

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO UTILIZANDO A ESTRUTURA DE DADOS GEOGRÁFICOS VETORIAIS – EDGV

Geographic Information System for Management of Water Resources in Units of Nature Conservation Using the Geographic and Vector Data Structure - GVDS

Lucy Mary Soares Souza¹
Oscar Luiz Monteiro de Farias^{1,2}

¹ **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**
Coordenação de Cartografia - CCAR
Avn. Brasil, 15.671 – Parada de Lucas
lucysouza@ibge.gov.br

² **Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ**
Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente
São Francisco Xavier 524, Bloco F sala 12.005
Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - 20.550-900
Telefones: 55 xx (21) 2334-0824 / 0825
fariasol@gmail.com

RESUMO

No Brasil, muitas das áreas selecionadas para preservação ambiental incluem em seus limites importantes recursos hídricos. No entanto, mesmo em áreas de preservação integral, a ação antrópica e outros fatores podem afetar e comprometer os recursos hídricos ao longo de suas respectivas bacias. A finalidade deste trabalho é apresentar um Sistema de Informações Geográficas, composto dos elementos necessários ao gerenciamento e preservação dos recursos hídricos em Unidades de Conservação, utilizando a nova Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais (EDGV), homologada, em 2008, pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), com o objetivo de padronizar as estruturas de dados espaciais, facilitando o compartilhamento de dados, a interoperabilidade e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica. No sistema proposto comprova-se que a organização sistemática em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) dos recursos hídricos e dos diversos elementos e fatores que sobre eles exercem impacto facilita a análise e a conseqüente gestão dos recursos hídricos nas Unidades de Conservação (UC's). Adicionalmente, as informações sediadas no banco de dados associado ao SIG possibilitarão a integração de diversas entidades públicas e privadas que lidam com temas específicos, permitindo a interoperabilidade e cooperação entre elas, além de ratificar que o uso da geotecnologia é uma opção adequada para o melhor gerenciamento das áreas envolvidas. As técnicas e procedimentos utilizados podem ser aplicadas no gerenciamento de recursos hídricos de outras áreas. Utilizou-se a Reserva Biológica União - Rebio União - localizada no Estado do Rio de Janeiro, como estudo de caso.

Palavras chaves: Recursos Hídricos, Unidade de Conservação, Sistema de Informação Geográfica, Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais, Reserva Biológica União, Rebio União.

ABSTRACT

In Brazil, many of the areas selected for environmental preservation include important hydrological resources in their limits. However, even in areas of integral preservation, anthropic action and other factors can affect and compromise water resources throughout their respective basins. The goal of this article is to present a Geographical Information System (GIS), composed of the necessary elements to manage and preserve water resources in units of nature conservation (unc's), using the new Geographic and Vector Data Structure (GVDS) homologated by the National Cartographic Commission (NCC), in 2008, with the intention of standardizing spatial data structures, easing data

sharing, interoperability and resource rationalization among producers and users of cartographic data. It is demonstrated, in the proposed system, that the systematic organization of water resources and the several elements and factors that impact them make easier the management and preservation of hydrological resources in the units of unc's. In addition, the information stored in the SIG's data base will allow the integration of public and private organizations that deal with specific subjects, the interoperability and cooperation among these organizations. Besides that, ratifies the use of geo-technologies as an adequate option for a better management of water resources. The techniques and procedures adopted can be applied to the management of hydrological resources in other areas, as well. The Union Biological Reserve - Rebio União - located in Rio de Janeiro state, Brazil, was used as a case study.

Keywords: Water Resources, Units of Nature Conservation, Geographical Information System, Geographic and Vector Data Structure, Union Biological Reserve, Rebio União.

1. INTRODUÇÃO

De extrema importância na concepção de projetos utilizando Sistemas de Informações Geográficas, o **banco de dados** é fator preponderante na organização e disponibilização dos dados referentes a cada elemento geográfico que se deseja armazenar.

O grande volume de dados geográficos que são atualmente apresentados e distribuídos para diversas comunidades tornou imprescindível uma melhor estruturação desses dados.

A Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) deu início, em 2004, a um novo modelo de estruturação dos dados cartográficos, de maneira a permitir às instituições que utilizam e distribuem dados geoespaciais no Brasil desfrutem da mesma plataforma de dados, possibilitando a interoperabilidade e cooperação entre elas. Assim foi elaborada a Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais - EDGV, segundo o Modelo de Dados Orientado a Objetos para Aplicações Geográficas (OMT-G) (DAVIS et al, 2001), (DAVIS e BORGES, s.d.), por este se adaptar melhor à representação do mundo real.

No Brasil, muitas das áreas selecionadas para preservação ambiental incluem em seus limites importantes recursos hídricos. No entanto, mesmo em áreas de preservação integral, a ação antrópica atual e outros fatores podem afetar e comprometer os recursos hídricos ao longo de suas respectivas bacias.

Em 2000 foi instituído o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, onde foi proposto e definido o conceito de **Unidade de Conservação**.

A finalidade deste trabalho é apresentar um Sistema de Informações Geográficas, composto dos elementos necessários ao gerenciamento e preservação dos recursos hídricos em Unidades de Conservação, utilizando a nova Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais (EDGV), homologada, em 2008, pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR), com o objetivo de padronizar as estruturas de dados espaciais, facilitando o compartilhamento de dados, a interoperabilidade e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica.

Este estudo foi realizado na Unidade de Conservação Federal Rebio União, localizada nos municípios de Casimiro de Abreu, Rio das Ostras e Macaé, no estado do Rio de Janeiro. Cabe ressaltar que os mananciais da reserva contribuem para a formação de rios importantes na região, como o Rio Dourado, Rio Iriry e Rio Purgatório, que fluem suas águas para o Rio Macaé, servindo a milhares de pessoas.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA PILOTO

A Reserva Biológica União - Rebio União está localizada no Estado do Rio de Janeiro compreendendo os municípios de Macaé, Rio das Ostras e Casimiro de Abreu, conforme figura 1. Foi criada pelo Decreto de 22 de abril de 1998 com o objetivo de assegurar a proteção e recuperação de remanescentes da Floresta Atlântica e formações associadas, e da fauna típica, que delas depende, em especial o mico-leão-dourado, *Leontopithecus rosalia*. Também faz parte das áreas protegidas no corredor de biodiversidade da Serra do Mar (ICMBIO, 2007). Possui uma área de 2.930,00 (ha).

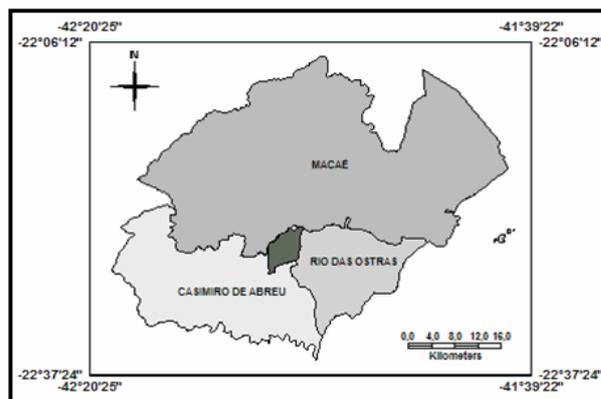


Fig. 1 – Localização da Rebio União.

3. METODOLOGIA

Este artigo expressa uma visão metodológica baseada em uma abordagem sistêmica da realidade. Um sistema pode ser definido como um conjunto de entidades interdependentes ou que interagem entre si formando um todo integrado.

A teoria de sistemas, uma teoria interdisciplinar que estuda a natureza dos sistemas complexos na natureza, na sociedade e na ciência, disponibiliza uma estrutura de referência para o estudo de sistemas complexos. Desta forma pode-se investigar e descrever qualquer grupo de entidades ou objetos que atuem em conjunto para produzir um determinado resultado ou objetivo (SYSTEMS Theory, s.d.). O objetivo ou resultado a que se propõe o observador - que se pode denominar perspectiva do observador - determina quais serão os objetos considerados em um sistema, assim como as relações entre os mesmos. Os objetos e relações compreendem uma parte do mundo real, que se pode denominar mini-mundo ou universo de discurso. No presente trabalho será usado um Sistema de Informações Geográficas como ferramenta para caracterizar os diversos elementos integrantes do sistema, os seus estados e relações. Os objetos relevantes serão os recursos hídricos e os diversos elementos e fatores que sobre eles exercem impacto. Para que este sistema funcione satisfatoriamente é necessário primeiramente esclarecer o objetivo final a ser alcançado. De acordo com o capítulo 10 da Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000 (BRASIL, 2000), a Reserva Biológica tem como objetivo: “a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais”. Logo o objetivo fundamental da UC é a preservação do que já existe e aplicação das medidas necessárias para recuperação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, aí incluídos os recursos hídricos.

Assim, a finalidade do SIG será o gerenciamento dos recursos hídricos na UC, de forma que eles se aproximem ao máximo, do seu estado natural original.

Como o SIG é um modelo computacional que representa, de forma simplificada, a realidade, se faz necessário estabelecer quais dados serão inseridos neste sistema para que haja uma boa integração desses elementos e o objetivo final seja alcançado.

Em primeiro lugar o sistema deverá incluir as informações relativas aos recursos hídricos existentes na UC. Estas são informações, como será visto a seguir, que correspondem a instâncias das classes *hidrografia* enumeradas na EDGV. Os elementos e objetos que impactam os recursos hídricos (ex. núcleos populacionais, rodovias, etc.) serão representados por objetos pertencentes a outras classes. Todos esses elementos serão agregados em mapas temáticos que facilitem a análise da situação dos recursos hídricos da UC e permitam o seu gerenciamento. As informações introduzidas no sistema compreendem: a área de abrangência da UC; redes hidrográficas existentes; distribuição espacial das bacias hidrográficas; distribuição espacial da cobertura vegetal e uso da terra;

áreas de maior declividade; tipos de solo; localização dos habitantes locais; informações sobre a composição físico-química e qualidade das águas nas diferentes bacias; localização de atividades potencialmente poluidoras; pontos de lançamento de efluentes e resíduos poluidores; localização das estações de monitoramento da qualidade e volume de água; áreas sob risco de contaminação por produtos perigosos, em decorrência de possíveis acidentes; localização de áreas degradadas; escala das informações, dentre outras.

Dados confiáveis da folha topográfica proveniente do IBGE e mapas temáticos, uma vez obedecidas as informações contidas nos metadados, foram essenciais para alimentar o sistema. Também os subsídios oriundos do Plano de Manejo da Reserva Biológica União (ICMBIO, 2007) foram altamente relevantes na aquisição dos dados sobre a reserva.

As seguintes etapas foram identificadas na metodologia proposta.

3.1 Especificação da Base Cartográfica

A composição de um SIG se inicia com a preparação da base cartográfica, que é o alicerce para a obtenção de resultados precisos. Por isso é necessária a consulta dos metadados referentes à cartografia, antes de iniciar os trabalhos, pois ele fornecerá as principais informações sobre os dados básicos que estão sendo utilizados e também a responsabilidade técnica dos mesmos.

A base cartográfica utilizada foi confeccionada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Denomina-se Rio Dourado, encontra-se na escala 1:25.000, o índice de nomenclatura é MI-2717-4-SE e possui as seguintes características técnicas: ortofotomosaicos obtidos por aerofotogrametria digital oriundos de fotografias aéreas na escala 1:30.000 e pontos de controle de campo para a escala de 1:25.000. Sistema de Projeção UTM, fuso 23, Datum Vertical Imbituba – SC e Datum Horizontal SIRGAS 2000. Cabe ressaltar a importância do Datum Horizontal em SIRGAS 2000, porque este é o novo referencial adotado pelo Brasil que visa facilitar o posicionamento com GPS.

3.2 Plataforma Computacional

Utilizou-se o programa GeoMedia, que disponibiliza poderosas ferramentas de análise, incluindo consultas geoespaciais e de atributos, *buffer zones*, *overlays* e mapas temáticos. Através de sua tecnologia de servidor de dados, pode-se facilmente aplicar análises através de diversos formatos geoespaciais. A tecnologia GeoMedia foi desenvolvida especialmente para realizar qualquer tipo de análise pois permite que múltiplas operações sejam realizadas simultaneamente. Qualquer mudança de dados no decorrer do projeto será atualizada automaticamente nos resultados finais (SISGRAPH, 2009).

O GeoMedia foi escolhido pelo fato deste *software* suprir as necessidades requisitadas neste trabalho.

É importante ressaltar que o resultado final foi disponibilizado em extensão *shapefile*, podendo ser empregado em qualquer programa compatível com este formato, de grande disseminação no mercado.

3.3 Preparação da Base Cartográfica

Preliminarmente, é primordial que sejam estabelecidos os sistemas de projeção e geodésico, estabelecidos na carta, especificando-os no programa GeoMedia.

Como parâmetro da projeção foi estabelecido o hemisfério sul, e o fuso 23, correspondente à região estudada.

Como *datum* geodésico foi especificado o WGS-84, por possuir os mesmos parâmetros do SIRGAS 2000.

Os arquivos disponibilizados pelo IBGE estavam em extensão “DGN”, formato da Microstation, ou seja, são arquivos originalmente voltados para aplicações do tipo *Computer-Aided Design* (CAD). O software em CAD possui estrutura apenas vetorial e não armazena informações sobre os elementos cartográficos em banco de dados. Esses arquivos foram transformados em extensão CSD, para que pudessem ser “abertos” no programa GeoMedia e, posteriormente, convertidos para a extensão “MDB”. Esta extensão possibilita, dentro do programa, a associação dos dados vetoriais à modelagem do banco de dados utilizado no trabalho – EDGV - Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais.

É importante destacar que os arquivos em extensão CSD devem ser armazenados juntamente com os arquivos de extensão DGN para que sejam assumidos os parâmetros de projeção contidos nos arquivos em Microstation na ocasião da utilização do arquivo em CSD. Isto se deve ao fato de que o CAD não armazena no banco de dados os parâmetros de referência quanto à projeção e sistema geodésico.

O mesmo procedimento foi realizado com todos os arquivos em extensão DGN referentes à cartografia básica da área em estudo, conforme visualizado na figura 2, que agrega os dados relativos a todos os arquivos.

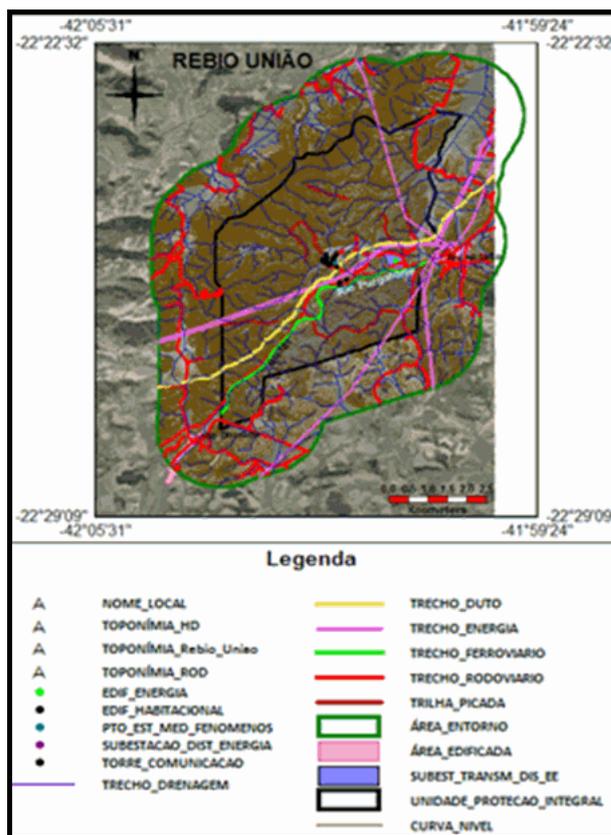


Fig.2 - Área representada com todos os elementos gráficos.

3.4 Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais - EDGV

Outro componente de extrema importância na concepção de um SIG é o modelo de dados proposto para o sistema. O modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizado para estruturar dados em um sistema computacional (CÂMARA, 1995), ou seja, o modelo de dados define como o mundo real é representado computacionalmente.

A CONCAR, órgão colegiado do Ministério do Planejamento é a instituição responsável em fixar as diretrizes e bases da cartografia brasileira. Como parte da política cartográfica nacional, a CONCAR procura padronizar as estruturas de dados espaciais, facilitando o compartilhamento de dados, a interoperabilidade e a racionalização de recursos entre os produtores e usuários de dados e informação cartográfica.

Neste contexto, em 2004 foi instituído um Comitê Especializado para a Estruturação da Mapoteca Nacional Digital (CEMND), liderado pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), órgãos este, responsáveis pela cartografia oficial do Brasil e outras instituições afins (CONCAR, 2009), com a atribuição de elaborar um novo modelo de estruturação dos dados cartográficos, de maneira que atendesse às necessidades de todas as instituições que utilizam e distribuem dados geoespaciais no Brasil, permitindo a interoperabilidade e cooperação entre elas. Assim foi elaborada a Estrutura

de Dados Geoespaciais Vetoriais – EDGV, segundo o modelo de Orientação a Objeto, que se adapta melhor à representação do mundo real.

Como os elementos reais são muito complexos para serem representados em todos os detalhes, se faz necessário simplificá-los de forma adequada. A Técnica de Modelagem de Geo-objetos ou *Geo-Object Modelling Technique (OMT-G)* é, atualmente, a mais apropriada para realizar as abstrações do mundo real, pois é capaz de modelar a geometria e a topologia dos dados geográficos, facilitando tanto a representação dos objetos quanto seus relacionamentos espaciais. (DAVIS et al, s.d.). O modelo OMT-G utiliza o diagrama de classes da *Unified Modeling Language (UML)* para representar a estrutura e relações das classes que servem de modelo para objetos.

Em 27/09/2007, foi apresentada a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais na versão 2.02 (CONCAR).

Em 27/11/2008, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), sob a responsabilidade da CONCAR, foi instituída por meio do decreto no 6.666 (BRASIL, 2008), pelo presidente da República, no âmbito do poder executivo federal, com o seguinte objetivo:

I - promover o adequado ordenamento na geração, no armazenamento, no acesso, no compartilhamento, na disseminação e no uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal, em proveito do desenvolvimento do País;

II - promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais pelos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal, dos padrões e normas homologados pela Comissão Nacional de Cartografia - CONCAR; e

III - evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de dados geoespaciais pelos órgãos da administração pública, por meio da divulgação dos metadados relativos a esses dados disponíveis nas entidades e nos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal.

Com a finalidade de promover o intercâmbio, o compartilhamento de dados entre instituições e a interoperabilidade entre aplicativos, aderiu-se, no banco de dados do SIG proposto, à Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais (EDGV), integrante da Mapoteca Digital Nacional (MND) e à técnica de modelagem conceitual *Object Modeling Technique (OMT-G)*.

É importante esclarecer que a modelagem de dados proposta na EDGV será aplicada aos elementos referentes à cartografia básica, isto é, ao conjunto de categorias de informação constantes da EDGV. Já a modelagem dos elementos ou objetos que não se enquadram nas categorias propostas pela EDGV e que constituem subconjuntos ou temas específicos será efetuada de acordo com as informações da legenda

No quadro 1, estão relacionadas, de forma genérica, as categorias de informação que foram contempladas na concepção da EDGV.

Seção 1	Hidrografia	Representa o conjunto das águas interiores e oceânicas da superfície terrestre, bem como elementos, naturais ou artificiais, emersos ou submersos, contidos nesse ambiente.
Seção 2	Relevo	Representa a forma da superfície da Terra e do fundo das águas tratando, também, os materiais expostos, com exceção da cobertura vegetal.
Seção 3	Vegetação	Representa, em caráter geral, os diversos tipos de vegetação natural e cultivada.
Seção 4	Sistema de Transporte	Agrupa o conjunto de sistemas destinados ao transporte e deslocamento de carga e passageiros, bem como as estruturas de suporte ligadas a estas atividades.
Seção 5	Energia e Comunicações	Representa as estruturas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia, bem como as de comunicação.
Seção 6	Abastecimento de Água e Saneamento Básico	Agrupa o conjunto de estruturas associadas à captação, ao armazenamento, ao tratamento e à distribuição de água, bem como as relativas ao saneamento básico.
Seção 7	Educação e Cultura	Representa as áreas e as edificações associadas à educação e ao esporte, à cultura e ao lazer.
Seção 8	Estrutura Econômica	Representa as áreas e as edificações onde são realizadas atividades para produção de bens e serviços que, em geral, apresentam resultado econômico.
Seção 9	Localidades	Representa os diversos tipos de concentração de habitações humanas.
Seção 10	Pontos de Referência	Agrupa as classes de elementos que servem como referência a medições em relação a superfície da Terra ou de fenômenos naturais.
Seção 11	Limites	Representa os distintos níveis político-administrativos e as áreas especiais; áreas de planejamento operacional, áreas particulares (não classificadas nas demais categorias), bem como os elementos que delimitam materialmente estas linhas no terreno.
Seção 12	Administração Pública	Representa as áreas e as edificações onde são realizadas as atividades inerentes ao poder público.
Seção 13	Saúde e Serviço Social	Representa as áreas e as edificações relativas ao serviço social e à saúde.

Quadro 1 - Categorias de Informação da EDGV.

Fonte: CONCAR

Foram exemplificadas algumas instâncias de classes compreendidas nas Categorias de Informação da EDGV listadas no quadro 1, relativas a algumas feições da cartografia básica da Rebio União, juntamente com a descrição dos seus respectivos atributos.

A Figura 3 exibe uma instância da classe Trecho_Drenagem da EDGV – Seção I – Hidrografia, correspondente ao trecho de drenagem do Rio Purgatório. Note-se que apenas os atributos disponíveis no momento foram incluídos no banco de dados.

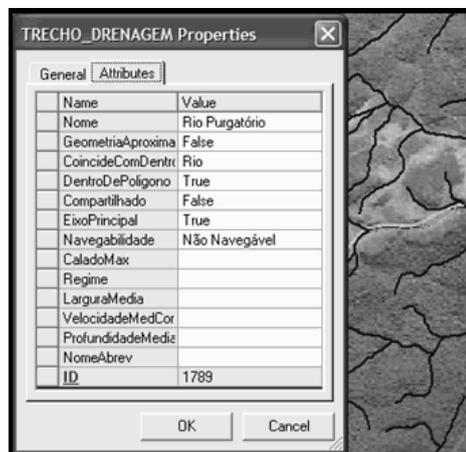


Fig. 3 – Trecho de drenagem

A figura 4 refere-se à seção 4 da EDGV, Sistema de Transporte, onde são consideradas, no exemplo, as informações sobre dutos.

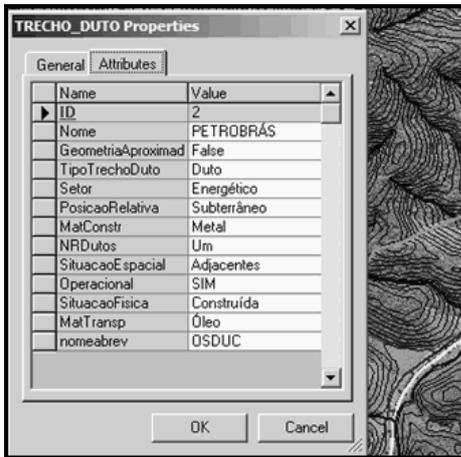


Fig.4 – Trecho de duto.

3.5 Mapas Temáticos

Um SIG para gerenciamento de recursos hídricos precisa, além dos mapas básicos, elaborados com todo o rigor cartográfico, de mapas temáticos relacionados aos mapas básicos e que representem os elementos e fatores que impactam os recursos hídricos. A principal dificuldade encontrada na preparação de um SIG é que muitos desses temas são multidisciplinares e dependem da disponibilização e, às vezes, da própria criação dessas informações. Por vezes os mapas temáticos existem, mas em escalas inapropriadas ao estudo que se deseja realizar.

Um Plano de Manejo bem elaborado apresenta mapas temáticos sobre as características físicas da área como geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso do solo, entre outros, possibilitando a construção de um sistema de informação bem estruturado.

Cabe ressaltar que a Unidade de Conservação Rebio União possui todos esses temas em seu Plano de Manejo. Desta forma, os mapas temáticos disponíveis foram georreferenciados e incluídos no SIG.

São exemplificados apenas dois mapas temáticos: Pedologia e Mapa da Vegetação e Uso do Solo, conforme mostrados nas figuras de 5 e 6.

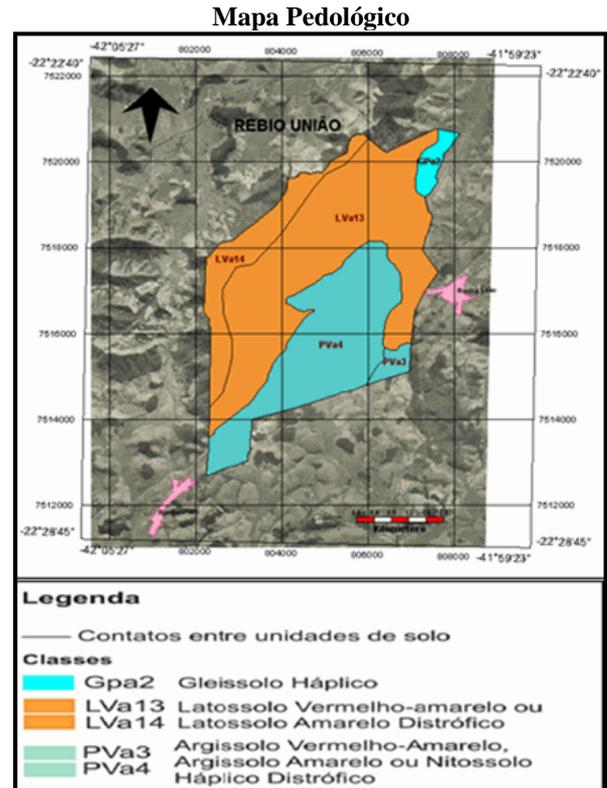


Fig. 5 - Mapa temático de Solos

Mapa de Vegetação e Uso do Solo

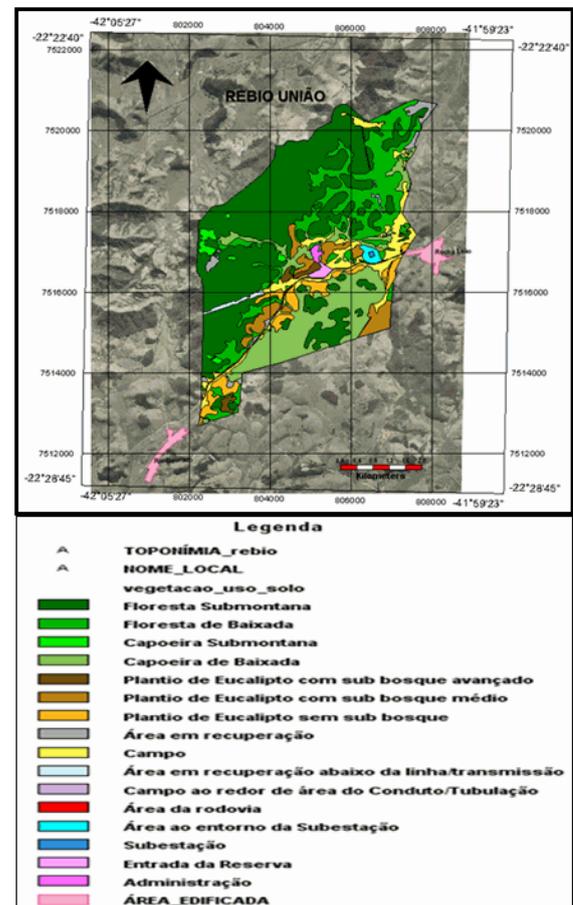


Fig. 6 - Mapa de Vegetação e Uso do Solo

3.6. Validação Topológica

Após a digitalização de todas as feições foi realizada a validação topológica das mesmas, para que as futuras análises espaciais pudessem ser obtidas corretamente. Com isso todas as feições foram relacionadas adequadamente umas com as outras, segundo os parâmetros geométricos e de conectividade.

Primeiramente foi efetuada a validação quanto à geometria para verificar os pontos duplicados, ou linhas cruzadas.

Após realizar a correção geométrica em todas as feições, efetuou-se a validação quanto à conectividade, onde foram verificados os erros do tipo:

- elementos gráficos que não se interceptam (*undershoots*);
- elementos gráficos se cruzam existindo uma sobra além do limite fixado (*overshoots*);
- nodos que não estão interligados (*node mismatches*);
- elementos que se cruzam, porém não existe uma interseção entre eles (*unbroken intersecting geometry* e: *non-coincident intersecting geometry*);
- pontos que deveriam ser coincidentes, porém só estão muito próximos (*nearly coincidente geometry*).

4. ANÁLISES E RESULTADOS

Após organizar a base de dados espacial e efetuar todos os procedimentos na elaboração do SIG, foram realizadas consultas e verificadas as relações espaciais dos elementos geográficos dentro da UC que afetam diretamente os recursos hídricos.

Primeiramente, a área da UC foi analisada com todos os elementos, para se ter uma visão geral e também se identificar os elementos incompatíveis com a preservação dos recursos hídricos na área da UC. Apesar de ser uma reserva biológica e estar sob proteção integral, pôde-se observar inicialmente na carta topográfica, na ortofotocarta e também no plano de manejo, que existem muitos elementos dissonantes e que apresentam riscos constantes no que se refere ao comprometimento da qualidade da água na reserva. Segue-se a enumeração desses elementos:

- Rodovia BR-101;
- Gasoduto;
- Oleoduto;
- Linhas de transmissão;
- Estrada de Ferro;
- Áreas contaminadas por creosoto;
- Áreas com plantio de Eucalipto;
- Esgoto doméstico não tratado.

Com a utilização do SIG e realizando análises espaciais e comparativas dos elementos desarmônicos dentro da UC Rebio União, foi possível elaborar um diagnóstico consistente da área e confeccionar dois mapas: Mapa de Apoio à Gestão e Monitoramento e o Mapa de Novo Limite.

O Mapa de Apoio à Gestão e Monitoramento traz as informações sobre os elementos incompatíveis com os objetivos da UC e os diferentes pontos, de acordo com sua localização, para se realizar a coleta de água, para fins de sua posterior análise. Também é possível: i) a localização, quantificação e destaque espacial das áreas dentro da reserva que necessitam de uma atenção maior por parte dos agentes ambientais, como as áreas com plantações de eucaliptos com suas especificidades e uma área identificada por ter sido contaminada por creosoto; ii) a identificação e localização dos núcleos urbanos que podem comprometer de forma negativa a UC, como a localidade de Rocha Leão em que seus efluentes de esgoto fluem para dentro da reserva, mas também, que podem atuar positivamente, servindo como bases de apoio para atuações junto à UC tanto de material humano como de logística; iii) localizar os elementos de engenharia com influência direta sobre a UC, como a rodovia BR-101, as linhas de transmissão, gasoduto, estrada de ferro, etc. e fazer uma integração dessas feições com as demais, para um melhor conhecimento da região. Este mapa servirá para que os gestores possam atuar e monitorar a área da UC de acordo com suas possibilidades reais e aplicar medidas corretivas e mitigadoras. A figura 7 ilustra o Mapa de Apoio à Gestão e Monitoramento.

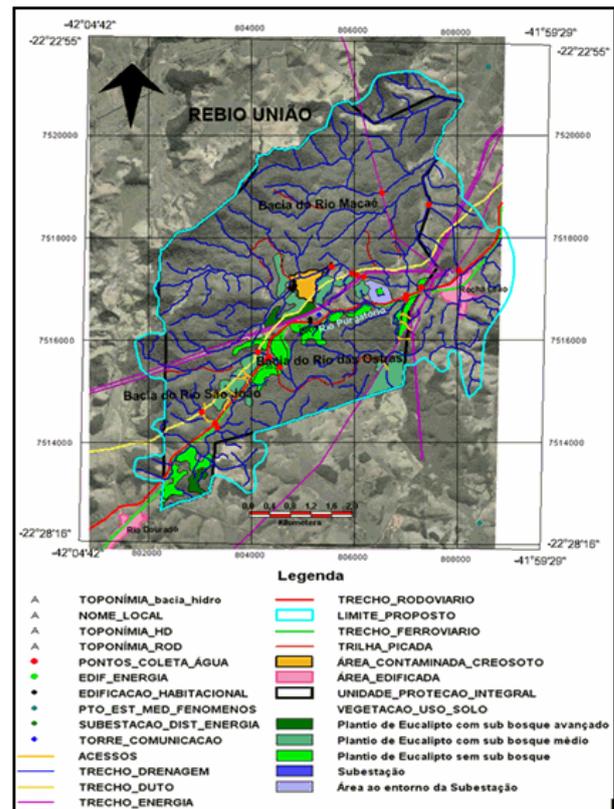


Fig. 7 - Mapa de Apoio à Gestão e Monitoramento

O outro mapa, denominado Mapa de Novo Limite (figura 8), contendo a sugestão de um novo limite para a Reserva Biológica União, é o resultado da análise das bacias hidrográficas da região. Nele, foi

possível comprovar que os limites da UC seriam mais plausíveis se fossem demarcados pelos divisores de água, cujos mananciais fluíssem para dentro da reserva.

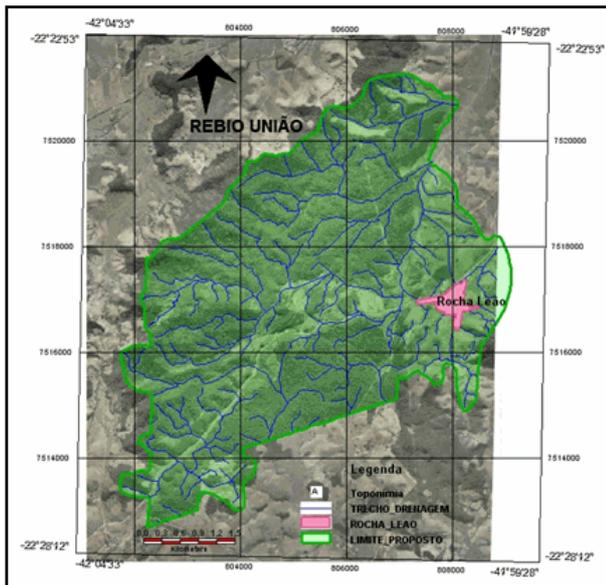


Fig. 8 – Proposição de novos limites para a área da reserva.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia apresentada e o SIG desenvolvido apontam para a concepção de novas estratégias de gestão e monitoramento ambiental, possibilitando a recuperação e preservação das águas dentro da reserva biológica Rebio União, pois fornece um meio de detectar o porquê e onde o sistema hídrico da UC se desvia dos parâmetros desejados, sendo um instrumento eficaz para ser aplicado em sistemas hídricos de qualquer região.

Também demonstra a viabilidade do emprego da EDGV na estruturação da cartografia básica em Sistemas de Informações Geográficas. É importante observar que o estudo de caso - a Rebio União - uma Unidade de Conservação, referenda a aplicação ampla deste insumo para os mais diversos tipos de usuários.

Recomenda-se que a Estrutura de Dados Geográficos e Vetoriais – EDGV incorpore outras categorias de informação representativas de dados temáticos (ex. geologia, geomorfologia, etc.), a fim de que possa se ampliar o intercâmbio, o compartilhamento de dados entre instituições e a interoperabilidade entre aplicativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto no 6.666, de 27 de novembro de 2008**. Institui no âmbito do Poder Executivo federal, a Infra-Estrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm>. Acesso em 12 mar. 2009.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L9985.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2008.

CÂMARA, Gilberto. Sistemas de Informações Geográficas: conceitos básicos. In: _____. **Modelos, linguagens e arquiteturas pra bancos de dados geográficos**. 1995. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/teses/lauro/cap2.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Comissão Nacional de Cartografia. **Plano de ação para implantação da infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE**. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Comissão Nacional de Cartografia. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Digitais Vetoriais (Versão 2.02)**. Brasília, DF, 2007.

DAVIS, Clodoveu; BORGES, Karla. **Modelagem de Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 15 mar. 2009.

DAVIS, A. C.; BORGES, K. A. V.; LAENDER, A. H. F. **OMT-G: An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications**. *GeoInformatica Journal*, pp. 221-260, Volume 5, Number 3 / September, 2001, Springer Netherlands.

SISTEMA Geocêntrico de Referência para a América do Sul (SIRGAS). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/antecedentes.htm>>. Acesso em: 22 set. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Resumo executivo do Plano de Manejo da Reserva Biológica União**. Rio de Janeiro, maio 2007.

GeoMedia. SISGRAPH. Disponível em: <<http://www.sisgraph.com.br/geomediasuite/pro/default.asp>>. Acesso em: 28 set. 2009.

SYSTEMS theory. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Systems_theory>. Acesso em: 11 mar. 2010.