

IV-174 - APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM**Valdinei Mendes da Silva⁽¹⁾**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil PPGE/UFPA, Doutorando em Hidrogeologia/Gestão de Recurso Hídricos pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica-PPGG/UFPA. Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). Pesquisador do Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento – GPHS/UFPA, Bolsista FAPESPA/Vale do Rio Doce.

José Almir Rodrigues Pereira

Engenheiro Sanitarista pela UFPA. Mestre em Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. Professor Associado II da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental – FAESA/UFPA, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil PPGG/UFPA e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia PRODERNA/ UFPA, Coordenador do GPHS/UFPA.

Francyhelton de Assis Nery

Graduando em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Osmar Guedes da Silva Júnior

Geólogo pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre em Geologia do Quaternário pelo Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica-PPGG/UFPA. Técnico em Aerofotogrametria na Faculdade de Geologia (GeoCart)/FAGEO/UFPA e Professor do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia – IESAM.

Raimundo Almir Costa da Conceição

Graduando em Geologia pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Colaborador do GeoCart. Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET- Geologia).

Endereço⁽¹⁾: Rua Caripunas, 163 - Jurunas - Belém - PA - CEP: 66030-680 - Brasil - Tel: (91) 8156-8448 - e-mail: valdinei@ufpa.br.

RESUMO

O estudo foi desenvolvido com objetivo de avaliar a relação entre a evolução da mancha urbana na Região Metropolitana de Belém e abrangência do Sistema de Abastecimento de Água (SAA). A metodologia utilizada consistiu no desenvolvimento de 06 (seis) fases, nas quais foram utilizados fundamentos básicos da ciência do sensoriamento remoto integrados os da engenharia sanitária. Na 1ª fase foram obtidas imagens Landsat-5 da órbita/ponto 223/61, do sensor Thematic Mapper – TM, dos anos de 1984, 1994 e 2008, junto à base de dados (dados matriciais) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Na 2ª fase foi realizada a correção atmosférica para atenuar possíveis danos causados por fenômenos de absorção e espalhamento provenientes da interação entre o alvo de interesse, os componentes atmosféricos e a radiação eletromagnética e a correção geométrica. Na 3ª fase foi utilizado o software ENVI 4.3 para classificar as imagens e posterior conversão das imagens resultantes para o formato vetorial integrados a outros vetores obtidos na 4ª fase. Na 5ª fase, de posse dos dados vetoriais obtidos nas fases anteriores, foram elaborados os mapas temáticos utilizando o software ArcGIS 9.3. Na 6ª fase os dados obtidos foram sistematizados, integrados as bases cartográficas geradas nas fases anteriores. Quanto à análise espacial de abrangência SAA na RMB foi identificada tendência de aumento proporcional do déficit da área de cobertura em relação ao avanço da mancha urbana partindo em 1984 de 88% com redução para 76% em 1994 e para 67% em 2008.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Análise Multitemporal, Sistema de Abastecimento de Água.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população deve ser acompanhado pela implantação dos serviços de infraestrutura urbana, sendo o planejamento fundamental para evitar ocupações desordenadas. Segundo Motta et al (1997), a expansão econômica explica a acelerada ocupação das cidades brasileiras, como nas regiões metropolitanas e centros urbanos com populações superiores a 500 mil habitantes.

Na Região Metropolitana de Belém (RMB) no ano de 2000, a população urbana correspondia 97% dos 1.795.536 habitantes. De acordo com Lima (2003), existe correlação entre a periferia e o centro da RMB, uma vez que a ocupação no centro é ordenada por meio da dotação de infraestrutura, diferentemente da periferia onde se verifica a espacialização de assentamentos formais e informais, com a malha urbana bastante dispersa, fragmentada e dissociada.

É nesse contexto que são caracterizados os desafios para universalização da oferta de água potável na RMB, sendo recomendado que os estudos de concepção, a elaboração dos projetos e a execução das obras sejam realizados em consonância com as projeções populacionais, pois do contrário, novos desafios surgirão como a necessidade de atendimento de áreas de expansão, por parte das companhias de saneamento.

A produção de água para abastecimento da população da RMB não tem sido suficiente, considerando o aumento significativo da população urbana nas três últimas décadas, sendo que o baixo investimento do Poder Público e a falta de planejamento global do setor saneamento resultam na implementação de intervenções setoriais, como na expansão do SAA na RMB.

A evolução do setor de informática faz com que algumas companhias de saneamento utilizem as tecnologias de geoprocessamento, como o tratamento digital de imagens de satélite que possibilitam o acompanhamento da evolução da mancha urbana e, conseqüentemente, a avaliação dos impactos desse incremento na capacidade de atendimento dos sistemas de distribuição de água.

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar a expansão da cobertura com sistema público de abastecimento de água na Região Metropolitana de Belém (RMB), a partir da aplicação de técnicas de geoprocessamento.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA), Vale do Rio Doce e Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA/PA).

MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento metodológico utilizado nessa pesquisa consistiu no desenvolvimento de 06 (seis) fases, nas quais fundamentos básicos da ciência do sensoriamento remoto foram integrados aos conceitos da engenharia sanitária, mais especificamente no que se refere ao planejamento dos sistemas de abastecimento de água em regiões metropolitanas.

Na primeira fase foram obtidas imagens do satélite Landsat-5 da órbita/ponto 223/61, do sensor Thematic Mapper – TM, dos anos de 1984, 1994 e 2008, junto à base de dados (dados matriciais) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Na segunda fase foi realizada a correção atmosférica para atenuar possíveis danos causados por fenômenos de absorção e espalhamento provenientes da interação entre o alvo de interesse, os componentes atmosféricos e a radiação eletromagnética; e a correção geométrica, a fim de reduzir distorções panorâmicas e de rotação da Terra.

Na terceira fase foi utilizado o software ENVI 4.3 para classificar as imagens e posterior conversão das imagens resultantes para o formato vetorial. Outros vetores, necessários ao atendimento do objetivo proposto na pesquisa, foram obtidos na quarta fase em que a cartografia complementar (dados vetoriais) foi sistematizada e constou de: Cartograma dos limites municipais da Região Metropolitana de Belém (RMB); Cartograma dos limites dos setores censitários da RMB definidos pelo IBGE; Cartogramas dos limites dos setores de abastecimento de água que contemplam a área da Região Metropolitana de Belém obtidos junto à COSANPA;

Cartograma de logradouros da RMB, obtido na Companhia de Habitação do Estado do Pará (COHAB). Na quinta fase, de posse dos dados vetoriais obtidos nas fases anteriores, foram elaborados os mapas temáticos utilizando o software ArcGIS 9.3.

Na sexta fase os dados obtidos: a) a partir da análise de relatórios técnicos, projetos e planos elaborados no período entre os anos de 1965 e de 2008, b) a partir da realização de visitas de campo para coleta de informações junto aos técnicos responsáveis pela operação dos sistemas de abastecimento de água (SAA), c) registros fotográficos, georreferenciamento das unidades do sistema (GPS Garmin Etrex Vista®), foram sistematizados, integrados as base cartográficas geradas nas fases anteriores.

RESULTADOS

O grande potencial hídrico resultante da localização geográfica da na Região Metropolitana de Belém (RMB) é um aspecto que desperta grande atenção na relação entre a demanda e a oferta de água destinada ao abastecimento público. A RMB está limitada pelas baías de Marajó, Santo Antônio e Guajará, enquanto que para o interior do continente tem como principais rios: Guamá, Guajará, Benfica, Maguari-Açu, Uriboquinha, Paricatuba, Santa Bárbara, Araci e Tauá (Figura 1).

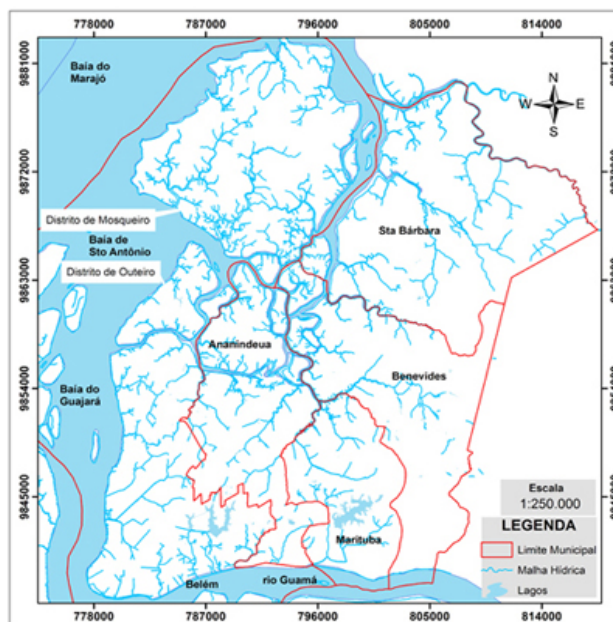


Figura 1: Malha Hídrica da Região Metropolitana de Belém
Fonte: Adaptado de Companhia de Habitação do Pará (2003).

Além da abundância de água em mananciais superficiais, a RMB também está localizada sobre grande potencialidade de mananciais subterrâneos. Estudos realizados por Oliveira (2003) indicaram a existência de dois sistemas aquíferos: Barreiras encontrado em profundidades em torno de 70 metros e Pirabas, sendo este o mais explorado pelas concessionárias na região com poços de até 280 m de profundidade, com vazões da ordem de 250 m³/h.

Quando a expansão da mancha urbana na RMB, análise da imagem do ano de 1984, 1994 e de 2008 resultou na elaboração dos mapas indicados na Figura 2, o que permitiu a constatação do crescimento populacional, com a identificação dos vetores de expansão, além do eminente desafio para a universalização do Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Entre a década de 1950 e 1980 a população da RMB passou de 243.226 para 1.023.453 habitantes onde cerca de 91% dessa população se concentrava no município de Belém. Em 2008, a população da RMB era da ordem de 2.078.405 de habitantes (IBGE, 2008). Na Figura 2 é indicado o crescimento populacional na RMB no período de 1950 a 2008.

A mancha urbana na RMB no período estudado avançou de 155,10 Km² (15.509,77 ha) ano 1984 para 235,30 Km² (23.529,90 ha) em 1994 e finalmente para 358,12 Km² (35.811,67) em 2008.

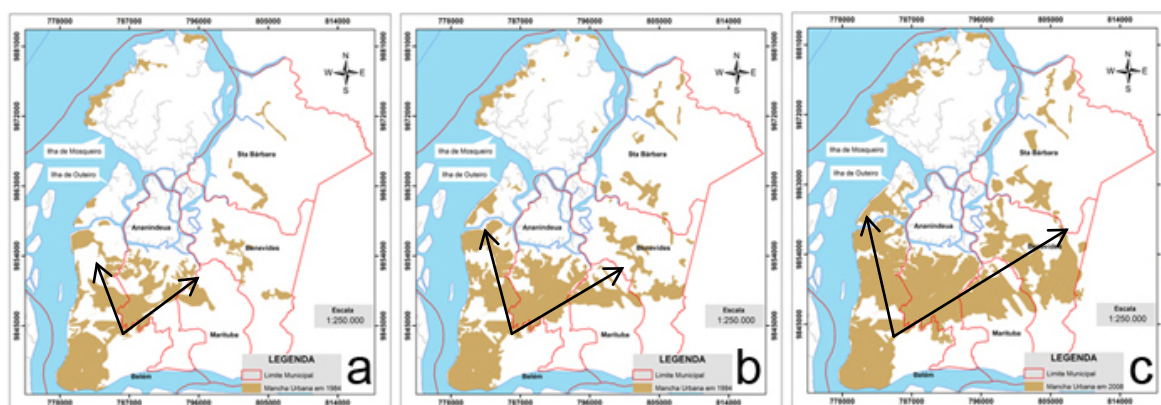


Figura 2: Mancha urbana na RMB a) 1984, b) 1994, c) 2008

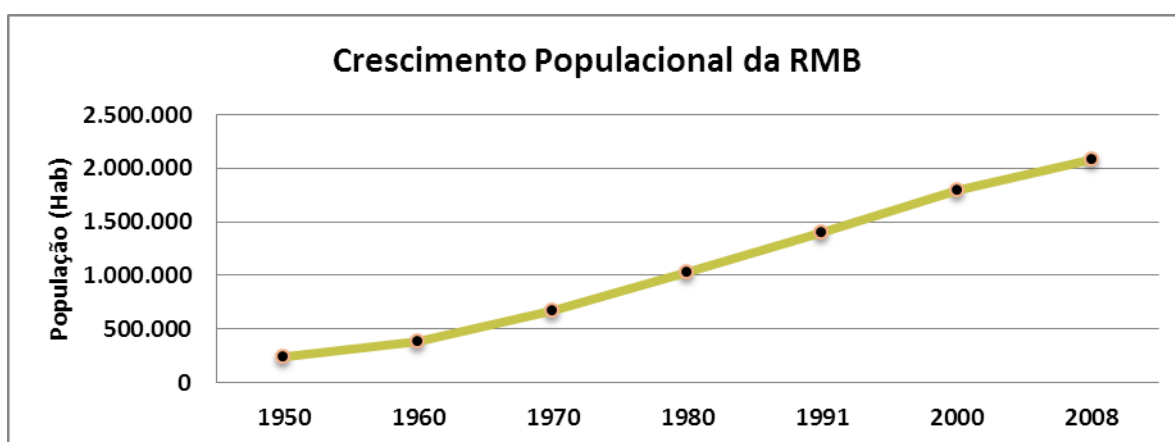


Figura 3: Crescimento populacional na RMB no período de 1950 a 2008.

Fonte: CENSOS... (2003), IBGE (2008).

As intervenções realizadas com o propósito de garantir a expansão do SAA para a área dos vetores de crescimento da RMB foram desenvolvidas pela firma Byington & Cia, atendendo contrato do então Departamento Estadual de Águas, atual Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA). Denominado de planejamento para conclusão das obras do sistema de abastecimento de água da cidade de Belém. No Plano Geral das Obras dessa ação foi prevista a conclusão da referida intervenção no prazo de cinco anos, sendo nesse período foram executadas as seguintes obras: Captação do Rio Guamá; Captação dos Lagos Água Preta e Bolonha; Adutora de Água Bruta do Rio Guamá – Lago Água Preta; Canal Lago Água Preta – Bolonha; Elevatória de Água Bruta do Utinga; Estação de Tratamento de Água de São Braz; Estação de Tratamento de Água do 5º Setor; Estação Elevatória de Água Tratada de São Braz.

Após a conclusão das obras, segundo constava no Plano Geral das Obras, a cidade de Belém foi dividida em 5 setores de abastecimento de água. Considerando que os referidos setores de abastecimento atendiam apenas parte da área central do município de Belém, o atendimento de novas demandas resultantes do incremento populacional ficou condicionado a futuras intervenções (Figura 4).

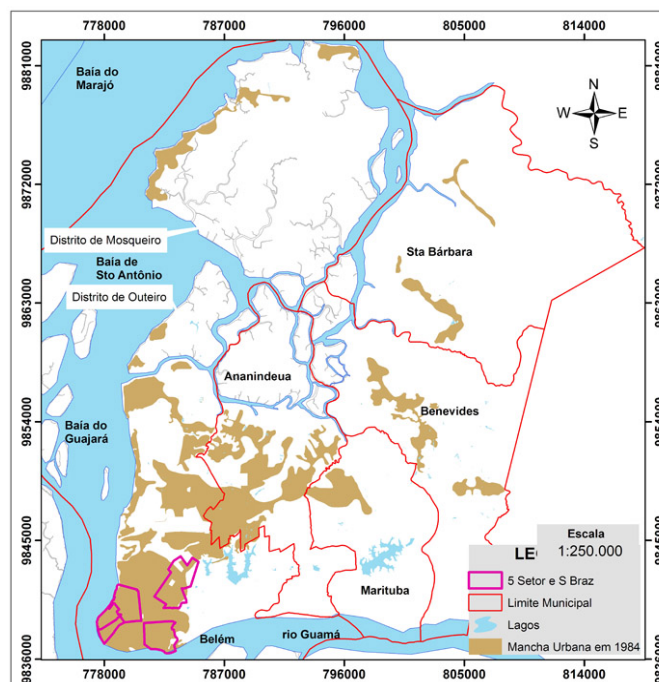


Figura 4: Sistema São Braz e Sistema 5º Setor apenas na zona central da RMB.

A COSANPA estabeleceu novas metas para incremento dos índices de cobertura, agora não apenas no município de Belém, mas na RMB. Os recursos do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) advindos do Banco Nacional da Habitação (BNH) e do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) foram utilizados na elaboração e execução do projeto denominado de Belém 2000, no qual foi previsto o aproveitamento, recuperação e ampliação das unidades existentes, bem como a implantação de novas unidades de captação, adução, tratamento, recalque de água tratada, reservação e redes de distribuição. Nesse projeto a RMB foi dividida em duas zonas de abastecimento com 03 sistemas adutores, sendo 02 sistemas adutores na zona de expansão (A e B) e 01 sistema adutor na Zona Central. (Figura 5).

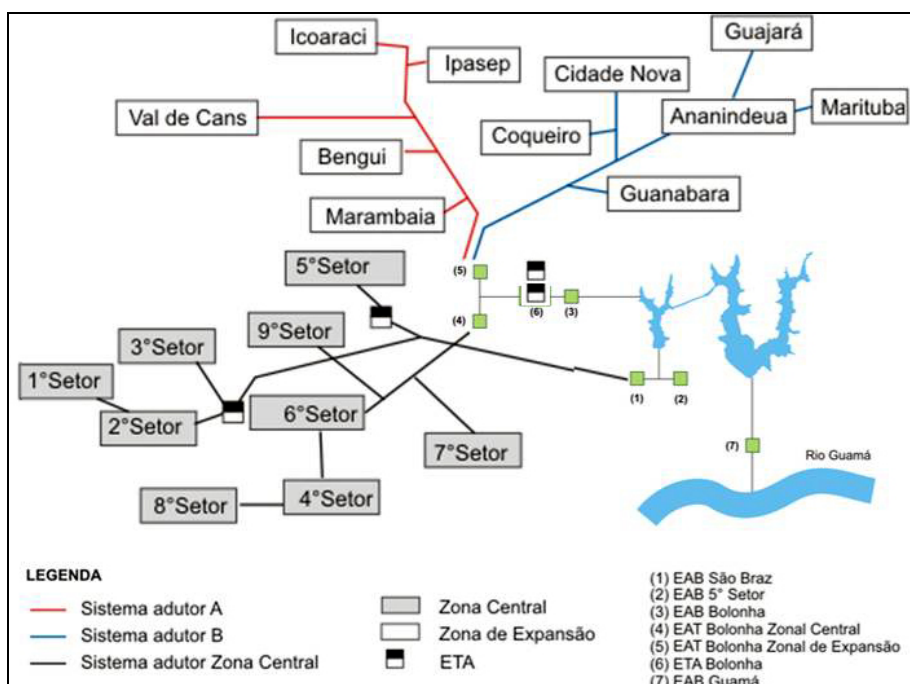


Figura 5: Concepção geral do projeto Belém 2000.

O Projeto Belém 2000 foi programado para ser executado em duas etapas, atendendo cerca de 2.100.000 habitantes na segunda etapa, prevista para o ano 2000. Vale ressaltar que, no ano 2000 a população da RMB era de 1.795.536 habitantes o que indicaria a universalização do atendimento. Inclusive, somente em 2008 a população da RMB foi prevista em 2.078.405 habitantes. Contudo, somente parte do projeto Belém 2000 foi concluída, e apenas parte da RMB foi contemplada com unidades construídas do sistema proposto, (Figura 6).

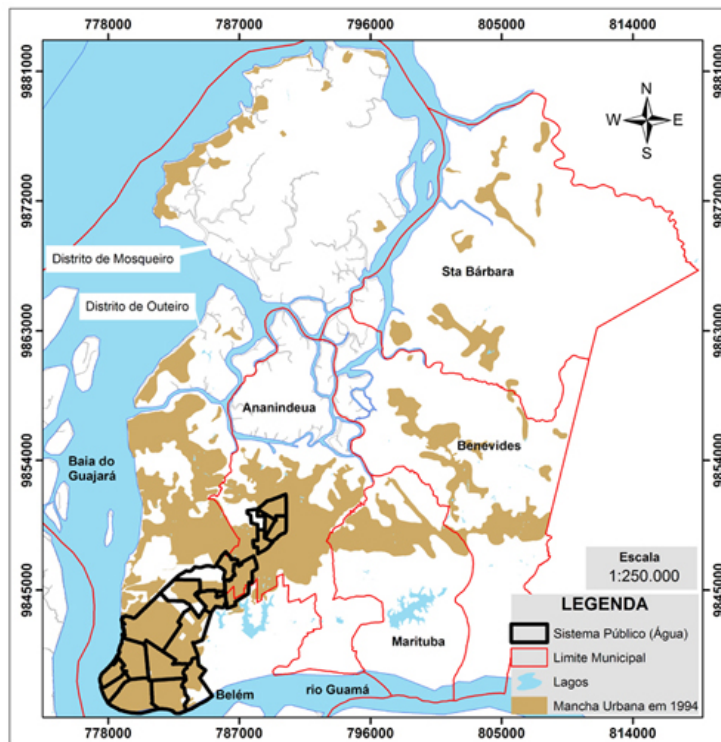


Figura 6: Parte do projeto Belém 2000 executada até 1994.

Considerando que o êxito de qualquer planejamento depende do cumprimento das metas estabelecidas, quanto ao crescimento populacional no período compreendido entre 1980 a 2000 ocorreu incremento de 75% passando de 1.023.453 para 1.795.536 habitantes. Quanto às metas do projeto Belém 2000, além do Sistema Adutor A, diversas unidades do sistema não foram executadas inclusive a duplicação da ETA Bolonha prevista para o ano 2000. Essa situação resultou em déficit não somente em termos quantitativos, relacionados ao volume produzido e distribuído, mas quanto à expansão do sistema de distribuição de água, pois os vetores de crescimento em direção aos municípios mais afastados do centro resultaram no aumento do desafio de universalização, já que, no ano de 2000, a população dos demais municípios da RMB em relação a Belém já se aproximava dos 30%.

Comparativamente, os níveis de atendimento do serviço de abastecimento d'água desses municípios são significativamente menores que os de Belém, que apresenta 78% dos domicílios abastecidos com água do sistema público, enquanto que em Ananindeua esse valor representa 37 %, e em Marituba 23 % dos domicílios. No caso dos municípios de Benevides e de Santa Bárbara do Pará, todo sistema de abastecimento de água é mantido e operado pela administração municipal (ABASTECIMENTO ..., 2003).

A COSANPA utiliza para abastecimento da zona urbana central e parte da zona de expansão de Belém, água de manancial superficial e de manancial subterrâneo. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002), cerca de 1.795.536 habitantes da RMB são atendidos por 2.275 km de rede de distribuição de água, representando 276.728 ligações de água.

No projeto Belém 2000 foi projetada uma vazão total de 9,41 m³/s, sendo que o manancial superficial correspondia a 85,65% do total previsto e o manancial subterrâneo apenas 1,35 m³/s, ou seja, estes percentuais equivalem a 14,35% da vazão total projetada.

Os resultados obtidos na elaboração do Plano Diretor Metropolitano de Abastecimento de Água apresentado em 2006 indicaram vazão de $7,57 \text{ m}^3/\text{s}$ para o ano de 2007, sendo 31,66% proveniente de manancial subterrâneo. Esses números confirmam a tendência de expansão dos sistemas isolados como resultado da não conclusão do projeto Belém 2000.

Na projeção prevista no referido Plano Diretor Metropolitano para o ano de 2025, do volume total de $13,21 \text{ m}^3/\text{s}$, cerca de 48,38% corresponde a sistemas isolados abastecidos por manancial subterrâneo. Nesse caso, a indicação é da periferização da RMB, pois mesmo com a duplicação do sistema produtor integrado Bolonha, considerando a universalização do abastecimento de água, para o atendimento das áreas periféricas e extremas ao sistema integrado, foram previstos sistemas isolados abastecidos por manancial subterrâneo.

A não execução total dos sistemas adutores A e B resultou na necessidade de implantação de sistemas isolados com abastecimento proveniente de mananciais subterrâneos. Dentre esses projetos podem ser citados: o Programa de Recuperação das Baixadas de Belém (PROJETO UNA) em 1987 e o Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda (PROSANEAR) em 1993.

No município de Belém duas prestadoras de serviços de saneamento básico, COSANPA e Serviço Autônomo de Água e Esgotos do Município de Belém (SAAEB), são responsáveis pelo abastecimento de água. No caso da COSANPA, além de Belém, também atende os municípios de Ananindeua e Marituba, enquanto as prefeituras de Benevides e de Santa Bárbara do Pará atendem as áreas desses municípios.

As concessionárias COSANPA e SAAEB normalmente exploram água por meio de poços com grandes profundidades, explorando as águas dos mananciais localizados na Formação Pirabas ou Formação Barreiras, em razão:

- *do maior volume de produção de água;*
- *do menor teor de ferro.*

Apesar dos baixos teores de ferro dessa água, é importante observar que problemas na construção do poço podem resultar na “contaminação” com água do aquífero barreiras, o que, naturalmente, ocasionaria aumento nas concentrações de ferro e exigiria tratamento da água antes da sua distribuição.

A análise da Figura 7 possibilita a constatação de que o avanço da mancha urbana não é acompanhado da devida ampliação no sistema de abastecimento de água, ficando evidente que, mesmo considerando outras intervenções realizadas pela COSANPA como PROSANEAR, intervenções realizadas pela prefeitura de Belém, por meio, do Serviço Autônomo de Água e Esgotos do Município de Belém (SAAEB), intervenções realizadas pelas prefeituras dos municípios de Benevides e Santa Bárbara, a universalização do atendimento na RMB estava bem distante de ser concretizada.

Outro fator importante na análise dos resultados obtidos é a relação entre a área de abrangência da mancha urbana e a área de abrangência do SAA nos três períodos avaliados:

- a) Enquanto a mancha urbana na RMB no ano de 1984 correspondia a $155,10 \text{ Km}^2$ (15.509,77 ha), a área de abrangência do SAA era de $137,53 \text{ Km}^2$.
- b) No ano de 1994, enquanto a mancha urbana atingia área de $235,30 \text{ Km}^2$ (23.529,90 ha), a área de abrangência do SAA era de $179,39 \text{ Km}^2$.
- c) Dos $358,12 \text{ Km}^2$ (35.811,67) em 2008, correspondente a mancha urbana, somente $239,69 \text{ Km}^2$ correspondia a abrangência do SAA.

A partir dessa avaliação é possível constatar que ao longo dos três períodos avaliados, a relação entre a área total da mancha urbana e a área correspondente a abrangência dos SAA, considerando o valor calculado para 1984, de 88%, houve redução para 76% em 1994 e para 67% em 2008, o que sinaliza para um aumento proporcional do déficit de cobertura em relação ao avanço da mancha urbana. Embora, seja prudente ressaltar que nesse caso, não está sendo considerada a relação entre o volume de água distribuído com a densidade populacional nas áreas atendidas com o SAA.

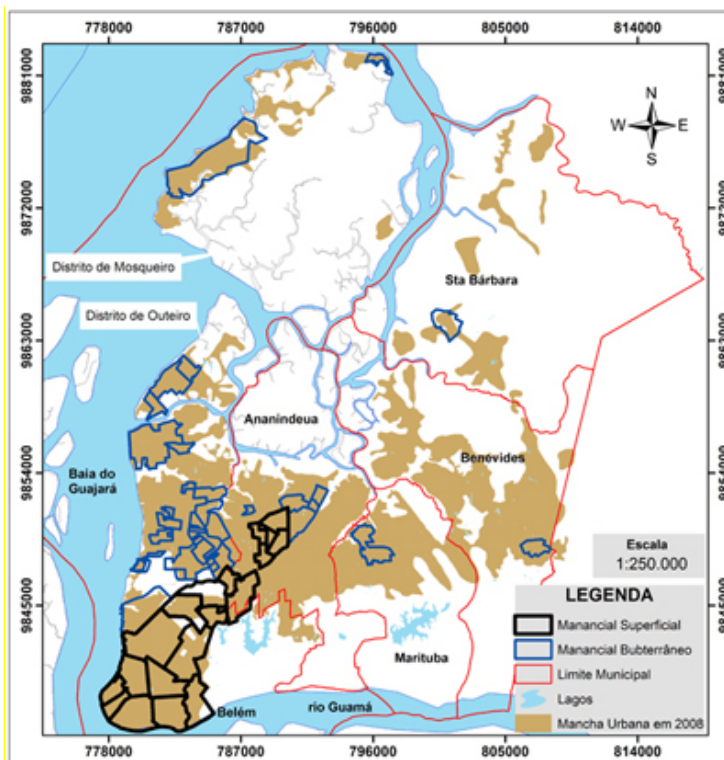


Figura 7: Sistema de Abastecimento de Água na RMB em 2008.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A aplicação de técnicas de geoprocessamento possibilita a análise da dinâmica populacional com indicação dos vetores de crescimento fato que, associado aos dados quantitativos, garantem maior precisão na constatação das áreas atendidas e principalmente, potencializa as estratégias de planejamento da ampliação do sistema com vistas à tão almejada universalização do atendimento.

Quanto aos sistemas de abastecimento de água na RMB, foi possível constatar que a estrutura atual não garante o atendimento de toda a população principalmente nas áreas mais afastadas do centro urbano dos municípios da RMB. As áreas que já na década de 1980 deveriam ter sido atendidas, mesmo considerando todas as intervenções até 2009 continuam tendo que lançar mão de alternativas das mais diversas como utilização de água de rios sem nenhum tipo de tratamento, bem como a utilização de poços rasos os quais, em sua grande maioria, representam condições impróprias para consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CENSOS demográficos. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 jul. 2003.
2. COMPANHIA DE HABITAÇÃO DO PARÁ. [Bases de dados]. [Belém], 2003. 1 CD-ROM.
3. IBGE (2008).. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 maio 2010.
4. LIMA, José Júlio. Regulatory Instruments and Urban Form: searching for social equity in Belém, Brazil. 2000. Tese (PhD em Arquitetura) - Oxford Brookes University, Oxford, 2000.
5. MERCÊS, S. S. S. Relatório ambiental da Região Metropolitana de Belém. Belém: COHAB, 1997.
6. MOTTA, D.M; MUELLE, C.C; TORRES, M.O. A Dimensão urbana do desenvolvimento econômico – espacial brasileiro, Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em: 10 de maio de 2011.
7. OLIVEIRA, Josafá Ribeiro de (Org.). Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências. [Belém]: CPRM, 2002.