

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PARA O MONITORAMENTO DA SAÚDE PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE NATAL – RN*****WATER MANAGEMENT SYSTEM FOR THE MONITORING OF THE PUBLIC HEALTH OF NATAL CITY - RN***Reinaldo Antônio PETTA<sup>1</sup>; Ludmagna Pereira SILVA<sup>2</sup>; Paulo Sérgio de Rezende NASCIMENTO<sup>1</sup>

**Resumo:** Estima-se que 42 milhões de m<sup>3</sup> por ano de esgotos são lançados no sistema hídrico do município de Natal, de onde são retirados 70% da água que abastece a cidade e somente 17% possui saneamento. A consequência direta desse comportamento é a poluição generalizada do sistema aquífero, pois o recebimento de esgoto é bem maior do que a recarga de água pluviométrica de qualidade. Outra consequência é a proliferação de doenças de veiculação hídrica. Deste modo, o objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação de um Sistema de Informação Geográfica, funcionando como uma ferramenta de apoio para a geração de um Sistema de Gerenciamento de Águas, o qual possibilita integrar a ação dos programas de monitoramento da qualidade da água e da saúde pública. Assim, as informações foram analisadas no espaço geográfico, com um grau de precisão satisfatório, tornando-o uma alternativa viável para levantamentos que envolvam eventos desse tipo. A elaboração de um Sistema de Gerenciamento das Águas identificou as diferentes fontes de poluição que influenciam na qualidade das águas subterrâneas e de superfície e possibilitou o gerenciamento relacional/espacial das doenças de veiculação hídrica.

**Palavras-chave:** Saúde pública. Geologia médica. Doenças de veiculação hídrica. Qualidade das águas subterrâneas e de superfície.

**Abstract:** It is estimated that 42 million m<sup>3</sup> of sewer are launched in the hydro system of Natal per year, where 70% of the removed water supplies the city and only 17% sanitation. The direct consequence of this process is the generalized pollution of the water-bearing system. Hence the received sewer is much bigger than the recharge of the high quality of the pluvial water. Another consequence is the proliferation of illnesses of hydro propagation. Therefore, this work aims to demonstrate the application of a Geographic Information System, functioning as a tool of support for the generation of a Water Management System, which integrates the action of the programs of monitoring of both the quality of the water and the public health. Thus, the information have been satisfactory analyzed in the geographic space, becoming a viable alternative for surveys involving events of this type. The elaboration of a Waters Management System identified the different sources of pollution that influence the quality of superficial and underground waters. In addition, the management of the relational and special of the hydro propagation of illnesses could be achieved.

**Keywords:** Public health. Medical geology. Illnesses of hydro propagation. Quality of superficial and underground waters.

1. Geólogo. Pesquisador do Laboratório de Geomática. Departamento de Geologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. petta@geologia.ufrn.br; paulo@geologia.ufrn.br  
2. Geógrafa. Pesquisadora do Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. ludmag@gmail.com

## INTRODUÇÃO

O esgotamento das reservas de água potável e as doenças epidemiológicas oriundas da contaminação dos recursos hídricos são uns dos principais problemas socioambientais a serem solucionados nos próximos anos. A contaminação por diferentes poluentes nas águas superficiais e subterrâneas reflete na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida da população. E um dos campos das geociências que têm crescido nos últimos anos é a geologia médica, que relaciona a contaminação do meio ambiente e a saúde pública, neste trabalho especificamente, à contaminação do sistema hídrico e a saúde pública dos municípios natalenses.

O consumo de água contaminada é um dos maiores causadores de doenças na população de Natal (RN). As epidemias mais comuns por veiculação hídrica no município são: cólera; febre tifóide; leptospirose; hepatite; câncer estomacal e intestinal; esquistossomose; dengue e malária. A contaminação hídrica em Natal ocorre praticamente em todo o Sistema Aquífero Dunas/Barreiras. As dunas exercem um papel fundamental na infiltração das águas pluviométricas no estrato arenoso da Formação Barreiras. Essa formação possui uma grande disponibilidade hídrica, suas reservas são constantemente renovadas pelas águas das chuvas, compensando as perdas pelo consumo. Entretanto, a qualidade das águas apresenta restrições para o consumo humano devido à contaminação.

As principais fontes de contaminação são as fossas sépticas, lagoas de captação, poços públicos e privados, cemitérios, lixões e distritos industriais. As condições pluviométricas (concentração de chuvas em determinados meses) e as características litológicas (alta porosidade e permeabilidade das formações dunas e barreiras) contribuem de maneira determinante na contaminação das águas superficiais e subterrâneas da área de estudo. As lagoas de captação de águas pluviais transbordam na época de alta pluviosidade, espalhando águas residuais industriais e urbanas, que recebem dos esgotos ligados de forma irregular nas poucas galerias de drenagem existentes. Esses fatores elevam o nível de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas que, dependendo do seu fluxo, contaminam áreas pouco habitadas, devido à diluição pelo processo de dispersão hidrodinâmica.

Diante desse quadro, há a necessidade de se investir em programas de preservação, recuperação e monitoramento dos recursos hídricos da região e da saúde da população.

Para tal, faz-se necessário localizar os focos de poluição e as áreas de risco no contexto da saúde da população. Dessa forma, o uso de sistema de informações espacialmente georreferenciadas permite um melhor planejamento, monitoramento e avaliação das situações ambientais e da saúde pública. Os SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) têm sido apontados como instrumentos eficientes de integração de dados ambientais com dados de saúde (BARCELLOS; RAMALHO, 2002; HAY, 2000; GONZALVES, 2007), possibilitando indicar uma melhor distribuição de recursos financeiros, a qual permita um direcionamento adequado para o controle das epidemias (CARVALHO et al., 2005).

A ocorrência de doenças endêmicas transmitidas por vetores caracteriza-se por padrões espaço-temporais distintos relacionados a aspectos socioambientais (CORREIA et al., 2004) e os SIGs caracterizam-se por conter uma base única digital com informações espaciais derivadas de dados cartográficos, censitários e cadastrais, assim como imagens de satélites, redes e modelo digital do terreno, entre outros (PERTERSON et al., 1991). Assim, a precisão dos resultados torna essa ferramenta viável para análises da geologia médica, permitindo a projeção de cenários socioambientais futuros para a obtenção de diagnósticos e prognósticos.

Posto isso, o objetivo deste trabalho foi a geração de um Sistema de Gerenciamento das Águas (SGA), com base na tecnologia dos SIGs, para o monitoramento espacial da qualidade da água e da saúde pública do município de Natal. O SGA permitiu a identificação e a caracterização das diferentes fontes de poluição que influenciam direta e/ou indiretamente na qualidade das águas subterrâneas e de superfície na área de estudo.

## MATERIAL E MÉTODO

Os materiais necessários para o desenvolvimento deste trabalho foram as documentações cartográficas, imagens de satélite dos sensores Landsat, SPOT e Aster, dados alfanuméricos e programas computacionais (Arcview, AutocadMap, R2v e Excel).

O método empregado visou à integração das tecnologias de SIG e BDG (Banco de Dado Geográfico) de modo a obter as informações necessárias para o gerenciamento e monitoramento do sistema hídrico e das doenças de veiculação hídrica. Um SGA, que visa à conservação da qualidade da água e da saúde pública,

depende da identificação do problema e das operações analíticas para se obter resultados coerentes (JONHSTON, 1997). Desse modo, o SGA depende do levantamento das informações espaciais e não-espaciais; da análise diagnóstica dos corpos hídricos e da distribuição espacial das doenças epidemiológicas oriundas da contaminação da água. Essas informações vão constituir um BDG sobre a área e podem ser continuamente atualizadas, gerando novos cenários. Resumidamente, tem-se a seguinte estrutura para o suporte do BDG: levantamento e preparação dos dados, elaboração do SGA, visualização e análise no SGA das diversas fontes poluentes e epidemias (Figura 1).

A primeira etapa do procedimento técnico foi a compilação de dados, atividade que reúne aquisição, seleção

(conseqüências da falta de saneamento básico em toda a cidade); as lagoas de infiltração (decorrentes das ligações clandestinas de esgoto na rede de águas pluviais); os poços mal construídos (elaborados sem critérios técnicos adequados); os lixões (construídos sobre as dunas, que são terrenos muito permeáveis); os esgotos industriais (transferidos para lagoas de infiltração ou despejados diretamente nos rios); e os desmatamentos das matas ciliares e a ocupação indiscriminada das áreas de recarga do aquífero.

A preparação ou entrada dos dados englobou todas as atividades necessárias à transformação dos dados do formato analógico para o formato digital e a respectiva inclusão juntamente com os dados socioeconômicos e da saúde pública no banco de dados geográficos (BDG) concebido

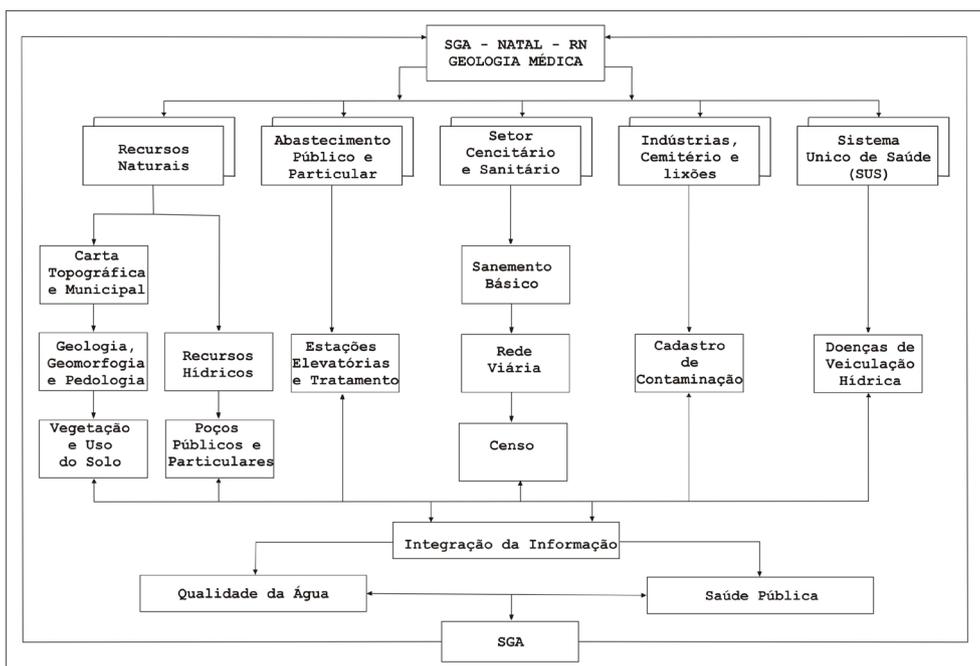


FIGURA 1: Sistema de Gerenciamento das Águas. Fonte: Araújo (2006).  
FIGURE 1: Water Management System. Source: Araújo (2006).

e preparação dos dados e também os trabalhos de campo, os quais foram realizados para completar a coleta de dados. A aquisição dos dados resultou da obtenção de dados sobre o meio físico, como mapas temáticos no formato digital e analógico, imagens de satélite e cartas topográficas; e de dados socioeconômicos e da saúde pública da população de Natal, tais como: epidemiológicos, financeiros, demográficos, territoriais, ambientais, de abastecimento e saneamento.

Nessa etapa foram identificados os principais focos de contaminação dos mananciais de águas superficiais e subterrâneas da região de Natal. São eles: as fossas sépticas

nesta etapa. Para a preparação das bases cartográficas, utilizaram-se programas como AutocadMap e o R2v, para a digitalização, montagem e atualização dos mapas topográficos, hidrográficos, geológicos, geoambientais entre outros, e para a transcrição dos dados alfanuméricos foi utilizado o Excel. Foi realizada também a correlação das áreas poluidoras com o aquífero e a saúde pública, através da avaliação das condições de cada poço, lagoa, rio, distrito industrial, cemitério e lixão e a consecutiva localização dessas informações nas imagens de satélite, com o auxílio do GPS (Sistema de Posicionamento Global).

Foram cadastrados em campo 398 pontos, os quais se somados aos 202 pontos já cadastrados (poços do sistema particular) chegam a um total de 600 pontos de cadastro (Quadro 1). Ao conhecer a natureza dos dados foi possível analisá-los para a inserção e a utilização no BDG.

Nome dos pontos de cadastro	N.º de Cadastros
Setor Administrativo da CAERN	38
Estações Elevatórias	22
Reservatórios	26
Poços do Sistema Público	215
Rios e Riachos	05
Principais Alagados	05
Cemitérios	10
Distritos Industriais	12
Lagoas	60
Lixões	05
Poços Particulares	202
Total do Cadastramento	600

**QUADRO 1:** Tipos e número de pontos cadastrados  
**TABLE 1:** Type and number of points registered.

Após a importação dos dados para o BDG, esses ficaram disponibilizados na forma de mapas temáticos (informação espacial) e alfanuméricos (informação não-espacial), os quais foram integrados, gerando todo o suporte para o Sistema de Gerenciamento das Águas. Para as diversas metodologias dos SIGs, empregou-se o software Arcview. Assim, a estrutura geral dos dados geográficos e não-geográficos no BDG pode ser vista na Quadro 2.

Elaborada a estrutura geral do BDG, o próximo procedimento foi a identificação das populações submetidas a risco de contaminação a partir de critérios ambientais e sociodemográficos. Foram definidos quatro critérios de análise para identificar os grupos socioespaciais sujeitos a riscos de saúde associados aos recursos hídricos de abastecimento: o primeiro critério se baseia na utilização de fontes alternativas de água por meio de pequenos mananciais locais; o segundo critério é baseado no uso de poços ou nascentes em áreas de maior concentração séptica; o terceiro critério é dividido em áreas de águas contaminadas por concentração de nitrato e coliformes totais; e o quarto, concentração de doenças epidemiológicas. Tanto para análise quanto para visualização dos resultados, a unidade espacial utilizada foi a malha urbana de Natal e seus 36 bairros. No contexto deste trabalho, os bairros são as subunidades espaciais adequadas, pois são sistemas socioeconômico-ambientais em sua estrutura, funcionamento e interação.

Informação integrada	Dados geográficos e não-geográficos
Recursos naturais	Geológico, geomorfológico, uso e ocupação do solo, zonas de proteção ambiental, metalogenético, meio físico e recursos hídricos.
Setores censitários	Saneamento, abastecimento e população.
Abastecimento de água	Reservatórios, poços públicos e particulares, estações de tratamento, elevatórias e concentrações de nitrato.
Setores industriais	Distritos industriais, cemitérios, lixões, lagoas, rios e riachos.
Sistema Único de Saúde	Dados epidemiológicos das doenças de veiculação hídrica.
Qualidade da água	Dados sobre os poços.

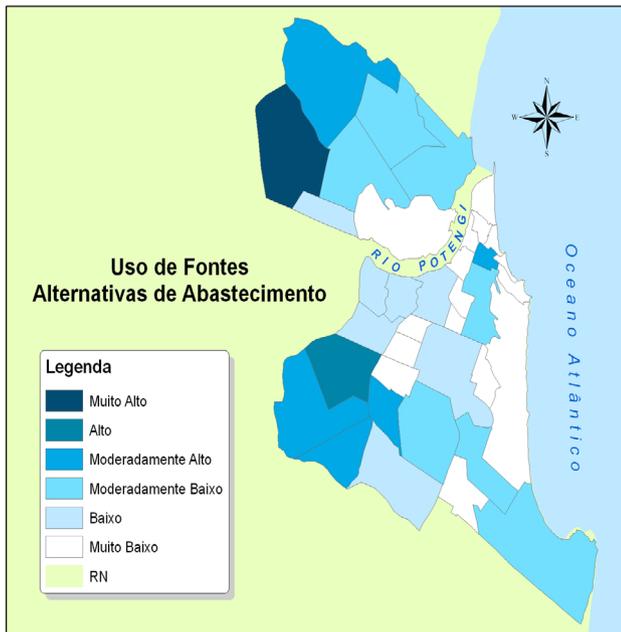
**QUADRO 2:** Arquitetura geral do banco de dados.  
**TABLE 2:** General architecture of the database.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

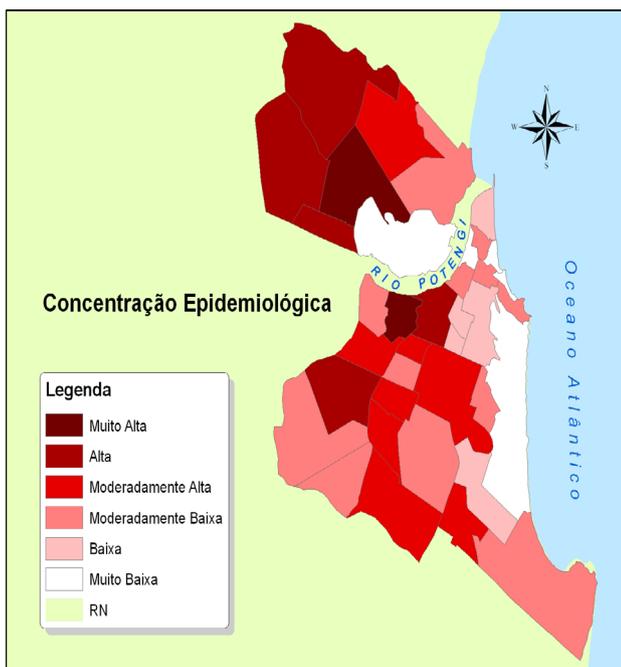
Os procedimentos adotados permitiram representar no ambiente computacional de um Banco de Dados Georreferenciado os fenômenos presentes no mundo real, que resultou na caracterização do meio hídrico e da saúde pública, sob formas de mapas e seus respectivos atributos. Ao aplicar um modelo de integração de dados dos meios físicos e sociais, disponibilizados pelo banco de dados por um conjunto de operações de análise ou inferência espacial disponíveis no sistema de geoprocessamento, foram realizadas transformações e combinações sobre tais dados, que produziram o SGA.

De acordo com esses dados, é possível correlacionar os casos de doenças de veiculação hídrica à qualidade da água consumida pela população natalense (Figuras 2 e 3). As formas de contaminação são por meio de ingestão e contato com as águas contaminadas e por insetos que se desenvolvem nesse meio. Este quadro se opõe às resoluções das leis Federal e Estadual n.º 6.367 de 14 de janeiro de 1993 e n.º 6.908 de 1.º de julho de 1996, as quais consideram a deficiência dos serviços de esgotamento sanitário na região da Grande Natal, e que essa situação compromete qualidade das águas subterrâneas, caso não exista um adequado gerenciamento da problemática.

Sugere-se neste trabalho, que as autoridades competentes dêem atenção especial às zonas Norte e Oeste da cidade, principalmente nos bairros Potengi, Alecrim, Lagoa Azul, Felipe Camarão, Igapó, Cidade Alta e Nossa Senhora da Apresentação, por possuírem maior número de casos de doenças epidêmicas de veiculação hídrica, com exceção dos casos de câncer estomacal e intestinal que se concentram nas regiões Sul e Leste, nos bairros Redinha e Praia do Meio, respectivamente.



**FIGURA 2:** Distribuição do uso de fontes alternativas de água.  
**FIGURE 2:** Distribution of the use of alternative sources of water.



**FIGURA 3:** Distribuição das áreas de concentração epidemiológica.  
**FIGURE 3:** Distribution of areas of epidemiological concentration.

Desse modo, pode-se avaliar que a região de Natal carece de um gerenciamento intensivo em muitas áreas, principalmente naquelas localizadas em zonas de recarga do aquífero, para evitar a poluição do mesmo. Verificou-se também a necessidade de uma política intensiva de saneamento em áreas vulneráveis à poluição, onde as pesquisas devem vir acompanhadas de outras ações, como a finalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto em toda a cidade, a criação de uma política e até de leis que viabilizem uma recarga melhor do aquífero, o cadastramento dos poços existentes e a fiscalização efetiva para a utilização dos recursos hídricos.

## CONCLUSÕES

A sistemática adotada, unindo a geologia médica e a geotecnologia, a qual definiu o Sistema de Gerenciamento das Águas (SGA), mostrou-se uma ferramenta de auxílio para estabelecer diretrizes e prioridades de recuperação, monitoramento da qualidade das águas e da saúde pública, visando priorizar a disponibilidade dos recursos financeiros no combate às doenças de veiculação hídrica.

Apesar da ausência de uma correlação estatística entre os casos de câncer e a concentração de nitrato, é provável que a principal causa dos cânceres estomacal e intestinal esteja vinculada à alta concentração dessa substância.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARAÚJO, L. P. **Sistema de Informações Geográficas aplicado à análise das relações da qualidade da água e risco em saúde pública no município de Natal (RN)**. 2006. 125 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.
- BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. **Informática Pública**, v. 4, n. 2, p. 221-230, 2002.
- CARVALHO, O. S. et al. Desenvolvimento de um sistema de informações para o planejamento e controle da esquistossomose no Estado de Minas Gerais. In: SIMP. BRAS. SENS. REM., 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 2005. 1 CD.
- CORREIA, V. M. C. et al. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 891-904. 2004.
- GONÇALVES, E. S. et al. O uso do monitoramento espaço-temporal da expansão urbana no diagnóstico de áreas passíveis de risco epidemiológico peçonhento em Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. 1 CD.
- HAY S. I. An overview of remote sensing and geodesy for epidemiology and public health applications. **Advances in Parasitology**, n. 47, p. 2-27, 2000.
- JONHSTON, C. A. **Methods in Ecology: Geographic Information Systems in ecology**. Minnesota: Blackwell Science, 1997. 240 p.
- PETERSEN, G. W. et al. Geographic Information Systems and remote sensing in land resource analysis and management. **Suelo y Planta**, v. 1, n. 1, p. 531-543. 1991.