

INVENTÁRIO DIGITAL DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS E PLUVIOMÉTRICAS DA BACIA DO RIO GRANDE

Michel Castro Moreira^{1}; Fagner da Rocha dos Santos² & Demetrius David da Silva³*

Resumo – O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um inventário, disponibilizado em formato digital, das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande, visando o levantamento, o registro e a consulta de dados, de modo que forneça subsídios ao estudo do comportamento hidrológico da bacia. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: levantamento e geração de dados; e compilação dos dados em formato de um sistema computacional. Elaborado em uma interface amigável, o inventário possibilita a obtenção dos dados referentes às estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande, fornecendo subsídios ao estudo do comportamento hidrológico da região. O inventário pode ser obtido, gratuitamente, a partir de *download* no endereço eletrônico <http://www.dea.ufv.br/crrh>. A partir da análise dos resultados pode-se concluir que o banco de dados do inventário armazena, de forma ordenada, informações das estações fluviométricas e pluviométricas de toda a bacia do rio Grande; e que o inventário permite obter informações cadastrais e hidrológicas, como as vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}), média de longa duração (Q_{mld}) e máxima ($Q_{máx}$); e a precipitação média anual, das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande.

Palavras-Chave – gestão de recursos hídricos, disponibilidade hídrica, programa computacional.

DIGITAL INVENTORY OF FLUVIOMETRIC AND PLUVIOMETRIC STATIONS OF THE GRANDE RIVER BASIN

Abstract – This paper aims at developing an inventory, available in digital format, of fluviometric and pluviometric stations of the Grande river basin, seeking to make the raising, recording and consulting of data, thus it may provide information for the study of hydrological behavior of the basin. This work was developed in two steps: raising and generation of data; and compilation of the data in the format of a computer system. Elaborated in a friendly interface, the inventory allows to obtain data referring to fluviometric and pluviometric stations of the Grande river watershed, providing information for the study of hydrological behavior of the region. The inventory can be obtained freely by downloading it from the website <http://www.dea.ufv.br/crrh>. From the analysis of the results it can be concluded that the database of the inventory stores information of fluviometric and pluviometric stations of all the Grande river basin organizedly; and that the inventory allows to obtain registered and hydrological information, such as minimum reference outflow ($Q_{7,10}$, Q_{90} and Q_{95}), yield discharge (Q_{mld}) and maximum outflow ($Q_{máx}$); as well as the annual average rainfall of fluviometric and pluviometric stations of the Grande river basin.

Keywords – water resources management, water availability, software.

¹ D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFBA/ICADS, Barreiras-BA, michelcm@ufba.br.

² Eng. Sanitarista e Ambiental, UFBA/ICADS, Barreiras-BA, fagner_r_s@yahoo.com.br.

³ D.Sc. em Engenharia Agrícola, UFV/DEA, Viçosa-MG, demetrius@ufv.br.

* Autor correspondente.

1. INTRODUÇÃO

Uma das diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997) se baseia na gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade. Para tanto, o conhecimento das características do regime hidrológico dos cursos d'água e da variação espaço-temporal das precipitações é fundamental para o desenvolvimento de ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos, que visem o atendimento dos objetivos e preceito da PNRH.

A formação desse conhecimento se faz a partir da coleta de dados relativos às vazões e à precipitação durante determinado período, por intermédio da instalação e operação de estações de monitoramento fluviométricos e pluviométricos. A rede formada pelas estações em uma bacia hidrográfica deve ser suficiente para a geração das informações que atendam seus diversos usos.

A atual rede fluviométrica e pluviométrica nacional, por terem um cunho histórico fundamentalmente hidroelétrico, não fornece informações hidrológicas capazes de subsidiar uma gestão de recursos hídricos de acordo com os fundamentos da PNRH. Segundo Gontijo Júnior (2007), a locação das estações de monitoramento tem sido realizada ao longo dos anos de maneira majoritariamente empírica, sem o auxílio de métodos científicos que permitam o planejamento de sua instalação, operação e manutenção. Além disso, várias estações não se encontram em funcionamento ou funcionam de maneira precária.

Estes fatos aumentam a importância da disponibilização de dados consistentes de todas as estações fluviométricas e pluviométricas existentes em uma bacia, pois os dados coletados pelas estações de monitoramento são utilizados para produzir estudos, definir políticas públicas e avaliar a disponibilidade hídrica de uma bacia.

Como explica ANA (2010), é por meio dos dados das estações que é possível monitorar eventos considerados críticos, como cheias e estiagens, disponibilizar informações para a execução de projetos, identificar o potencial energético, de navegação ou de lazer em um determinado ponto ou ao longo da calha do manancial, levantar as condições dos corpos d'água para atender a projetos de irrigação ou de abastecimento público, entre outros.

Na bacia do rio Grande, localizada na região oeste do Estado da Bahia e que apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 78.500 km², é evidenciada a carência de estações fluviométricas e pluviométricas. A falta destas estações indica a necessidade de se conhecer as existentes a fim de subsidiar o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos.

Para tanto se faz necessária a criação de uma base de dados que contemple os dados das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande, a qual possa ser facilmente consultada pelos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos, bem como pesquisadores.

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um inventário, a ser disponibilizado em formato digital, das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande, visando o levantamento, o registro e a consulta de dados, de modo que forneçam subsídios ao estudo do comportamento hidrológico da bacia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do presente trabalho foi realizado em duas etapas: levantamento e geração de dados; e compilação dos dados em formato de um sistema computacional funcionando como um inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande.

2.1. Área de estudo

Situada no médio São Francisco (Figura 1), a bacia hidrográfica do rio Grande representa 12,6% da área de drenagem do rio São Francisco, sendo a sua maior sub-bacia (PEREIRA, 2004). Com área de aproximadamente 78.500 km², a bacia localiza-se no Estado da Bahia, correspondendo a 13,2% da área deste Estado (MOREIRA e SILVA, 2010).

Na região, há predominância da vegetação de cerrado onde, até 1980, a base econômica era a pecuária extensiva. Esta foi rapidamente substituída na região oeste da bacia pelo cultivo principalmente da soja. Os novos agricultores, conhecidos como “gaúchos” (oriundos dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) também descobriram o uso lucrativo da água superficial e subterrânea nas lavouras anuais e permanentes (BRANNSTROM, 2002).

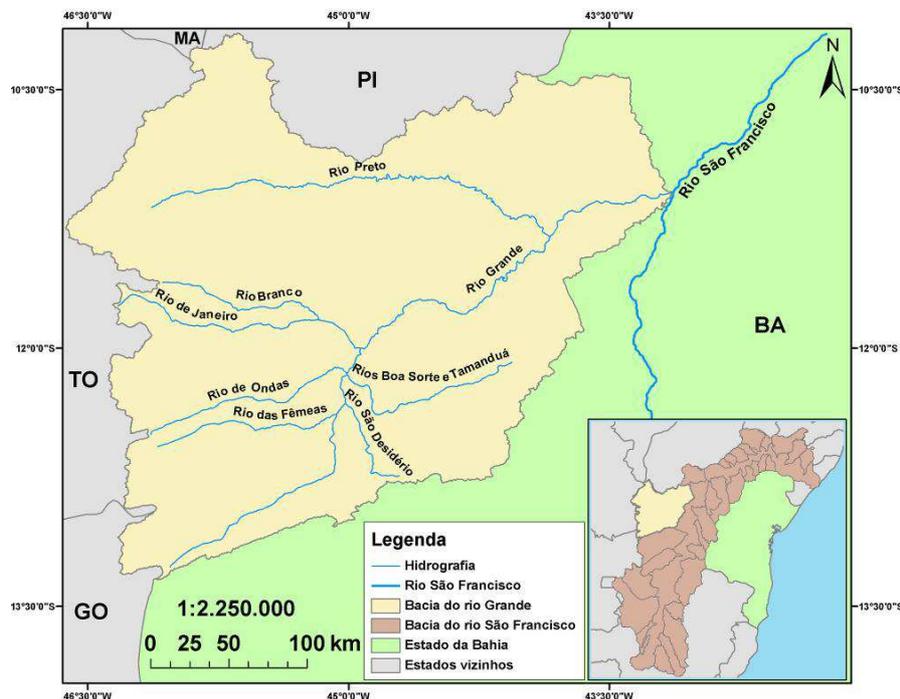


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Grande.

Fonte: Moreira e Silva (2010).

2.2. Levantamento e geração de dados

2.2.1. Dados cadastrais das estações

Visando organizar os dados cadastrais das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande, foram pesquisados dados a respeito das estações fluviométricas e pluviométricas dos órgãos atuantes no monitoramento de recursos hídricos na bacia, como o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), a Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA), o Centro de Recursos Ambientais da Bahia⁴ (CRA), a Agência Nacional de Águas (ANA), e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

⁴ O Centro de Recursos Ambientais da Bahia (CRA) deu lugar ao Instituto do Meio Ambiente (IMA), que por sua vez, a partir da junção com o Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ), criou-se criado o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) (SEIA, 2012).

2.2.2. Vazões mínimas de referência, média de longa duração e máxima

Com vistas à estimativa e análise das vazões, foram analisados os dados diários de vazão das estações fluviométricas pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb).

Devido a escassez de estações e dados na bacia, foram utilizadas no estudo 16 estações fluviométricas, e selecionado o período base de 30 anos, compreendendo os anos de 1981 a 2010, correspondendo ao período com maior quantidade de dados disponíveis nas estações.

As vazões mínimas de referência obtidas foram a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) e as vazões mínimas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) ou 95% (Q_{95}), tendo em vista serem as vazões mínimas de referência comumente utilizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos. Para o cálculo das vazões mínimas de referência utilizou-se o programa computacional SisCAH - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa.

A vazão média de longa duração (Q_{mld}) foi obtida para cada estação fluviométrica, pela média das vazões médias anuais, tendo sido utilizado na obtenção deste valor o software Hidro 1.2, disponível no sistema Hidroweb da ANA.

A vazão máxima histórica diária ($Q_{máx}$) do período analisado foi determinada utilizando-se os dados diários de vazões, dos quais, para cada ano, obteve-se o maior valor. A identificação do maior valor de vazão para cada estação fluviométrica foi realizada utilizando-se o programa computacional Hidro 1.2.

2.2.3. Precipitação média anual

Com vistas à obtenção da precipitação média anual, foram analisados os dados diários de precipitação das estações pluviométricas da bacia e seu entorno, pertencentes à rede hidrometeorológica da ANA e disponibilizados no HidroWeb.

Foram identificadas na bacia do rio Grande 143 estações pluviométricas, sendo que 101 possuem série histórica no sistema Hidroweb. Dentre essas, 63 possuem série histórica de dados diários igual ou superior a 10 anos, indicando a escassez de estações pluviométricas na bacia.

Para fins de análise dos dados de precipitação, selecionou-se o período base de 30 anos, compreendendo os anos de 1981 a 2010, conforme realizado no estudo das vazões. A precipitação média anual foi obtida para cada estação pluviométrica, pela média das precipitações totais anuais. Este procedimento foi realizado utilizando-se o software Hidro 1.2 e planilhas eletrônicas do programa computacional Microsoft Excel.

2.3. Desenvolvimento do inventário

De posse dos dados das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande, foi construído o banco de dados do inventário. O inventário foi desenvolvido utilizando a ferramenta de programação Borland Delphi 7.0, enquanto que as rotinas afetas a Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foram implementadas com a utilização do componente ESRI MapObjects 2.3 (MapObjects), o qual é composto por um conjunto de funções para mapeamento, sendo este de uso frequente por programadores no desenvolvimento de aplicativos que envolvem o uso de mapas.

O inventário foi projetado para ser executado no sistema operacional Microsoft Windows 2000 ou superior, possuindo uma interface de fácil utilização e auto-explicativa. Um sistema de ajuda com informações pertinentes aos dados de saída e informações para auxiliar o entendimento da parte técnica foi desenvolvido.

Na sequência, apresenta-se o procedimento metodológico utilizado para o desenvolvimento do inventário, conforme as sub-rotinas apresentadas na Figura 2.

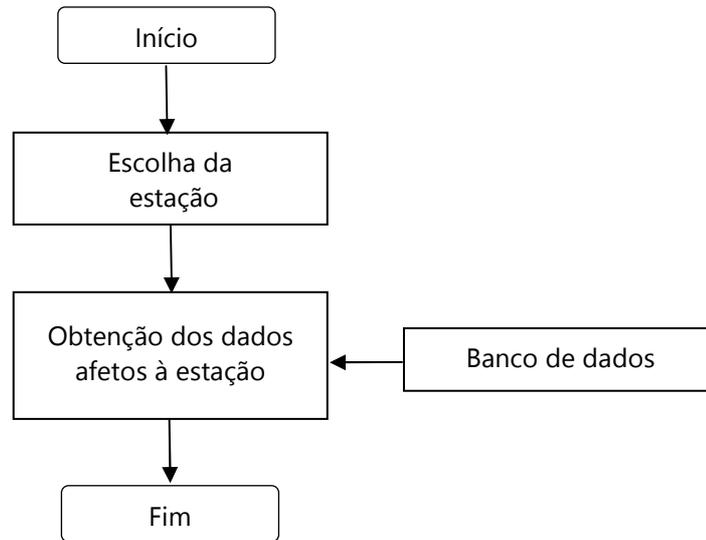


Figura 2 – Fluxograma representando as sub-rotinas desenvolvidas.

3. RESULTADOS

O inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande (inventário) foi desenvolvido no Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável (ICADS) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), em parceria com o Centro de Referência em Recursos Hídricos (CRRH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). O inventário pode ser obtido, gratuitamente, a partir de *download* no seguinte endereço eletrônico: <http://www.dea.ufv.br/crrh>.

A Figura 3a é ilustrativa de sua tela de apresentação, constando nessa o seu nome e as instituições envolvidas em seu desenvolvimento. Na Figura 3b é apresentada a tela principal do inventário, denominada “Localização”, sendo esta utilizada para a escolha, por parte do usuário, da estação fluviométrica ou pluviométrica na qual se deseja obter informações cadastrais e hidrológicas.

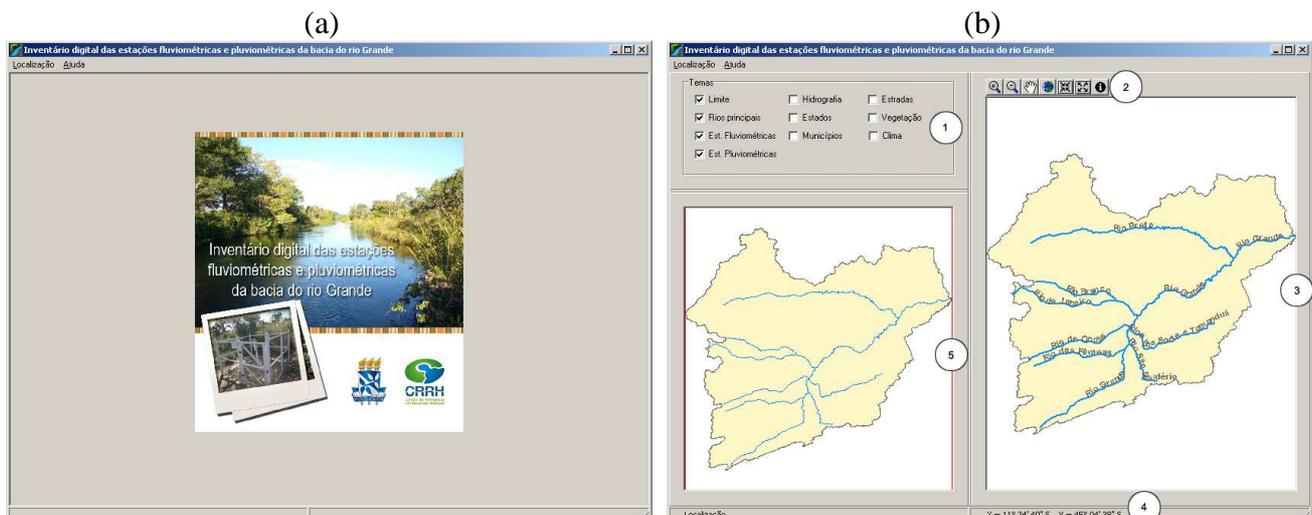


Figura 3 – Telas do inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande: (a) apresentação; e (b) localização.

Visando facilitar a identificação da estação fluviométrica ou pluviométrica de interesse, a tela “Localização” possui dois mapas: no primeiro (campo 5), são mostrados o limite e os rios principais da bacia do rio Grande, bem como a delimitação, por um retângulo vermelho, da área para a qual é feito o detalhamento da hidrografia apresentada no mapa do campo 3.

O segundo mapa da tela “Localização” (campo 3), permite ao usuário escolher a estação fluviométrica ou pluviométrica de interesse. Para tanto, basta o usuário escolher a ferramenta “Identificação” (campo 2) e pressionar o botão do mouse sobre uma estação.

Para permitir a manipulação do mapa (campo 3), no Inventário são disponibilizadas ferramentas (campo 2) comumente encontradas em softwares de sistemas de informações geográficas (SIG), sendo estas:

-  Zoom +: permite aumentar a escala da região selecionada;
-  Zoom -: permite diminuir a escala da região selecionada;
-  Pan: permite movimentar o mapa;
-  Full Extend: permite visualizar toda a extensão dos temas visíveis;
-  Fixed zoom +: permite aumentar a escala do mapa em uma mesma proporção;
-  Fixed zoom -: permite diminuir a escala do mapa em uma mesma proporção; e
-  Identificação: permite obter informações a respeito da estação escolhida.

Visando fornecer maior facilidade na localização das estações de interesse e apresentar ao usuário outras informações afetas à bacia, o inventário permite a adição e, ou, exclusão de temas (campo 1), sendo disponibilizados, além do limite, rios principais e estações fluviométricas (Figura 4a) e pluviométricas (Figura 4b) da bacia, outros temas como: hidrografia na escala do milionésimo da bacia; estados circunvizinhos à bacia; divisão municipal da bacia; malha viária da bacia; vegetação da bacia; e clima da bacia.

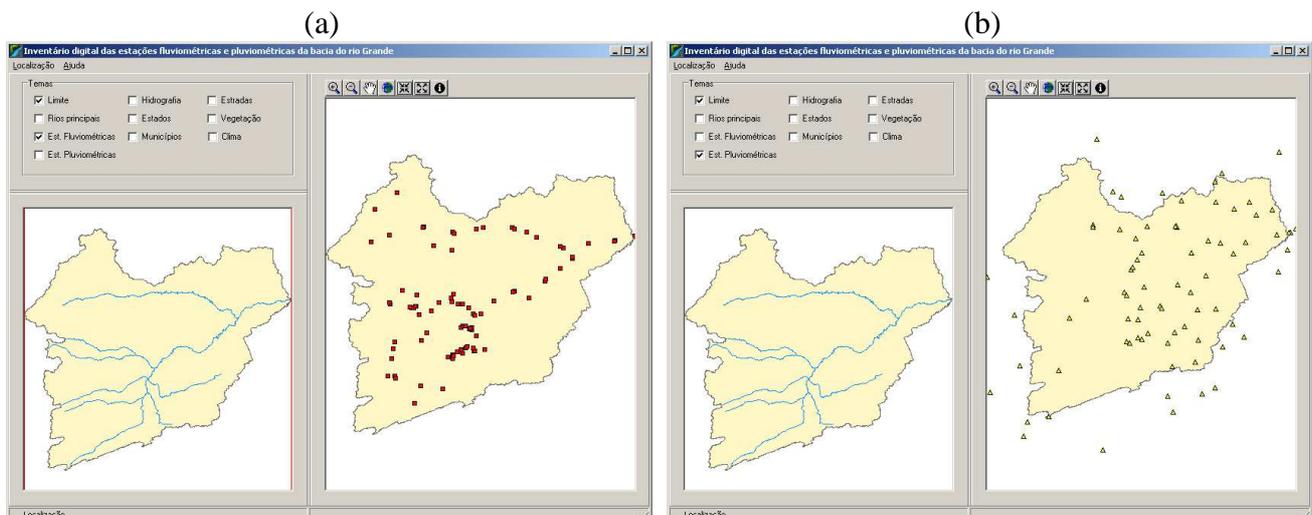


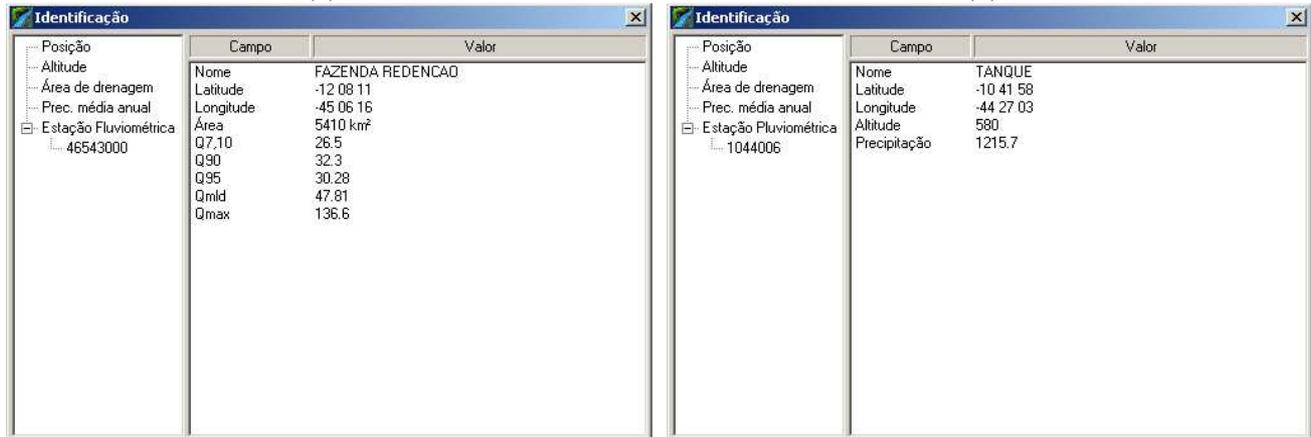
Figura 4 – Tela Localização do inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande: (a) estações fluviométricas; e (b) estações pluviométricas.

Uma vez identificada a seção de interesse utilizando a ferramenta “Identificação”, o inventário procede, automaticamente, à obtenção dos dados da estação fluviométrica ou pluviométrica escolhida, as quais são apresentadas na tela “Identificação”.

Na Figura 5a apresenta-se a tela “Identificação” do inventário ilustrando a escolha por parte do usuário da estação fluviométrica de código 46543000 (Fazenda Redenção), enquanto a Figura 5b ilustra a escolha da estação pluviométrica de código 01044006 (Tanque).

(a)

(b)



Tela (a) - Estação Fluviométrica		Tela (b) - Estação Pluviométrica	
Posição	Valor	Posição	Valor
Nome	FAZENDA REDENCAO	Nome	TANQUE
Altitude	-12 08 11	Altitude	-10 41 58
Latitude	-45 06 16	Latitude	-44 27 03
Longitude	5410 km²	Longitude	-44 27 03
Área de drenagem	5410 km²	Altitude	580
Prec. média anual		Precipitação	1215.7
Estação Fluviométrica			
46543000			
Q7.10	26.5		
Q90	32.3		
Q95	30.28		
Qmld	47.81		
Qmax	136.6		

Figura 5 – Tela Identificação do inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande: (a) dados da estação fluviométrica Fazenda Redenção; e (b) dados da estação pluviométrica Tanque.

Para fins de caracterização da vazão mínima, o inventário disponibiliza tanto a vazão com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), como as vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) da estação fluviométrica escolhida, as quais constituem as principais formas de quantificação da vazão mínima utilizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos para a concessão da outorga.

Ainda referente ao estudo de vazões, o inventário apresenta a vazão média de longa duração (Q_{mld}) da estação fluviométrica escolhida, a qual visa identificar a vazão máxima possível de ser regularizada, bem como a vazão máxima ($Q_{máx}$), que representa a maior vazão diária observada no período de anos analisados no estudo (anos de 1981 a 2010).

Em relação ao estudo de precipitação, o inventário apresenta a precipitação média anual da localidade da estação pluviométrica escolhida, conforme ilustra-se na Figura 5b.

Acompanha o inventário um sistema de ajuda que permite ao usuário obter informações relativas à utilização do programa computacional e a aspectos teóricos relacionados à gestão de recursos hídricos. Na Figura 6 apresenta-se a tela principal do sistema de ajuda do inventário.

Cabe salientar que inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande fornece informações cadastrais e hidrológicas das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande, se diferenciando, portanto, dos inventários existentes, como o próprio Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas (ANA). Desse modo, o inventário digital, em contrapartida aos inventários impressos e estáticos existentes, fornece ferramentas que permitem a pesquisa de informações hidrológicas de toda a bacia, constituindo em importante ferramenta para subsídio à gestão de recursos hídricos na bacia do rio Grande.

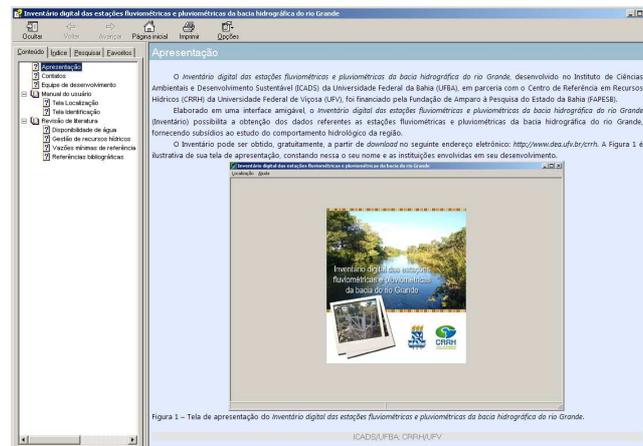


Figura 6 – Sistema de ajuda do inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande.

4. CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite concluir que:

- o banco de dados do inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande armazena, de forma ordenada, informações das estações fluviométricas e pluviométricas de toda a bacia do rio Grande;
- o inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande permite obter informações cadastrais e hidrológicas, como as vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}), média de longa duração (Q_{mld}) e máxima ($Q_{máx}$); e a precipitação média anual, das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande;
- o inventário digital das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Grande, ao fornecer não apenas informações cadastrais, mas também informações hidrológicas das estações fluviométricas e pluviométricas da bacia do rio Grande, se diferencia dos inventários existentes constituindo em importante ferramenta para subsídio à gestão de recursos hídricos na bacia.

5. AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Águas. **Sistema de informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/informacoeshidrológicas/redehidro.aspx>>. Acesso: 25/08/2010.
- BRANNSTROM, C. **A bacia do rio Grande, Bahia**. Projeto Marca D'água: relatórios preliminares. Núcleo de Pesquisa em Políticas Públicas. UnB, Brasília, DF. 2002.
- BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433**. [S. l.]: MMA/ SRH, 1997.
- GONTIJO JÚNIOR, W. C. **Avaliação e Redimensionamento de Redes para o Monitoramento Fluviométrico Utilizando o Método Sharp e o Conceito de Entropia**. Brasília, DF: UnB, 2007. 190 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília.
- MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. **Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande**. Santa Cruz do Sul, RS: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010. 1ª ed. 80 p.
- PEREIRA, S. B. **Evaporação no lago de sobradinho e disponibilidade hídrica no rio São Francisco**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 103 p. (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.