

SISTEMAS DE INFORMACOES GEOGRÁFICAS APLICADOS AO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CBH-PARAOPEBA – ALTO SAO FRANCISCO EM MINAS GERAIS.

Ana Maria Coimbra Carneiro¹
Sheyla Aguilar de Santana¹
Renata Hungari de Oliveira¹
Mauro da Costa Val¹

¹ CIBAPAR – Consórcio Intermunicipal da Bacia do Rio Paraopeba
Av. Solimões, 218 – Brasília – Betim/MG
anamariacoimbra@yahoo.com.br
shesantana@gmail.com
renata.hungari@gmail.com
mcostaval@uai.com.br

Abstract: In this work we will present the procedures of the developed stages during the accomplishment of the project of GIS construction applied the management hydric resources made for the CIBAPAR - Consórcio Intermunicipal da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba. Initially a recognitio hydric resources n of the area, followed of the adopted methodology and the gotten analyses will be made and results.

Palavras-chave: GIS, hydric resources, management, SIG, recursos hídricos, gestão.

1. Introdução

A área do presente projeto possui cerca de 3.656 Km² e abrange total ou parcialmente, 19 municípios na região do Alto Paraopeba, são eles: Belo Vale; Bonfim; Brumadinho; Casa Grande; Congonhas; Conselheiro Lafaiete; Cristiano Ottoni; Desterro de Entre Rios; Entre Rios de Minas; Itaverava; Jeceaba; Lagoa Dourada; Moeda; Ouro Branco; Ouro Preto; Piedade dos Gerais; Queluzito; Resende Costa e São Brás do Suaçuí.

Os limites municipais foram extraídos de cartas topográficas em escala 1:50.000, enquanto que o limite da bacia do alto curso do Rio Paraopeba (área do presente projeto) foi definido a partir de cartas 1:25.000. Todo o mapeamento da base cartográfica (altimetria, hidrografia, rodovias, linhas de transmissão) foi desenvolvido nesta escala. Além da base cartográfica digital, o sistema possui informações sobre uso e cobertura do solo; informações hidrometeorológicas e fluviométricas; e informações cadastrais de usuários de recursos hídricos, todos estruturados em ambiente SIG.

Com relação ao uso do solo, foram discriminadas as seguintes classes de uso e cobertura do solo: Aeroportos, Agricultura, Área Alagada, Área Industrial, Área Urbana, Campo / Pastagem, Lagoa Intermitente, Lagoa Perene, Mineração, Pântano / Brejo, Reflorestamento, Represa Intermitente, Represa Perene, Rios, Vegetação Natural e Vilas.

Foi elaborado juntamente com o CIBAPAR, o Formulário de Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos. Este cadastro reúne informações imprescindíveis para o gerenciamento das águas do Paraopeba, as quais foram extraídas de modelos pré-existentes da ANA e do IGAM, além destas informações serem complementadas, foram inseridas ao formulário novas perguntas, visando atender os objetivos primordiais do CIBAPAR.

Em ambiente ArcView 8.1, foram desenvolvidas customizações para Balanço Hídrico, cadastro e consultas; e para emissão de relatórios e mapas.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

2.1 - DIGITALIZAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

Foram realizados procedimentos de controle de qualidade sobre as cartas digitalizadas (raster). Desta forma procurou-se corrigir variações de tonalidade.

2.2 – GEORREFERENCIAMENTO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS

O georreferenciamento dos raster das cartas topográficas foi realizado em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), utilizando ferramenta de processamento digital de imagens. Para cada uma das cartas do projeto foi gerada uma grade de coordenadas no sistema de projeção e *datum* originais da carta. Os pontos de controle foram coletados nas intersecções desta grade utilizando em média 80 pontos de controle.

2.3 VETORIZAÇÃO

2.3.1 – Altimetria

As feições vetorizadas das cartas topográficas foram: pontos cotados, referências de nível (RNs), curvas mestras e intermediárias. As curvas de nível foram vetorizadas de forma contínua, sem interrupções nos textos, com o valor da cota da curva. A inserção da cota altimétrica das feições vetorizadas foi realizada no instante da vetorização. Desta forma, toda a vetorização foi realizada garantindo a atribuição de valores de cota (Z), em arquivo digital.

2.3.2 - Hidrografia

As feições unifilares e bifilares vetorizadas das cartas topográficas foram: Hidrografia Unifilar Perene, Hidrografia Unifilar Intermitente, Pântanos e Brejos, Alagados, Lago e Lagoa Perene, Lago e Lagoa Intermitente, Represa ou Barragem Perene, Represa e Barragem Intermitente, Hidrografia Bifilar Perene e Hidrografia Bifilar Intermitente. O método utilizado de vetorização foi semi-automática.

Toda a rede hidrográfica unifilar foi vetorizada da montante para jusante, garantindo a direção do fluxo da hidrografia

A hidrografia bifilar atualizada em imagem ETM+ LANDSAT 7 Posteriormente, foram vetorizados elementos de conexão entre a hidrografia unifilar e bifilar. O limite da bacia hidrográfica foi traçado pelo divisor de águas, utilizando a altimetria das cartas topográficas na escala 1:25.000.

2.4 - GERAÇÃO DA DECLIVIDADE

A declividade foi gerada em ambiente SIG por meio do *software Arc/Info*. Para a sua elaboração foram utilizados os módulos *TIN (Triangulated Irregular Network)* e *GRID*, gerando- e modelo digital de elevação, com 5 metros de resolução, a partir de curvas de nível, pontos cotados e rede hidrográfica.

3. MAPEAMENTO DE USO DO SOLO E VEGETAÇÃO

O mapeamento de vegetação da região compreendida pelo Alto Rio Paraopeba (*vide figura 8*), utiliza-se de técnicas de Sensoriamento Remoto e interpretação de imagens digitais do sensor Thematic Mapper do satélite LANDSAT 7, com fusão da banda 8 (Pancromática) com as bandas 3, 4 e 5, o que resultou em um produto com resolução de 15 metros.

O mapeamento foi executado em escala 1:20.000, com a identificação de temas de vegetação.



Figura 1. Área de abrangência do Alto Curso do Rio Paraopeba

3.1. PROCESSO DE INTERPRETAÇÃO

Para o mapeamento do uso do solo no Alto Rio Paraopeba, procedeu-se de maneira a utilizar a percepção clara de verdades e, além dessa percepção, o uso do raciocínio lógico e comparativo, confrontando semelhanças e/ou diferenças através de elementos de análise, tais como: a textura, a forma, a cor, o tamanho/volume e o padrão.

Utilizou-se, portanto, uma mistura entre os métodos das chaves, sistemático e intuitivo, de acordo com a necessidade.

3.2. LEGENDA ADOTADA

Uso do solo designa qualquer forma de ocupação do solo, tanto pela cobertura vegetal natural, quanto pelas diversas atividades humanas, como áreas urbanas, atividades agropecuárias, mineradoras, industriais e extrativistas. Foram mapeadas as seguintes “classes” de uso do solo: Aeroporto, Agricultura, Área Alagada, Área Industrial, Área Urbana, Campo / Pastagem, Lagoa Intermittente, Lagoa Perene, Mineração, Pântano / Brejo, Reflorestamento, Represa Intermittente, Represa Perene, Rio, Vegetação Natural e Vila.

4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA - ESTRUTURAÇÃO EM SIG

4.1 CRIAÇÃO DO BANCO DE DADOS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAPEBA

Trata-se de todos os processos realizados para a criação do banco de dados para o sistema proposto ao CIBAPAR no que tange ao gerenciamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Paraopeba.

4.1.1 CRIAÇÃO DO MODELO DE DADOS DO PROJETO

A modelagem de dados foi compreendida em três etapas:

Modelagem conceitual: Esta etapa de trabalho compreende a pesquisa e conhecimento preliminar dos dados alfanuméricos e espaciais a serem levantados para a entrada no sistema, suas funções e aplicações, bem como o conhecimento do fluxo de informações.

Modelagem lógica: O desenvolvimento do modelo lógico necessita das atividades de implementação, em ferramenta de modelagem de dados (*ErWin*), da lista de atributos dos dados alfanuméricos e espaciais, levantados na modelagem conceitual, agrupados em entidades lógicas, bem como os relacionamentos entre estes.

Modelagem física: Nesta fase é definida a estrutura da base de dados alfanuméricos e espaciais no banco de dados, tais como nomes físicos de tabelas, de campos (colunas), tamanhos e tipos de campos (colunas), entre outros, em ferramenta de modelagem de dados.

4.1.2 CRIAÇÃO DO *PERSONAL GEODATABASE*

Grande parte dos dados que compõem o sistema proposto para o CIBAPAR estão estruturados e armazenados em um banco de dados local denominado CIBAPAR.mdb em plataforma *Microsoft Access*. Por se tratar de um banco de dados que armazena dados locais, este é entendido no *ArcGIS* como um *Personal Geodatabase*. Todo *Personal Geodatabase* é armazenado em um arquivo de extensão

.mdb, onde é possível manipular dados espaciais como ponto, área, linha e anotação e dados tabulares relacionados entre si.

Concretizadas as fases de modelagem, através de ferramentas apropriadas (*ErWin*), foram geradas e carregadas todas as tabelas, seus relacionamentos e registros que armazenam dados espaciais e alfanuméricos em um *Personal Geodatabase* denominado CIBAPAR. Os dados geográficos foram inseridos no banco de dados CIBAPAR através de funcionalidades próprias do ArcCatalog em ambiente ArcGIS. Trata-se de um processo de conversão de *Shape Files* (formato de dados espaciais do ArcView) para *Feature Class* (formato de dado suportado em um *Personal Geodatabase*).

Alguns dados do sistema não são suportados pelo *Personal Geodatabase* e, portanto estão armazenados localmente em uma estrutura de diretório específica para que os aplicativos customizados possam localizá-los.

4.2 ESTRUTURA DOS DIRETÓRIOS

Todos os dados do sistema se encontram em uma estrutura de diretórios. Esta estrutura armazena todos os arquivos necessários para o funcionamento dos aplicativos desenvolvidos em ArcGIS. Esta estrutura é ilustrada na figura 02.



Figura 02 – Estrutura de Diretórios

O motivo de se criar previamente esta estrutura deve-se ao fato de que os dados a serem manipulados pelo sistema estão armazenados localmente. Em alguns casos, os aplicativos do sistema necessitam armazenar temporariamente alguns arquivos.

Esta estrutura de diretórios é imprescindível para o funcionamento dos aplicativos ArcView e seu conteúdo será especificado a seguir.

A pasta CIBAPAR armazena todas as sub-pastas necessárias para o funcionamento do sistema:

Dados Locais: responsável pelo armazenamento de todos os dados geográficos não suportados em Personal Geodatabase, modelo de relatório, modelo de layout de impressão e arquivos temporários. Cada tipo de arquivo está armazenado em uma sub-pasta:

Declividade: armazena um formato de arquivo grid que representa a declividade extraída para a área do projeto (bacia do rio Paraopeba).

Dem: armazena um formato de arquivo grid que representa o modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraopeba.

Imagem Landsat: armazena a imagem Landsat no formato Tif utilizada para a extração do uso do solo para a área do projeto.

Modelo Layout: armazena os templates, ou seja, os formatos padronizados de layouts de impressão (orientação retrato e paisagem) disponíveis nos formatos A0, A1, A2, A3 e A4.

Relatórios: armazena os templates, ou seja, os modelos pré-definidos de relatórios de impressão que será emitido através de aplicativos específicos de geração de relatórios.

ScanMaps: armazena todos os scanmaps da área do projeto. Trata-se de 31 rasters coloridos e georreferenciados extraídos a partir de cartas topográficas nas escalas 1:25.000 e 1:50.000.

Tmp: Em muitos casos, os aplicativos necessitam gerar arquivos temporários durante seu processamento. É neste diretório que estes arquivos serão armazenados

Personal Geodatabase: responsável pelo armazenamento do banco de dados do sistema denominado CIBAPAR.mdb. Neste banco de dados estão armazenados todos os dados geográficos como, hidrografia (linear e polígona), uso do solo, altimetria (linha e polígono), municípios, ponto de captação, ponto de lançamento, entre outros, bem como todas as tabelas alfanuméricas que se relacionam com os estes dados geográficos

5. FERRAMENTAS E APLICATIVOS

Trata-se aqui de todos os aplicativos que foram desenvolvidos com a finalidade de fornecer ao usuário informações detalhadas e responder às consultas específicas relativas ao sistema, associados às informações espacializadas.

Os aplicativos customizados disponibilizam ferramentas específicas (implementadas dentro do próprio ambiente ArcGIS) para atender ao objetivo da aplicação, minimizando assim, o esforço do usuário.

Além dos aplicativos específicos, foram desenvolvidas ferramentas de visualização e de geração de mapas temáticos.

A seguir são apresentados os fluxos de processos e o propósito de cada aplicativo, bem como suas funcionalidades e modo de integração com o banco de dados.

5.1 CADASTRO ESPACIAL DE USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Após o levantamento das reais necessidades do CIBAPAR na aquisição de informações sobre os usuários de recursos hídricos, e da confecção do Formulário de Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos, foi desenvolvido em ArcView um módulo de cadastro espacial e alfanumérico das informações destes usuários em um banco de dados. As informações cadastradas por este módulo poderão ser facilmente consultadas através de aplicativos desenvolvidos com este propósito. A figura 3 apresenta o fluxo de processos para o cadastro de usuários de recursos hídricos.

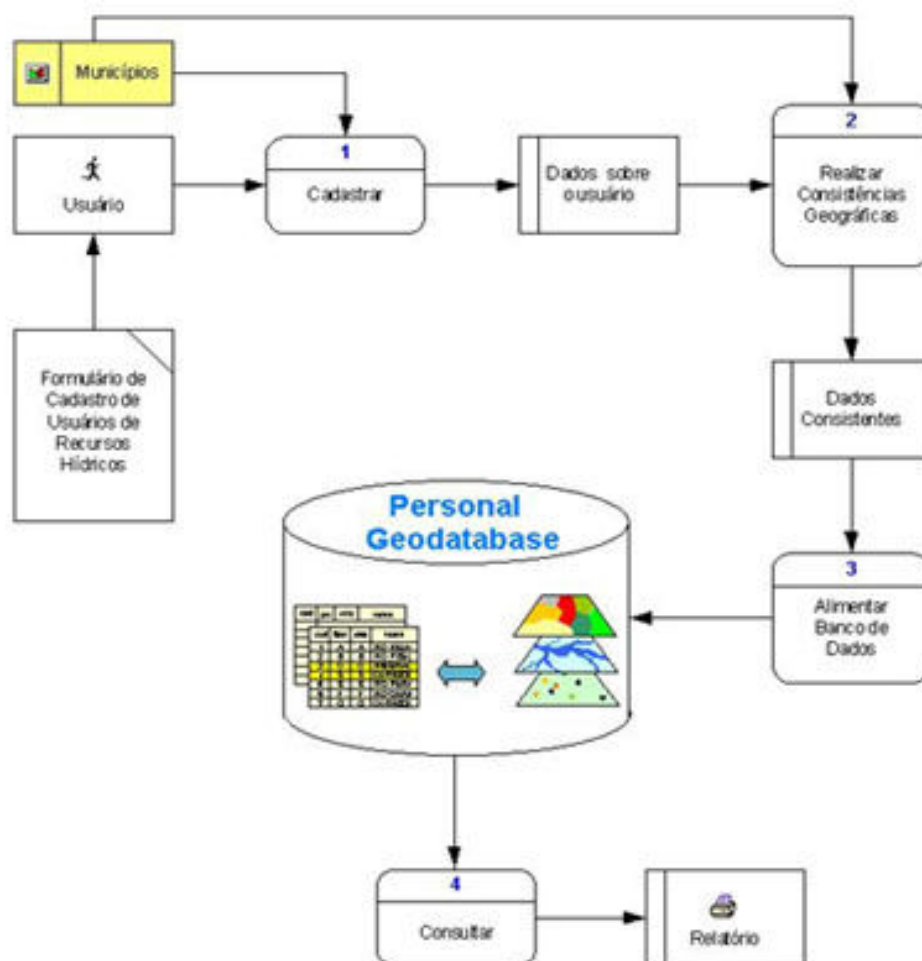


Figura 3 – Fluxo de Processos do Módulo de Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos

Processo 1 – Cadastrar

Este processo permite ao usuário cadastrar um novo usuário de recursos hídricos no banco de dados CIBAPAR.

Este processo consiste basicamente no cadastro das informações previamente levantadas em campo. Estas informações são imprescindíveis para a alimentação do banco de dados do sistema.

Processo 2 – Realizar Consistências Geográficas

Este processo verificará através de análises espaciais se as coordenadas do empreendimento (usuário) e as coordenadas dos pontos de captação e de lançamento informadas pelo usuário estão contidas nos limites municipais da área do projeto. Caso o usuário informe uma coordenada incorreta, o aplicativo exibirá uma mensagem de erro e solicitará uma coordenada correta.

Processo 3 – Alimentar Banco de Dados

Trata-se de um processo de cadastrar efetivamente um novo usuário de recursos hídricos no banco de dados CIBAPAR. Este processo consiste em espacializar um novo usuário de recursos hídricos, espacializar os pontos de captação e de lançamento e, associados a este novo usuário, cadastrar todas as suas informações relevantes, tais como:


- Dados de identificação do usuário
- Localização do usuário
- Localização, sazonalidade e vazão captada
- Localização, sazonalidade e vazão lançada
- Finalidade de uso

Processo 4 – Consultar

Permite realizar consultas previamente formuladas e criadas via comandos SQL sobre a gama de dados associados aos usuários de recursos hídricos cadastrados no banco de dados do sistema. O resultado das consultas podem ser impressos em forma de relatórios também predefinidos através de templates (modelo de relatório) em Crystal Reports.

5.1.1 A Interface Gráfica Do Módulo De Cadastro De Usuários De Recursos Hídricos

O módulo de cadastro pode ser facilmente acessado através do botão CURH

(Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos) representado pela figura . Este aplicativo está localizado na barra de ferramentas da interface gráfica do ArcGIS. Ao

acessar este módulo, o usuário poderá observar a existência de cinco abas contendo os seguintes tópicos:

- Identificação
- Empreendimento
- Propriedade
- Captação
- Lançamento

As figuras 4, 5 e 6 ilustram as interfaces gráficas para cadastro de informações sobre os usuários de recursos hídricos.

A interface 'Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos' apresenta a seguinte estrutura de dados na aba 'Identificação':

- Identificação:** Código: 1, Instituição Pesquisa: CIBAPAR, Data: 28/10/2002.
- Nome:** Valdevino Siqueira Campos
- Proprietário:** Carlos Eduardo Rodrigues
- Razão Social:** Cervejaria Budweiser
- Nome Fantasia:** Budweiser
- Responsável Técnico:** Edwing Gusmão da Silva
- CNPJ/CPF:** 00032555/0001-52, Inscr. Estadual: 25487587-5
- Endereço:** Avenida Pedro Friggi, 3100
- Localidade:** Vista Alegre
- Município:** CASA GRANDE, UF: MG
- Caixa Postal:** 12548758, CEP: 12215310
- Telefone:** (31) 2594-44-42, Fax: (31) 2594-44-2
- E-mail:** info@budweiser.com.br
- Observação:** Empresa em expansão com grande volume de captação. Atualmente atua somente na produção de cervejas. No futuro pretende estender seu mercado comercializando.

Figura 4 – Interface gráfica para cadastro da identificação do usuário

A interface 'Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos' apresenta a seguinte estrutura de dados na aba 'Empreendimento':

- Modalidade de Uso:** INDÚSTRIA / FÁBRICA RURAL
- Forma de Ocupação:** PROPRIETÁRIO
- Início da Operação:** 17/07/1973
- Localização Geográfica:** Latitude (y):, Longitude (x):
- Área Total:** 8,50 Hectare (ha)
- Indústria / Fábrica Rural:** Tipologia: OUTRA, Número Empregados:
- Tratamento de Água:** SIM, Vazão Específica: 2,25
- Dados do empreendimento sobre a caracterização do consumo de água:**

PRODUTO	UNIDADE (kg, t, l, m3)	PRODUÇÃO (unidade/dia)
- Porcentagem da vazão total captada destinada à indústria:**

JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO

A janela 'Coordenadas' está aberta, mostrando:

- Coordenadas Geográficas:** (desselecionado)
- Coordenadas Planas (UTM):** (selecionado)
- Coordenadas Planas (UTM):** Longitude (x): 586560.53, Latitude (y): 7691015.00
- Município:** Casa Grande - MG

Figura 5 – Interface gráfica para cadastro do empreendimento de um usuário de Recursos Hídricos

Figura 6 – Interface Gráfica para cadastrar informações sobre a propriedade

5.2 CONSULTAS ESPECÍFICAS AOS USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS

Este aplicativo permite ao usuário realizar consultas rápidas e visuais sobre os usuários de recursos hídricos já cadastrados no banco de dados. Com este aplicativo pode-se, por exemplo, consultar a vazão total captada ou lançada por tipo de uso em uma determinada bacia, município ou sub-bacia. Pode-se consultar somente os usuários de recursos hídricos cuja captação seja superficial ou subterrânea, por tipo de outorga (bombeamento, derivação, outro), por período de captação (contínuo ou temporário). O resultado da consulta será exibido na própria interface gráfica do aplicativo e também apresentará um resultado visual simbolizando os diferentes tipos de usuários.

A figura 7 apresenta o fluxo de processos de uma consulta sobre a vazão total captada por tipo de uso em uma determinada sub-bacia gerada automaticamente.

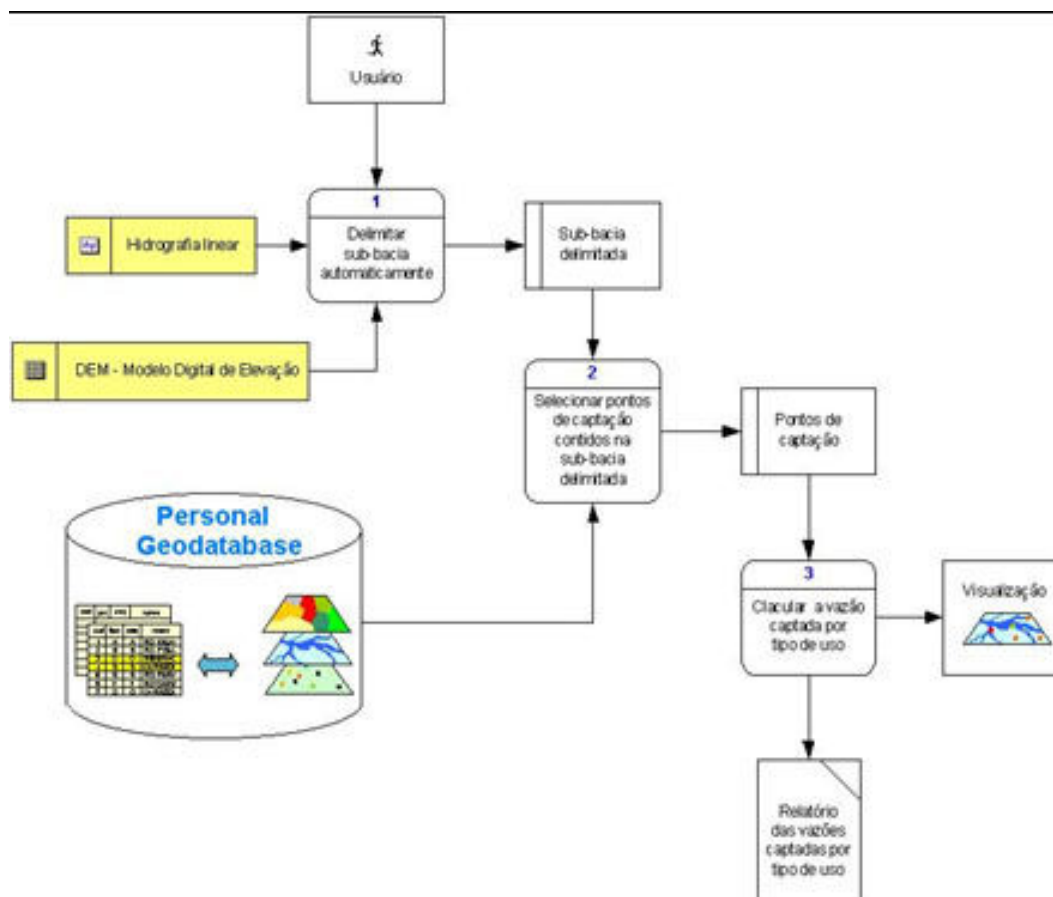



Figura 7 – Fluxo de Processos para Consulta de Vazão por Tipo de Uso

Processo 1 – Delimitar Sub-bacia Automaticamente

Consiste na definição de um ponto inicial sobre os temas DEM – Modelo Digital de Elevação e Hidrografia (linear) e a partir deste ponto, o aplicativo criará automaticamente uma sub-bacia a montante do ponto inicial especificado pelo usuário, levando em consideração o relevo da área em análise. Essa ferramenta no aplicativo é

representado pelo seguinte botão .

Processo 2 – Selecionar Pontos de Captação Contidos na Sub-bacia Delimitada

Através de funcionalidades de cruzamento espacial entre a sub-bacia em análise e o dado espacial (pontos de captação), serão obtidos todos os pontos de captação contidos nesta sub-bacia delimitada no processo 1.

Processo 3 – Consultar Vazão Captada por Tipo de Uso

Através dos pontos de captação contidos dentro da sub-bacia em análise, o aplicativo realizará as seguintes consultas:

Para cada ponto de captação existente na sub-bacia será verificado através de seus atributos cadastrados no banco de dados os parâmetros definidos pelos usuários. Neste exemplo, os parâmetros são os tipos de uso:

- Agricultura Irrigada
- Aquicultura
- Indústria / Fábrica Rural
- Mineração
- Obras Hidráulicas
- Pecuária
- Abastecimento Público
- Uso Doméstico
- Outros Usos

Para cada tipo de uso, será feita a somatória das vazões captadas. O resultado poderá ser visualizado na própria interface do aplicativo ou através de relatório contendo as informações:

- Nome da bacia (quando houver)
- Área da bacia (km² ou m²)
- Vazão total captada por tipo de uso (m³/h, m³/s ou l/s)
- Média das vazões por tipo de uso (m³/h, m³/s ou l/s)
- Número de usuários por tipo de uso
- Número total de usuários
- Somatória das vazões totais captadas na sub-bacia (m³/h, m³/s ou l/s)

O aplicativo também diferenciara através de símbolos gráficos distintos os diferentes tipos de uso. Assim, torna-se fácil a visualização no ArcGIS destes usuários.

5.3 INTERFACE GRÁFICA PARA CONSULTAS DE VAZÕES POR TIPO DE USO.

Este aplicativo pode ser acessado através do botão denominado Cálculo de Vazão



representado pela figura. Este aplicativo também está localizado na barra de ferramentas da interface gráfica do ArcGIS. A figura 8 apresenta a interface gráfica deste aplicativo.

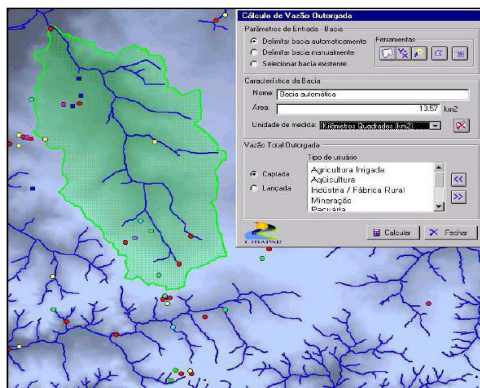


Figura 8 – Interface Gráfica do Aplicativo para Cálculo de Vazão por Tipo de Uso

5.4 ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO

Este aplicativo pode ser acessado através da barra de ferramentas do ArcGIS pelo botão

designado botão Balanço Hídrico representado pela figura



Sua finalidade permite realizar cálculos do balanço hídrico auxiliando no processo de outorga do CIBAPAR. A figura 9 apresenta o fluxo de processos para este aplicativo.

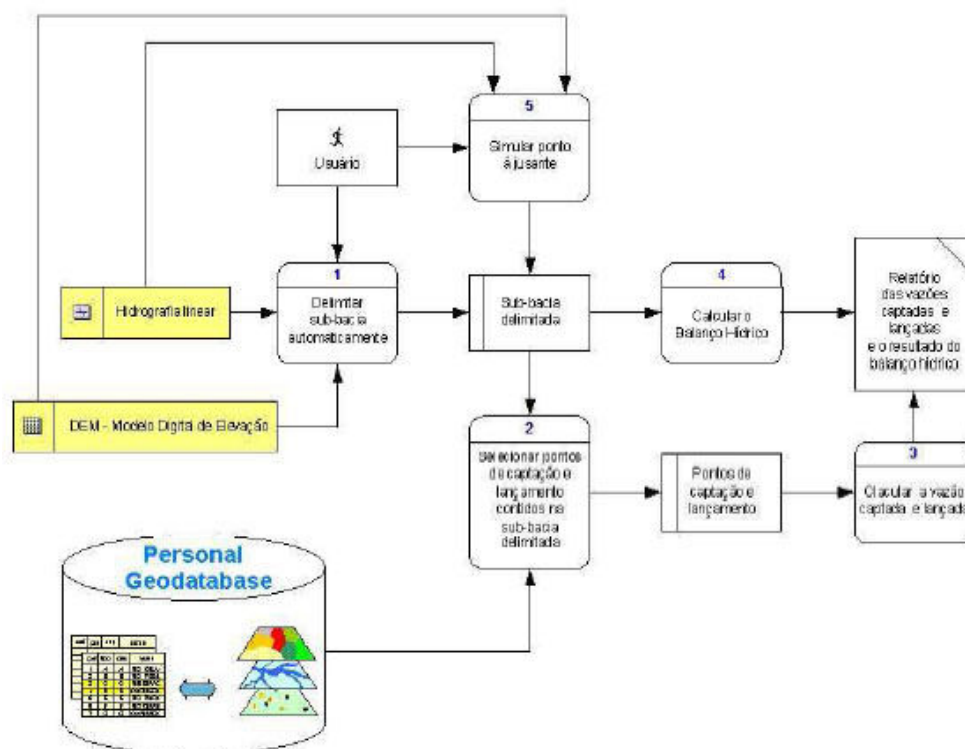


Figura 9 – Fluxo de Processos do Aplicativo Balanço Hídrico

Processo 1 – Delimitar Sub-bacia Automaticamente

Consiste na definição de um ponto inicial sobre os temas DEM – Modelo Digital de Elevação e Hidrografia (linear) e a partir deste ponto, o aplicativo criará automaticamente uma sub-bacia a montante do ponto inicial especificado pelo usuário, levando em consideração o relevo da área em análise.

Processo 2 – Selecionar Pontos de Captação e Lançamento Contidos na Sub-bacia Delimitada

Através de funcionalidades de cruzamento espacial entre a sub-bacia em análise e os dados espaciais (pontos de captação e ponto de lançamento), serão obtidos todos os pontos de captação e de lançamento contidos nesta sub-bacia delimitada no processo 1.

Processo 3 – Calcular a Vazão Captada e Lançada

Através dos pontos de captação e de lançamento contidos dentro da sub-bacia em análise, o aplicativo calculará a vazão total captada e a vazão total lançada. Estes resultados poderão ser visualizados na própria interface do aplicativo para comparar a disponibilidade hídrica da sub-bacia, resultante do processo 4, com os valores de

demanda, ou seja, das vazões captadas e lançadas, auxiliando, portanto, no processo de outorga.

As vazões captadas e lançadas serão apresentadas em metros cúbicos por segundo (m³/s) podendo o usuário alterar tal unidade (através de funcionalidades de conversão de unidade existente na interface do aplicativo) para metros cúbicos por hora (m³/h) ou litros por segundo (l/s).

Processo 4 – Calcular o Balanço Hídrico

O cálculo do balanço hídrico para a sub-bacia em análise será realizado de acordo com as regras de cálculo definida pelo CIBAPAR segundo estudos de regionalização realizados pela ANEEL.

A equação adotada para cálculo das vazões de longo período é:

Alto Paraopeba: $Q_{mlt} = 0,0212 * A^{0,973}$ (para área da sub-bacia maior que 85 km²)

Onde Q_{mlt} é a vazão média de longo termo em m³/s.

A é a área de drenagem em km² (esta área é extraída automaticamente pelo aplicativo após a geração da sub-bacia)

Processo 5 – Simular Ponto à Jusante

Ao término dos processos 1, 2, 3 e 4 o usuário terá um resultado das vazões captadas e lançadas, ou seja, resultados de demanda e o balanço hídrico a montante do ponto definido para a geração automática da sub-bacia. Neste processo 5, o usuário poderá simular e calcular as vazões captadas e lançadas e o balanço hídrico à jusante do ponto anteriormente definido, incluindo para o ponto a montante valores de captação e de lançamento para fins de simulação, verificando se este usuário a montante não prejudicará os usuários à jusante de acordo com os valores de demanda deste usuário.

Ao final deste processo, será exibido ao usuário o cálculo do balanço hídrico e as informações de demanda (total captado e lançado) para a sub-bacia em questão. O usuário poderá então comparar se o usuário (a montante) não está prejudicando os usuários à jusante, podendo conceder ou não a outorga a este novo usuário.

Os resultados são apresentados na própria interface do aplicativo podendo ser impresso em forma de relatório pré-definido. A figura 10 apresenta a interface gráfica deste aplicativo.

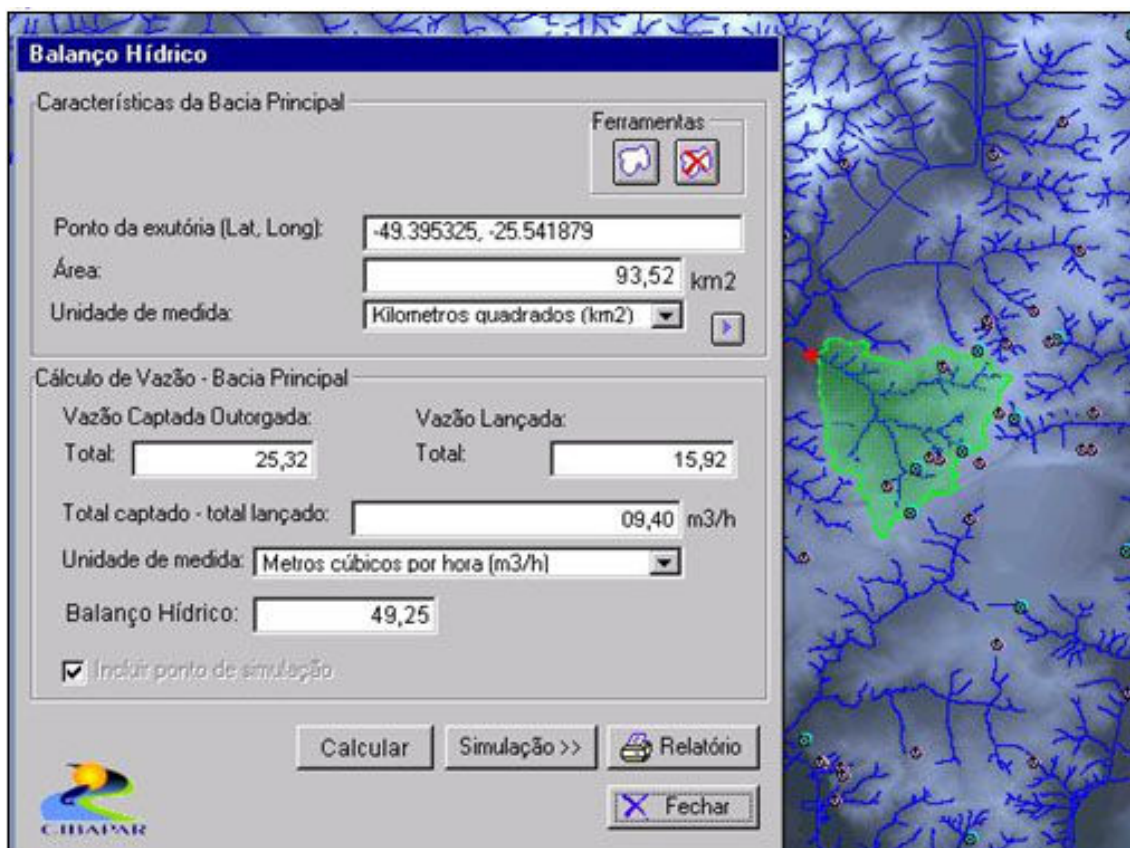



Figura 10 – Interface Gráfica do Aplicativo Balanço Hídrico

5.5 SCANMAPS

Este aplicativo se localiza na barra de ferramentas do ArcGIS e pode ser acessado

através do botão Scanmaps representado pela figura . Sua finalidade permite adicionar scanmaps (rasters) de cartas topográficas para a bacia Paraopeba.

Para que esta ferramenta esteja habilitada para uso, é preciso existir o tema denominado Grade de Cartas Topográficas na área de visualização do ArcGIS. Este tema é constituído por polígonos que representam as grades das cartas topográficas nas escalas 1:25.000 e 1:50.000.

Este aplicativo permite ao usuário adicionar um ou mais scanmaps através de atributos cadastrados no banco de dados:

- Nome: nome da carta topográfica;
- Nomenclatura: nomenclatura da carta topográfica;
- Número - MI: número (MI) de identificação da carta topográfica.

Ao selecionar uma das opções (nome, nomenclatura ou número - MI), todos os atributos referentes à opção selecionada serão listados, podendo o usuário selecionar os scanmaps que deseja visualizar. A figura 11 apresenta a interface gráfica deste aplicativo.

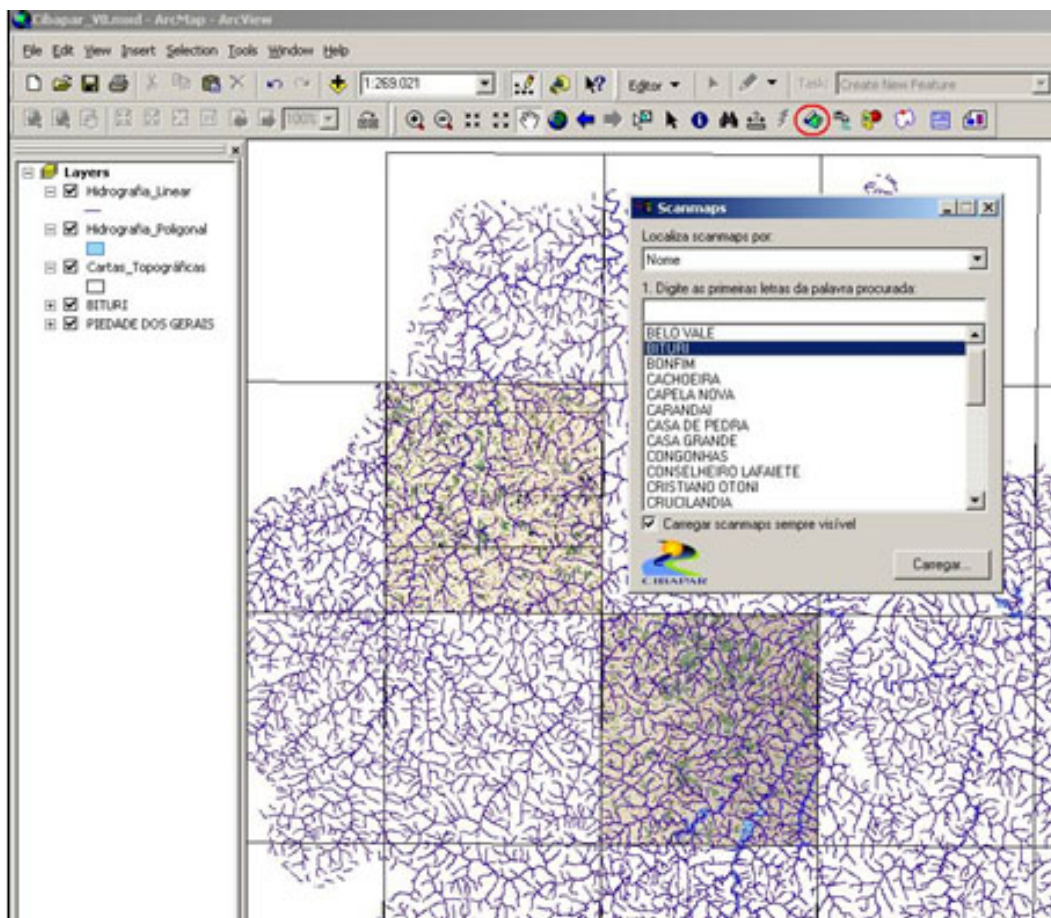


Figura 11 – Interface Gráfica do Aplicativo Scanmaps

5.6 CONSULTAS ESPECÍFICAS PARA EMISSÃO DE RELATÓRIOS

Os aplicativos customizados fornecem resultados em forma de relatório pré configurado, contendo título, data de criação, figuras, número de páginas e os diversos atributos provenientes do resultado das consultas pré-definidas sobre o banco de dados. A figura 12 apresenta a interface deste aplicativo.



Figura 12 – Interface Gráfica para Emissão de Relatórios

Através da interface gráfica, o usuário poderá selecionar o tipo de relatório desejado:

- Modalidade de Uso da Água
- Pontos de Captação

- Pontos de Lançamento
- Usuários de Recursos Hídricos

5.7 GERAÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS PARA IMPRESSÃO

Este aplicativo permite a geração rápida de mapas temáticos para impressão, podendo o usuário personalizar o seu layout através das diversas ferramentas (criar grades de coordenadas, inserir símbolo norte, legendas, textos, gráficos, figuras...) disponíveis no próprio ArcGIS.

Os mapas temáticos podem ser gerados a partir dos temas que o sistema disponibiliza (uso do solo, hidrografia, municípios, declividade, etc), podendo o usuário definir a escala de impressão, o tamanho da folha (A0, A1, A2, A3 e A4) e a orientação do layout (retrato ou paisagem).

Os layouts disponíveis estão todos pré-configurados, contendo a área de visualização do dado, os logotipos solicitados pelo CIBAPAR, data e escala de plotagem. Este aplicativo pode ser acessado através do botão Gera Mapa Temático na barra de

ferramentas do ArcGIS e é representado pela figura



A figura 13 apresenta a interface gráfica deste aplicativo.



Figura 13 – Interface gráfica do aplicativo para geração de layout

6. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado desse trabalho culminou na elaboração de quatro aplicativos específicos para a gestão de recursos hídricos.

A primeira delas é ferramenta sobre o cadastro de usuários da bacia que permite consultar, cadastrar, excluir e emitir relatórios sobre esses usuários.

A segunda ferramenta é a que permite gerar bacia automaticamente, a partir de um ponto na rede hidrográfica. Essa bacia gerada tem área mínima de 84 km².

A terceira ferramenta é do balanço hídrico permite calcular o balanço hídrico e informar a disponibilidade hídrica para comparação entre os valores de demanda para uma bacia hidrográfica levando em consideração as informações de captação e lançamento dos usuários de recursos hídricos.

A quarta ferramenta permite calcular a vazão total captada ou a vazão total lançada por modalidade de uso em uma determinada bacia ou município.

A partir desses aplicativos, pode-se notar que os SIG's trazem grande evolução no processamento de dados, pois, além de analisar as informações de acordo com sua organização espacial, também permitem a atualização rápida e eficaz do sistema, trazendo maior produtividade e economia para seus usuários. Inclusive, o gerenciamento de recursos hídricos é muito beneficiado por essa ferramenta por ela conseguir lidar com um amplo campo de variáveis, que interferem no uso e qualidade das águas.

6. Referência Bibliográfica

ArcDoc Version 8.0.2, ARCINFO, Environmental Systems Research Institute, Inc., 1982-2000.

Veneziani, P. & Anjos, C. E.. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. São José dos Campos: INPE, 1981. (INPE-2227-MD/014)

Veneziani, P.. **Interpretação Visual de Dados: roteiro de estudos e definições fundamentais**. São José dos Campos: INPE, 1988.