

ESTRUTURAÇÃO DE BASE DE DADOS ESPACIAIS PARA SISTEMA DE GEOINFORMAÇÃO DE SUPORTE À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE RECIFE

Lígia Albuquerque de Alcântara¹; Lucilene Antunes Correia Marques de Sá²

Resumo – Atualmente dois dos maiores problemas relacionados com a gestão e o planejamento do uso e ocupação territorial visando garantir o desenvolvimento sustentável são a crescente demanda por água e a limitação da disponibilidade hídrica local. A grande demanda por utilização do manancial hídrico subterrâneo na Região Metropolitana do Recife – RMR após uma crise de abastecimento nos anos de 1998 e 1999 comprometeu o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. Visando contribuir para uma gestão mais eficiente com a utilização de sistemas de geoinformação, o trabalho apresenta uma metodologia para estruturação de base de dados espaciais voltada para gestão do manancial hídrico subterrâneo.

Abstract – Currently two of the biggest problems related to the management and use planning and land occupation in order to ensure sustainable development are the increasing water demand and limited availability of local water. The great demand for use of underground water sources in the Metropolitan Region of Recife - RMR after a supply crisis in 1998 and 1999 undermined the sustainable use of groundwater resources. To contribute to a more efficient with the use of geoinformation systems, the paper presents a methodology for structuring the spatial database management focused on underground water sources.

Palavras-Chave – Sistema de Geoinformação, Base de dados espaciais.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente dois dos maiores problemas relacionados com a gestão e o planejamento do uso e ocupação territorial visando garantir o desenvolvimento sustentável são a crescente demanda por água e a limitação da disponibilidade hídrica local.

Uma crise de abastecimento de água na Região Metropolitana do Recife – RMR nos anos de 1998 e 1999, devido à precipitação chuvosa abaixo do normal, levou os mananciais de superfície a níveis próximo do colapso. O racionamento decorrente da crise mostrou o quanto o sistema de abastecimento da região está suscetível a estiagens (MONTENEGRO *et al*, 2009).

Por representar uma fonte mais confiável de abastecimento, as águas subterrâneas sofreram uma maior procura. Segundo COSTA *et al* (2002), o número de poços perfurados na RMR aumentou consideravelmente chegando a dobrar durante o período de 1998 a 2000.

¹ Mestranda da UFPE, CTG, Av. Prof. Moraes Rego, nº1235, 50670-901 Recife. Email: ligia.alcantara@yahoo.com.br

² Professora Adjunta da UFPE, CTG, Av. Prof. Moraes Rego, nº1235, 50670-901 Recife. Email: lacms@ufpe.br

A grande demanda por utilização do manancial hídrico subterrâneo da região comprometeu o uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos o que chamou a atenção da comunidade acadêmica. A expansão descontrolada das indústrias, agricultura e assentamentos, bem como a gestão insuficiente de destituição de resíduos e tratamento de esgoto já contaminam enormes quantidades de águas superficiais e subterrâneas. A falta de um leque de informações básicas, por exemplo, sistemática de mapas geológicos ou hidrogeológicos, bem como informações detalhadas sobre perfis de poços com parâmetros geotécnicos e hidrogeológicos torna quase impossível a aplicação de ferramentas de gestão sofisticadas para águas subterrâneas nestas áreas, porque a maioria dos dados de entrada necessários não estão disponíveis. Por outro lado, a vulnerabilidade dos recursos de águas subterrâneas é extremamente elevada considerando as condições precárias de infra-estrutura e a regulamentação insuficiente do uso do solo nas áreas vulneráveis (MENDE *et al* , 2007).

Diante desse cenário, fica clara a necessidade de desenvolvimento de uma ferramenta tecnológica que propicie a gestão sustentável dos mananciais hídricos subterrâneos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Região Metropolitana do Recife pertence à mesoregião da zona da mata do estado de Pernambuco. Com 2.766km² de extensão (Figura 1), sua área engloba 14 municípios: Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Paulista, Abreu e Lima, Igarassu, Itapissuma, Itamaracá, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca e Moreno. Segundo o Censo 2010 realizado pelo IBGE, existem na RMR mais de 3,7 milhões de habitantes o que retrata uma concentração de mais de 42% da população do estado e corresponde a uma densidade demográfica de mais de 1337 habitantes por km² (IBGE, 2010).

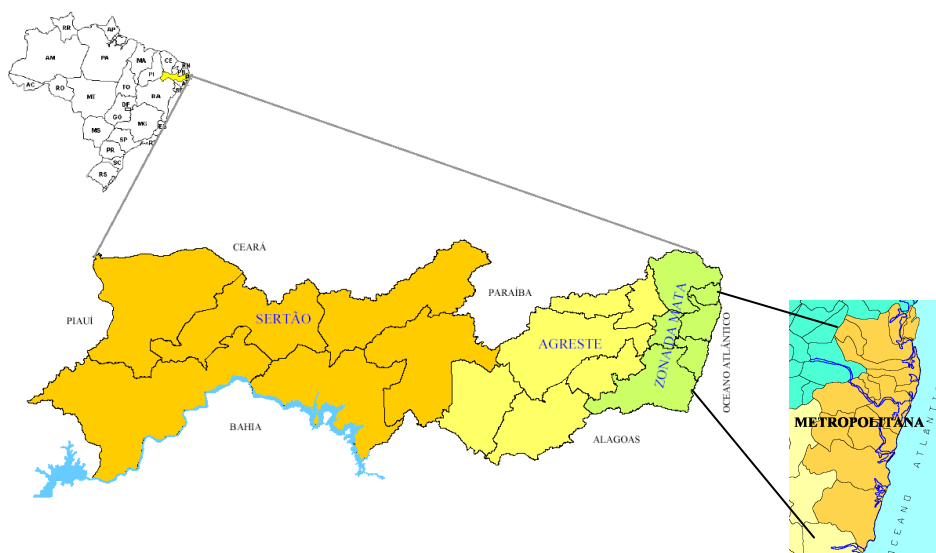


Figura 1 – Localização da Região Metropolitana de Recife.

Fonte adaptada: SILVA *et al* (2003).

De acordo com o relatório de Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife (LEAL, 1994), a RMR apresenta duas unidades geológico/geotectônicas distintas: as rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano, integrantes do Alto Pernambuco/Alagoas e as rochas sedimentares de idade cenozóica/mesozóica que compõem a Bacia Costeira Pernambuco/Paraíba.

3. GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS EM PERNAMBUCO

O estado de Pernambuco foi o segundo no Brasil a aprovar uma legislação específica para águas subterrâneas. As instituições responsáveis por gerir os recursos hídricos no estado são a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH e a Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH.

A legislação em vigência, destinada aos recursos hídricos do estado, possui como principais instrumentos: a Lei nº 11.426 de 17 de janeiro de 1997 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e seu decreto regulamentador, Decreto Lei nº. 20.269 de 24 de dezembro de 1997, que institui o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a Lei nº. 11.427 de 17 de janeiro de 1997 e seu decreto regulamentador, Decreto Lei nº. 20.423 de 26 de março de 1998, que dispõem sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas do estado de Pernambuco; e a Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Resolução CRH) nº. 04/2003 que de acordo com os resultados do Estudo HIDROREC II – Estudo Hidrogeológico do Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes aprova o Mapa de Zoneamento Explorável

de Águas Subterrâneas na Região Metropolitana do Recife como base para o licenciamento e a outorga de poços.

A Lei nº. 11.426 apresenta os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos: outorga, fiscalização, infrações e penalidades, cobrança e sistema de informações.

- O termo de outorga é o documento que garante o direito de uso do recurso, atualmente é solicitado na CPRH ao dar entrada no licenciamento ambiental para instalação de um poço. A CPRH fica responsável por encaminhar à SRH uma cópia da documentação para análise de disponibilidade hídrica da área.
- A fiscalização é feita pela CPRH e busca verificar se os usuários atendem às condições necessárias para outorga e licenciamento.
- As infrações são classificadas de acordo com o Artigo 77 do Decreto Lei nº. 20.423/1998 em leves, graves e gravíssimas. E de acordo com a gravidade da infração, das circunstâncias atenuantes ou agravantes e os antecedentes do infrator são aplicadas as penalidades.
- É cobrada taxa de licenciamento ambiental para uso de água subterrânea com fins industriais ou comerciais e para fins domésticos ou rurais quando a profundidade passa dos 20m e a Vazão ultrapassa o valor de 5m³/dia.
- O sistema de informações existente foi implantado em forma de banco de dados na Divisão de Outorga e Vistoria da SRH.

Atualmente a CPRH é responsável pela fiscalização das licenças e dos termos de outorga emitidos para garantir as condições sanitárias dos pontos de extração do recurso e a manutenção dos documentos expedidos, mas devido ao grande volume de poços e de novos processos e da falta de condições para realizar periodicamente vistorias, as visitas aos pontos de captação são realizadas somente na ocasião da renovação de algum dos documentos.

Desta forma constata-se que Pernambuco possui um moderno arcabouço institucional e legal, mas mesmo assim o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos encontra-se com sérios problemas como dificuldades operacionais, reduzido contingente para fiscalização e ausência de instrumentos tecnológicos para monitoramento, os quais impulsionam a implantação de um instrumento de gestão baseado no uso de novas tecnologias que contribua para a sistematização e padronização dos dados referentes aos recursos hídricos.

4. SISTEMAS DE GEOINFORMAÇÃO

O termo Sistema de Geoinformação é empregado para sistemas computacionais que realizam o tratamento de dados espaciais que representam fenômenos do mundo real através de duas principais componentes: localização geográfica e atributos descritivos (FERREIRA, 2003).

BURROUGH (1986) já apresentava o SIG como principal ferramenta para planejamento e apoio a tomada de decisões, mas considerando uma abordagem mais completa, TAYLOR (1991) define o SIG como sistema de captura, armazenamento, checagem, integração, manipulação, análise e visualização de dados referenciados espacialmente.

As diversas definições encontradas para o termo derivam da multiplicidade de usos que envolvem essa tecnologia. O Sistema de Geoinformação (SIG) constitui uma ferramenta que possibilita a visualização de informações espaciais em formatos diversos, proporcionando ao planejador uma ampla visão da problemática que está ocorrendo em uma determinada área da cidade, através da interpretação de dados gerados pelo próprio sistema (HARRIS, 2001).

Este ambiente permite o armazenamento, a codificação e análise de dados espaciais e alfanuméricos. Ele associa atributos gráficos e não-gráficos, ou seja, é composto por um ambiente gráfico associado a um banco de dados tabular, sendo que a estrutura de dados é baseada em relações topológicas - sua localização espacial relativa está associada a um sistema de coordenadas (HUXHOLD, 1991).

Como esquematizado na Figura 2, um SIG pode ser representado como uma rede que através do uso de hardwares, softwares e procedimentos diversos relaciona pessoas a dados espacialmente definidos.

Dessa forma, os cinco componentes básicos de um SIG são:

- *Hardwares* que correspondem à plataforma computacional utilizada;
- *Softwares*, ou seja, os programas, módulos e sistemas associados;
- Dados formadores da Base Cartográfica do sistema que devem ser armazenados usando um sistema de gerenciamento de banco de dados;
- Pessoas, isto é, os profissionais responsáveis pelo projeto, pela atualização da BDE além dos usuários do sistema;
- e Procedimentos, ou seja, métodos e práticas que correspondem às regras de negócio fazendo com que o sistema opere de forma adequada à organização.

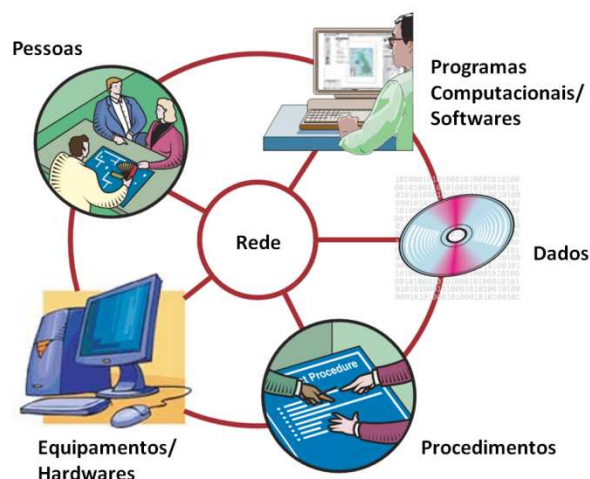


Figura 2 – Componentes dos SIG.

Fonte: LONGLEY (2005).

Segundo MEDEIROS (1997), estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerenciamento de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

A Figura 3 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG. Cada sistema, em função de seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados, de uma forma ou outra, aparecem em um SIG.

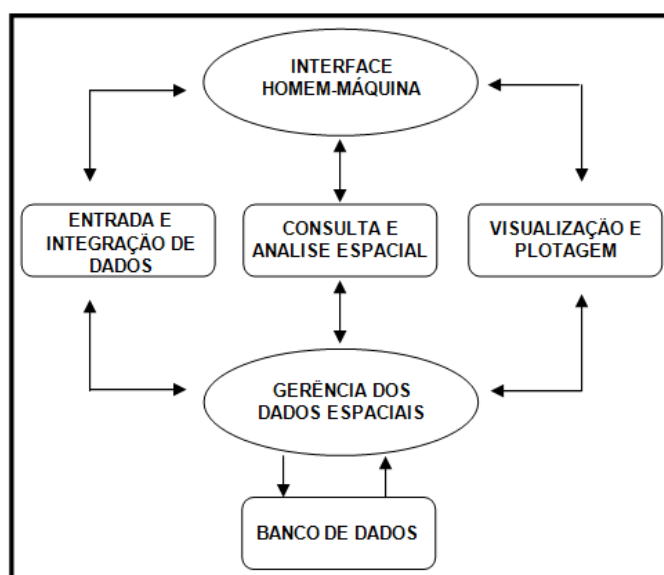


Figura 3 – Arquitetura do SIG.

Fonte: MEDEIROS (1997).

Devido à ampla gama de aplicações, há pelo menos três grandes maneiras de se utilizar o SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos ou como banco de dados espaciais com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial (MADRUGA, 2008).

De acordo com ARAUJO (2008) o uso do SIG é cada vez mais necessário na análise do espaço geográfico, principalmente nas áreas onde o volume de dados manipulados é muito grande. Sua capacidade de capturar, armazenar, recuperar, transformar e representar espacialmente os dados tem feito desta ferramenta um instrumento versátil de auxílio a solução de problemas de planejamento urbano e ambiental.

4.1 – Estruturação de Bases de Dados Espaciais

A informação espacial atualizada do território é a ferramenta mais adequada para realizar ações de planejamento, gestão e projetos de maneira eficaz e sustentável. Dessa forma, a estruturação de Base de Dados Espaciais (BDE) é indispensável para implantação de qualquer Sistema de Geoinformação. O processo demanda tempo e equipe treinada na manipulação de dados espacializados. O termo Base de Dados Espaciais é empregado em representações do espaço real geradas pela aplicação de métodos cartográficos e que são visualizadas em espaço reduzido.

Segundo BURROUGH (1986), a BDE pode ser considerada um conjunto de entrada e processamento que fornece subsídios para o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) recuperar e transformar dados em informações. Um sistema de gerenciamento de banco de dados consiste em uma coleção de dados inter-relacionados, normalmente referenciada como banco de dados associados a um conjunto de programas para acessá-los (KORTH e SILBERSCHATZ, 1994).

De acordo com SÁ (2001), os dados espaciais, objetos formadores da BDE, são compostos por dados gráficos e dados descritivos e possuem como características básicas sua posição espacial, seus atributos, a relação espacial e o tempo. As coordenadas correspondem à posição espacial e indicam a localização dos objetos sobre um plano de projeção relativo à superfície terrestre. Os atributos são responsáveis pela descrição do objeto representado. As relações espaciais ocorrem entre os dados gráficos e descritivos e todos os fenômenos concretos que ocorrem na superfície da Terra estão relacionados com intervalo ou instante de tempo.

Um conjunto de dados espaciais que estão agrupados segundo algum contexto e que podem ser caracterizados por um mesmo conjunto de atributos, é chamado de plano de informação (FERREIRA, 2003).

Na forma vetorial os objetos do mundo real são expressos sob a forma de pontos, linhas e polígonos descritos por pares de coordenadas em um sistema de coordenadas espaciais; enquanto que na representação matricial (raster) a posição da representação cartográfica está ligada a posição das células da imagem sob a forma de matriz (PEREIRA e SILVA, 2001).

De acordo com PEREIRA (1999) a estruturação da BDE inicia-se pela definição dos dados espaciais que serão representados nos documentos cartográficos e que formarão as bases digitais de dados gráficos e descritivos. Segundo SILVEIRA *et al* (2008), ela pode ser realizada através da criação ou da construção da BDE. O processo de criação é aplicado quando os dados necessários à aplicação não existem ou não estão disponíveis; enquanto que o processo de construção ocorre quando os dados necessários existem e estão disponíveis.

O processo de criação de BDE envolve a coleta de dados em campo através do uso das geotecnologias para aquisição de dados, ou seja, com o uso da Topografia, da Geodésia, do Sensoriamento Remoto ou da Aerofotogrametria. A escolha da provável técnica a ser usada se baseia na finalidade da aplicação, na acurácia requerida e principalmente no que será coletado.

Segundo SILVEIRA *et al* (2008), a construção da BDE é um processo que demanda conhecimentos multidisciplinares para compatibilização de dados espaciais e é realizada a partir de bases cartográficas já existentes e passíveis de serem inseridas em um SIG, tais como cartas topográficas e levantamentos aerofotogramétricos. Dessa forma se constitui num procedimento mais rápido e com um custo bem mais baixo se comparado ao processo anterior.

Um aspecto a ser considerado para a estruturação de bases de dados espaciais de utilização por diversos grupos de usuários, com múltiplos interesses, é a documentação de seu conteúdo. Sem documentação apropriada toma-se difícil para os usuários localizar os dados necessários para as suas aplicações, bem como entender seu significado. Uma vez encontrados os dados, normalmente é necessário conhecer como foram coletados e que acurácia possuem. As descrições desses dados armazenados são normalmente conhecidas por metadados.

5. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia empregada para estruturação de uma base de dados espaciais engloba o mapeamento dos poços existentes e coleta de informações que propiciem a integração de dados sobre o meio físico e o tipo de uso e cobertura vegetal da terra subsidiando de forma adequada os processos de gestão e outorga de direito de uso de água subterrânea.

Foi aplicado o processo de construção de BDE por existir dados espaciais disponíveis nas instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

O processo de construção da BDE engloba uma série de procedimentos sendo os principais a conversão de mapas analógicos para o formato digital e a conversão de dados de uma forma de representação digital para outra. A conversão sintática direta é a abordagem mais básica para intercâmbio de dados espaciais através da tradução dos arquivos de informações cartográficas entre diferentes formatos (BARBOSA *et al*, 2008).

A construção de bases cartográficas convencionais está bem definida em termos da legislação brasileira. Competência, responsabilidade técnica e também a classificação em termos de qualidade e precisão são itens estabelecidos. Para bases cartográficas digitais, não existe ainda nenhuma legislação específica; talvez por isso a base cartográfica digital seja um dos sérios problemas existentes no Brasil, tanto pela sua inexistência em escalas diversificadas, como pelo despreparo e desconhecimento de cartografia pelas equipes que trabalham com Tecnologias da Geoinformação (MENEZES e CRUZ, 2000).

Para garantir que os dados que constituirão em uma base cartográfica digital possam ter acurácia e qualidade, alguns cuidados precisam ser tomados durante o processo de construção de uma base de dados espaciais como, por exemplo, organizar os dados em um sistema gerenciador do banco de dados com extensão espacial, revisar os produtos cartográficos já existentes e corrigir os erros dos dados adquiridos.

Neste trabalho, a construção da base de dados espaciais englobou as ações de levantamento das informações existentes nas diversas áreas do conhecimento nos diversos órgãos e instituições das três esferas (federal, estadual e municipal); de análise da qualidade dos dados, conversão dos dados para o SIG; edição da base cartográfica e organização do banco de dados. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia aplicada.

5.1 – Recursos Tecnológicos

Os recursos tecnológicos utilizados foram um microcomputador com processador de 2.20GHz, disco rígido de 120GB, memória RAM de 2GB e placa de vídeo de 256MB; programa computacional do tipo CAD – AutoCAD Map – responsável pela manipulação e edição dos arquivos CAD; programa tipo SIG – ArcGIS – responsável pela manipulação e edição de arquivos *shapefile*, além da conversão entre sistemas de referência; sistema Gerenciador de Banco de Dados – Microsoft Access – escolhido por ser compatível com o ArcGIS.

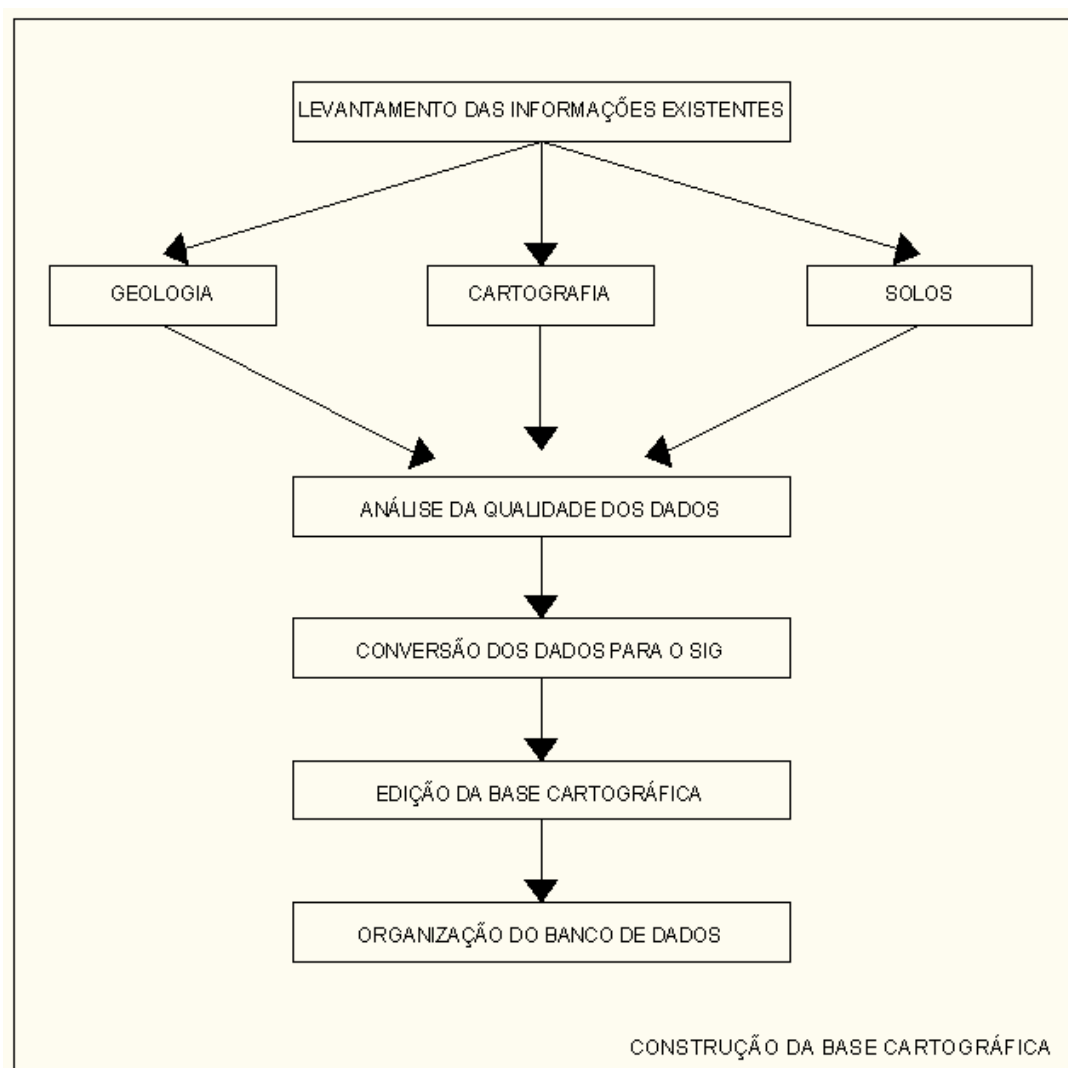


Figura 4 – Detalhamento da metodologia.

5.2 – Detalhamento das Etapas

Nas instituições responsáveis por gerenciar os recursos hídricos subterrâneos foram coletados os dados e as bases cartográficas que abrangem a área de estudo e contemplam informações necessárias à gestão dos recursos hídricos subterrâneos, foram eles:

- Mapas do Zoneamento Agroecológico de Estado de Pernambuco - ZAPE Embrapa, 2001.
- Mapa dos Domínios Hidrogeológicos do Brasil - CPRM, 2007 – Escala 1:2.500.000.
- Base Planimétrica do Cadastro de Áreas Comprometidas com Intervenções da RMR - Agência CONDEPE/FIDEM Escala aproximada 1:10.000 .
- Cartas de Nucleação - SEPLAN, 2003 Escala 1:20.000.
- Malha municipal para RMR - IBGE.

- Limites das áreas de proteção da RMR - APA's, reservas ecológicas, área de proteção de mananciais em diferentes escalas e sistemas de referência.
- Mapa Geológico do Estado de Pernambuco - CPRM, 2003 Escala 1:500.000.
- Mapa das Bacias Hidrográficas do Estado de PE - SECTMA, 1999 Fonte: Cartas da SUDENE - Escala 1:100.000.
- Mapa de Zoneamento Explotável – HIDROREC II - Mapa impresso da CPRH.
- Banco de dados de poços - Fonte: Divisão de Outorga e fiscalização da SRH. Arquivo *Excel* atualizado até Julho de 2009, contendo: endereço, localização geográfica (LAT/LONG), finalidade, vazão, situação do processo, situação das licenças, bacia hidrográfica, bacia hidrogeológica, aquífero, informações da construção do poço e tipo de bomba utilizado.

Todos os dados coletados foram analisados para identificar principalmente o formato, a escala de mapeamento e o sistema de projeção adotado. A etapa de conversão dos dados compreendeu a transformação dos dados do formato CAD para o formato do programa SIG utilizado na pesquisa, neste caso o formato *shapefile*. De cada mapa foi extraída a informação principal de interesse para a gestão de recursos hídricos essas informações foram agregadas em planos de informação e cada plano de informação gerou um arquivo *shapefile* único. Para inserção no SIG, o Mapa de Zoneamento Explotável do HIDROREC II foi digitalizado sobre as Cartas de Nucleação na escala 1:20.000 e os poços de captação de água subterrânea foram espacializados usando as coordenadas extraídas do banco de dados da SRH.

A edição da base cartográfica foi realizada em ambiente SIG com o auxílio do programa ArcGIS. Como primeiro passo todos os planos de informação foram recortados para a área da Região Metropolitana de Recife, sendo as demais regiões descartadas. Posteriormente os planos de informação foram convertidos para um único sistema de projeção com mesmo sistema de referência para em seguida utilizar ferramentas de edição na correção dos vetores, verificação de inconsistências e edição topológica das feições.

O banco de dados foi organizado incluindo as informações referentes a cada plano de informação nas tabelas de extensão dbf que formam os arquivos *shapefiles*.

6. CONCLUSÃO

A qualidade dos dados coletados influencia diretamente a precisão posicional da aplicação final. A utilização do mapeamento de poços do banco de dados da SRH mostrou-se eficiente, mas

para confirmação das coordenadas recomenda-se a realização do recadastramento de todos os poços licenciados e outorgados.

A base de dados espaciais construída mostrou-se adequada para apoiar a gestão dos recursos hídricos subterrâneos na Região Metropolitana de Recife.

Diante do exposto, este trabalho mostra que a utilização de base de dados espaciais estruturada em ambiente SIG é um instrumento que garante a transparência, eficiência e eficácia da gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, M.C.B. “*Praia da Boa Viagem, Recife-PE: Análise sócio-ambiental e propostas de ordenamento*”. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2008. 279p.

BARBOSA, C.C.A.; SILVA, H.A.; ANTUNES, L.C.M.S.; PORTUGAL, J.L. “*Base de dados espaciais aplicada à erosão costeira*”. In: Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, II SIMGEO (CD-ROM). Recife-PE. Setembro, 2008.

BURROUGH, P.A. “*Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*”. Oxford University Press, 1986. 315p.

COSTA, W.D; COSTA, H.F; FERREIRA, C.A; MORAIS, J.F.S; VERDE, E.R.V; COSTA, L.B. “*Estudo Hidrogeológico de Recife, Olinda, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes*” – HIDROREC II, 2002.

FERREIRA, KR. “*Interface para Operações Espaciais em Banco de Dados Geográficos*”. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada, 2003. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/teses/karine/tese_karine.pdf>. Acesso em 15-05-09.

HARRIS, B. “*Sketch Planning: Systematic Methods in Planning and Its Support*”. In: Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models, and Visualization Tools, Edit. R. K. Brail e R.E. Klosterman, ESRI Press, 2001, p. 59- 80.

HUXHOLD, W. E. “*An Introduction to Urban Geographic Information Systems*”. Oxford University Press, Oxford, 1991

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. “*Censo Demográfico de 2010*”. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/default.php>>. Acesso em 25/02/2011.

KORTH, F. H.; SILBERSCHATZ, A. “*Sistemas de Bancos de Dados*”. São Paulo: McGraw-Hill, 1994. 693 p.

LEAL, O. Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE; “*Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife*”. Recife: CPRM/FIDEM, 1994. (Série Recursos Hídricos, 2).

LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F.; MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. “*Geographical Information Systems and Science*”. John Wiley & Sons Ltd, Toronto. 2nd Edition, 2005.

MADRUGA, RA. “*Geração de Base Cartográfica Digital utilizando imagens de satélite de altíssima resolução espacial para o Suporte ao Planejamento Municipal*”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/13770>>. Acesso em 09.12.2009.

MEDEIROS, JS. “*Bancos de Dados Geográficos e Redes Neurais Artificiais: Tecnologias de Apoio à Gestão do Território*”. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia, 1997. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/simeao/>>. Acesso em 15-05-09.

MENDE, A; ASTORGA, A; NEUMANN, D. “*Strategy for Groundwater Management in developing countries: A Case Study in Northern Costa Rica*”. In: Journal of Hydrology Volume 334, Issues 1-2, 20 February 2007, Pages 109-124. Disponível em: <<http://indy2.igeograf.unam.mx/aih/pdf/T1/T1-22.pdf>>. Acesso em 27.04.2010.

MENEZES, P.M.L.; CRUZ, C.B.M. “*Considerações sobre Bases Cartográficas Digitais*”. Universidade Federal do Rio de Janeiro / GeoCart - Laboratório de Cartografia. 2000. Disponível em: <http://www.geocart.igeo.ufrj.br/pdf/trabalhos/Base_Cart_Digitais.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2009.

MONTENEGRO, S.M.G.L.; CABRAL, J.J.S.P.; PAIVA, A.L.R.; MONTENEGRO, A.A.A.; DEMETRIO, J.G.A.; CAVALCANTI, G.L. “*Águas Subterrâneas na Zona Costeira da Planície do Recife (PE): Evolução da Salinização e Perspectivas de Gerenciamento*”. In. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 14, n.3 Jul/Set 2009, pág.81-93. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/publicacoes_art.php>. Acesso em: 05 nov. 2009.

PEREIRA, G.C. “*Geoprocessamento e urbanismo em Salvador: uma contribuição cartográfica*”. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro: UNESP, 1999.

PEREIRA, G.C.; SILVA, B.C.N.. “*Geoprocessamento e Urbanismo*”. In: GERARDI, L.H.O.; MENDES, L.A. (Org.). Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: temas de Geografia contemporânea. Rio Claro: UNESP, 2001, p. 97-137. Disponível em: <<http://homepage.mac.com/gilbertocorso/textos/Geo%20e%20Urbanismo.PDF>>. Acesso em: 20 nov. 2009.

RESOLUÇÃO CRN. “*Resolução N°04 / 2003 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos*”, Governo do Estado de Pernambuco, 2003.

SÁ, L.A.C.M. de. “*Modelagem de Dados Espaciais para Sistemas de Informações Geográficas – Pesquisa na Emergência Médica*”. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, 2001.

SILVA, S.R; FREIRE, P.K.C; BARBOSA, D.L; WANDERLEY, S.F.S. “*A Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco*”. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.sectma.pe.gov.br/artigos.asp?secao_artigo=3&menu_sub=4> Acesso em 05 ago. 2009.

SILVEIRA, T.A.; CARNEIRO, A.F.T.; PORTUGAL, J.L. “*Estruturação de Bases Cartográficas para Sistemas de Informação Geográfica (SIG)*”. In. Anais do II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, II SIMGEO (CD-ROM). Recife-PE. Setembro, 2008.

TAYLOR, F. “*Geographic Information Systems: The Microcomputer and Modern Cartography*”, V.1. Pergamom. Ottawa, Canada, 1991.