quality by Principal Components Analysis. N. 23. **Jornal of Engineering and Environmental Science**. 1999, 19 - 26.

MEIRELES, A.J.; VICENTE da SILVA, E.; THIERS, P.R.L. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da Zona Costeira. **Revista GEOUSP**, v. 20, 101-119p., 2006.

MELLO, J. G.; QUEIROZ, M. A.; HUNZIKER, J. Mecanismos e Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas de Natal/RN por Nitrato. **Anais... X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, 1998.

MENDONÇA, F.; DANII-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MESTRINHO, S. S. P. **Geoquímica das águas subterrâneas.** In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 2008. cap. 5.2. p.359 – 379.

MITCHELL, G. Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning. n. 74, **Jornal of Environmental Management**. 2005, p. 1 – 9.

MORAES, A. C. R.; COSTA, W. M. **Geografia crítica: A valorização do espaço.** 2a ed. Sao Paulo: Hucitec, 1987. 196p.

- MORAIS, J. B. A. **Caracteres hidrogeológicos do Aquífero Dunas para a gestão de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará.** 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011
- MORAIS, J.B.A.; SAMPAIO, T. Q.; SALES, J.W.M. **Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no município de Fortaleza - CE.** Relatório Final. Fortaleza/CE. DNPM/CPRM. 1984. vol.1, textos e mapas. 208 p.
- MOURA, M. O. **Clima Urbano de Fortaleza Sobre o Nível do Campo Térmico.** Dissertação (Mestrado) 2008. 318 f. Centro de Ciências. Universidade Federal do Ceará, 2008. 318 f.
- MOURA, M. O.; LOPES, J. L. S.; ZANELLA, M. E.SALES, M. C. L. A qualidade da Água como Indicador Ambiental no Complexo Lacustre Costeiro da Sapiranga, Fortaleza-Ceará. v. 31, n. 1 **Revista de Geografia (UFPE)**, 2014.
- NAS, B.; BERKTAY, A. Groundwater contamination by nitrates in city of Konia, (Turkey): A Gis perspective. n. 79, **Jornal of Environmental Management.** 2006. P. 30 – 37.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 421p
- NÓBREGA, M. M. S.; ARAÚJO, A. L. C.; SANTOS, J. P. Avaliação das Concentrações de Nitrato das Águas Minerais Produzidas na Região da Grande Natal. n. 24, v. 3. **Holos**, 2008, p. 4 – 25.
- NUNES, F. C.; SILVA, E. F.; VILAS BOAS, G. S.; Barreiras: características gênese e evidencias neotectônicas. n.194. **Boletim de Pesquisa e desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Embrapa, 2001.
- NUNES, F. G.; FIORI, A. P. Análise da Impermeabilização dos Solos e Aumento dos Picos de Vazão de Cheias em Bacias Hidrográficas Urbanas. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 62-63, p. 47-60, 2008
- ODUM, Eugene Pleasants. **Fundamentos da Ecologia.** 2ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971.
- OLIVEIRA, M. R. B de. **O crescimento urbano e o risco à poluição das águas subterrâneas freáticas no entorno da lagoa da Parangaba, Fortaleza – Ceará.** 2013. 130f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2013.

OLIVEIRA, R. M. **Qualidade das águas subterrâneas nos bairros Montese, Vila União, Parreão, Bom Futuro e Damas – Fortaleza**, Ceará. 2012. 100 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012.

OLIVEIRA; S. M. A. C.; VON SPERLING, M. Potenciais Impactos de Esgotamento Sanitário na Água Subterrânea: revisão de literatura. v. 16, n. 4. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre/RS: ABRH, 2011, p. 85 – 108.

OÑATE-VALDEVIESO, F.; SENDRA, J. B. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. **Jornal of Hidrology**. n. 305. 2010, p. 256-263.

ONODERA, S.; SAITO, M.; SAWANO, M.; HOSONO, T.; TANIGUCHI, M.; SHIMADA, J.; UMEZAWA, Y.; LUBIS, R. F.; BUAPENG, S.; DELINOM, R. Effects of intensive urbanization on the intrusion of shallow groundwater into deep groundwater: Exemple from Bangkok and Jakarta. 404. **Science os Total Environmental**, 2008. P. 401 – 410.

PÁDUA, V. L.; FERREIRA, A. C. S. Qualidade da Água para o Consumo Humano. In: HELLER, L.; PÁDUA. V. M. (Org) **Abastecimento de água para consumo humano**, 2. ed. rev. e atual .- Belo Horizonte : Editora UFMG, 2010.V.1

PAPPAS, E. A.; HUANG, C.; M.ASCE, J. V. B. Do Upslope Impervious Surfaces Impact the Run-on/Runoff Relationship? **Jornal of Hidrologic Engineering**. n. 16. 2011, p. 345-350.

PEREIRA, S. **A qualidade das águas subterrâneas e as doenças de veiculação hídrica nos bairros da Barra do Ceará, Cristo Redentor e Pirambú, Fortaleza – CE**. 2008. 105 f. Relatório (Graduação em Geologia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

PEREIRA, S. **Qualidade e usos das águas subterrâneas na porção noroeste do município de Fortaleza-Ceará**. 2012. 142 f. Dissertação (mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Fortaleza, 2012

PINTO, V. G. **Análise Comparativa de Legislações Relativas à Qualidade da Água para Consumo Humano na América do Sul**. 2006. Tese. (Doutorado em Saneamento), Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

PIROLI, E. L.; PERUSI, M. C.; ZANATA, J. M. Mudança no Uso da Terra e Impacto sobre o Solo da Microbacia Hidrográfica do Córrego Água da Veada, Ourinhos/SP. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 4. p. 855-865, 2012.

POHLING, R.; SANTIAGO, M. F.; TORQUATO, J. R.; GARRETT, L. Estudo da qualidade da água de Fortaleza. *In*: POHLING, R. (Org.). **Estudos Hidrológicos do Nordeste**. Serie: monografias. Fortaleza: BNB, 1981. vol. 3. p. 7-72.

PONTES, A.P. **Estudo da contaminação, vulnerabilidade à poluição e fluxo do aquífero no entorno do cemitério São João Batista – Fortaleza - CE**. 2010. 100f. Monografia (Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Fortaleza, 2010.

PORTO, R. L. L. Escoamento Superficial Direto. *In*: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T.; **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; ABRH, 1995. 428p.

QUESADO JUNIOR, N.; CAVALCANTE, I. N. Hidrogeologia do Município de Fortaleza – CE. *In*: Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas 1. Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000.

QUESADO JUNIOR, N. **Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado em Geologia), Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

REIS, J. T.; PEREIRA FILHO, W.; SILVEIRA, A. L. L. Estimativa entre densidade habitacional e áreas impermeáveis na região urbana da sub-bacia hidrográfica do arrio Cadena em Santa Maria, **Ciência e Natureza**, UFSM, v. 1. n. 33, 2011. p. 145-160

RESENDE, A. V. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Embrapa: Planaltina, DF. 2002.

RIBEIRO, J. A. P. **Características hidrogeológicas e hidroquímicas da faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará**. 2001. Dissertação (Mestrado em Geologia) – centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2001.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis**. Springer. 3 rd edition. Canberra, 1998.

RODRIGUES, A. M.; **Produção e consumo do e no espaço**: problemática ambiental urbana. São Paulo: HUCITEC, 1998.

ROGER, P. P. Water Policy and Management. In: Roger, P. P.; LLAMAS, R. M.; MARTINEZ-CORTINA, L. (Ed,s). **Water crisis myth or reality?** London: Francis & Taylor, 2006. P. 3 – 36.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. Levantamento das Fontes Potencialmente poluidoras da RMF. Programa de Infraestrutura básica. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. Saneamento de Fortaleza – SANEAR, 1993.

SALES, J. W. F. ; Sousa, M. C. B ; Studart, T. M. C. ; Becker, H. ; GOMES, R. B. ; Souza Filho, F. A. Indicadores de Qualidade de Água Utilizando Técnicas de Análise Multivariada.. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009. **Anais...** Campo Grande: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

SALVADOR, D. S.; CARLIEAL, A. N. Leste De Fortaleza: Natureza, Produção Do Espaço e o Crescimento Urbano no Bairro Sapiranga/Coité. In: Encontro Nacional dos Geógrafos. **Anais...** Porto Alegre, 2010.

SAMANTARA, M. K.; PADHI, R. K.; SATPATHY, K. K.; SOWMYA, M. KUMARAN, P. Groundwater nitrate contamination and use of Cl/Br ratio for source appointment. n. 187, v. 50, **Environmental Monitor Assessment**. 2015, p. 1 – 13.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica**. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. 3. ed. revisada e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM e LABHID, 2008. cap. 05. p. 325-357.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza – CE: Contribuições ao ordenamento territorial**. 2011. 331 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SANTOS, M. A **Natureza do Espaço**: técnica e tempo razão e emoção. 2. ed. São Paulo: HUCITEC. 1997

SANTOS, M. R. P.; BARROS, E. C. M.; ALCÂNTARA, L. O.; BUARQUE, H. L. B.; GOMES, R. B. Avaliação dos fatores que influenciam a qualidade da água da lagoa da Sapiranga, Fortaleza,

Ceará, Brasil, utilizando análise estatística multivariada. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió: CONNEPI. **Anais...** 2010.

SHOWERS, W. J.; GENNA, B.; MCDADE, T.; BOLICH, R.; FOUNTAIN, J. C. Nitrate Contamination in Groundwater on Dairy Farm. v. 42, n. 13. **Environmental Science & Technology**. 2008, p. 4683 – 4688.

SILVA, A. B. da. **Inventário Hidrogeológico do Nordeste - Folha Nº 5 Fortaleza - SO**. Ministério do Interior/SUDENE. Recife, PE. 1970.

SILVA, L. C. M.; BROTO, M. E. Nitrato Ocorrências e Consequências, ? 2014.

SILVA, N. S.; VASCONCELOS, F. P.; PEREIRA, D. M. SENA NETA, M. A. Análise multitemporal da lagoa urbana de Messejana – Fortaleza - CE: A utilização de geotecnologia como ferramenta indispensável para o gerenciamento de recursos hídricos. **Anais...** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, 2011, p.0957

SINGLETON, M. J.; WOODS, K. N.; CONRAD, M. E.; DRESEL, P. E. Tracking Sources of Unsaturated Zone and Groundwater Nitrate Contamination Using Nitrogen and Oxygen Stable Isotopes at the Hanford Site, Washington. n. 39, **Environmental Science and Technology**. 2006. P. 3563 – 3570.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (SIAGAS). **Banco de dados de poços do Ceará**. Disponível em: <<http://www.siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em: 8 nov. de 2015.

SMALL, H. L. **Geologia e Suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará**. Mossoró: Escola Superior de Agricultura, 1979.

SOKOLOV, A. A; CHAPMAN, T. G. **Métodos para Cálculo do Balanço Hídrico - um Guia Internacional para Pesquisas e Práticas**. Tradução Unesco, Eletrobras, 1978.

SOTCHAVA, V.B. O estudo dos geossistemas. n.16, **Métodos em Questão**, São Paulo, IGO-USP, 1977.

SOUZA, M. J. N.; MENELEU NETO, J.; SANTOS, J. O.; GONDIM, M. S. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2009.

SOUZA, M. S. Análise da Estrutura Urbana. *In*: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L.; SILVA, J. B. **De cidade à Metrópole: transformações urbanas em Fortaleza**. Edições UFC: Fortaleza, 2009, p. 13-86.

SOUSA, P.; SOUZA, J. Andad, versão 7.12, 2000

SUTHAR, S.; BISHNOI, P.; SINGH, S.; MUTIYAR, P. K.; NEMA, A. K.; PATIL, N. S. Nitrate contamination in groundwater of some rural áreas of Rajasthan, India. N. 171. **Jornal of Hazardous Materials**, 2009, p. 189 – 199.

TAJRA, A. **Aspectos técnico-construtivos dos poços tubulares e a legislação pertinente. Área Piloto de Fortaleza-Ceará**. 2001. 109 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

THORTHWAITE, C.W.; MATTER, J.R. The water balance. Publications in Climatology, New Jersey, **Drexel Institute of Thecnology**, 104p. 1955

TRAUTH, R.; XANTHOPOULOS, C. Non-point Pollution of Groundwater in Urban Areas, vol. 31 n. 11. **Water Research**, 1997. P. 2711 – 2718.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **REGA**, v. 1, nº. 1, 2004, p. 59-73.

_____. Água no meio Urbano. *In*: REBOLÇAS, A. C.; BRAGA, B. TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. Escrituras: São Paulo, 2006, p. 399-432.

_____. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **REGA**, v.1, nº. 1, 2004, p. 59-73.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções. N. 22, v. 63. **Estudos Avançados**, São Paulo, 2008.

VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da Água Subterrânea por Nitrato no Parque Ecológico do Tietê – São Paulo, Brasil. n. 16. **Revista Águas Subterrâneas**, 2002. P. 97 – 104.

VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, M. ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do Município de Marília (SP). V. 1/2 , n. 31. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, 2010, p. 1 – 21.

VASCONCELOS, S. M. S. Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico – Exemplo de Fortaleza, (CE). **Revista de Geologia**, Fortaleza, v.7. p. 27 - 34. 1994.

_____. **Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza - CE**. 1999. 100 f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

VIANA, M. C. **Diagnóstico e zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Rio Cocó no município de Fortaleza-Ceará**. Fortaleza, 2000. 163p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, 2000.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Editora Mc Graw Hill,1975. 245p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. Ed – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

WAKIDA, F. T.; LERNER, D. N. Non-agricultural source of groundwater nitrate: a review and case study. n. 39, **Water Research**, 2005. p. 3 – 16.

WILHELM, S. R.; SCHIFF, S. L.; ROBERTSON, W. D. Biogeochemical Evolution of Domestic Waste Water in Septic Systems: 2. Application of Conceptual Model in Sandy Aquifers. v. 34 n.5, **Ground Water**, 1996. P. 1 – 12.

WHO, World Health Organization. Water sanitation and hygiene in health care facilities: status in low and middle-income countries and way forward, Geneva: UNICEF/World Health Organization, 2015, p.1-35.

WWAP, World Water Assessment Program. **Water for people Water for Life**. The United Nations World Water Development Program, 2003.

YASSUDA, E. M. Gestão de Recursos Hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. v. 27, n. 2, **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro, 1993. p. 5 – 18.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B. da.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS. E. W. (orgs.) **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

APÊNDICE

APÊNDICE A

ID	TIPO DE PEÇA LOCAL	BAIRRO	LATITUDE	LONGITUDE	DOMÍNIO HIDROGEOLÓGICO	PROFUNDIDADE (m)	TIPO DE REVESTIMENTO	NE (m)	ALTURA DA BOCA (m)	SITUAÇÃO	USO FINALIDADE	Propriedade	FAMÍLIAS ATENDIDAS	FONTE ALTERNATIVA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µs/m)	pH	Cota (m)	
1	PT	C. Adm. Cambeba (Oficina SOHIDRA)	Cambeba	9578706	557167	Formação Barreiras	56,0	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Uso geral/Irrigação	Público	-	-	324	8,05	-
2	PT	C. Adm. Cambeba (Escola de Gestão pública)	Cambeba	9578636	557277	Formação Barreiras	60,0	PVC-Geomecânico	11,1	0,1	Ativo	Uso geral/Irrigação	Público	-	-	658	6,01	19,5
3	PT	C. Adm. Cambeba (Nos Creche)	Cambeba	9578635	556969	Formação Barreiras	60,0	PVC-Geomecânico	-	-	Desativado	-	Público	-	-	-	-	-
4	Cacimba	Rua Viana Wey 510	Cambeba	9579746	556648	Formação Barreiras	4,5	Pré-moldado	1,9	0,0	Ativo	Abastecimento Doméstico/Recreação	Privado	1	Água envasada	708	4,90	-
5	PT	Rua Gerardo A. S. Frota 1045	Messejana	9575628	555605	Formação Barreiras	-	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Uso geral/Irrigação	Privado	-	-	806	6,34	-
6	Cacimba	Rua Miracema 1451	Messejana	9575860	555340	Formação Barreiras	20,0	Pré-moldado	10,1	0,7	Ativo	Abastecimento Doméstico	Privado	10	Cagece	852	4,86	29,2
7	Cacimba	Rua Aveledo S. Av. Frei Cirilo 4700	Messejana	9575944	555843	Formação Barreiras	-	Pré-moldado	6,7	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Recreação	Privado	-	Cagece	623	5,56	-
8	PT	Av. Washington Soares	Messejana	9577270	556104	Formação Barreiras	50,0	PVC	3,7	0,3	Ativo	Abastecimento Doméstico/Recreação	Público	-	Cagece	852	7,94	23,5
9	PT	Av. Washington Soares	Messejana	9578554	558001	Formação Barreiras	-	PVC-Geomecânico	4	0,8	Ativo	Uso geral/Irrigação	Público	-	Cagece	652	6,77	-
10	Chafariz	Rua Alberto Torres 125	Messejana	9577386	555345	Formação Barreiras	60,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	15	Cagece	1282	8,41	-
11	Cacimba	Rua Alberto Torres 125	Messejana	9578126	555632	Formação Barreiras	13,0	Pré-moldado	4,9	0,5	Ativo	Abastecimento Doméstico	Privado	3	-	911	6,30	23,7
12	Chafariz	Rua Cap. Afrônio 160	Messejana	9578050	555605	Formação Barreiras	-	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	15	Cagece	560	7,96	-
13	Cacimba	Rua Cap. Afrônio 160	Messejana	9576546	556015	Formação Barreiras	-	Pré-moldado	3,1	0,5	Desativado	Abastecimento Doméstico/Irrigação	Privado	1	Cagece	894	7,69	20,0
14	PT	R. Manuel Castelo Branco 700	Messejana	9576298	556732	Formação Barreiras	60,0	PVC	5,7	0,1	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	-	Cagece	972	6,48	26,1
15	Cacimba	Av. P. Jos Carvalho 1400	Lagoa Redonda	9576884	559190	Formação Barreiras	29,0	Pré-moldado	10,2	0,3	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Privado	1	Cagece	261	5,96	20,0
16	Chafariz	Av. P. Jos Carvalho	Lagoa Redonda	9477154	559834	Formação Barreiras	60,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	15	Cagece	580	7,94	-
17	Cacimba	Rua Maria Bezerra 83	Lagoa Redonda	9577524	577424	Formação Barreiras	25,0	Pré-moldado	3,8	0,3	Ativo	Abastecimento Doméstico/Irrigação	Privado	1	Água envasada	704	8,02	13,5
18	PT	Av. P. Jos Carvalho	Lagoa Redonda	9577598	560763	Formação Barreiras	48,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Irrigação	Privado	1	Água envasada	626	6,08	-
19	Chafariz	Av. P. Jos Carvalho	Lagoa Redonda	9578288	561078	Formação Barreiras	40,0	PVC	4,3	0,2	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	15	Cagece	370	5,70	10,0
20	PT	Av. P. Jos Carvalho	Lagoa Redonda	9578576	561025	Formação Barreiras	-	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Uso geral/Irrigação	Privado	-	-	452	6,53	-
21	Cacimba	Av. Recreio 200	Lagoa Redonda	9579136	561113	Formação Barreiras	-	Pré-moldado	8,7	0,4	Desativado	-	Privado	1	Cagece	605	7,97	15,0
22	Cacimba	Av. Maestro Lisboa	Lagoa Redonda	9579230	560132	Formação Barreiras	-	Pré-moldado	3,6	0,4	Ativo	Irrigação	Privado	1	Água envasada	545	5,71	10,0
23	Cacimba	Av. Gugel Amaral	Lagoa Redonda	9575960	557411	Formação Barreiras	9,0	Pré-moldado	1,6	0,8	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Privado	1	-	443	5,65	24,7
24	PT	Rua Fr. Bordio	Curii II	9577292	557737	Formação Barreiras	60,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Recreação	Privado	15	Água envasada	1238	5,98	-
25	PT	Rua Cleide de	Lagoa	9578394	557830	Formação Barreiras	-	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento	Privado	-	Água	667	5,87	-

53	PT	Rua Bonfim Jr. 953	Lagoa Redonda	9577600	560400	Formação Barreiras	60,0	PVC-Geomecânico	12,0	-	Desativado	-	Privado	-	-	-	-	-
54	PT	Rua Pedro Laz 790	Alagadiço novo	9579726	556770	Formação Barreiras	42,0	PVC-Geomecânico	6,0	-	Ativo	Abastecimento Doméstico	Privado	1	Cagece	476	6,59	-
55	PT	Rua Pedro Alencar 781	Messejana	9576138	556320	Formação Barreiras	60,0	PVC-Geomecânico	6,1	-	Ativo	Uso geral/Irrigação	Privado	-	-	563	7,65	-
56	PT	Rua Patrício Florencio 37	Cambeba	9578525	557365	Formação Barreiras	73,0	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico	Privado	15	Cagece	580	5,28	-
57	PT	Rua Bill Cartax 1725	Alagadiço novo	9579550	558481	Formação Barreiras	78,0	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Irrigação	Privado	15	Cagece	605	-	-
58	PT	Rua Padre Pedro Alencar 183	Messejana	9576600	556100	Formação Barreiras	39,0	PVC-Geomecânico	8,0	-	Desativado	-	Público	-	Cagece	-	-	-
59	PT	Rua Dr. Airton Bezeraa	Lagoa Redonda	9578928	559392	Formação Barreiras	-	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	-	-	-	-	-
60	PT	Rua Lurdes Vidalves	Lagoa Redonda	9577270	558565	Formação Barreiras	48,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	20	-	-	-	-
61	PT	Rua Sapucaia	Lagoa Redonda	9577495	560110	Formação Barreiras	50,0	PVC	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Público	10	-	-	-	-
62	PT	Rua José Antônio	Lagoa Redonda	9577495	560110	Formação Barreiras	50,0	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Abastecimento/Recreação	Privado	1	-	-	-	-
63	PT	Rua Elza Leite Albuquerque	Messejana	9578087	557387	Formação Barreiras	60,0	PVC-Geomecânico	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Privado	10	Cagece	-	-	-
64	C	R.A.	Sapiranga	9580698	560048	Formação Barreiras	8,0	Pré-moldado	-	-	Ativo	Abastecimento Doméstico/Consumo	Privado	10	-	-	-	-

ANEXOS

ANEXO I

RESULTADO DAS ANÁLISES

REQUISITANTE: Felipe (Mestrado Geologia) .

ENDEREÇO: Depto. de Geologia Fone: _____

DATA DE COLETA:

28/09/2015 (amostras 1 a 15); 29/09/2015 (amostras 16 a 20); 30/09/2015 (amostras 21 a 24)

PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA: Água de Poço

MUNICÍPIO: _____ LOCALIDADE: _____

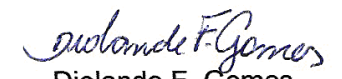
Número da Amostra	pH a 25°C	Amônia (mg.L ⁻¹ NH ₃)	Nitrito (mg.L ⁻¹ N-NO ₂ ⁻)	Nitrato (mg.L ⁻¹ N-NO ₃ ⁻)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg.L ⁻¹ STD)
1	6,08	<0,01	<0,001	7,5	338
2	6,45	<0,01	0,03	15,3	778
3	7,12	<0,01	<0,001	6,7	798
4	7,07	<0,01	<0,001	10,3	824
5	7,24	<0,01	<0,001	1,7	681
6	7,07	<0,01	<0,001	6,0	330
7	7,32	4,7	0,34	10,9	960
8	5,76	<0,1	0,01	2,4	603
9	7,38	0,7	0,01	<0,1	1013
10	6,19	0,4	0,00	13,3	853
11	6,75	<0,1	<0,001	0,0	399
12	5,75	2,0	<0,001	13,8	1132
13	5,94	<0,1	<0,001	15,1	692
14	5,45	<0,1	0,01	6,2	512
15	7,30	<0,1	<0,001	<0,1	555
16	5,66	<0,01	<0,001	8,8	331

17	5,93	<0,01	<0,001	2,3	818
18	7,53	<0,01	<0,001	12,6	834
19	6,02	<0,01	<0,001	8,5	702
20	6,58	<0,01	0,18	10,8	614
21	7,49	<0,01	<0,001	3,8	562
22	7,32	<0,01	<0,001	1,0	584
23	5,58	<0,01	<0,001	14,5	1050
24	5,83	<0,01	<0,001	12,8	446
Padrão de Potabilidade (Portaria Nº 2914/11)	6 – 9,5	1,5	1,0	10	1000
Metodologia	Potenciométrico (APHA, 2005)	Azul de endofenol (Aminot, 2004)	Diazotação (APHA, 2005)	Coluna redutora de cádmio (APHA, 2005)	Condutivimétrico (APHA, 2005)

< inferior ao limite de detecção

FORTALEZA 04/10/2015


Prof. George Satander Sá Freire
Coordenador do LGMA


Diolande F. Gomes
Química – CRQ 10100188

ANEXO II

ID	TIP O DE POÇO	PROPRIETÁRIO	LOCAL / ENDEREÇO	BAIRRO	LAT. (UTM)	LON. (UTM)	DOMÍNIO HIDROG.	PROF. (m)	REVEST IMENTO	NE (m)	ALTURA BOCA (m)	SITUAÇÃO DO POÇO	FINALIDA DE	USO	AT. FAMILIA S (N°)	FONT E ALTE RNAT IVA	CON DUT. ELET RI. (uS/e m) A 25°C	STD (mg/l)	pH	FONTE POTENCIAL DE POLUIÇÃO
1	PTP	CASA JOSÉ DE ALENCAR	AV. WASHINGTON SOARES C/ EGÍDIO DE OLIVEIRA	Cambeba	9578656	557810	CRISTALINO	50.00		16.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO						
2	PTP	MAKRO ENGENHARIA	BR 116 KM 5 - AEROLANDIA	Sapiranga	9580386	559809	CRISTALINO	70.00	PVC	2.70		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO						
3	PTP	POSTO RANCHO CAJAZEIRAS	BR 116, Nº 9310 - BARROSO	Barroso	9577473	555043	CRISTALINO	60.00	PVC			EM USO	OUTROS	PRIVADO			1146	744.90		POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E LAVAGEM
4	PT	ESCOLA 2º GRAU PAULO BENEVIDES	R. ANGELICA GURGEL S/N - MESSEJANA	Messejana	9576086	555613	SEDIMENTAR	54.00	PVC	10.10				PÚBLICO						
5	PTP	PAULO CAMINHA MUNIZ	R PE PEDRO ALENCAR 183	Messejana	9576733	556223	SEDIMENTAR	39.00		8.00		DESATIVADO		PRIVADO		CAGE CE				EFLUENTES DOMÉSTICOS
6	PTP	MARIO BARCELOS ARAÚJO	R. JOSÉ HIPÓLITO, 478 - MESSEJANA	Messejana	9576285	556489	SEDIMENTAR	45.00		12.50		DESATIVADO		PRIVADO						
7	PTP	FCO ANT SAMPAIO ROSA	R PERGENTINO MAIA, 1557 - MESSEJANA	Messejana	9576475	557293	CRISTALINO	50.00		5.10		ABANDONADO		PRIVADO						
8	PTP	YPIOCA AGRO IND. LTDA.	YPIOCA AGRO. IND. LTDA. - MESSEJANA	Messejana	9576999	558815	SEDIMENTAR	45.00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO						EFLUENTES DOMÉSTICOS
9	PTP	CASA JOSÉ DE ALENCAR	AV. WASHINGTON SOARES - MESSEJANA	Messejana	9578587	557960	SEDIMENTAR	50.00		7.00		EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO			179	116.35		
10	PTP	CASA JOSÉ DE ALENCAR	AV. WASHINGTON SOARES - MESSEJANA	Messejana	9578587	557960	SEDIMENTAR	50.00		7.00		EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO			179	116.35		
11	PTP	HOSPITAL DE SAUDE MENTAL	R. VICENTE NOBRE MACEDO, 10 - MESSEJANA	Messejana	9577731	557362		60.00		7.10		EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO			415	269.75		
12	PT	HOSPITAL DE SAUDE MENTAL	HOSPITAL DE SAUDE MENTAL	Messejana	9577732	557402	SEDIMENTAR	32.50	FERRO	10.00		EM USO		PÚBLICO			417	271.05		
13	PTP	HÉLIO B. SANCHES	R. ELSA LEITE DE ALBUQUERQUE, 414 - MESSEJANA	Messejana	9578014	557433		51.00		12.00		DESATIVADO		PRIVADO						
14	PTP	JOSÉ H. F. MOURA	R J COELHO 1050	Sapiranga	9580355	558851	SEDIMENTAR	38.00		7.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO						EFLUENTES DOMÉSTICOS
15	PTP	POSTO CAMINHONEIRO	BR 116 / KM 10, Nº 10.400 - MESSEJANA	Messejana	9575548	555378		60.00	PVC		0.20	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGE CE				POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E LAVAGEM
16	PT	ASSOC. BENEFIC. DAS FILHAS DE SANTANA	R. PADRE PEDRO ALENCAR, 781 - MESSEJANA	Messejana	9576138	556320	SEDIMENTAR	60.00	PVC	6.30	0.30	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGE CE	637	414.05		

17	C	GERALDO MARTINS	R. SÃO FRANCISCO, 562 - MESSEJANA	Meireles	9577664	556398	SEDIMENTAR		CONCRETO	7.00	0.30	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	02		1264	821.60		
18	C	JOSÉ DE SOUSA OLIVEIRA	R. NICOLAU COELHO, 301 - MESSEJANA	Meireles	9577801	556386	SEDIMENTAR	7.00	CONCRETO	4.00	0.50	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01		901	585.65		
19	C	ANTÔNIO DE SOUSA DO NASCIMENTO	R. SÃO FRANCISCO, 304/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9577849	556434	SEDIMENTAR	6.00	TIJOLO	4.50	0.50	NÃO INSTALADO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	02			0.00		
20	C	FRANCISCO CESAR FERREIRA ALVES	R. SÃO FRANCISCO, 289/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9577856	556452	SEDIMENTAR	7.50	TIJOLO	3.50	0.40	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	02		654	425.10		
21	C	LÚCIA DA SILVA	R. SÃO FRANCISCO, 112/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9578013	556444	SEDIMENTAR	8.00	CONCRETO	2.20	0.10	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01			0.00		
22	C	ANTÔNIO FLORÊNCIO DE SOUZA	AV. DOMINGOS LÍVIO, 203/ CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9578033	556548	SEDIMENTAR	9.00	CONCRETO	6.50		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01		826	536.90		
23	C	FRANCISCO EDUARDO DA SILVA	R. NOSSA SENHORA DE FÁTIMA, 168/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9577995	556496	SEDIMENTAR	7.00	TIJOLO	4.50		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01		861	559.65		
24	C	JOSÉ ARI ANDRÉ GOMES	R. DOM BOSCO, 241/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9577916	556468	SEDIMENTAR	9.50	TIJOLO	4.50	0.50	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01		824	535.60		
25	C	FRANCISCO DE ASSIS CÂNDIDO	R. CECÍLIA MEIRELES, 241/CONJUNTO SÃO BERNARDO - MESSEJANA	Messejana	9577813	556460	SEDIMENTAR		TIJOLO	2.00	0.30	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	02		924	600.60		
26	PTP	ANTÔNIO MONTENEGRO CARVALHO	R. JOSÉ PARENTE, 99 - SABIAGUABA	Sabiaguaba	9579880	561001		72.00	PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01	RIAC HOLA GOA	360	234.00		
27	PTP	PREFEITURA	R. LUIZA HELENA, 232 - SABIAGUABA	Sapiranga	9579899	560874		60.00	PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	FAMÍLIAS	200	RIO / LAGO A	360	234.00		
28	PTN C	ANA PATRÍCIA PINHEIRO	AV. SABIAGUABA, 3500 - SABIAGUABA	Sabiaguaba	9580092	560862			PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01	LAGO A		-		
29	PTP		AV. SABIAGUABA, 1000 - SABIAGUABA	Sabiaguaba	9580136	560838		70.00	PVC			ABANDONADO	DOMÉSTICO	PRIVADO			RIO / LAGO A		-		
30	PTP	D. REGINA	R. PIGALLI, 706 - SABIAGUABA	Sabiaguaba	9580154	560845	SEDIMENTAR	45.00	PVC			EM USO		PRIVADO				5350	477.50	3	
31	PTP	SRH	SOHIDRA II - CAMBEBA	Cambeba	9578650	557271	CRISTALINO	56.00	PVC	6.00		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO							
32	PTP	SOHIDRA	SOHIDRA I - CAMBEBA	Cambeba	9578716	557171	SEDIMENTAR	59.50	PVC	9.60		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO							
33	PTP	SECRETARIA DO PLANEJAMENTO - SEPLAN	NOSSA CRECHE / CAMBEBA - CENTRO ADMINISTRATIVO	Cambeba	9578635	556969	SEDIMENTAR	60.00	PVC	11.30		DESATIVADO		PRIVADO			CAGE CE				
34	PTP	JOAQUIM NEWTON	R. JOAQUIM FROTA, 89 - CIDADE DOS FUNCIONÁRIOS	Cidade dos Funcionários	9579824	557488	SEDIMENTAR	50.00	PVC	9.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01	CAGE CE				
35	PTP	VIAÇÃO URBANA LTDA	AV. MAESTRO LISBOA, 1211 -	Alagadiço Novo	9579117	558940		65.00		6.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO				960	624.00		

115	PTP	PAULA QUEIROZ FR	R. JOSÉ ANDRÉ, 500 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578796	559765		60.00	PVC	12.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS ²⁰		386	250.90		
116	PTP	YPIOCA ÁGUAS MINERAIS IND. COM. LTDA	AV. CURIÓ 1001 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9577029	558338	SEDIMENTAR	60.00	PVC	8.00				PRIVADO						
117	PTP	SOSP	AV. RECREIO (ENTRE SAMUEL WAINÉS E GERALDO MARINHO) - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9579034	561008	SEDIMENTAR	32.00	PVC	6.00		DESATIVADO		PÚBLICO						
118	PTP	INDAIA NORTE - FONTE ACAPULCO 1 - FONTE I	R. ANTÔNIO NOGUEIRA, 2718 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9580125	560726	SEDIMENTAR	48.70	PVC	19.50		DESATIVADO		PRIVADO						
119	PTP	INDAIA NORTE - FONTE ACAPULCO 1 - FONTE III	R. ANTÔNIO NOGUEIRA, 2718 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9580097	560788		40.00	PVC	18.00		DESATIVADO		PRIVADO						
120	PTP	INDAIA NORTE - FONTE ACAPULCO 1 - FONTE II	R. ANTÔNIO NOGUEIRA, 2718 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9580114	560837		41.00	PVC	19.50		DESATIVADO		PRIVADO						
121	PTP	INDAIA NORTE - FONTE ACAPULCO 1 - FONTE IV	R. ANTÔNIO NOGUEIRA, 2718 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9580040	560764		39.50	PVC	18.00				PRIVADO						
122	PTP	YPIOCA AGROINDÚSTRIA LTDA	AV. WASHINGTON SOARES, 1280 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9577152	557676		80.00	PVC	9.00				PRIVADO						
123	PTN C	CHAFARIZ PÚBLICO	R. LAURO BEZERRA, 100 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578994	559940						DESATIVADO		PRIVADO						
124	C	MARIA DE LURDES	R. JOSÉ ANDRÉ, 361 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578552	559824	SEDIMENTAR		CONCRETO		0.70	EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO		CAGECE	858	557.70		
125	C	MARIA DE LURDES	R. JOSÉ ANDRÉ, 361 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578449	559805	SEDIMENTAR		CONCRETO		0.50	DESATIVADO		PRIVADO						
126	C	JOÃO FERREIRA	R. FERREIRA ARAÚJO, 205 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578207	559725	SEDIMENTAR	15.00	CONCRETO	4.80	0.30	EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO			292	189.80		
127	C	JOÃO FERREIRA	R. FERREIRA ARAÚJO, 205 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578107	559775	SEDIMENTAR	30.00	CONCRETO	7.00	0.50	EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO			551	358.15		
128	PTR P	JOSÉ NILTON F. SARAIVA	R. JOSÉ ANDRÉ, 390 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578241	559776	SEDIMENTAR	18.00	PVC			EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO						
129	C	AMARÍLIO COSTA	R. JOSÉ ANDRÉ, 420 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578226	559777	SEDIMENTAR	18.00	CONCRETO	7.50	0.30	EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO						
130	PTN C	COND. VILLAGE BELLIS MAISON	AV. LEAL LIMA VERDE, 2780 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9578138	558306			PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS ¹⁵		320	208.00		
131	PTP	DR. ANTÔNIO ENÉAS VIEIRA	R. CAJAZEIRAS - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9577703	560980		55.00	PVC	22.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS ⁰⁴		324	210.60		
132	PTP	CD. EDIFÍCIO L. BARBOSA	R. CAJAZEIRAS - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9577665	560955		50.00	PVC	4.60		DESATIVADO		PRIVADO						
133	PTN C	NATURÁGUA	AV. CURIÓ, 1001 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9576971	558871								PRIVADO						
134	PTP	NATURÁGUA	AV. CURIÓ, 1001 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9576970	558868		60.00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO						
135	PTP	NATURÁGUA	AV. CURIÓ, 1001 - LAGOA REDONDA	Lagoa Redonda	9576970	558873		60.00				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO						
136	PTP	POSTO RANCHO CAJAZEIRAS	BR 116 KM 09 - MESSEJANA	Messejana	9577459	555097		30.00				EM USO		PRIVADO			857	557.05		

137	PTP	DONIZETE DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS LTDA	R. FREDERICO PAIVA, 88 - BR 116	Jangurussu	9575473	555326	SEDIMENTAR	55.00		11.00		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO			1019	662.35	
138	PTP	POSTO CARRETEIRO	BR 116 / KM 11, Nº 116 - MESSEJANA	Messejana	9575497	555386		57.00	PVC		-0.20	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGECE	1294	841.10	POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E LAVAGEM
139	PTP	GOVERNO DO ESTADO	CENTRO ADM. CAMBEBÁ - ESTACIONAMENTO DA SEDUC - CAMBEBÁ	Cambeba	9578560	556507						NÃO INSTALADO		PÚBLICO					
140	PTP	GOVERNO DO ESTADO	CENTRO ADM. CAMBEBÁ - NA FRENTE DO PRÉDIO DA SEPLAN - CAMBEBÁ	Cambeba	9578657	556952	CRISTALINO	55.00	PVC		0.10	DESATIVADO		PÚBLICO		CAGECE			
141	PTP	GOVERNO DO ESTADO	CENTRO ADM. CAMBEBÁ - A ESQUERDA DO PRÉDIO DA SEDUC - CAMBEBÁ	Cambeba	9578575	556571	CRISTALINO	80.00	PVC			ABANDONADO		PÚBLICO		CAGECE			
142	PTP	GOVERNO DO ESTADO	CENTRO ADM. CAMBEBÁ - A ESQUERDA DO PRÉDIO DA SEAGRI - CAMBEBÁ	Cambeba	9578911	556724		60.00	PVC			DESATIVADO		PÚBLICO		CAGECE			
143	PTP	GOVERNO DO ESTADO	CENTRO ADM. CAMBEBÁ - NOS FUNDOS DO PRÉDIO DO TRIBUNAL DE JUSTIÇA - CAMBEBÁ	Cambeba	9578557	557020	CRISTALINO	45.00	PVC		0.50	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO		CAGECE			
144	PTP	JOSÉ NUNES	BR 116, 9690 - JANGURUSSU	Jangurussu	9576376	554897		53.00	PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01			
145	PTP	PREFEITURA	R. 25 DE MARÇO (PARQUE DO PAJEÚ) - CENTRO	Centro	9587599	552859		30.00	PVC			EM USO	RECREAÇÃO	PÚBLICO			786	510.90	EFLUENTES DOMÉSTICOS
146	PTP	VITAL PINHEIRO	BR 116, 10400 - JANGURUSSU	Jangurussu	9575495	555380		72.00	FERRO		0.00	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO		CAGECE			
147	PTP	VALDEMAR FERREIRA FONSECA	R. GENTILÂNDIA, 103 - JANGURUSSU	Jangurussu	9575318	555320		66.00	PVC		0.30	DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE			
148	C	FRANCELSON COELHO ASSUNÇÃO	R. PADRE PEDRO DE ALENCAR, 1390 - JANGURUSSU	Jangurussu	9575536	556099	SEDIMENTAR	20.00	CONCRETO	8.00	0.20	DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE			
149	C	ROTA SOL	R. PADRE PEDRO DE ALENCAR, 1428 - ANCURI	Ancuri	9575511	556079	SEDIMENTAR	20.00	CONCRETO	8.00		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO		CAGECE			POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E LAVAGEM
150	PTP	CAIXA ECONÔMICA FEDERAL	R. PADRE PEDRO DE ALENCAR, 1564 - ANCURI	Ancuri	9575366	556101		30.00	PVC		0.20	EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO		CAGECE			
151	PTP	ZACARIAS FEITOSA DA COSTA	R. PADRE PEDRO DE ALENCAR, 1662 - ANCURI	Ancuri	9575281	556028		65.00	FERRO			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01	CAGECE		
152	PTP	JEFERSON FERREIRA DA SILVA FILHO	DOCA SALES - ANCURI	Ancuri	9575215	555831		56.00	FERRO		0.10	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01	CAGECE		
153	C	JANE SOARES CRUZ	R. FLORENCIO FONTENELE, 171 - JANGURUSSU	Jangurussu	9576457	554756	SEDIMENTAR	22.00	CONCRETO	7.20	0.12	EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGECE			

174	PT	LICEU DE MESSEJANA	AV. WASHINGTON SOARES S/N (EM FRENTE À YPIOCA)	Messejana	9577394	557518	SEDIMENTAR	20.00	PVC				EM USO		PÚBLICO			620	403.00				
175	PT	VILA OLÍMPICA DE MESSEJANA	AV. VICENTE NOBRE MACEDO S/N (VIZINHO AO HOSPITAL GONZAGUINHA) - MESSEJANA	Messejana	9577498	557345	SEDIMENTAR	48.00	PVC	9.00	0.09		EM USO	AGRICULTURA	PÚBLICO			307	199.55				
176	PT	HOSPITAL DISTRITAL GONZAGA MOTA DE MESSEJANA	AV. WASHINGTON SOARES, 7700 - MESSEJANA	Messejana	9577561	557514	CRISTALINO	60.00	PVC			0.05	EM USO		PÚBLICO			331	215.15				
177	PT	CHAFARIZ	R. TENENTE NILTON, 217 - MESSEJANA	Messejana	9577277	556452		75.00	PVC			0.10	EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO			370	240.50				
178	PT	CONDOMÍNIO MORADA DA LAGOA	R. PADRE PEDRO DE ALENCAR, 31 - MESSEJANA	Messejana	9576899	556350		50.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	190	CAGECE	585	380.25			
179	PTP	RENATO PIMENTEL	R. GUILHERME ALENCAR, 71 - MESSEJANA	Messejana	9576577	556436	SEDIMENTAR	20.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO			CAGECE					
180	PTP	FRANCISCO ROCHA MAIA	R. ANTÔNIO BARROS, 111 - MESSEJANA	Messejana	9576661	556801		36.00	PVC				DESATIVADO		PRIVADO			CAGECE	797	518.05			
181	PTP	HERMÍNIO	R. MANOEL CASTELO BRANCO, 700 - MESSEJANA	Messejana	9576295	556725		70.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	06		609	395.85			
182	PTN C	CLUBE DA CAIXA ECONÔMICA	AV. FREI CIRILO, 4200 - MESSEJANA	Messejana	9577282	556108			PVC				EM USO	RECREAÇÃO	PÚBLICO			CAGECE	626	406.90			
183	PTN C	IRTEC INDÚSTRIA E COMÉRCIO M. PLÁSTICO	AV. FREI CIRILO, 4349 - MESSEJANA	Messejana	9577447	556170			PVC				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO			CAGECE	616	400.40			
184	C	INSTITUTO JOÃO PEDRO	AV. FREI CIRILO, 4241 - MESSEJANA	Messejana	9577656	556048	SEDIMENTAR	30.00	CONCRETO	12.00			EM USO	RECREAÇÃO	PÚBLICO			CAGECE	955	620.75			
185	PT	GEMINDRO SERÁFICO N.S. BRASIL	AV. FREI CIRILO, 4454 - MESSEJANA	Messejana	9577393	555994	SEDIMENTAR	20.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO				467	303.55			
186	PTP	HOSPITAL DE MESSEJANA	AV. FREI CIRILO, 3480 - MESSEJANA	Messejana	9578351	555510		70.00	FERRO				ABANDONADO		PÚBLICO			CAGECE					
187	PTP	HOSPITAL DE MESSEJANA	AV. FREI CIRILO, 3480 - MESSEJANA	Messejana	9578270	555632		60.00	FERRO				EM USO		PÚBLICO			CAGECE	641	416.65			
188	PTP	HOSPITAL DE MESSEJANA	AV. FREI CIRILO, 3480 - MESSEJANA	Messejana	9578222	555625		60.00	FERRO				ABANDONADO		PRIVADO			CAGECE	656	426.40			
189	PT	EDVAN CORDEIRO DA SILVA	AV. FREI CIRILO, 3611 - MESSEJANA	Messejana	9578255	555759	CRISTALINO	74.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO				402	261.30			
190	PT	BIC BANCO CLUBE	AV. FREI CIRILO, 3840 - MESSEJANA	Messejana	9577903	555710		52.00	PVC				EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO			CAGECE	172	111.80			
191	PT	VIAÇÃO NORDESTE LTDA	AV. FREI CIRILO, 3731 - MESSEJANA	Messejana	9578160	555819	SEDIMENTAR	40.00	PVC				EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO			CAGECE					
192	PTP	GERALDO JESUÍNO COSTA	AV. FREI CIRILO, 3323 - MESSEJANA	Messejana	9578506	555661		20.00	PVC				EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	20		453	294.45			
193	C	RAIMUNDA DA SILVA NUNES	AV. FREI CIRILO, 3200 - MESSEJANA	Messejana	9578459	555491	SEDIMENTAR	20.00	CONCRETO	8.60			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO								
194	C	RAIMUNDA DA SILVA NUNES	AV. FREI CIRILO, 3200 - MESSEJANA	Messejana	9578469	555454	SEDIMENTAR	20.00	CONCRETO	8.45			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO				406	263.90			
195	C	RAIMUNDA DA SILVA NUNES	AV. FREI CIRILO, 3200 - MESSEJANA	Messejana	9578481	555478	SEDIMENTAR	20.00	CONCRETO	8.50			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO				1945	1	264.25		

196	PT	CONDOMÍNIO ATLÂNTICO SUL	R. INÁCIO VASCONCELOS, 221 - MESSEJANA	Messejana	9578485	555724	CRISTALINO	100.00	PVC			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO	FAMÍLIAS 25	CAGECE	897	583.05		
197	PTP	CONDOMÍNIO CRUZEIRO DO SUL	AV. MINISTRO JOSÉ AMÉRICO, 150 - MESSEJANA	Messejana	9578564	555769		33.00	PVC			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO		CAGECE	588	382.20		
198	C	LAVA JATO IRACEMA	R. INÁCIO VASCONCELOS, 251 - MESSEJANA	Messejana	9578489	555836	SEDIMENTAR	7.00	CONCRETO	2.80		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE	1097	713.05		
199	PTP	MARIA HELENA BEZERRA	R. DOMINGOS RAYOL, 51 - MESSEJANA	Messejana	9578452	555791		20.00				DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE				
200	C	JOSÉ LOPES FERREIRA	R. DOMINGOS RAYOL, 105 - MESSEJANA	Messejana	9578431	555777	SEDIMENTAR	11.00	CONCRETO	3.20		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS 02		856	556.40		
201	PT	CONDOMÍNIO JARDIM ABAETÉ	R. ALMEIDA REGO, 77 - MESSEJANA	Messejana	9578370	555738	SEDIMENTAR	20.00	PVC			EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO	FAMÍLIAS 60	CAGECE	393	255.45		
202	PTP	PREFEITURA	R. ALMEIDA REGO (PRÓXIMO AO 211) - MESSEJANA	Messejana	9578409	555897		40.00				EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	FAMÍLIAS 50		681	442.65		
203	C	ACADEMIA ESPAÇO LIVRE	R. SILVEIRA DA MOTA, 128 - MESSEJANA	Messejana	9578297	555875	SEDIMENTAR	16.00	CONCRETO	3.60		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE	609	395.85		
204	C	ACADEMIA ESPAÇO LIVRE	R. SILVEIRA DA MOTA, 128 - MESSEJANA	Messejana	9578279	555874	SEDIMENTAR	16.00	CONCRETO	3.80		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE	862	560.30		
205	PT	CONDOMÍNIO AIMARÁ	R. ELIZÁRIO MENDES, 761 - MESSEJANA	Messejana	9578422	556110	SEDIMENTAR	30.00	PVC			EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO		CAGECE	384	249.60		
206	C	EMPRESA SERRA DO FÉLIX	R. HOMEM DE MELO, 110 - MESSEJANA	Messejana	9578082	555892	SEDIMENTAR	16.00	CONCRETO	3.70		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO			749	486.85		
207	C	MOTO ESCOLA IDEAL	R. ALBERTO MENDES, 73 - MESSEJANA	Messejana	9578156	555652	SEDIMENTAR	16.00	CONCRETO	3.75		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE	535	347.75		
208	C	CONSTRUTORA PESSOA ANDRADE	R. ARAÚJO TORREÃO, PROX. Nº 158 - MESSEJANA	Messejana	9578053	556075	SEDIMENTAR	26.00	CONCRETO	8.00		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE				
209	C	POSTO DE COMBUSTÍVEL BR	R. FREI CIRILO, POR TRÁS DO POSTO - MESSEJANA	Messejana	9578035	555982	SEDIMENTAR		CONCRETO			ABANDONADO		PRIVADO						
210	PT	URCESINA ALCÂNTRA MATOS	R. FREDERICO SEVERO, 282 - MESSEJANA	Messejana	9577957	556137	SEDIMENTAR	13.00	PVC	2.00		EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO	CONSTRUÇÃO	CAGECE	577	375.05		
211	C	Sr. BORGES	R. FREDERICO SEVERO, 231 - MESSEJANA	Messejana	9578061	556106	SEDIMENTAR	10.00	CONCRETO	6.00		EM USO	AGRICULTURA	PRIVADO			299	194.35		
212	C	MALENE MIRANDA	R. ANGÉLICA GURGEL, 200 - MESSEJANA	Messejana	9576249	555606	SEDIMENTAR		CONCRETO			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS 06		645	419.25		
213	C	D. MARIA JOSÉ	R. SANTA ÂNGELA, 493 - MESSEJANA	Messejana	9576159	555646	SEDIMENTAR		CONCRETO	4.00		DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE				
214	C	TEREZINHA DE SOUZA	R. SANTA ÂNGELA, 505 - MESSEJANA	Messejana	9576166	555627	SEDIMENTAR	16.00	CONCRETO	6.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGECE				
215	C	JOSÉ LIMA DANIEL	R. SANTA ROSÁLIA, 73 - MESSEJANA	Messejana	9576277	555552	SEDIMENTAR		CONCRETO			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS 03					
216	PTP	CARLOS	R. SANTA ROSÁLIA, 77 - MESSEJANA	Messejana	9576255	555534		20.00	PVC	3.00		DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE	650	422.50		
217	PTR		R. SANTA ROSÁLIA, 96 - MESSEJANA	Messejana	9576289	555536						ABANDONADO				CAGECE				
218	C	MARIA FERNANDES DE	R. SANTA ROSÁLIA, 101 - MESSEJANA	Messejana	9576252	555508	SEDIMENTAR	12.00	CONCRETO	4.00		ABANDONADO		PRIVADO	FAMÍLIAS 03	CAGECE	590	383.50		

		MORAIS																		
219	C	JOÃO GUIMARÃES	R. SANTA ÂNGELA, 629 - MESSEJANA	Messejana	9576108	555499	SEDIMENTAR	10.00	CONCRETO	5.00		DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE	631	410.15		
220	PT	MINISTÉRIO DO TRABALHO DE MESSEJANA	R. SANTA ROSALIA, 27 - MESSEJANA	Messejana	9576258	555654		60.00	PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PÚBLICO	10 PESSOAS		558	362.70		
221	C	JOSÉ EURICO ARARIPE	R. AVELÊDO, 465 - MESSEJANA	Messejana	9575918	555745	SEDIMENTAR		CONCRETO			DESATIVADO		PRIVADO						
222	C	FRANCISCO GONÇALVES DA SILVA	R. UBERLÂNDIA, 940 - MESSEJANA	Messejana	9576051	555713	SEDIMENTAR	11.00	CONCRETO	3.40		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	10 FAMÍLIAS	CAGECE	569	369.85		
223	C	WAGNER E SANDRA	R. UBERLÂNDIA, 944 - MESSEJANA	Messejana	9576074	555749	SEDIMENTAR		CONCRETO			DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE				
224	C	JOSÉ AIRTON	R. JOÃO IVO, 400 - MESSEJANA	Messejana	9576055	555769	SEDIMENTAR		CONCRETO				DOMÉSTICO	PRIVADO			594	386.10		
225	PTR	OBRA ABANDONADA	R. ANGELICA GURGEL (POR TRAZ DA PRAÇA EM FRENTE A UM COLÉGIO) - MESSEJANA	Messejana	9575946	555767								PRIVADO						
226	C	CINCENATA SIQUEIRA LEITE	R. GUARUJÁ, 350 - MESSEJANA	Messejana	9576134	555796	SEDIMENTAR	4.00	CONCRETO	1.80		EM USO	RECREAÇÃO	PRIVADO		CAGECE	508	330.20		
227	C	PAULO HENRIQUE	R. GUARUJÁ, 751 - MESSEJANA	Messejana	9576087	555810	SEDIMENTAR	19.00	CONCRETO	5.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	02 FAMÍLIAS		542	352.30		
228	C	FRANCISCO WELLINGTON MORENO	R. GUARUJÁ, 326 - MESSEJANA	Messejana	9576124	555832	SEDIMENTAR	18.00	CONCRETO	5.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	05 FAMÍLIAS		597	388.05		
229	C	NABU BALTAZAR DE OLIVEIRA FILHO	R. GUARUJÁ, 733 - MESSEJANA	Messejana	9576091	555816	SEDIMENTAR	12.00	CONCRETO	3.00		DESATIVADO		PRIVADO						
230	PT	WALDECIR XAVIER MAIA	R. GUARUJÁ, 711 - MESSEJANA	Messejana	9576062	555901	CRISTALINO	65.00	PVC			EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	06 FAMÍLIAS		438	284.70		
231	C	WALDECIR XAVIER MAIA	R. GUARUJÁ, 711 - MESSEJANA	Messejana	9576039	555888	SEDIMENTAR	4.00	CONCRETO	3.00		ABANDONADO	DOMÉSTICO	PRIVADO			566	367.90		
232	C	ALEXANDRO SUCATA	R. GUARUJÁ, 206 - MESSEJANA	Messejana	9576152	555937	SEDIMENTAR	2.00	CONCRETO	0.50		EM USO	INDÚSTRIA	PRIVADO			481	312.65		
233	C	LUÍS MARTINS	R. GUARUJÁ, 640 - MESSEJANA	Messejana	9576148	555977	SEDIMENTAR	4.00	CONCRETO	1.50		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO						
234	C	GILDETE LOPES DA SILVA	R. UBERLÂNDIA, 810 - MESSEJANA	Messejana	9576048	555875	SEDIMENTAR		CONCRETO			ABANDONADO		PRIVADO		CAGECE				
235	C	CARLOS HENRIQUE	R. UBERLÂNDIA, 870 - MESSEJANA	Messejana	9576071	555833	SEDIMENTAR	7.00	CONCRETO	5.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	03 FAMÍLIAS		679	441.35		
236	C	JOÃO MAIA CHAVES	R. GUARUJÁ, 645 - MESSEJANA	Messejana	9576087	555982	SEDIMENTAR	6.00	CONCRETO	2.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO		CAGECE	828	538.20		
237	C	ANTÔNIO RODRIGUES DA SILVA	R. GUARUJÁ, 689 - MESSEJANA	Messejana	9576081	555996	SEDIMENTAR	6.00	CONCRETO	2.00		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	04 FAMÍLIAS		765	497.25		
238	C	ANTÔNIO JOSÉ BRITO	R. GUARUJÁ, 960 - MESSEJANA	Messejana	9576139	555984	SEDIMENTAR	2.00	CONCRETO	0.50		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO			605	393.25		
239	C	JOSÉ ALMIR DA SILVA	R. GUARUJÁ, 678 - MESSEJANA	Messejana	9576147	556014	SEDIMENTAR	2.50	CONCRETO	0.50		DESATIVADO		PRIVADO		CAGECE	1068	694.20		
240	C	FRANCISCA DE ALMEIDA	R. GUARUJÁ, 631 - MESSEJANA	Messejana	9576098	556064	SEDIMENTAR	4.00	CONCRETO	0.50		EM USO	DOMÉSTICO	PRIVADO	02 FAMÍLIAS	CAGECE	912	592.80		
241	PT	CHAFARIZ ESTÁDIO ESPORTIVO WALTER	R. ALMEIDA REGO, 77	Messejana	9578405	555896							GERAL	PÚBLICO	20 FAMÍLIAS					
242	PT	WALTER	MAL. CASTELO BRANCO	Messejana	9576426	556746		60.00	PVC				GERAL	PÚBLICO	20 FAMÍLIAS					

		LACERDA																	
243	PT	HOSPITAL DE SAUDE MENTAL	RUA VICENTE NOBRE MACEDO, 10	Messejana	9576661	557138	SEDIMENTAR	60.00	PVC	7.1			DOMÉSTICO	PÚBLICO					
244	PT	CHAFARIZ	RUA LOPES TROVÃO	Messejana	9577385	555346							GERAL	PÚBLICO					
245	C	DONA MARIA	RUA ALEUDA, 390	Messejana	9575922	556570		13.00	CONCRETO	3.5			GERAL	PRIVADO	FAMÍLIAS	03			
246	C	ACÁSSIA	RUA PERGENTINO MAIA, 1303	Messejana	9576427	557219		12.00	CONCRETO	2.5			DOMÉSTICO	PRIVADO					
247	C	DONA VALDIANA	RUA CAMPANEMA, 319	Messejana	9576907	556844		20.00	CONCRETO	3.2			GERAL	PRIVADO	FAMÍLIAS	03			
248	C	JOSÉ DE SOUSA OLIVEIRA	RUA NICOLAU COELHO, 301	Messejana	9577801	556386		7.00	CONCRETO	4			DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIA	01			
249	C	GERALDO MARTINS	RUA SÃO FRANCISCO, 562	Messejana	9577664	556398			CONCRETO	7			DOMÉSTICO	PRIVADO	FAMÍLIAS	02			

