



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
FACULDADE DE GEOLOGIA  
ASSESSORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA- AEDI UFPA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO *SENSU* À DISTÂNCIA**

**ÉRIKA DO SOCORRO FERREIRA RODRIGUES**

**Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Estrada  
Nova, Belém- Pará: Elementos para gestão.**

**GEOCIÊNCIAS  
U F P A**

**BELÉM-PA**

**2013**

ÉRIKA DO SOCORRO FERREIRA RODRIGUES

**Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém- Pará:  
Elementos para gestão.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental.

Área de concentração: Hidrogeologia

Belém

2013

# FICHA CATALOGRÁFICA

Érika do Socorro Ferreira Rodrigues

Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém- Pará:

Elementos para gestão.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização *Lato Sensu* do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial à obtenção de grau de Especialista em Pós lato sensu em Gestão Hídrica e Ambiental.

Data da aprovação:...../...../.....

Conceito : \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Milton Antônio da Silva Matta – Orientador  
Doutor em Hidrogeologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Msc. José Fernando Pina Assis - Membro  
Mestre em Geologia  
Universidade Federal do Pará

---

Prof. Msc. Igor Charles Castor Alves - Membro  
Mestre em Geologia  
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Edna Ferreira, aos meus irmãos Thaís e Luiz Otávio Ferreira, aos meus filhos Igor e Hannah Rodrigues, a minha Tia Regina, ao marido MAJ. Marcus Roberto Brasil por fazerem parte de minha vida, pelo amor e carinho.

Érika do Socorro Ferreira Rodrigues

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força que tive de conciliar trabalho e estudo, tornando possível a realização desta monografia.

A minha mãe querida, que me ensinou a viver com dignidade e quase sempre abriu mão de seus sonhos em favor dos filhos: A minha gratidão, respeito e eterno amor.

A minha Tia Regina pela dedicação e amor em difíceis momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, pelo amor, incentivo e compreensão em todos os momentos de minha vida.

Aos meus filhos, amor eterno, sem eles não existo.

Ao meu marido, MAJ. Marcus Roberto Brasil pela paciência, amor, que sempre ao meu lado me ajudou em todas as formas, acreditando nos meus esforços, sendo peça principal para o êxito de meu trabalho.

A minha amiga Larissa Silva pela grande ajuda, atenção que me fizeram ter perseverança para o término deste trabalho.

Ao Geólogo Alexandre José Martins Figueiras que manteve a boa vontade de me atender diversas vezes em sua sala, me auxiliando na conclusão de minha monografia.

Ao amigo Antônio Pantoja Júnior, sempre auxiliando e esforçando-se na ajuda para a conclusão da presente monografia.

Aos amigos e Geólogos Daniel Sulyvan Dias e Michelle Berino, companheiros de trabalho de campo, proporcionando força e determinação na formação da coleta de dados para complementação em trabalhos científicos.

Ao meu amigo, professor e Orientador Milton Antônio da Silva Matta, pela dedicação e apoio oferecidos ao longo deste curso e na elaboração desta monografia, pessoa pela qual eu tenho uma grande estima e respeito por sua competência, carreira, com quem tive e tenho o prazer de conviver.

## RESUMO

Com uma área de 3 566,079 km<sup>2</sup> e uma população de 2 176 334 habitantes (IBGE, 2013), a Região Metropolitana de Belém (RMB) possui uma área que sofre influência de 14 bacias hidrográficas com forte ocupação urbana, entre elas está a bacia hidrográfica da estrada nova (BHEN) formada por 8 bairros de Belém. Na área da BHEN, o processo de uso e ocupação do solo ocorreu de forma desordenada, refletindo diretamente nos padrões de ocupação verificados nas proximidades dos igarapés, responsáveis pela drenagem da bacia hidrográfica: construções de famílias de baixa renda excessivamente próximas ao curso d'água. No ano de 2007 os bairros da Bacia hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) foram diretamente vinculados ao projeto de Recuperação Sócio-Ambiental da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN, abrigando quase um quarto da população da capital. O objetivo geral deste trabalho visa fornecer um conjunto de elementos básicos para a gestão integrada dos recursos hídricos, contribuindo assim para melhor ocupação do meio físico, planejamento municipal e estadual, entender a relação entre água superficial e subterrânea no âmbito da bacia hidrográfica e elaborar uma proposta alternativa de abastecimento de água para a população BHEN, Belém-PA.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica da Estrada Nova. Fluxo Hídrico. Reservas Hídricas. Proposta alternativa de Abastecimento de água. Região Metropolitana de Belém (PA).

## **ABSTRACT**

With an area of 3 566.079 km <sup>2</sup> and a population of 2,176,334 inhabitants (IBGE, 2013), the Metropolitan Region of Belem (RMB) has an area that is influenced by 14 watershed with strong urban among them is the watershed Estrada Nova (BHEN) which consists of 8 districts of Belém. The area in the process of use and occupation of land occurred in a disorderly manner, directly reflected in patterns of occupation observed in the vicinity of streams responsible for the drainage watershed: buildings low-income families too close to the watercourse. In 2007 the districts of the Watershed Estrada Nova (BHEN) were directly linked to the project of Social and Environmental Recovery of the watershed Estrada Nova - . PROMABEN, home to nearly a quarter of the population of the capital. The overall objective of this study aims to provide a set of basic elements requirements for the integrated management of water resources, thus contributing to better use of the physical environment, municipal and state planning, understand the relationship between surface water and groundwater within the watershed and develop a proposed alternative water supply for BHEN population, Belem- PA.

Keywords: watershed of Estrada Nova. Flow Hydric. Hydric Reserves. Proposed alternative water supply . Metropolitan Region of Belem (PA).

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das principais bacias hidrográficas dos municípios de Belém e Ananindeua, em destaque vermelho a BHEN .....	7
Figura 2- Mapa de localização dos bairros existentes na BHEN.....	8
Figura 3 - Perfil esquemático do subsolo da Região Metropolitana de Belém.	11
Figura 4 - Mapa Geomorfológico da área de Belém e Ananindeua.....	13
Figura 5 - Ilustração de um aquífero suspenso, livre e confinado .....	19
Figura 6 - Identificação de moradias (palafitas existente na rua Bernardo Sayão, bairro da Condor .....	23
Figura 7 - Densidade populacional em diversos bairros que integram a BHEN	24
Figura 8 - Comportamento dos fluxos hídricos subterrâneos na BHEN .....	26
Figura 9 - Mapa da BHEN, com a distribuição dos poços cadastrados, destacando os principais postos de combustíveis e cemiterios.....	28
Figura 10 - Perfil construtivo e litológico de um poço situado na Região Metropolitana de Belém- PA.....	36

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1- Balanço Hídrico Climatológico para Belém /Ananindeua - PA, durante o período de julho de 2010 a junho de 2011 .....	9
Tabela 2- Composição do custo de produção do metro cúbico de água subterrânea para um regime de bombeamento de 20 horas por dia.....	42
Tabela 3- Tarifas de água e esgoto da concessionária (COSANPA), .....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Água Subterrânea
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACs	Áreas Contaminadas
APPs	Área de Preservação Permanente
BHEN	Bacia Hidrográfica da Estrada Nova
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LARHIMA	Laboratório de Recursos Hídricos
MMA	Ministério de Meio Ambiente
mg/L	Miligramas por litro
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PROMABEN	Programa de Recuperação Sócio-Ambiental da Bacia da Estrada Nova
RMB	Região Metropolitana de Belém
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

UEPA	Universidade Estadual do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
USA	United States of America
USEPA	United States Environmental Protection Agency

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1. Objetivos específicos.....	3
<b>3. MOTIVAÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
<b>4. METODOLOGIA DE TRABALHO</b> .....	<b>5</b>
4.1. Levantamento bibliográfico.....	5
4.2. Etapas de campo .....	5
4.3. Atividades pós-campo .....	5
<b>5. A ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>6</b>
5.1. Localização e acesso .....	6
<b>5.2 . Condicionantes geo-ambientais</b> .....	<b>8</b>
5.2.1. Clima .....	9
5.2.2. Solo .....	9
5.2.3. Geomorfologia.....	11
5.2.4. Aspectos hidrogeológicos.....	14
<b>6. EMBASAMENTO TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
6.1. Bacia hidrográfica .....	16
6.2. Gestão hídrica no Brasil .....	1
6.3. Os aquíferos .....	17
6.4. Os recursos hídricos de Belém.....	20
6.4.1. Águas pluviais .....	20
6.4.2. Águas superficiais .....	21
6.4.3. Águas subterrâneas .....	21
<b>7. A BACIA HÍDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA</b> .....	<b>23</b>
7.1. Ocupação Urbana.....	23
7.2. Os fluxos hídricos subterrâneos.....	24
7.4. Reservas hídricas subterrâneas .....	28
7.5. Proposta alternativa de abastecimento hídrico. ....	30
7.5.1 Discussão.....	45
<b>8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>49</b>



## **APRESENTAÇÃO**

A Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, com uma extensão de uma área de 9,54 km<sup>2</sup>, população de aproximadamente de 300.000 habitantes teve um crescimento urbano desordenado e um processo de impacto sócio-ambiental acentuado com favelas e bolsões de pobreza consequentemente doenças de veiculação hídrica e infecto-contagiosas.

O entendimento deste sistema complexo requer um acompanhamento efetivo, através de indicadores das melhorias ou de impactos que devem ser sempre almejados pelo poder público, com o intuito de saber se seriam determinante e eficaz as considerações que estão sendo propostas nesta pesquisa.

Utilizou-se como modelo para o estudo a intervenção realizada pelo governo municipal de “Macro Drenagem da Bacia Estrada Nova” e também trabalhos de Berino (2013) e Dias (2013) onde foram confeccionados o mapa de fluxo hídrico subterrâneo e os principais aspectos geométricos dos sistemas hidrogeológicos existentes no âmbito da BHEN respectivamente.

A fundamentação deste estudo está ligada a utilização dos dados e informações obtidas na bacia da Estrada Nova, prevendo uma proposta alternativa de abastecimento de água.

## **1. INTRODUÇÃO**

A gestão dos recursos hídricos de forma sustentável depende de instrumentos, que possam ser desenvolvidos e aplicados com o intuito de atender as necessidades e expectativas da comunidade, alcançando os limites da bacia hidrográfica de maneira utilitarista e/ou focado na preservação ambiental. Com a plena e concreta aplicação dessas ferramentas é que se pode avaliar o grau de eficiência da implantação do sistema (ABREU, 2009).

As águas subterrâneas vêm sendo olhadas como uma alternativa bastante viável para o abastecimento público em todo o Brasil. Elas apresentam um conjunto de vantagens sobre as águas superficiais.

A Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN) abrange 8 bairros da cidade de Belém com uma extensão territorial de 9,54 km<sup>2</sup>. O processo de ocupação efetuou-se de forma desordenada, caracterizado por casas construídas nas margens de igarapés sem tratamento de esgoto, vários postos de gasolina, lavas jatos, escolas, hospitais, cemitérios e feiras. (BERINO, 2013)

## **2. OBJETIVO GERAL**

O principal objetivo deste estudo foi o de fornecer um conjunto de elementos básicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova (BHEN), contribuindo assim para melhor ocupação do meio físico.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Contribuir para o planejamento municipal e estadual a partir dos resultados obtidos no estudo;
- Entender a relação entre água superficial e subterrânea no âmbito da BHEN;
- Estabelecer áreas de proteção ambiental a partir da relação de água superficial e subterrânea;
- Apresentar uma proposta alternativa de abastecimento de água para a população BHEN

### **3. MOTIVAÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

A Região Metropolitana de Belém tem crescido de forma desordenada. Esse crescimento não foi acompanhado por um planejamento urbano, principalmente a vasta rede hidrográfica. Com o crescimento da população e falta de organização, as ocupações foram feitas em áreas impróprias com ecossistemas de várzeas, principalmente as populações mais carentes.

Esta é a realidade das moradias na quinta maior bacia hidrográfica do município de Belém – a Bacia da Estrada Nova. De acordo com Mendes (2000) a região da Bacia hidrográfica é, em quase sua totalidade, atendida pela Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA), onde suas tubulações possuem ligações clandestinas, caracterizando pontos de contaminações, contribuindo para a má qualidade das águas que chegam às casas.

O Lançamento de esgoto sanitário “in natura” em toda a drenagem existente na BHEN contribui para a disseminação de doenças de veiculação hídrica, onde a rede pública de abastecimento de água, muitas vezes danificada, está abaixo da rede de drenagem (canais), e por pressão negativa leva a água contaminada dos canais para a rede de abastecimento público.

A concentração de grande parte da população ocorre onde a altitude da porção continental acha-se em áreas de cotas inferiores ou iguais a 4 metros, espaços tradicionalmente conhecidos por “baixadas”. Estas áreas sofrem influência das 14 bacias hidrográficas existentes no município (BELÉM, 2005).

A apresentação deste estudo visa contribuir com fundamentações hidrogeológicas para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos da BHEN, no momento em que o poder público municipal está atuando nesse espaço físico da cidade de Belém.

## **4. METODOLOGIA DE TRABALHO**

A metodologia adotada compreendeu uma série de atividades distintas e inter-relacionadas, seguindo uma sequência de conhecimentos, buscando a melhoria na interpretação dos dados.

### **4.1. Levantamento bibliográfico**

Esta pesquisa partiu de um levantamento bibliográfico, onde se buscou informações em estudos relacionados ao tema, incluindo pesquisa na biblioteca eletrônica (internet) e visitas em órgãos públicos como CPRM, CODEM e UEPA.

### **4.2. Etapas de campo**

Na etapa de campo foram levantadas as principais fontes potenciais de contaminação dos recursos hídricos da área, foi realizado um cadastramento de poços, utilizando o GPS (Global Positioning System). Foi usado um medidor de nível estático (BRASBAILER ambiental de 100m), para utilização na confecção do mapa de fluxo hídrico subterrâneo, assim como foi feito um registro fotográfico de todas as informações relevantes para realização desse estudo, incluindo pontos de contaminações como hospitais, cemitérios e lixões.

### **4.3. Atividades pós-campo**

Foi realizado o tratamento de todas as informações obtidas no trabalho de campo e nas etapas anteriores. Ainda nessa fase foi realizado um estudo conjunto com Berino (2013) e Dias (2013) onde foi confeccionado o mapa de fluxo hídrico subterrâneo e caracterizados os principais aspectos geométricos dos sistemas hidrogeológicos existente no âmbito da BHEN.

Ao final dessa etapa foram feitas e esboçadas as conclusões do trabalho.

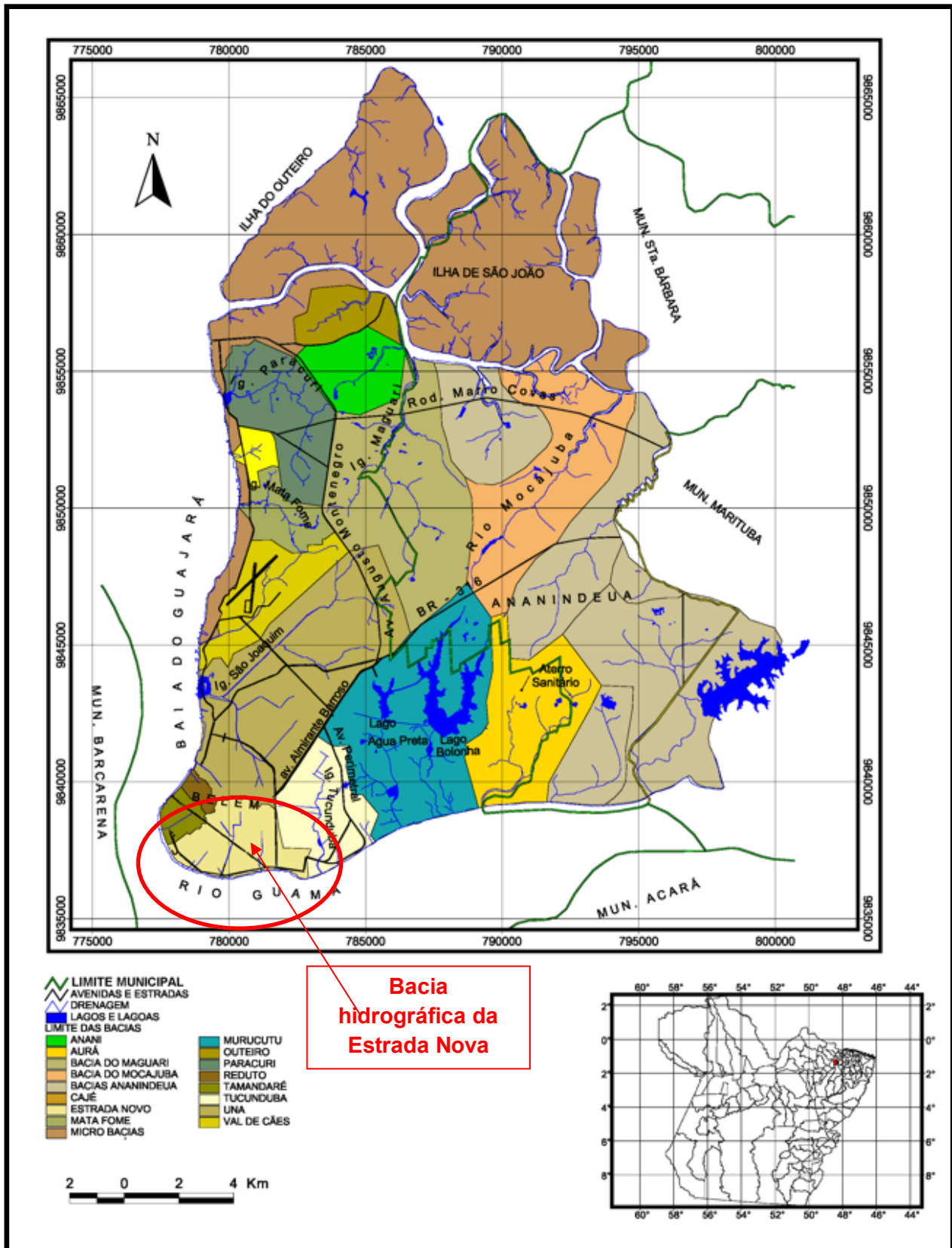
## **5. A ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica da estrada Nova (BHEN) drena a área mais populosa da cidade de Belém e está limitada pelo sul Rio Guamá e oeste a Baía do Guajará. Devido especificamente a essa proximidade com a Baía do Guajará, a Bacia da Estrada Nova (BHEN) sofre muitas consequências do efeito de maré (LEÃO, 2013).

### **5.1. Localização e acesso**

Segundo Dias (2013) a BHEN está localizada no município de Belém-PA (Figura 1) entre as bacias hidrográficas de Tamandaré, Reduto, Das Armas e Tucunduba.

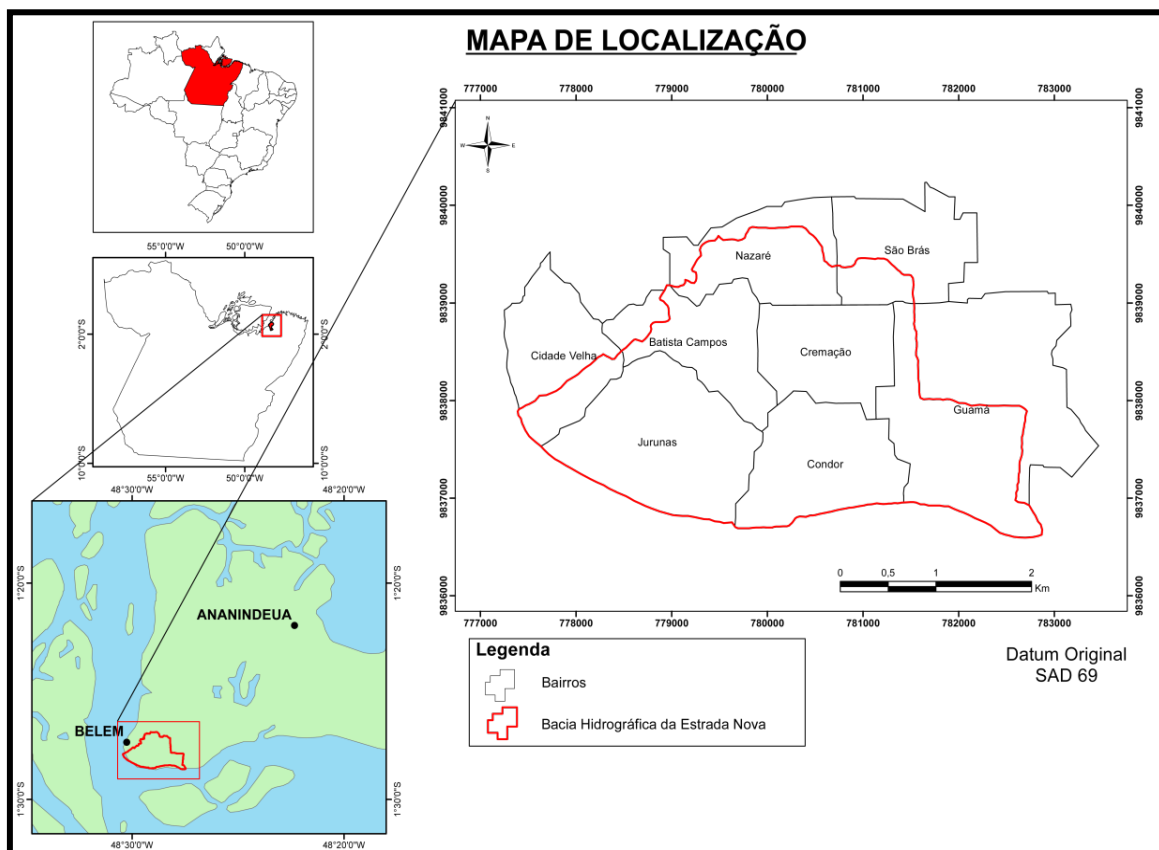
Figura 1 - Localização das principais bacias hidrográficas dos municípios de Belém e Ananindeua, em destaque vermelho a BHEN.



Fonte: Matta (2002 apud DIAS, 2013).

A BHEN é composta por oito bairros (figura 2): Guamá, Jurunas, Condor, Cremação, Cidade Velha, Batista Campos, Nazaré e São Brás, representando 15,6% da população do município de Belém (PINHEIRO; GIRARD, 2009).

Figura 2- Mapa de localização dos bairros existentes na BHEN.



Fonte: Berino (2013)

## 5.2 Condicionantes geo-ambientais

O potencial hídrico subterrâneo de uma região está relacionado às características geoclimáticas, entre outros fatores. Entretanto características climáticas relacionam-se à alimentação dos aquíferos indicando a ocorrência e disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos (TANCREDI, 1996).

### 5.2.1. Clima

A zona climática de Belém é a Af (classificação de Köppen), com ausência de estação fria.

Tabela 1- Balanço Hídrico Climatológico para Belém /Ananindeua - PA, durante o período de julho de 2010 a junho de 2011.

ANO	MESES	P (mm)	T (C°)	ETP (mm)	P - ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF. (mm)
	Jul.	132,1	27,5	123,5	8,6	100	123,5	0
	Ago.	188,1	27,9	165,6	22,5	100	165,6	0
<b>2010</b>	Set.	95,5	<b>28</b>	162,9	-67,4	51	144,5	18,3
	Out.	152,1	27,8	164,6	-12,5	45	158,1	6,5
	Nov.	134,2	27,9	161,8	-27,6	34,8	146,4	15,4
	Dez.	224,8	27,3	155	69,8	100	155	0
	Jan.	520,3	26	128,5	391,8	100	128,5	0
	Fev.	332,4	26,1	119	213,4	100	119	0
<b>2011</b>	Mar.	554,5	<b>26,3</b>	144,3	410,2	100	144,3	0
	Abr.	579,4	26,6	135,6	443,8	100	135,6	0
	Mai.	477,3	27,7	161,2	316,1	100	161,2	0
	Jun.	241,5	27,2	148	93,5	100	148	0
	<b>Total</b>	<b>3632,2</b>	<b>27,2</b>	<b>1770</b>	<b>1862,2</b>	<b>1030,8</b>	<b>1729,7</b>	<b>40,2</b>

Fonte: Inmet (2011 *apud* SILVA, 2012).

Na Tabela 1 a temperatura apresentou intervalo 26 °C a 28 °C com evapotranspiração potencial (ETP) atingindo o acumulado de 1.770mm no período. Por outro lado, a evapotranspiração real (ETR) acompanha a variação da precipitação com acumulado de 1729,7mm. (SILVA, 2012)

### 5.2.2. Solo

Os estudos geotécnicos realizados por Salame e Alencar jr (2006) para fundamentação de projetos de fundação em engenharia, indicam que a o

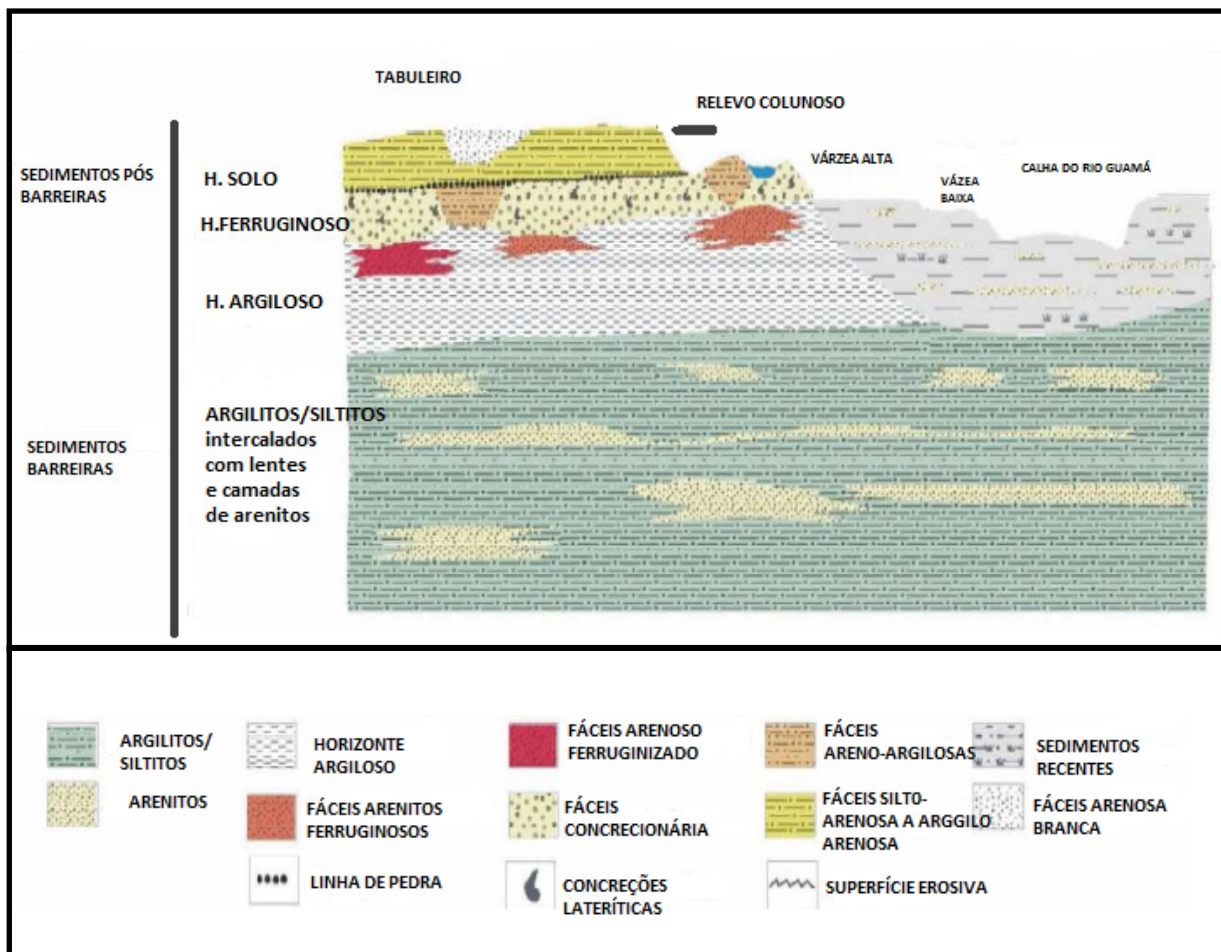
subsolo da área RMB está intimamente relacionada com a cota do terreno em relação ao nível do mar.

Oliveira Filho e Alencar *et al.* (1981, 2002 *apud* SOUSA, 2010) dividem o subsolo da cidade, na sua configuração superficial, em dois horizontes principais. O primeiro horizonte em regiões de baixadas, adjacentes ao Rio Guamá, Baía do Guajará e ainda, às margens dos canais que cortam boa parte do município, formadas por várzeas ou pântanos, abrangendo aproximadamente 40% da área urbana onde compreendem sedimentos mais recentes, composto de argilas muito moles de coloração cinza, com matéria orgânica em decomposição, que se encontra em processo de consolidação.

O segundo em regiões de maior altitude, situadas em cotas de 8 a 20 metros acima do nível do mar onde o nível do lençol freático está em torno dos 4 a 6 metros de profundidade e o perfil típico do subsolo se apresentando com camadas superficiais compostas de areia siltosa. Sobrejacentes a camadas de areias, as argilas lateríticas de consistência muito rija a dura, com frequente ocorrência entre matações de arenito ferruginoso, decorrentes de precipitação de oxido hidratado de ferro. (SOUSA, *op. cit.*).

A figura 3 apresenta um perfil esquemático das camadas do subsolo da Região Metropolitana de Belém, onde são distinguidas as formações do solo nas áreas de várzea e de terra firme.

Figura 3 - Perfil esquemático do subsolo da Região Metropolitana de Belém.



Fonte: Salame e Alencar Jr. (2006 *apud* SOUSA, 2010).

### 5.2.3. Geomorfologia

Belém localiza-se na região morfológica dos “baixos platôs amazônicos e planícies litorâneas” (MATTA, 2002). Tem seu sítio constituído por plataforma de cumiada que corresponde ao nível local mais elevado do planalto terciário. Os níveis destas plataformas situam-se entre 15 a 30 metros e são terrenos escalonados cujas amplitudes variam entre 4 e 15 metros. Existem baixadas inundáveis formadas por áreas situadas abaixo da cota de 4 metros (CORRÊA, 1989 *apud* LEÃO, 2013).

As superfícies integradas pelos terraços escalonados e pelas plataformas de cumiada, a partir de um vértice localizado junto à confluência do rio Guamá com a baía de Guajará, abrem-se em leque para Nordeste e

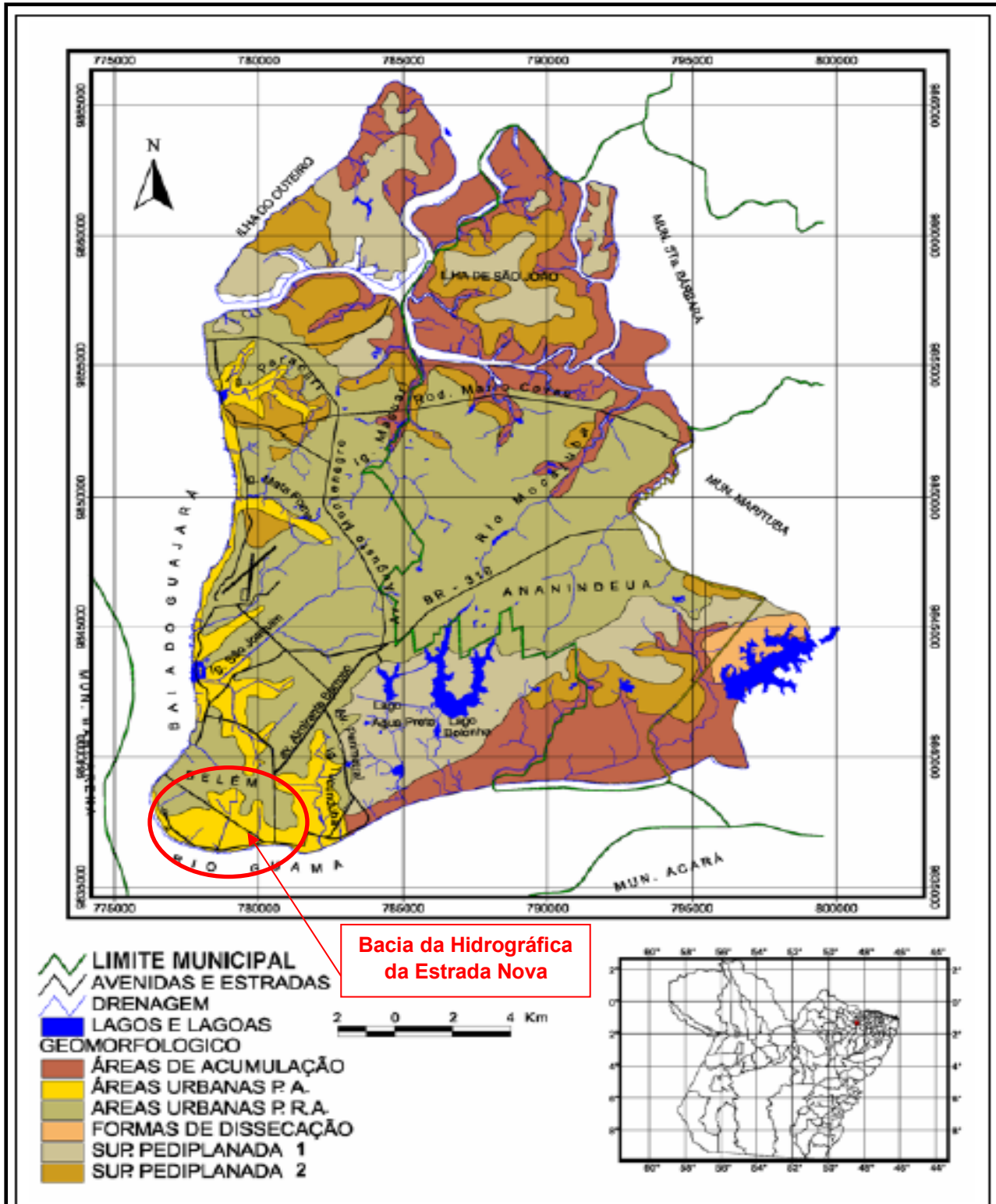
Norte, formando 3 eixos divisores de águas que deságuam no rio Maguari ao Norte, na baía de Guajará a Oeste, no rio Guamá ao Sul”. (CORRÊA, 1989 *apud* LEÃO, 2013).

A companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém-CODEM (1975 *apud* LEÃO, 2013) realizou estudos geológico-geomorfológicos nos quais descreveu o relevo da região metropolitana de Belém compartimentado em quatro unidades distintas: terrenos sedimentares do Quaternário-Pleistoceno; terrenos sedimentares do Quaternário-Holoceno; zonas rebaixadas e terraços fluviais inundáveis, e planícies flúvio-marinhas.

- **Terrenos Sedimentares do Quaternário-Pleistoceno:** é a unidade de maior expressão na área dos municípios de Belém e Ananindeua, corresponde à pediplanos aplainados, observando-se localmente ondulações suaves de topos arredondados. São feições que se sustentam por níveis de concreções ferruginosas, que podem pertencer a base de sedimentos Pós-Barreiras. Na cidade de Belém a unidade corresponde as maiores cotas topográficas dos bairros do Marco, Pedreira e Terra Firme.
- **Terrenos Sedimentares do Quaternário-Holoceno:** essa unidade corresponde às áreas de baixada na Região Metropolitana : Jurunas, Terra Firme, Guamá, Batista Campos, Sacramento e Telégrafo;
- **Zona Rebaixada e Terraços Fluviais Inundáveis:** corresponde aos depósitos que se sobrepõem aos terrenos quaternários mais antigos, sendo bem representados nas zonas de baixadas do município de Belém. A deposição de sedimentos argilosos dá-se com o represamento dos rios e igarapés na região;
  - **Planícies Flúvio-Marinhas:** esta feição corresponde às áreas de várzeas, manguezais, praias, rios e igarapés, onde se depositam sedimentos modernos.

A BHEN está localizada na região das unidades geomorfológicas Áreas Urbanas P.A. e Áreas Urbanas P.R.A. (Figura 4), segundo o mapa geomorfológico de Matta (2002).

Figura 4 - Mapa Geomorfológico da área de Belém e Ananindeua.



Fonte: Matta (2002).

#### 5.2.4. Aspectos hidrogeológicos

Os sistemas hidrogeológicos da RMB incluem aquícludes, aquítares e aquíferos, pertencentes às unidades estratigráficas Pirabas, Barreiras, Pós Barreira e Aluviões. Esses sistemas estão razoavelmente estudados até uma profundidade em torno de 280m. A partir daí, as características hidrodinâmicas e as espessuras das camadas de sedimentos são muito pouco conhecidas (OLIVEIRA, 2001).

Segundo Matta (2002), os pacotes sedimentares que acumulam água subterrânea na região de Belém, são formados por cinco sistemas hidrogeológicos principais, denominados:

- Pirabas Inferior
- Pirabas Superior
- Barreiras
- Pós-Barreiras
- Aluviões

Esses aquíferos vêm sendo explorados no município através de poços tubulares profundos, rasos e cacimbas. As profundidades variam entre os extremos de 10 a 280 m, variando a vazão de 1 m<sup>3</sup> /h até produções que alcançam mais de 300m<sup>3</sup>/h (MATTA, 2002).

- Pirabas Inferior

Essa unidade é composta, predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina à conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados, ocorrendo nos intervalos de métricos a decamétricos e em profundidades a partir de 180 – 200m.

É um excelente aquífero, com vazão de até 600m<sup>3</sup>/h e boa potabilidade, pois os teores de ferro são baixíssimos ou mesmo ausentes na maioria das vezes (OLIVEIRA, 1998 a).

- Pirabas Superior

Os aquíferos dessa unidade ocorrem no intervalo de 70-180 m. Os intervalos de profundidade das camadas aquíferas métricas a decamétricas variam muito dentro da área de Belém e adjacências. O potencial desse sistema aquífero é expresso por vazões da ordem de 100 a 200 m<sup>3</sup>/h, principalmente associadas aos arenitos mais grossos.

- Barreiras

Essa unidade aquífera é a mais conhecida e explorada na área estudada e corresponde aos sedimentos do Grupo Barreiras, cujas expressões litológicas são bastante heterogêneas. A unidade Barreiras ocorre em profundidades de 25 a 90 metros. São camadas aquíferas distribuídas numa espessura vertical em torno de 70m e que apresentam vazões entre 10 e 70 m<sup>3</sup>/h. Nas camadas com granulometrias de areias grossas a cascalhos, têm sido mencionadas vazões de até 80 m<sup>3</sup>/h (SAUMA FILHO, 1996).

Um dos principais problemas para a captação de água dessa unidade aquífera tem sido o seu teor de ferro, frequentemente com valores acima de 0,3 mg/L, fora do padrão recomendado pelo Ministério da Saúde.(LEÃO,2013)

- Pós-Barreiras

A unidade Pós-Barreiras tem sido mencionada na literatura por diversos autores (SAUMA FILHO, 1996; OLIVEIRA, 1998) é constituída por pacotes argilo-arenosos, inconsolidados, existentes desde a superfície até cerca de 25 m sendo, por vezes, recoberta por alúvios e colúvios..

- Aluviões

As aluviões são aquíferos constituídos por sedimentos conglomeráticos e arenosos. Ocorrem em uma profundidade de 0 a 10 m. São vulneráveis a compostos nitrogenados e possuem teores de ferro acima do permitido pela OMS (Organização Mundial de Saúde). Suas vazões podem alcançar valores de até 10 m<sup>3</sup>/h.(PALHETA, 2008).

## **6. EMBASAMENTO TEÓRICO**

### **6.1. Bacia hidrográfica**

A bacia hidrográfica é composta pelas inter-relações dos subsistemas social, econômico, demográfico e biofísico. Neste sentido, pode ser definida como um espaço caracterizado por um sistema de águas que fluem a um mesmo rio, lago ou mar, cujas modificações são devidas à ação ou interação dos subsistemas sociais e econômicos. A magnitude das inter-relações irá definir: o nível de complexidade e o grau de sobreposição dos subsistemas entre si; e determinar o nível de interdependência dos subsistemas ou o grau de conflito dos diferentes interesses concorrentes no sistema.

Os principais componentes das bacias hidrográficas – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo.

É uma das mais populosas bacias hidrográficas que compõem o tecido urbano do Município de Belém, cuja superfície é recortada por inúmeros igarapés, muitos dos quais já canalizados. A área física espacial desta bacia começou a ser transformada com a ocupação desordenada por uso residencial de famílias de baixa renda e tende a se concentrar em palafitas às margens e leitos dos rios e canais que a compõe (ENGESOLO ENGENHARIA LTDA, 2007).

### **6.2. Gestão hídrica no Brasil**

Entende-se como gestão dos recursos hídricos o processo de administração da água disponível para as várias destinações. O objetivo principal é o da satisfação total de todas as necessidades de água em todos os níveis de utilização, destacando-se o consumo humano. O Brasil é um dos países onde estão as maiores reservas de água potável do mundo, mas, ao mesmo tempo o país consta também da lista daqueles onde se registram os mais altos índices de desperdício (KOURY, 2006).

Para a preservação dos sistemas aquíferos e para a proteção da saúde da população é indispensável à regulação, por parte do poder público, das condições de usos e proteção das reservas subterrâneas disponíveis, tanto em termos de qualidade como de quantidade. Em vista disso, no Brasil, a Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Nesta Lei ficou definida a bacia hidrográfica como unidade territorial para programar a PNRH e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Ou seja, o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em território nacional deverão ser realizados com base na configuração e distribuição das águas superficiais.

No modelo de gestão e planejamento por bacia hidrográfica, adotado na PNRH, que enfatiza os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, tem seu planejamento e gestão fragmentados, inseridos nos planos de recursos hídricos das bacias sobrejacentes, necessitando, portanto, da existência de integração entre os comitês dessas bacias, bem como dos órgãos gestores de recursos hídricos das unidades federadas. Esse modelo constitui um imperativo, visto que os limites dos aquíferos nos quais se encerram as águas subterrâneas, não coincidem geograficamente com os limites das bacias hidrográficas.

O Capítulo 18 da Agenda 21 trata da proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos – aplicação dos critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Trata-se de um conjunto de sete programas, onde se destaca “Desenvolvimento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos”.

### **6.3. Os aquíferos**

O aquífero é uma formação geológica que contém água e permite que quantidades significativas dessa água se movimentem no seu interior em condições naturais. Formações permeáveis, tais como arenitos e areias são exemplos de aquíferos (CPRM, 2002).

Abaixo estão descritos os tipos hierárquicos de aquíferos segundo CPRM (2002).

- Aquífero Livre

Também chamado de freático ou não confinado, é aquele cujo limite superior é a superfície de saturação ou freático na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica.

- Aquífero Confinado

Também chamado de aquífero sob pressão, é aquele onde a pressão da água em seu topo é maior do que a pressão atmosférica. Em função das camadas limitrofes pode ser definido como: confinado não drenante e confinado drenante.

- Aquífero confinado não drenante

É aquele em que as camadas limitrofes, inferior e superior, são impermeáveis. Captada por sondagem nesse tipo de aquífero, a água jorra naturalmente sem necessidade de bombeamento, sempre que o nível piezométrico estiver superior à cota topográfica. São os poços denominados artesianos “jorrantes”.

- Aquífero confinado drenante

É aquele que pelo menos uma das camadas limitrofes é semipermeável, permitindo a entrada ou saída de fluxos.

- Aquífero suspenso

É um caso especial de aquífero livre formado sobre uma camada impermeável ou semipermeável, que nem armazena nem transmite água.

Outras denominações relacionadas aos Aquíferos:

- Aquícludes

Formação geológica em que as possibilidades de se encontrar água é grande, mas, é incapaz de transmiti-la em condições naturais.

- Aquítarde

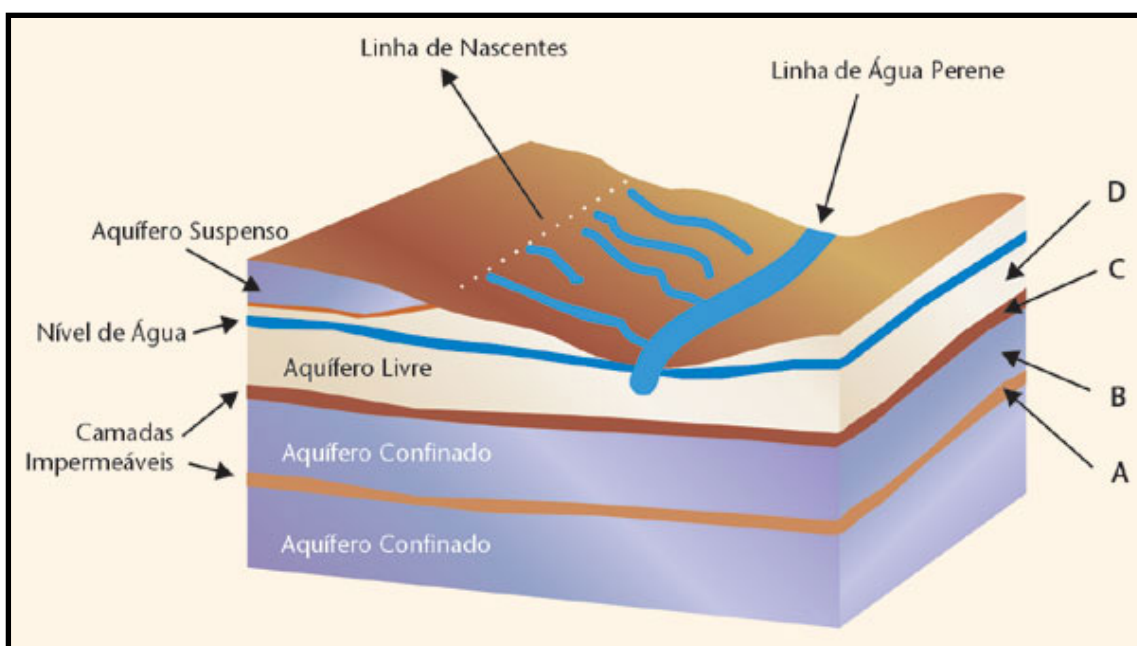
Camada de formação semipermeável, delimitada no topo e/ou na base por camadas de permeabilidade muito maior. O aquítarde funciona como uma membrana semipermeável através do qual pode ocorrer uma filtração vertical ou drenança.

O potencial hidrogeológico do aquífero da RMB é fraco, como atestam as vazões dos poços, normalmente abaixo de 5 m<sup>3</sup>/h. Entretanto, na maioria das vezes, apresenta água de boa qualidade para consumo humano, podendo, em alguns casos, não ser potável devido ao teor excessivo de ferro, precisando de tratamento para ser consumida.(LEÃO,2013)

Esses aquíferos são de natureza livre e apresentam alta vulnerabilidade junto às principais fontes pontuais de contaminação das águas subterrâneas, principalmente em função de sua profundidade quase sempre inferior a 25m, colocando-os nas zonas de interação com fossas sépticas, postos de combustíveis, cemitérios, etc.

A figura 5 está ilustrando o modelo de aquíferos livres e confinados. Os aquíferos livres podem ser superficiais e sub-superficiais o que facilita sua contaminação.

Figura 5 - ilustração de um aquífero suspenso, livre e confinado.



Fonte: Zimbres (2007).

#### **6.4. Os recursos hídricos de Belém**

Na RMB o abastecimento de água é realizado pela COSANPA e pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Belém – SAAEB. A COSANPA atende a maior parte do município de Belém e os municípios de Ananindeua, Marituba e Benevides. Já o SAAEB atua nos distritos de Icoaraci, Benguí, Outeiro e Mosqueiro e em áreas peri-urbanas do município de Belém, enquanto a Prefeitura Municipal de Santa Bárbara do Pará é responsável pelos seus próprios sistemas de abastecimento (PEREIRA, 2006).

Na RMB a população residente nas áreas desprovidas de sistema público de água, utiliza para seu abastecimento, água proveniente do manancial subterrâneo, obtida, em geral, por meio de poços rasos ou, em alguns casos, utiliza, de forma clandestina, água proveniente do sistema público de abastecimento de água (DIAS, 2013).

O sistema de captação de água superficial da RMB está localizado em uma Área de Proteção Ambiental e é operado pela COSANPA. Nesse Sistema, a água bruta captada no rio Guamá é recalçada por quatro conjuntos de motor-bomba para o lago Água Preta de onde escoam por gravidade através de um canal aberto revestido de concreto até o lago Bolonha (LEÃO, 2013).

##### **6.4.1. Águas pluviais**

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas em razão de dois processos que ocorrem isoladamente ou combinados. O primeiro processo são inundações de áreas ribeirinhas, que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica. O segundo são inundações em razão da urbanização que ocorrem na drenagem por causa do efeito da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento a quantidade da água na drenagem pluvial no qual possui uma carga poluente alta por causa das vazões envolvidas.

O volume dessas vazões é mais significativo no início das enchentes, onde os primeiros 25 mm de escoamento superficial geralmente transportam grande parte da carga poluente de origem pluvial (SCHUELLER, 1987).

Os impactos sobre águas urbanas têm como principais problemas a infra-estrutura da distribuição de água e a falta de tratamento de esgoto: grande parte dos bairros da BHEN não possuem tratamento de esgoto e lançam os efluentes na rede de esgotamento pluvial, que escoam para rio Guamá

A impermeabilização BHEN e toda região central de Belém através do aumento de construções prediais e solos pavimentados, impede o processo natural de infiltração e aumenta a velocidade de escoamento superficial. Isto resulta em um arraste de cargas poluidoras para os recursos hídricos da cidade.

#### 6.4.2. Águas superficiais

Na RMB, o sistema público de abastecimento de água utiliza predominantemente o manancial superficial. De acordo com Abreu (2009), da população total da RMB que é aproximadamente 2.000.000 de habitantes, 65% (1.300.000 hab.) residem nas áreas onde o poder público disponibiliza água proveniente de mananciais superficiais; 20% da população (400.000 hab.) é abastecida pelos sistemas públicos isolados com água proveniente de manancial subterrâneo, e os 15% restantes (300.000 hab.) utiliza poços para o auto abastecimento por não ser atendida por rede pública de água.

#### 6.4.3. Águas subterrâneas

De acordo com Koury (2006), os recursos hídricos subterrâneos representam um bem estratégico e indispensável para o desenvolvimento socioeconômico, visto que o preço do metro cúbico de água subterrânea é 32,46% mais barata que a água superficial. Então essa opção se configura como a mais indicada para atender o abastecimento público da RMB.

Na RMB as principais fontes de contaminação são os postos de revenda de combustíveis, cemitérios e as águas residuais geradas por residências, bares, restaurantes, clínicas, hospitais dentre outras, visto que grande parte da RMB não dispõe de sistema público de esgotamento sanitário.

De acordo com Oliveira (2004), a maioria dos poços utilizados para abastecimento público e industrial obedece aos critérios técnicos de construção, mas os poços particulares e em condomínios, com raras exceções, são mal construídos e podem permitir a penetração de substâncias poluentes nos aquíferos. Além disso, na RMB não existe monitoramento constante da qualidade das águas dos poços particulares por parte do poder público.

## 7. A BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA (BHEN).

O crescimento populacional na região da BHEN foi regido por ocupação do solo indevida, onde na cota alta residiu a população com maior poder aquisitivo e na parte mais baixa da bacia, a população carente (ABELÉM, 1998). Áreas de APP (Áreas de Preservação Permanente) nos rios e canais do município de Belém estão descaracterizadas pela presença das habitações e vias públicas.

A BHEN possui uma grande parcela do seu zoneamento para o uso comercial e industrial, através da presença de portos e indústrias localizadas a margem do rio Guamá, formados por estâncias de material para construção.

### 7.1. Ocupação Urbana

A BHEN é recortada por inúmeros igarapés, hoje canalizados, foi ocupada pela população de baixa renda, com habitações chamadas de palafita Figura 6 (A e B), ocupando a parte marginal dos leitos de rios e canais.

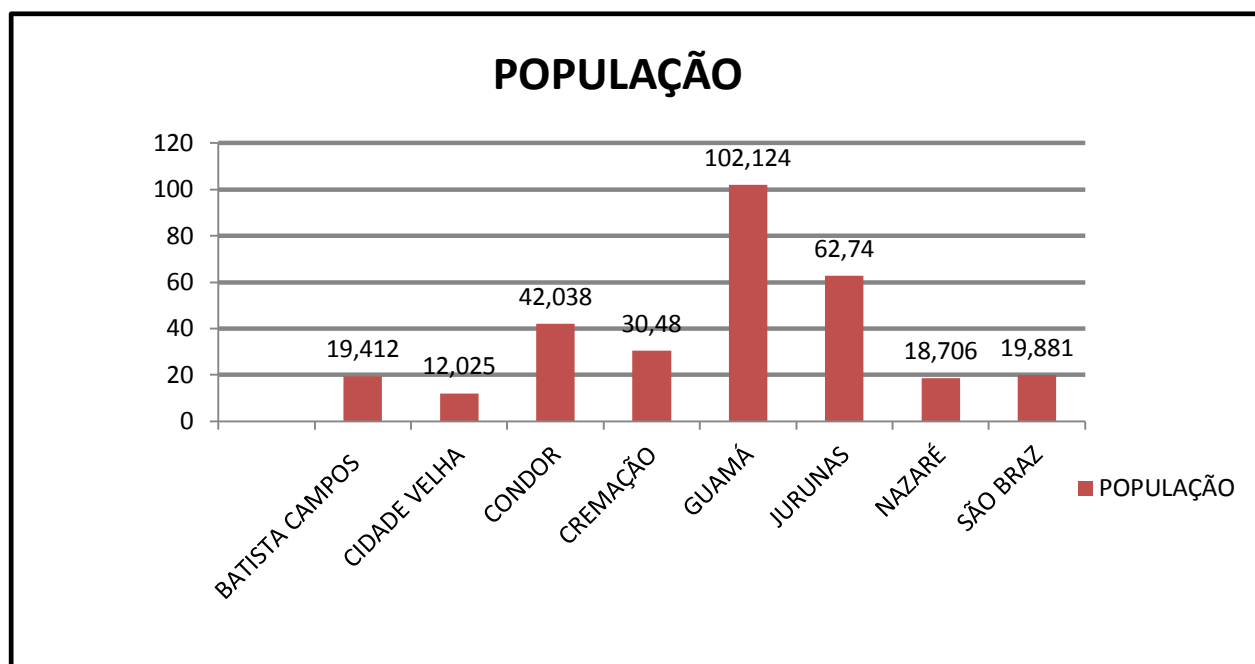
Figura 6 (A e B) - Identificação de moradias (palafitas) existentes na Rua Bernardo Sayão, bairro da Condor.



Fonte: do Autor.

Na medida em que a cidade se expandiu, os acidentes hídricos foram sendo contornados, ocupando-se as áreas mais altas, e deixando grandes espaços desocupados, formados por terrenos alagados ou alagáveis.

Figura 7 - Densidade populacional em diversos bairros que integram a BHEN.



Fonte – Censo Demográfico 2000.

A Figura 7 mostra a densidade populacional em diversos bairros que integram a BHEN (CENSO, 2000).

De acordo com o projeto de Recuperação Socioambiental da Bacia da Estrada Nova – PROMABEN os bairros da Bacia da Estrada Nova abrigam quase um quarto da população da Capital.

## 7.2. Os fluxos hídricos subterrâneos

A água que se encontra em profundidade no solo (água subterrânea) não está parada, ela está em constante movimentação. Essa movimentação da água subterrânea dentro das camadas aquíferas é denominada Fluxo Hídrico Subterrâneo. (BERINO, 2013)

Em estudo integrado com Berino (2013), selecionou-se um conjunto de poços na área da BHEN que compuseram o arquivo de dados para montagem

dos aspectos hidrogeológicos do presente estudo. Durante o período de Novembro a Dezembro de 2012, foram selecionados diversos poços do banco de dados do SIAGAS (CPRM) e no campo, foram cadastrados e selecionados os poços que melhor serviriam para a tomada de medidas da superfície freática (nível estático), identificando-se os poços de uso doméstico e os de uso comercial, com a preocupação de obter boa distribuição dos poços na área estudada.

De acordo com Berino (2013) o mapa de fluxo hídrico subterrâneo sobre a base cartográfica da área mostra que a recarga do sistema hidrogeológico superior na área da BHEN arranjados através de fluxos divergentes, ocupando o setor nordeste da bacia, encontra-se a oeste do cemitério Santa Isabel, demonstrando que deve haver uma forte influência desse cemitério como uma fonte potencial de contaminação para águas subterrâneas da BHEN.

Por outro lado, todo o setor a leste do mesmo cemitério mostra os vetores de fluxo orientados nessa direção. Caso o cemitério seja uma área de contaminação das águas subterrâneas, ele estará contaminando todo o setor a leste da área da BHEN e assim toda a área de recarga deste aquífero poderá ser inviabilizado para o uso da água para abastecimento público.

Em Belém existem dois conjuntos de bacias, o primeiro possui interação com o rio Guamá configurado na porção sul; e o segundo com interação com a Baía do Guajará na porção Oeste da área. A bacia da Estrada Nova está inserida dentro do primeiro conjunto de bacias.

Existe uma relação espacial entre as águas superficiais e as subterrâneas, dentro do esquema do ciclo hidrológico. Algumas vezes as águas subterrâneas são alimentadas pelos cursos hídricos superficiais, tornando os rios INFLUENTES. Em outros casos os rios é que são abastecidos pelos aquíferos, formando os rios EFLUENTES.

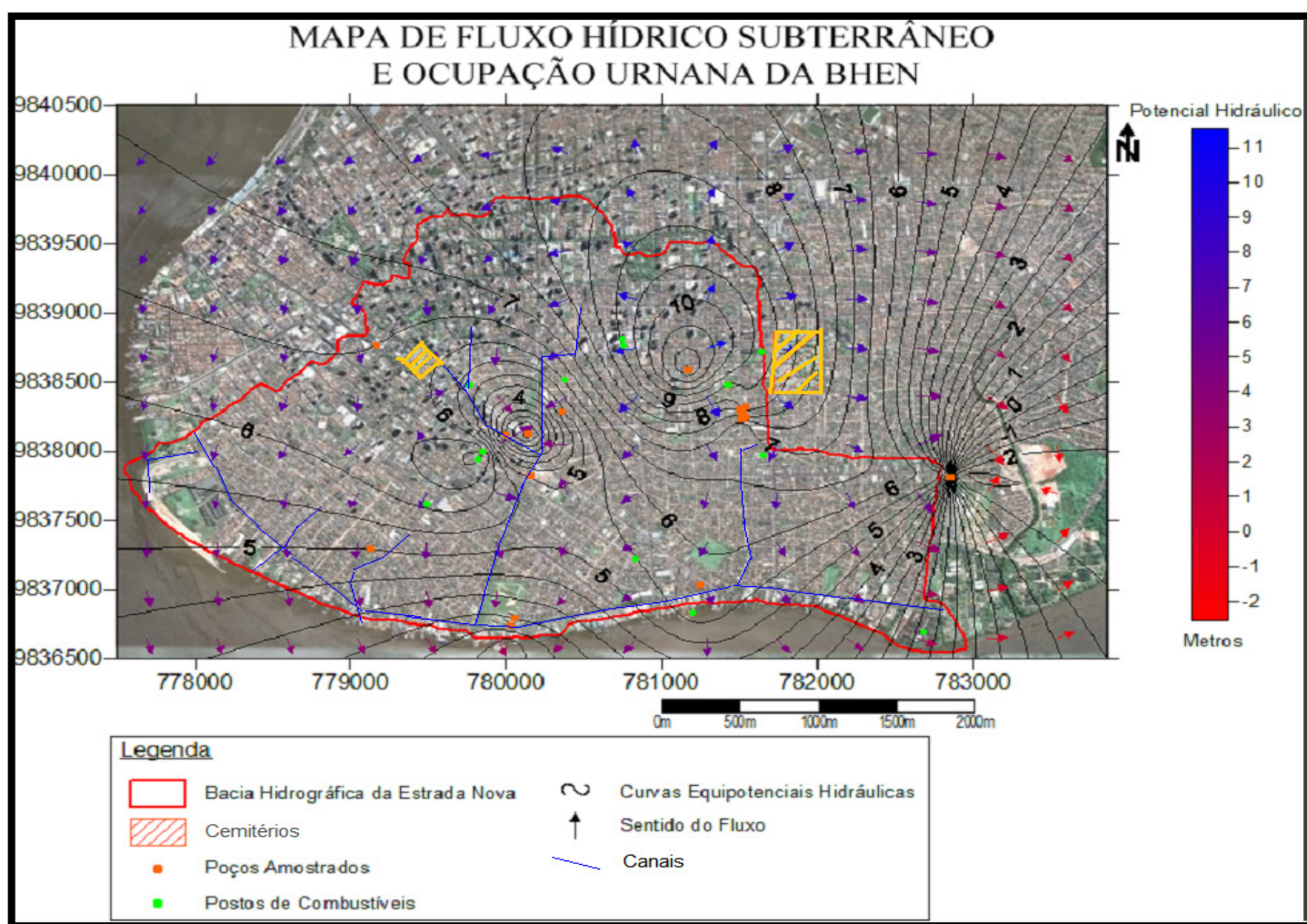
As informações utilizadas para caracterizar as zonas de recargas dos aquíferos superiores do município de Belém, assim como seu fluxo, foram levantadas pelo Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2002).

De acordo com os cadastramentos dos poços da RMB realizados pela CPRM (2002), o mapa de representação das linhas equipotenciométricas

mostra que as curvas isotenciométricas da área urbana indicam a direção do fluxo, cujo sentido se dá para o talvegue do rio Guamá e para Baía do Guajará como mostra a Figura 8.

Esse arranjo demonstra que o rio Guamá é marcadamente efluente em relação ao aquífero superior da área estudada.

Figura 8 - Comportamento dos fluxos hídricos subterrâneos na BHEN



Fonte: Berino (2013).

### **7.3. Interação entre água superficial e subterrânea**

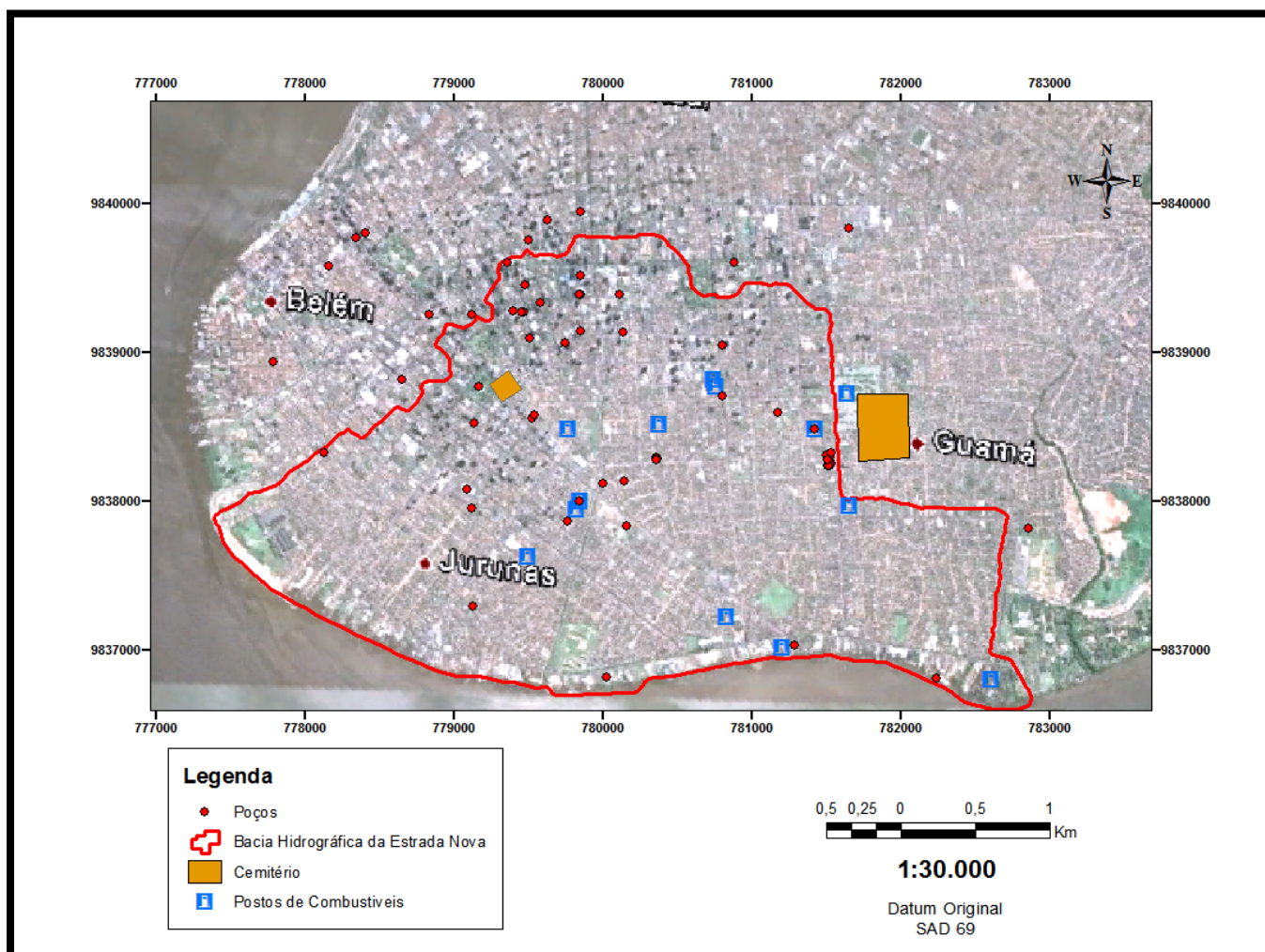
O mapa da figura 9 mostra também a localização dos postos de gasolina da BHEN. Muitos desses poços se encontram a montante dos fluxos subterrâneos tornando-os focos potenciais de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Os casos de vazamento em tanques têm sido comuns em qualquer parte do mundo. Segundo a USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) os acidentes chegam a 1.000 por ano naquele país. No Brasil, estima-se que existam 5.700 casos de vazamentos. (COSTA, 2006)

A correção dos problemas resultantes do uso inadequado dos tanques de combustíveis pode demandar soluções tecnológicas caras e de difícil reversão. As medidas mais econômicas e eficazes para assegurar o suprimento de água subterrânea limpa são a proteção e o cuidadoso gerenciamento destes recursos. Soma-se aos vazamentos a contaminação de cursos d'água e do solo resultante da lavagem dos carros

Para evitar esses danos, torna-se necessário a implantação de normas técnicas, cercando de máxima impermeabilização os tanques e pisos desses postos e implantando drenagens e sistemas de tratamento para os efluentes da lavagem de carros. No caso de fontes potenciais de contaminação como o cemitério de Santa Izabel em uma área de recarga de água subterrânea é necessários "Estudos de Avaliação Ambiental" ou aplicação de indicadores ambientais qualitativos e quantitativos.

Figura 9 - Mapa da BHEN, com a distribuição dos poços cadastrados, destacando os principais postos de combustíveis e cemitérios.



Fonte: Dias (2013).

#### 7.4. Reservas hídricas subterrâneas

O estudo de uma bacia hidrográfica, considerada como a unidade de planejamento dos recursos hídricos, requer uma compatibilização de conceitos entre os recursos hídricos de superfície e subterrâneos. (COSTA, 2000)

As reservas hídricas subterrâneas são de profunda importância para a realização de uma proposta de abastecimento público, pois é necessário que se tenha uma noção da quantidade de água disponível para suprir a demanda de água. (DIAS, 2013)

## Nomenclaturas

Descrevem-se em seguida os itens da terminologia relacionada às reservas hídricas subterrâneas, segundo Pantoja (2012).

Reservas Reguladoras ou Renováveis → este termo está relacionado com a quantidade de água submetida à pressão atmosférica armazenada pelo aquífero, relacionada a uma recarga sazonal. É o volume de água dos aquíferos possível de variação sazonal no ciclo hidrogeológico, entre os níveis de flutuação máximo e mínimo;

b) Reservas Permanentes → volume hídrico acumulado no meio do aquífero que não variam em função das variações sazonais da superfície potenciométrica. Trata-se da água permanentemente presente no aquífero localizando-se na zona saturada;

c) Reservas Totais → se refere ao conjunto formado pelas reservas permanente e reguladora. Representa a totalidade de água presente no aquífero;

d) Reservas de Exploração → se refere à quantidade máxima de água que pode ser retirada de um aquífero sem causar qualquer prejuízo ao manancial. Constituem as reservas de exploração as reservas reguladoras e uma parte das reservas permanentes. O termo Recurso Explotável tem sido também utilizado;

e) Potencialidade → o termo se refere ao volume hídrico utilizável anualmente. Eventualmente inclui uma parcela das reservas permanentes, passíveis de serem exploradas durante um determinado período de tempo, com descarga constante;

f) Disponibilidade → Parcela máxima que pode ser aproveitada anualmente da potencialidade, correspondendo à vazão anual que pode ser extraída do aquífero ou do sistema aquífero, sem que se produza um efeito indesejável de qualquer ordem.

As reservas mais utilizadas tradicionalmente para as análises integradas dos recursos hídricos subterrâneos são as reservas renováveis (ou reguladoras) e as reservas permanentes.

Em um estudo sobre a hidrogeologia da BHEN, Dias (2013) calculou a reserva hídrica renovável em uma área de 9,54km<sup>3</sup>, resultando um volume de 1,9 milhões de m<sup>3</sup> para o sistema Barreiras, pós Barreiras e Aluviões.

Para Reservas Permanentes (Rp) o volume calculado foi de 20,435 milhões de m<sup>3</sup>. As reservas permanentes do sistema Pirabas resultaram no valor de 116,670 milhões m<sup>3</sup>, onde Rp (sistema Barreiras) + Rp (sistema Pirabas) = 137,105 milhões de m<sup>3</sup>.

As reservas totais de um sistema aquífero são obtidas pela somatória das reservas renováveis e permanentes para a área da BHEN, as reservas totais são:

$$1,9 \text{ milhões de m}^3 + 137,105 \text{ milhões de m}^3 = 139,01 \text{ milhões de m}^3.$$

Nesta região (BHEN), a reserva hídrica subterrânea poderá ser a mais importante fonte de água potável para abastecimento público, privado e lazer com uma população de 300.000 habitantes, já que a rede de tubulação que abastece a região com água superficial encontra-se falida e com pontos de contaminações.

## 7.5. Proposta alternativa de abastecimento hídrico.

Foi elaborada uma proposta de abastecimento de água para a Bacia Hidrográfica da Estrada Nova levando em consideração todas as características geológicas e hidrogeológicas da área pesquisada.

Trata-se de um projeto alternativo de abastecimento de água para a BHEN considerada a quinta maior bacia urbana do município de Belém, utilizando os mananciais subterrâneos a fim de suprir as necessidades da população envolvida.

Dias (2013), em um estudo do sistema hidrogeológico da área da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova recomenda que deva ser dada maior atenção aos projetos de construção dos poços de águas subterrâneas, como uma forma de minimizar a possibilidade das cargas contaminantes atingirem o aquífero. Principalmente nas áreas de aglomerados urbanos, com baixas condições de saneamento básico.

Para a demanda diária da água, a captação subterrânea deve retirar do manancial quantidade suficiente de água a fim de atender o consumo, de forma racional e econômica, de acordo com as necessidades da população. Desse modo se faz necessário o conhecimento da vazão desejada que é função do consumo previsto (PANTOJA Jr., 2012).

Os sistemas hidrogeológico Pós-Barreiras, Barreiras e Pirabas, vêm sendo explorados na área da BHEN através de poços tubulares rasos (profundidades de até 40 m), intermediários (profundidades de até 100 m) e profundos (profundidades acima de 150m). As vazões são da ordem de até 400 m<sup>3</sup> na área da bacia. (DIAS, 2013). Com isso estabeleceu-se uma média de 300m<sup>3</sup> para o estudo atual a fim de não sobrecarregar o conjuntos de bombas que trabalharão com um total de 20 horas/dia.

De acordo com normas de consumo estabelecidos pela ABNT, o consumo “per capita” médio de água é de 250 l/dia. A população atual na BHEN está estimada 300.000 habitantes de acordo com Pinheiro (2009). A taxa média geométrica de crescimento anual populacional de Belém é de 0,85 %/ano (IBGE, 2010).

A média do tempo de vida útil dos poços tubulares é em torno de 20 a 25 anos. A elaboração de um projeto de abastecimento para a área terá, necessariamente, que abranger a população nela prevista para daqui a 25 anos, a qual, mantendo-se a taxa de crescimento atual, será em torno de 363.750 habitantes.

O estudo atual teve como base dados obtidos de Pantoja (2012) onde os preços e serviços obtiveram um reajuste de 6% ao ano.

População estimada: 363.750 habitantes.

Consumo per capta: 250 l/dia

**Consumo Diário de Água** = 250 l/dia X 363.750 = 90, 937,500l/dia ou  
90,938m<sup>3</sup>/dia.

**Expressão I**

✓ DADOS TÉCNICOS PARA A CONSTRUÇÃO DOS POÇOS TUBULARES

Características geológicas e hidrogeológicas da área estudada com base em trabalhos anteriores realizados no âmbito da Região Metropolitana de Belém verifica-se que para se conseguir a demanda diária de água da população envolvida é necessária à construção de poços com as seguintes características:

Profundidade = 270 m;  
Vazão média de 300m<sup>3</sup>/h;  
Método de perfuração = rotativo com circulação direta de fluido de perfuração;  
O diâmetro da câmara de bombeamento = 14" com base localizada a 100m do solo;  
Revestimento = tubos de aço "Schedule" e nas zonas com potenciais para a produção de água seriam utilizados filtros inoxidáveis.

Um poço, com as características descritas acima, construído por uma empresa especializada, custa no mercado de Belém R\$ 450.905,82 incluindo o sistema de bombeamento.

✓ QUANTIDADE DE POÇOS PARA SUPRIR A DEMANDA DIÁRIA DE ÁGUA

As necessidades diárias da população, envolvida, partiu-se de um regime de bombeamento de 20 h/dia com uma produção estimada por poço de 300 m<sup>3</sup>/h. Neste cálculo, divide-se a demanda diária (90,938 m<sup>3</sup>/dia) pela produção diária do poço (300 m<sup>3</sup>/h x 20 h/dia), resultando em 16 poços.

Isso implica na construção de 17 poços profundos, com mais 1 poço extra, para ficar de reserva. Assim, de acordo com o preço estimado no mercado de Belém, essa empreitada estaria orçada em torno de R\$ 7.665.389,76 A seguir os cálculos:

Q= 300 m<sup>3</sup>/h (vazão média por poço)  
Regime de bombeamento 20h/dia  
Vazão Diária para um regime de bombeamento de  
20h= 300 m<sup>3</sup>/h x 20h/dia= 6.000m<sup>3</sup>/dia

Números de poços=  $\frac{90,938\text{m}^3/\text{dia (Demanda Diária)}}{6.000\text{m}^3/\text{dia}}$  =16 p.

**Expressão II**

Valor Unitário Estimado = R\$ 450.905,28

Valor Total dos poços (16 poços + 1 extra) = R\$ 7.665.389,76

**Expressão III**

#### ✓ AVALIAÇÃO ECONÔMICA

O custo anual de produção de água subterrânea foi aplicado através de alguns conceitos de matemática financeira utilizados em grandes e pequenos projetos de engenharia (LINSLEY; FRANZINE, 1978; OLIVEIRA *et al.* 2000; KOURY, 2006)

Para a realização desse cálculo, levaram-se em consideração alguns fatores que interferem no custo da captação subterrânea, como o preço do poço, aquisição e instalação da bomba, consumo de energia, despesas com pessoal e manutenção dos poços. Desse modo, estima-se em R\$ 343.440,00, atualizado de acordo com Pantoja (2012), seria o custo aproximado de construção de um poço profundo na região da BHEN.

De acordo com a informação verbal do geólogo Alexandre José Martins Figueiras o preço da bomba submersa, quadro elétrico de comando, cabo elétrico e mangueira edutora, atualizado, vendido no mercado local (2013), é de R\$107, 465,82 com uma vida útil de três anos e um regime de

bombeamento de 20 h/dia, sendo necessário, assim, 8 gerações de bombas para atender os 25 anos de vida útil do poço

✓ AQUISIÇÃO DO TERRENO

De acordo com Koury (2006) uma área de 50 m x 50 m será necessária para construção de um poço com profundidade de até 270m e que produza vazão, de pelo menos, 300 m<sup>3</sup>/h, construção de reservatório e casa de bombas.

Estima-se que na região de Belém, o custo de um terreno com as características necessárias para a construção do módulo descrito, varia de R\$ 600.000,00 para os bairros de Nazaré, São Braz e Umarizal; R\$ 400.000,00 para os bairros da Cremação, Pedreira, Telegrafo, Jurunas e Guamá e de R\$ 200.000,00 nos outros bairros. Para efeito de cálculo usaremos o preço médio de R\$ 400.000,00. (KOURY, 2006).

A conversão desse investimento em uma unidade equivalente é realizada através da expressão:

$Fa = i (1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$ , onde:

Fa = fator de anualização ou de reposição do capital

i = taxa de juro anual 6% - adotado pela Caixa Econômica para os programas de abastecimento e saneamento.

n = vida útil provável de 25 anos (poço tubular profundo)

$$\begin{aligned} Fa &= 0,06 (1+0,06)^{25} / [(1+0,06)^{25} - 1] \\ &= 0,06 (1,06)^{25} / [(1,06)^{25} - 1] = 0,06 \times 4,29 / (4,29 - 1) = 0,26 / 3,29 = \\ Fa &= 0,08 \end{aligned}$$

**Expressão IV**

O valor de amortização anual do capital para aquisição do terreno é:

$$At = R\$ 400.000,00 \times 0,08 = R\$ 32.000,00$$

## ✓ CONSTRUÇÃO DO POÇO

A construção do metro linear de um poço em rocha sedimentar e revestido com tubos de aço carbono e filtros de aço inox seria então de R\$ 1.272,00 (Geólogo Alexandre José Martins Figueiras, informação verbal<sup>1</sup>). Estão incluídas também nesse preço as despesas referentes à desinfecção, cimentação, laje de proteção, ensaios de vazão e perfilagens geofísicas.

Sobre o custo, adotou-se um poço com profundidade de 270 m, para o qual se tem um custo estimado do poço de R\$ 343.440,00.

A taxa de anualização ou de reposição do capital é o mesmo da Expressão IV, portanto a amortização anual do capital para construção do poço é:

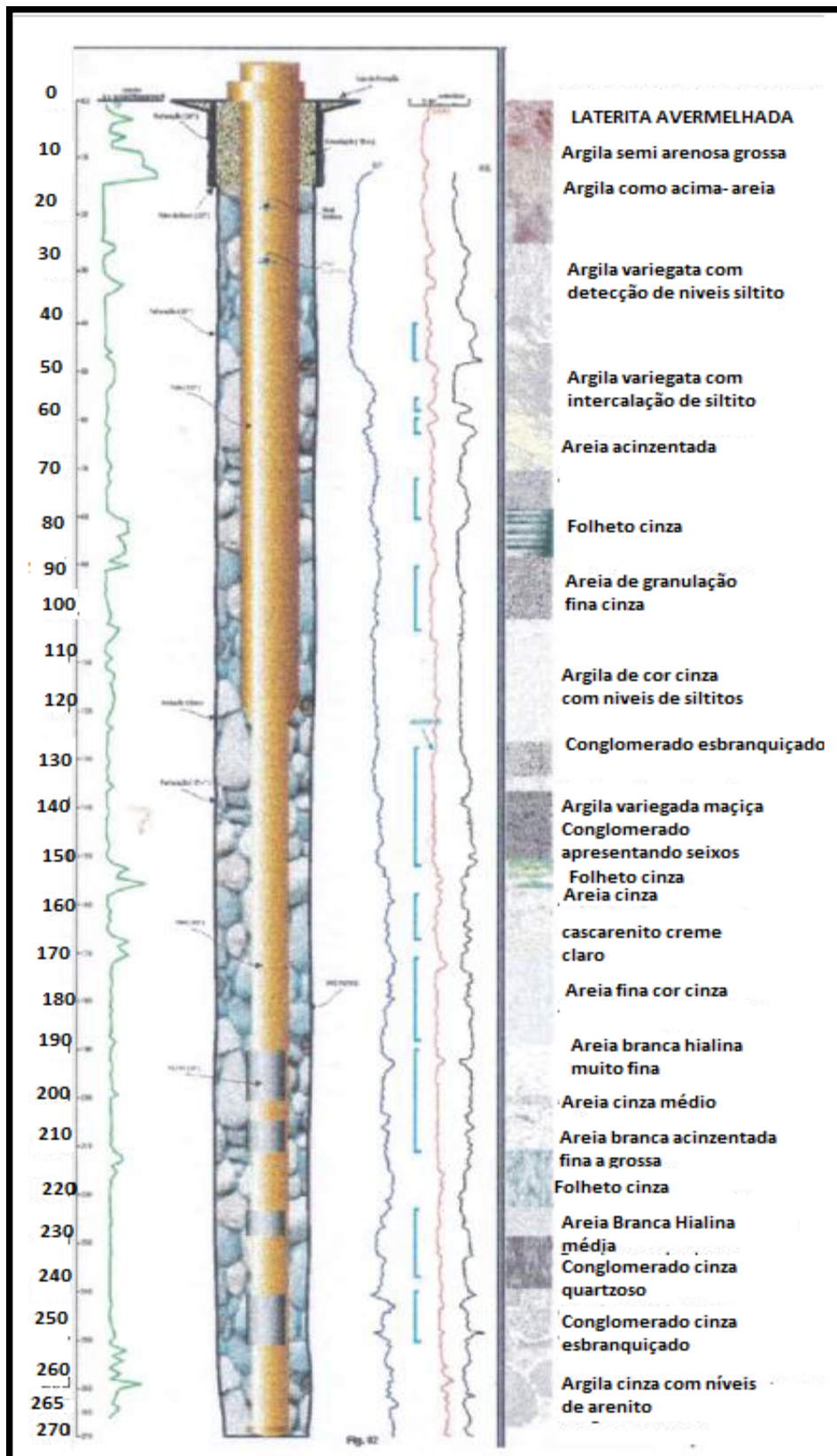
$$A_p = R\$ 343.440,00 \times 0,08 = R\$27.475,20$$

Na figura 10, um perfil construtivo / litológico de um poço situado na Região Metropolitana de Belém que serve de modelo para os poços da proposta, mostrando a geologia da área, profundidade, locação dos filtros e os perfis geofísicos que ajudam na confecção de um poço desse porte.

---

Informação verbal <sup>1</sup> Esclarecimento do custo de construção (metro linear) de um poço na Região Metropolitana de Belém.

Figura 10 - Perfil construtivo e litológico de um poço situado na Região Metropolitana de Belém- PA



Fonte: PEHRMB (2001).

✓ CASA DE BOMBAS E INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Segundo Koury (2006 *apud* PANTOJA, 2012) o custo é de:

Materiais = R\$ 42.814,74

Mão de obra = R\$ 16.851,00

Total = R\$ 59.665,74

A taxa de anualização ou de reposição do capital é o mesmo da Expressão IV, portanto a amortização anual é de:

$$\text{Acb} = \text{R\$ } 59.665,74 \times 0,08 = \text{R\$ } 4.773,20$$

✓ BOMBAS

O custo inicial de uma bomba para produzir uma vazão de 300 m<sup>3</sup>/h e altura manométrica de 100 m é de R\$107.465,82, Pantoja jr (2012), atualizado, sendo destes, R\$ 39.364,00 para a bomba propriamente dita, R\$ 14.084,22 para o quadro de comando, R\$ 14.076,80 para o cabo elétrico (80m) e mais R\$ 39.940,80 para a mangueira edutora (70m). O cálculo do conjunto de bombas é realizado utilizando a seguinte fórmula:

$R = P / (1+i)^n$ , onde:

R = Valor principal da geração de bombas

P = Custo inicial da bomba = R\$ 39.364,00

i = taxa de juro anual (12%) n = período de duração em anos; n = 3 para a segunda bomba; n = 6 para a terceira; n = 9 para a quarta; n = 12 para a quinta;

n = 15 para a sexta; n = 18 para a sétima; n = 21 para a oitava.

R1 = R\$107. 465,82 (primeira bomba + quadro de comando + cabo elétrico + mangueira edutora)

R2 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^3$  (segunda bomba)

R3 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^6$  (terceira bomba)

R4 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^9$  (quarta bomba)

R5 R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^{12}$  (quinta bomba)

R6 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^{15}$  (sexta bomba)

R7 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^{18}$  (sétima bomba)

R8 = R\$ 39.364,00 /  $(1+0,12)^{21}$  (oitava bomba)

Custo para o conjunto de bombas:

$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_7 + R_8$

$R_t = R\$107.465,82 + 28.018,51 + 19.943,03 + 14.195,45 + 10.103,95 + 7.191,74 + 5.118,92 + 3.643,53$

**$R_t = R\$ 195.680,95$**

**Expressão VI**

A taxa de anualização ou de reposição do capital é o mesmo da Expressão IV, portanto a amortização anual do capital para o conjunto de bombas é de:

**$Ab = R\$ 195.680,95 \times 0,08 = R\$ 15.654,47$**

✓ DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA

Segundo Tancredi (1996) a expressão para o cálculo do custo anualizado da energia elétrica é dada pela expressão:

$P = 15 Q \cdot H$ , onde:

P = potência consumida em uma hora de bombeamento

H = altura manométrica da bomba

Q = vazão da bomba =  $300 \text{ m}^3/\text{h} = 8,33 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$

A potência de energia consumida em uma hora de bombeamento é:

$$P_{1h} = 15 \times 8,33 \times 10^{-2} \times 100 = 124,95 \text{ KW}$$

Como o regime de bombeamento adotado é de 20 horas por dia temos:

$$P_{20h} = 124,95 \times 20 = 2.499,00\text{KW}$$

Com tudo isso, podemos calcular o custo anual com energia elétrica para uma tarifa de R\$ 0,3699 por KW/h, incluindo os impostos (CELPA, 2013).

$$Ae_{20h} = 2.499,00\text{KW} \times 0,4932 \times 365 \text{ dias}$$

$$Ae_{20h} = \text{R\$ } 449.864,98$$

**IMPOSTOS**

$$\text{ICMS} = \text{IL} \times \text{A} / 1 - \text{A}$$

**IL** = (Valor do Consumo+PIS+COFINS+Encargos) em R\$

**A** = Alíquota do Imposto= 25%

$$\text{A} = 25\% / \text{IL} = \text{R\$ } 0,3699$$

$$\text{ICMS} = \text{R\$ } 0,3699 \times 0,25 / 1 - 0,25 = 0,092475 / 0,75 = 0,1233$$

$$0,1233 + 0,3699 = \text{0,4932}$$

**Expressão VII**

Para o tratamento de água subterrânea faz-se uso da fluoretação. No cálculo adotou-se um regime de bombeamento de 20 horas por dia (TANCREDI, 1996).

O uso de  $0,75 \text{ g/m}^3$  de fluorsilicato de sódio sob o regime imposto totaliza custo anual final com produto químico de R\$ 3.070,04 (PANTOJA, 2012).

$$\text{Apq} = \text{R\$ } 3.070,04$$

✓ DESPESAS COM MANUTENÇÃO DO POÇO E INSTALAÇÕES.

Para o cálculo do custo de manutenção anual do poço e equipamento eletromecânico adotou-se 5% do preço de construção do poço (TANCREDI, 1996).

$$\text{Am} = \text{R\$ } 343.440,00 \times 0,05 = \text{R\$ } 17.172,00$$

✓ DESPESAS COM FUNCIONÁRIOS

Levando-se em conta os encargos sociais, que duplicam os valores salariais, tomou-se por base um valor de R\$ 1.300,00 reais de salário do funcionário. Deve-se considerar o trabalho noturno com adicional e no mínimo mais 50% de horas extras.

Adotou-se para as despesas de execução dos serviços de gerenciamento e operação do sistema de captação, tratamento, reserva e distribuição de água subterrânea o valor de R\$ 99.216,00 por ano (PANTOJA, 2012).

$$\text{R\$ } 1,300,00 \times 12 \text{ meses/ano} \times 6 \text{ funcionários} = \text{R\$ } 93.600,00$$

$$\text{R\$ } 93.600,00 \times 0,06 = \text{R\$ } 99.216,00$$

**Expressão VIII**

$$\text{Af} = \text{R\$ } 99.216,00$$

### ✓ PRODUÇÃO ANUAL DE ÁGUA

O cálculo da produção anual de água em um regime de bombeamento de 20 horas por dia é dado pela expressão (KOURY, 2006).

:

$P_p = Q \cdot h$ , onde:

$P_p$  = produção anual prevista

$Q$  = vazão da bomba (300 m<sup>3</sup>/h)

$h$  = horas de funcionamento por ano

$$365 \text{ dias} \times 20 \text{ horas} = 7.300 \text{ horas}$$

$$P_p = 300 \times 7.300 = 2.190.000 \text{ m}^3$$

### ✓ CUSTO DE PRODUÇÃO

O custo de produção do metro cúbico de água subterrânea é igual à somatória dos custos de amortização e despesas divididas pela produção anual do poço.

Para um regime de bombeamento de 20 horas por dia tem-se:

$C_{p_{20h}}$ = Custo de produção em regime de bombeamento de 20 horas por dia
--

$$C_p = (A_t + A_p + A_{cb} + A_b + A_{e_{20h}} + A_{p_{q_{20h}}} + A_m + A_f) / P_{p_{20h}}$$

$$C_p = (32.000,00 + 27.475,20 + 4.773,20 + 15.654,47 + 449.864,98 + 3.070,04 + 17.172,00 + 99.216,00) / 2.190.000$$

$$649.225,89 / 2.190.000 = 0,2964$$

$$C_p = \text{R\$ } 0,2964/\text{m}^3$$

Abaixo, descrito na tabela 2 se encontra a composição de custo de produção do metro cúbico de água subterrânea para um regime de bombeamento de 20 horas por dia.

Tabela 2- Composição do custo de produção do metro cúbico de água subterrânea para um regime de bombeamento de 20 horas por dia.

COMPONENTES	VALOR DE DESPESA ANUAL	PARCELA R\$	%
AQUISIÇÃO DO TERRENO	R\$32.000,00	0,0146	4,92%
CONSTRUÇÃO DO POÇO	R\$27.475,20	0,0125	4,23%
CASA DE BOMBAS E EQUIPAMENTOS	R\$ 4.773,20	0,0021	0,73%
AQUISIÇÃO DAS BOMBAS	R\$15.654,47	0,0071	2,41%
DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA	R\$449.864,98	0,2053	69,29%
DESPESAS COM PRODUTOS QUÍMICOS	R\$3.070,04	0,0014	0,47%
DESPESAS DE MANUTENÇÃO	R\$17.172,00	0,0078	2,64%
DESPESAS COM PESSOAL	R\$99.216,00	0,0452	15,28%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$649.225,89</b>	<b>0,2964/m<sup>3</sup></b>	<b>100%</b>

Fonte: Autora.

✓ COMPARAÇÃO DE CUSTO DO M<sup>3</sup> DE ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL NA BHEN.

Para a relação de custo do m<sup>3</sup> optou-se por usar a população estimada para 2014. Sendo assim:

N° da população= 300.000
Taxa de crescimento da população= 0,85%- 0,0085
300.000 x0, 0085% = 2.550
População estimada para 2014 = 302,550
<b>Expressão IX</b>

População = 302.550

Demanda diária = 75.637,5 m<sup>3</sup>. Demanda anual = 27.607.687,5 m<sup>3</sup>/ano

$302,550 \times 250 = 75.637.500$ $75.637.500 / 1000 = 75.637$ $75.637 \times 365 = 27.607.505 \text{ m}^3/\text{ano}$ <p style="text-align: right;"><b>Expressão X</b></p>
---

Custo do m<sup>3</sup> de água subterrânea = R\$ 0,2964/m<sup>3</sup>

**Custo Anual (m<sup>3</sup>) Água Subterrânea = 27.607.505 m<sup>3</sup>/ano x 0,2964  
= R\$ 8.182.864**

Para o cálculo de custo do m<sup>3</sup> de água superficial, levamos em consideração o preço cobrado pela concessionária pelo m<sup>3</sup> de água como é apresentado na tabela 3. (COSANPA, 2013.)

Na comparação do preço cobrado pela concessionária que faz o abastecimento de água na cidade de Belém e o preço calculado para a captação de água superficial, temos que levar em consideração:

Na concessionária, para o menor valor cobrado, temos apenas para a água (sem o esgoto) uma tarifa de R\$ 1,40.

**Custo Anual (m<sup>3</sup>) Água Superficial = 27.607.505 x 1,40**

**= R\$ 38.650.507,00**

Esse seria o menor valor de custo de água para residência. (COSANPA, 2013).

Tabela 3- Tarifas de água e esgoto da concessionária (COSANPA), vigentes a partir de julho de 2008

		VALOR	
FAIXA DE CATEGORIA CONSUMO	(M <sup>3</sup> )	R\$ por m <sup>3</sup>	
		ÁGUA	ESGOTO
Residencial	*0-10	1,4	0,84
	*11-20	2	1,2
	*21-30	2,68	1,61
	*31-40	3,02	1,81
	*41-50	4,18	2,5
	>50	5,43	3,26
Comercial	*0-10	4,18	2,5
	>10	5,22	3,13
Industrial	*0-10	5,22	3,13
	>10	6,68	4,01
Pública	*0-10	4,18	2,5
	>10	5,22	3,13

Fonte: COSANPA, 2013

Em sistema baseado na captação de água subterrânea como o proposto, mais a retirada do lucro, encargos e despesas com a quantidade de poços para atender a demanda ainda consegue ser em torno de 21% mais barato em comparação ao gasto com a água superficial.

### 7.5.1 Discussão

#### ✓ PROPOSTA DE ABASTECIMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA ESTRADA NOVA.

O estudo das reservas hídricas da área da BHEN determinado por Dias (2013) serviu como base para conclusão do presente trabalho no qual esclarece que a reserva de água pode ser explorada do aquífero mais protegido e de onde se apresenta com excelente qualidade (Formação Pirabas). O recurso hídrico subterrâneo possui reservas abundantes, frente à demanda atual da BHEN, o que sem problemas garantiria o abastecimento da população por um período de pelo menos 20 anos.

A Proposta de abastecimento apresentada para a BHEN teve como fontes de informações, diversas consultas com profissionais na área de construção de poços.

O estudo associado a outros já desenvolvidos na RMB mostram a precariedade no sistema de abastecimento atual. A falta de planejamento urbano na área da BHEN não dispõe de serviços de infraestrutura em fornecimento de água, fazendo com que a água subterrânea seja uma alternativa de suprimento de água.

A rede de abastecimento por água subterrânea pode ser realizada juntamente com a rede de abastecimento atual assim como a adição de poços na rede de distribuição pode ser realizada gradualmente.

Inicialmente os poços poderiam usar a atual rede, enquanto que aos poucos uma nova rede de distribuição seria construída, bem menor e baixo custo. Já que cada poço atenderia uma área de entorno sem a necessidade de longas redes de distribuição.

O custo de produção do m<sup>3</sup> da água subterrânea mostrou-se bem mais barata em comparação a água superficial, por conseguinte a qualidade da água seria bem melhor, não havendo desperdícios como existe hoje no sistema atual.

A proposta de abastecimento da BHEN foi elaborada pensando na população e, propõe às autoridades a adoção de um sistema de abastecimento

*RODRIGUES, E.S.F. 2013. Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém-Pará: Elementos para gestão.*

46

com poços subterrâneos como descrito no presente trabalho para que a população envolvida usufrua de uma água com qualidade a baixo custo.

## **8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.**

O poder público necessita fomentar estudos e pesquisas para a aquisição de dados que permitam a caracterização das bacias hidrográficas e, ainda a inter-relação da água superficial e subterrânea. Além disso, para garantir a preservação e o uso racional da água é necessário o desenvolvimento e a implementação de instrumentos que permitam a maior integração entre as ações referentes ao planejamento e à gestão dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Sugere-se a implantação de uma rede de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas com foco nas áreas de potencial contaminação (como é o caso dos cemitérios, hospitais, lava-jato), utilizando os poços já existentes e outros a serem perfurados, para uma melhor avaliação da situação ambiental dessas áreas;

O cemitério de Santa Isabel, que através do estudo de fluxo hídrico se mostrou vulnerável, como uma fonte potencial de contaminação está localizado em área de recarga do aquífero superior da área da BHEN, podendo vir a contaminar as águas subterrâneas. Novos espaços para esta atividade devem ser estudados, considerando as suas características geológicas e litológicas.

Perfuração de poços de amostragem, no interior dos cemitérios e nas áreas adjacentes à hospitais e lixões , também devem ser realizadas, com objetivo de monitorar a profundidade do lençol freático, a pluma do necrochorume e a qualidade da água subterrânea.

De acordo com as principais características hidrogeológicas dos principais sistemas aquíferos existentes na área da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova e com base nos diversos trabalhos realizados na RMB, seria necessária a construção de 17poços, com 270 m de profundidade em média, para que se possa atingir a vazão diária necessária para suprir as necessidades da população envolvida.

O método empregado na perfuração dos poços seria o método rotativo com circulação direta de fluido de perfuração. O diâmetro da câmara de bombeamento seria de 14'' com a sua base localizada a 100 m do solo. O poço seria revestido com tubos de aço schedule e nas zonas com potenciais para a produção de água seriam utilizados filtros inoxidáveis.

Uma empresa especializada em perfuração de poços, cobra no mercado de Belém, em torno de em R\$ 343.440,00, incluindo o sistema de bombeamento. Por tanto o custo total dos 17 poços seria de a empreitada seria de R\$ 7.665.389,76.

Com Relação aos cálculos obtidos da avaliação econômica, pode-se ressaltar que o custo final do metro cúbico de água produzido para cada poço seria de R\$ 0,2964/m<sup>3</sup>, sendo que os gastos referentes à energia é o que mais contribui para este valor.

Os cálculos só reafirmam o trabalho realizado por Koury (2006) Pantoja (2012) dessa vez com os dados atualizados com percentual de 6% (de acordo com a inflação) e corrigidos com base nos preços de mercado para 2013. De lá pra cá o custo do m<sup>3</sup> da água subterrânea e superficial sofreram alterações consideráveis. Mesmo assim, captar água subterrânea ainda é a forma mais prática e barata de explorar esse bem mineral. Os resultados apresentados mostram que a instalação de um sistema baseado em água subterrânea custaria 21% do gasto total com a água superficial que a concessionária cobra.

## REFERÊNCIAS

ABELÉM, A, G. **Urbanização e remoção: por que e para quem?** Belém: UFPA, 1998. 165p. (Coleção Igarapé).

ABREU, F.A.M. de. **Plano de gestão das águas subterrâneas da Região Metropolitana de Belém – RMB.** Belém: [s.n.], 2009. (no prelo).

BELEM. Prefeitura Municipal. **Diagnóstico da Estrutura Intra-Urbana de Belém.** Belém, 2005.

BELEM. Prefeitura Municipal. **Programa de Recuperação Urbano-Ambiental da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.** Estudo de Impacto Ambiental, Belém, 2007.

BERINO, M.O. **Comportamento de Fluxo Hídrico Subterrâneo na área da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, Belém, - PA.** 2013. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) - Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. 2006. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: águas para o futuro: cenários para 2020.** Brasília, MMA. 2006.

CENTRAIS ELÉTRICAS (CELPA). **[Contas e tarifas].** Belém, 2013. Disponível em: < <http://www.celpa.com.br/sua-conta/tarifas/> >. Acessado em: 15/04/2013

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM (CODEM). **Plano de Desenvolvimento da Grande Belém: metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistema.** Belém: DNPM-CPRM, 1975. v.1.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM). Serviço Geológico do Brasil. **Tipos de aquíferos: banco de dados.** Disponível em <<http://www.cprm.gov.br>>. Alterado em: 06/05/2010. Acessado em: 27/02/2013.

COSTA, A.H.R.; CORSEUIL, H.X.; WENDT, M.F. Biorremediação com injeção de nitrato de águas subterrâneas contaminadas por vazamentos de gasolina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 15., 2006, São Paulo. , 2006. **Anais...** São Paulo: ABAS, 2006.

COSTA FILHO, W. D.; COSTA, W. D. Caracterização hidrogeológica do Estado de Pernambuco. In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABAS/ALHSUD/IAH, 2000. Cd-rom.

COUTO, R. C.; CASTRO, E. R.; MARIN, R. A. **Saúde, Trabalho e Meio Ambiente: Políticas Públicas na Amazônia.** Belém: NAEA, 2002.

DIAS, D.S. S. **Estudo Hidrogeológico da área da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova**, Belém-Pa— Brasil. 2013. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

DOCUMENTO, Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Capítulo 18. 1992; Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Rio de Janeiro. 1992.

ENGESOLO ENGENHARIA LTDA. **Estudo de Impacto Ambiental: Programa de recuperação Urbano Ambiental da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova**. Belo Horizonte, Brasil. 2007. 268f. Processo de Licenciamento Ambiental da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova. Prefeitura Municipal de Belém- PA. 2007.

ESTUDOS TECNOLÓGICOS. Janary Pinheiro Vol. 5, no 3: 313-331 (set/dez. 2009) doi: 10.4013/ete.2009.53.04. **Metodologia para gerenciamento integrado dos resíduos sólidos da bacia da Estrada Nova do município de Belém (PA)**, 2009 ISSN 1808-7310.

GRANADO, D.C.; HENRY, R; TUCCI, A. **Influência da variação do nível hidrométrico na comunidade fitoplânctônica do Rio Paranapanema e de uma lagoa marginal na zona de desembocadura na Represa de Jurumirim (SP)**. Hoehnea, 2009, v. 36, p. 113-129.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/presidencia/.../0000000402.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/.../0000000402.pdf)>. Acesso em: 01 ago. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) **Mais de 90% dos municípios enfrentam problemas ambientais**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1286&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1286&id_pagina=1)> Acesso em: 06 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas / Contagem da População 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em: 31 fev. 2013.

KOURY, F. S. M. **A viabilidade econômica e técnica da utilização de poços tubulares para o abastecimento de água na região de Belém e Ananindeua, Estado do Pará – Brasil**. 2006. 123f. (Mestrado) - Centro de Geociências, Curso de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

LEÃO, E.A.S. **Análise comparativa Hidroambiental das bacias do Uma e da Estrada Nova e suas implicações socioeconômicas.** Pará, Brasil. 2013. 253f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

LIMA, H. N. S. **Estudo da conceituação e implementação de vias sanitárias em Belém: o caso da Bacia de Drenagem Estrada Nova.** 2004. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Centro Tecnológico, Belém, 2004.

MANUAL DE FOMENTO SANEAMENTO PARA TODOS, **Programa de Saneamento para todos.** 2008 UFUG/GEAVO. 245 fls, Caixa Econômica Federal.

MATTA, M. A.S. **Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua –** Pará, Brasil. 2002. 292f. Tese (Doutorado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações.** 2004.159 f. Dissertação (Mestrado Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MAZZEO, T. E. **Avaliação Ambiental das Vias de Drenagem da Região Metropolitana de Belém (PA), quanto a distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn.** 1991. 141f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1991.

MENDES, R.L.R. 2000. **Geofísica aplicada ao mapeamento de aquíferos da região Metropolitana de Belém.** Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 72p. 2000 (Dissertação de mestrado).

OLIVEIRA, J. R. **Caracterização preliminar das potencialidades aquíferas do município de Ananindeua com proposta técnica para perfuração de poços tubulares profundos para captação de água subterrânea.** Belém: CPRM/PEHRMB, 1998.

OLIVEIRA, J. R. **PHRMB – Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências.** Belém: CRPM, 2002. CD ROM (Relatório Final).

OLIVEIRA, J.R. et al. Construção de poços tubulares profundos na RMB. In: CONGRESSO MUNDIAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA, 1., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000.

PACHECO, A. **Cemitério e Meio Ambiente.** 2000. 102f. Tese (Livre Docência)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

PALHETA, E.S.M. **Estudo da Compartimentação e Arcabouço Neotectônico da ilha de Mosqueiro- Pará.** 2008. 241f (Doutorado em geologia) - Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

PANTOJA Jr. A. F. P. **Aspectos hidrogeológicos da Microbacia do rio Maguariçu: Uma Proposta alternativa de abastecimento de água para a área central do município de Ananindeua-PA.** 2012. 94f. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

PEHRMB. **Projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e Adjacências.** Belém: CPRM, 2001. 88p. (Relatório Final).

PEREIRA, J.A. **Plano diretor do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém-PA.** Belém, 2006.

PINHEIRO, J. ; GIRARD, L. **Metodologia para gerenciamento integrado dos resíduos sólidos da bacia da Estrada Nova do município de Belém (PA).** Belém, 2009.19f. Artigo Científico (Centro Tecnológico, Campus Universitário Federal do Pará) Belém, 2009. Disponível em: <[www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs](http://www.estudostecnologicos.unisinos.br/pdfs)>. Acesso em: 26 set. 2013.

PRICETON GROUNDWATER, INC. **Águas Subterrâneas** .Clean Environment Brasil., Robert W. Cleary Princeton, 2007 Disponível em: < [http://www.clean.com.br/Menu\\_artigos/cleary.pdf](http://www.clean.com.br/Menu_artigos/cleary.pdf)>.Acessado em: 28 mar. 2013.

PROMABEN - **Programa de recuperação Urbano- Ambiental da Bacia Hidrográfica da Estrada Nova.** Belém, 2007. Vol. 1, 168 p.; Vol.2, 265 p

REBOUÇAS, A. C. **Fundamentos de Gestão de Aquíferos.** Santiago do Chile, 1994. 35p (Curso Pré-Congresso Latino Americano de Hidrologia Subterrânea, 2., Santiago ALSUD /Chile).

SALAME, ANTONIO. M.; ALENCAR JUNIOR, JULIO. A. **Fundações em Belém – Pa: práticas e mapeamentos.** Belém: UNAMA/ UFPA, 2006.

SAUMA FILHO, M. **As Águas Subterrâneas de Belém e Adjacências: Influencia da Formação Pirabas e Parâmetros físico-químicos para Medidas de Qualidade de Belém,** 1996. 128f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

SCHUELER, T. **Controlling Urban Runoff: a practical manual for planning and designing urban BMP.** Washington, dC: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987.

SILVA, V. M. da. **Fundamentos para o Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos na Microbacia Urbana do Rio Maguari-Açu com vistas à Sustentabilidade Hidroambiental.** 2012. 377f. Tese (doutorado em geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

SOUSA, A.C. **Contribuição ao mapeamento geotécnico da cidade de Belém-Pa: Confirmação de zonas de ocorrência de camadas competentes de solos.** 2010. 71f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade da Amazônia, Belém, 2010.

TANCREDI, A. C. F. N. S. **Recursos hídricos subterrâneos de Santarém: Fundamentos para uso e proteção.** Belém – PA. 1996. 153f. Tese (Doutorado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1996.

TAVARES, J. P. N. **Enchentes repentinas na cidade de Belém – PA: condições climáticas associadas e impactos sociais no ano de 1987.** p. 1-6, dez, 2008. (Caminhos de Geografia. v.9, n.28).

UHLY, S.; SOUZA, E.L. **A questão da água na Grande Belém.** Belém: Casa de Estudos Germânicos, 2004. Cap. 8,p. 181 – 204.

ZIMBRES, E. **Meio Ambiente.** 2007. Disponível em:  
<<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2013.